

## 관의 형태에 따른 형광램프의 특성 변화

(The Characteristics Change of Fluorescent Lamp According to Tube Shape)

노재업\* · 이진우\*\*

(Jae-Yup No · Chin-Woo Yi)

### 요 약

본 논문은 양광주의 전계, 관벽온도, 관벽휘도를 측정하여 관의 형태에 따른 형광램프의 광학적, 전기적 특성을 변화시켰다.

각 램프의 전계 계산 결과는, 그 지수들은 양광주부분에서 거의 변화되지 않았지만 음극 강하의 길이는 크게 변화하였으며, 관벽온도와 휘도는 음극부분에서 크게 변화되었다.

### Abstract

This paper described about variance of optical and electrical characteristics on a fluorescent lamp according to tube shape by measuring electric field of positive column, temperature and luminance of tube wall.

Electric field calculation of several lamps shows that the characteristics was not changed in positive column, though cathode fall length, and the values of temperature and luminance of tube wall, changes much in cathode region.

### 1. 서 론

형광램프는 저압 수은기체에서의 방전현상을 이용한 방전관으로 투명한 유리관의 내면에 형광체의 얇은 막을 도포하고 양쪽 끝에 이중 또는 삼중의 필라 멘트 전극을 부착하여, 관의 내부에 수은과 아르곤 가스 등을 봉입, 양쪽 끝에 베이스를 부착시킨 구조로 되어 있다. 램프 점등시 전극으로부터 열전자가 방출되어 관내부의 증기 상태인 수은 원자와 충돌하여 자외선 에너지를 방사시켜 유리관 내부에 도포한 형광체를 여기시켜 발생하는 가시광선을 이용한 것이다[1, 2].

형광램프는 다른 램프에 비해 빛의 질과 효율, 경제적인 면에서 우수한 것이 특징이며, 형광체를 변화시켜 다양한 색의 빛을 얻을 수 있어 실내의 인테리어 조명이 램프를 여러 가지 형태로 변화시켜 다양하게 사용되어지고 있다.

하지만 이와 같은 형광램프의 형태와 크기의 변화로 기존 램프에 비해 여러 가지 특성변화가 생기게 되었다. 그 예로 콤팩트형 형광램프의 경우, 관의 굴곡과 램프의 소형화로 인해 관벽 부하가 커지고 램프의 열용량이 작아지는 반면 열방산은 나빠져, 관벽온도가 상승하고 수은 증기압이 최적치를 넘게 되며, 그 결과 방사의 재 흡수율이 늘어나 자외선의 방사효율이 감소하게 된다[3]. 물론, 그에 대한 해결책으로 냉각부의 설치, 열매체의 사용, 분리내관방식 등의 방법

\*정회원 : 호서대학교 대학원 전기공학과 박사과정  
\*\*정회원 : 호서대학교 전기공학과 교수  
접수일자 : 1999년 10월 4일

## 관의 형태에 따른 형광램프의 특성 변화

을 적용하고 있으나 이러한 관의 형태변화에 따른 형광램프의 특성이 얼마만큼 변화되는지에 관해서는 아직 정확한 언급이 되어 있지 않다.

본 논문에서는 이러한 형태 변화가 램프의 광학적, 전기적 특성을 어느 정도 변화시키는 지에 대해 연구, 실험하였다. 먼저 램프의 형태에 따라 양광주 부분에서의 전계의 차이를 측정하였다. 이를 위해 입력전류를 일정하게 유지시키기 위해 가변 인덕터를 제작하였고, 관경이 같고 길이가 다른 형광램프를 형태별로 직관형, 씨클라인형으로 나누어 실험하였다. 그 결과 양광주에서의 전계의 세기와 음극, 양극강하의 길이가 직관형과 씨클라인형에서 다소 차이가 생기는 것을 확인할 수 있었다. 또한 본 논문에서는 형광램프의 발광효율에 크게 관계가 되는 관벽의 온도와 휘도를 램프의 부위별로 측정하고 이를 서로 비교하여 램프의 형태에 따라서 전극부분에서 온도가 크게 변화되는 것을 볼 수 있었다.

## 2. 양광주의 전계측정

양광주에서의 전계측정은 먼저 형광램프의 관내전압 간접측정법을 이용하여, 방전시 생기는 음극강하의 길이를 오실로스코프를 통해 측정하고, 양광주의 전계를 계산식에 의해 산출하는 방법을 이용하였다.

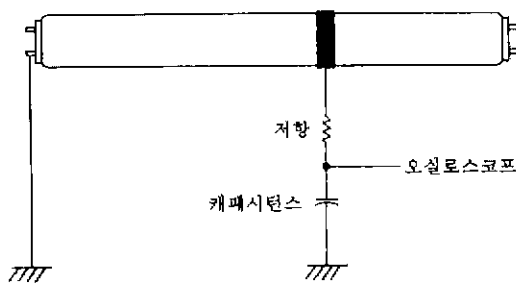


그림 1. 측정회로  
Fig. 1. Measuring circuit

형광램프의 관내전압을 측정하는 것은 관내에 탐침을 삽입한 특수한 램프를 측정하는 방법이 사용되어 지기도 하지만, 본 논문에서는 램프의 관외벽에 도체박을 감고, 도체박에 저항과 캐패시턴스의 적분회로를 직렬로 접속하여, 적분회로의 출력을 오실로스코프로 측정하여 파형을 재현하는 방법을 이용하였다.

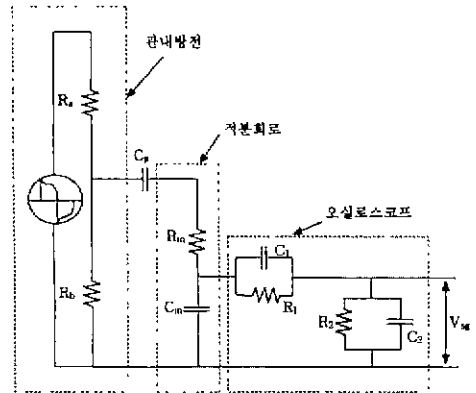


그림 2. 측정시스템의 등가회로  
Fig. 2. Equivalent circuit of measuring system

먼저, 형광램프를 점등시키고 램프의 관외벽에 도체박을 감아 붙이면, 「관내방전-형광체·가스-도체박」으로 캐패시턴스가 형성된다. 이에 대한 도체박의 출력은 관전압 파형의 미분형으로 나타난다. 이것을 저항과 캐패시턴스의 적분회로를 직렬 접속하여 캐패시턴스 양단의 파형을 성형하면 파형은 축소되지만 관전압 파형을 재현할 수 있다. 이에 대한 측정회로는 그림 1과 같고 오실로스코프에서 파형을 관측하는 경우의 등가회로는 그림 2와 같다. 여기에 쓰인 캐패시턴스  $C_{in}$ 은  $0.0018[\mu F]$ 이고 저항  $R_{in}$ 은  $10[k\Omega]$ 이다[4].

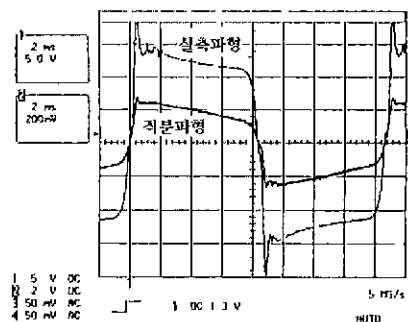


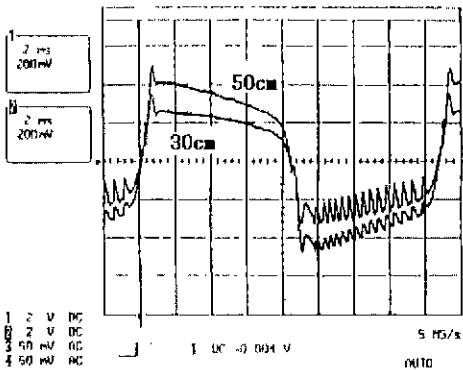
그림 3. 실험에 의한 관전압파형과 적분파형  
Fig. 3. Experimental lamp voltage wave form and integral wave form

그림 3은 씨클라인 형광램프의 실제 램프 관전압과 간접측정법에 의해 얻어진 관전압의 적분파형으로, 실제 파형에 비해 적분회로를 사용하여 성형한 파형은 전압의 크기가 축소되었지만, 관전압과 같은 형태임을

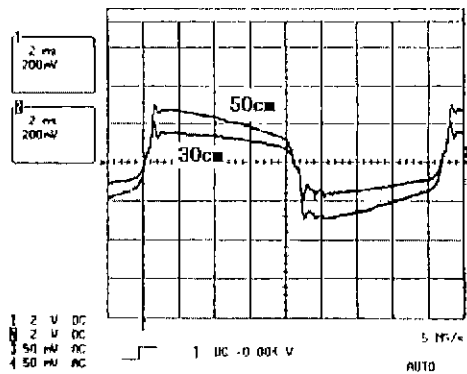
알 수 있다.

그림 4(a)(b)는 직관형과 씨클라인형 램프에 대해 각각 측정지점에 따른 적분파형을 나타낸 것이다. 모두 전극으로부터 30[cm] 및 50[cm]지점의 적분파형으로 전압파형의 크기는 직관형이 씨클라인형보다 다소 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

그림 5(a)(b)는 관내의 음극, 양극강하 전압파형을 각각 측정한 것으로 양광주 부분에서 측정한 파형과는 달리 음극, 양극부분에서 높은 전압강하가 일어나는 것을 볼 수 있다. 직관형의 경우 음극강하의 길이는 약 3.5[cm]로 측정되었고, 씨클라인형의 경우 음극강하의 길이는 약 3[cm]정도로 나타났다. 이것은 모두 관경 30[mm], 관의 길이 97[cm]인 램프에 의한 측정값으로 음극강하 길이는 전류의 크기와 관의 길이에 따라서 차이가 있었다.



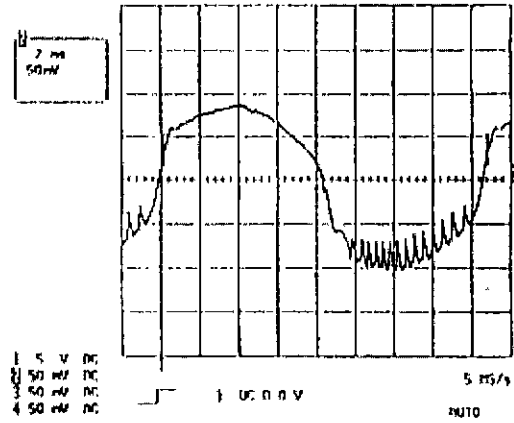
(a) 직관형



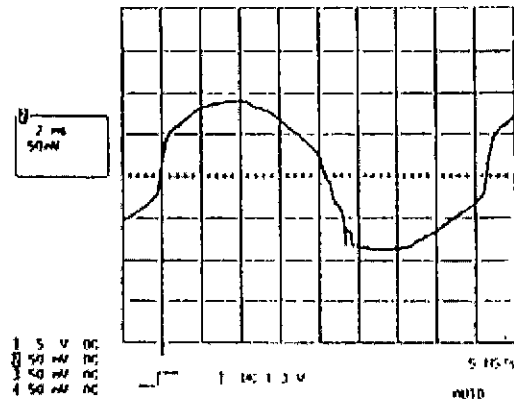
(b) 씨클라인형

그림 4. 측정지점에 따른 적분파형  
Fig. 4. Integral wave forms due to measuring point

또한, 양광주에서의 전계 계산은 그림 6과 같이 입력전류를 일정하게 유지하고 음극강하의 전압과 양광주에서의 전계가 일정하다는 가정하에서 관경이 서로 같고 길이가 다른 형광램프의 음극강하 길이  $l'$ 를 측정하여 식(1)에 각각의 값을 대입하여 구하였다.



(a) 직관형



(b) 씨클라인형

그림 5. 음극, 양극강하 전압파형  
Fig. 5. Cathode and anode fall voltage wave forms

$$V = V_{cf} + V_{bc}$$

$$= V_{cf} + E(l - l') \quad (1)$$

표 1은 입력전류에 따른 직관형과 씨클라인형 형광램프의 음극강하 길이와 양광주에서의 전계의 세기를

### 관의 형태에 따른 형광램프의 특성 변화

각각 비교한 것이다. 전류변화는 0.1~0.3[A]까지 주었으며, 각각 관경이 같고 길이가 다른 램프를 사용하여 측정한 것이다. 표에서 보는바와 같이 음극강하의 길이는 직관형이 씨클라인형 형광램프보다 길이가 긴 것을 볼 수 있고, 전류밀도가 높아질수록 모두 음극강하의 길이가 점차로 짧아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 전류의 크기가 램프의 열전자 방출에 커다란 영향을 미친다는 것을 나타낸다. 또 입력조건이 같은 경우 양광주에서의 전계는 관의 형태에 따라 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

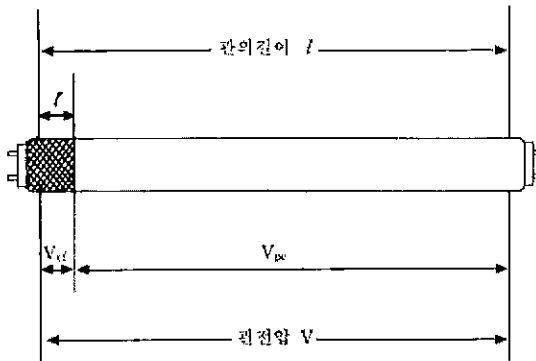


그림 6. 전계계산 개념도  
Fig. 6. Concept of electric field calculation

표 1. 관의 형태와 입력전류 변화에 따른 음극강하 길이 및 양광주 전계  
Table 1. Cathode fall length and electric field of positive column according to tube shape and input current

입력 전류 [A]	관의 형태 [cm]	음극강하길이 [cm]		양광주전계 [V/m]	
		직관형	환형	직관형	환형
0.1	53	4.2	-	128.1	128.3
	74	5.2	3.5		
	97	6	4.2		
0.2	53	2.1	-	123.8	121.6
	74	2.3	2.2		
	97	3.5	3		
0.3	53	0.8	-	119.4	113.5
	74	1.5	1.2		
	97	3	2.3		

### 3. 휘도 측정

휘도는 눈으로 광원을 볼 때 빛나 보이는 정도를 나타내고, 어떤 방향에서의 광도를 그 방향에서의 투영면적으로 나눈 값을 나타낸다[5].

본 논문에서는 램프길이 1[cm]마다의 휘도를 측정하였다.

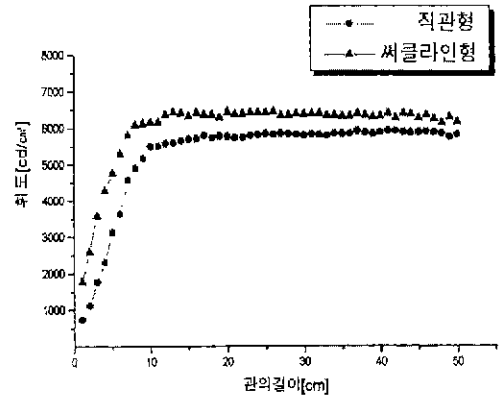


그림 7. 휘도 분포곡선  
Fig. 7. Luminance distribution curve

그림 7은 관의 형태에 따른 휘도분포를 음극으로부터 1[cm]마다 측정된 것으로 양광주쪽으로 가까워지면서 휘도는 점차 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 관의 형태변화에 따른 램프의 특성을 비교해 보기 위하여 직관형과 씨클라인형 형광램프에 대해 관내 전위분포, 양광주의 전계, 관벽온도와 휘도를 각각 측정하였다. 기존의 램프로는 같은 조건에서 실험을 할 수 없었으므로 실험에서는 관경이 같고 길이가 서로 다른 형광램프를 각각 3개씩 제작하여 실험하였으며, 관내전위 간접측정법에 의해서 측정된 음극강하의 길이는 어느 한 지점에서 완전한 음극강하가 일어나기보다는 점차적으로 음극강하가 진행되었으므로 본 논문에서는 음극강하가 끝나는 지점까지를 음극강하의 길이로 결정하였다.

다음은 본 논문에서 실험에 의해 얻어진 결과를 요약 정리한 것이다.

- 1) 방전시 전극에서는 많은 양의 전자를 방출하기

위해 큰 전압강하가 발생하는 데, 이것은 관의 길이와 전류밀도에 따라 그 차이가 있다.

- 2) 음극강하의 길이는 직관형 형광램프가 써클라인형 형광램프보다 다소 길었으며 전극전동의 영향을 더 많이 받는다.
- 3) 입력조건이 같은 경우 양광주에서의 전계는 관의 형태에 큰 영향을 받지 않는다.
- 4) 관벽온도는 써클라인형 램프가 직관형 램프보다 음극부분에서 약 20[°C], 양광주 부분에서는 약 5[°C]정도 높았으며 일정한 값을 유지하며 변화한다.
- 5) 휘도는 관의 형태가 변화해도 양광주에서는 일정한 값을 유지하며 변화한다.

결론적으로 관의 형태에 따른 램프의 특성변화는 음극부분에서의 온도상승의 영향이 큼을 알 수 있다.

앞으로 새로운 형광램프의 개발에 있어 본 논문의 결과가 램프 설계시 조금이나마 참고적으로 사용되어질 것을 기대하며, 보다 많은 형태의 램프로 본 논문에서 다루지 못한 여러 특성들에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 생각되어진다.

### 참고문헌

- [1] 内田幸夫, “螢光燈と照明”, 電氣書院, 昭和26年.
- [2] ヴヨウ イワオ, “螢光燈”, 共立出版株式會社, 1954.
- [3] 오영환 외, “고효율 컴팩트형광램프 개발”, 고효율 조명기기 기술개발 성과 발표집, pp.126-129, 1996.
- [4] 和田成伍, “螢光ランプ 管内電壓 間接 測定法” 講演論文集, 日本 照明學會全國大會, pp.9, 昭和57年.
- [5] 지철근, “조명원론”, 문운당, pp. 6-7, 1995.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 노 재 엽 (盧 載 燁)

1970년 9월 17일생. 1996년 호서대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 호서대 대학원 박사과정.

#### 이 진 우 (李 鎭 雨)

1961년 2월 4일생. 1984년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 제명 백트론(주) 연구실장 근무. 현재 호서대 공과대학 전기공학 조교수. 당 학회 이사.