

형광램프 수명말기 표시기능 검측회로 개발

(A Indication Functional Inspection circuit development for Fluorescent ramp end of life (EOL))

홍사근^{*} · 최홍규 · 이근무 · 윤철구 · 최대원

(Sa-Keun Hong^{*} · Hong-Kyoo Choi · Guen-Moo Lee · Cheol-Gu Yoon · Dae-Won Choi)

((주) 공간 이엔지 · 홍익대학교 · 홍익대학교 · (주)미미 라이팅 · 홍익대학교)

요 약

형광등은 방전등의 일종으로 방전현상을 이용하여 전기에너지를 빛으로 변환하는 광원으로 램프의 점등 시에 나타나는 부저항 특성 때문에 반드시 점등회로를 필요로 한다. 방전등의 광원특성과 안정기의 변환특성은 밀접한 관련을 가지고 있다. 따라서 양 특성의 정합성립을 위하여 사용조건 및 경제성을 고려한 최적회로 설계지침을 내놓는 것은 매우 중요하다. 본 논문에서는 형광등용 전자안정기에 있어 부하인 형광램프의 수명말기에 나타나는 화재, 광효율 저감 등 여러 가지 문제점을 개선할 수 있는 수명말기 검측과 수명말기 표시기능 개발에 대하여 고찰해본다.

Abstract

The fluorescent lamp is one of a discharge lamp that is used by electric discharge to transfer from electrical energy to light. The fluorescent lamp needs a ballast stabilizer when turn it on because it has negative resistance. Characters of electric discharge and transformed characters of ballast stabilizer are connected closely. Therefore, bring out best design directive that consider economical efficiency and term of application is very important for both characters matching. In this case, we will learn to develop tester and functions for expression for recognizing the end of fluorescent lamp life to solve fire problem and losing efficiency of light when a fluorescent lamp goes the end of the expected its life span.

1. 서 론

현재 조명분야에서 각종 고효율 광원이 개발되어 많이 사용되고 있으나, 전체조명 사용량으로 볼 때 아직도 형광등의 비중이 약 70[%]이상을 차지하고 있다. 이는 한국과 일본에서만 나타나는 현상으로 절전을 위한 정부의 정책적 보급, 형광등 광색에 대한 선호 등의 결과라 볼 수 있다. 형광등은 방전등의 일종으로 방전현상을 이용하여 전기에너지를 빛으로 변환하는 광원으로 램프의 점등 시에 나타나는 부저항 특성 때문에 반드시 점등회로를 필요로 한다. 방전램프의 점등회로, 즉 안정기는 성능개선을 위해 많은 노력이 기울여져 왔다. 이에 따라 소프트 스타트, 380[V] 과전압 보호회로, 신소재, 전자디바이스의 사용, 고주파 변환 등의 전자기술이 도입되어 소형·경량화, 고효율화, 고기능화가 활발히 진행되어 사용되고 있다. 안정기에 요구되는 기본기능 중 가장 중요한 것은 방전등을 확실하게 시동·재시동하여 안정된 점등을 지속 제어해 주는 것이다.

방전등의 광원특성과 안정기의 변환특성은 밀접한 관련을 가지고 있다. 따라서 양 특성의 정합성립을 위하여 사용조건 및 경제성을 고려한 최적회로 설계지침을 내놓는 것은 매우 중요하다.

본 논문에서는 형광등용 전자안정기에 있어 부하인 형광램프의 수명말기에 나타나는 화재, 광효율 저감 등 여러 가지 문제점을 개선할 수 있는 수명말기 검측과 수명말기 표시기능 개발에 대한 회로적 기술에 대하여 고찰해본다.

2. 본 론

2.1. 형광등용 안정기

2.1.1 안정기 개요

형광등에 인가된 전압은 램프전류가 커지면 반대로 감소하는 특성을 가지고 있다. 이런 부성저항 특성으로 인해 형광등의 점등이 불안정해지거나 파손될 수 있는데, 안정기는 점등에 필요한 높은 전압을 공급하여 형광등을 점등시키고, 점등 이후에는 형광등의 전류를 제

어하여 과손을 방지하며, 밝기를 일정하게 유지시켜 주는 역할을 한다. 안정기는 크게 전자식안정기와 자기식안정기로 분류되는데 주요 특징은 아래의 표 1과 같다.

표 1. 전자식안정기와 자기식안정기의 주요특징
Table 1. Special function of electrical ballast stabilizer and magnetism ballast stabilizer

전자식안정기	<ul style="list-style-type: none"> 반도체소자 사용으로 25[KHz]~50[KHz]의 고주파발전. 35[%]이상 절전.(자기식안정기 대비) 플리커 현상이 없어 시력보호(1초에 10만번 깜박임) 소음감소. 저전압 및 저온점등 가능.(전력사정이 나쁜 곳에 적합) 사용램프(FL, FLR, FHF, FPL)의 구별 없이 사용 가능. 소형·경량화로 등기구의 다양한 디자인 가능. 일반매입형, 슬림매입형, 소켓일체형 등 다양한 모델. 보호기능 및 고객이 원하는 부가기능(리모콘, 디밍 등) 가능.
자기식안정기	<ul style="list-style-type: none"> 초크코일, 대용량의 콘덴서 사용. 안정기 자체철심 및 동선에 의한 열발생으로 약 8[W]이상 많은 전력손실 발생. 60[Hz]의 상용전원으로 점등시키기 때문에 플리커(깜박임) 현상으로 시력저하. 전력사정이 나쁠 때, 안정기 노후시, 주위온도가 낮거나 습도가 높을 경우 깜박임이 더욱 심하며 이에 따른 점등불량 발생. 코일과 철심코어에서 소음발생. 가격이 전자식보다 고가.(고효율 기준)

2.2.2 전자식안정기 동작원리

전자식안정기의 동작원리는 상용 교류전원(AC220[V], 60[Hz])을 정류회로로 직류전원으로 변환시킨 후 이것을 다시 발진(스위칭)회로를 통해 25[kHz]이상의 고주파 교류전원으로 변환시켜 형광등을 점등하는 것으로 전자식안정기 기본회로의 계통도 및 명칭은 그림 1, 2와 같다.

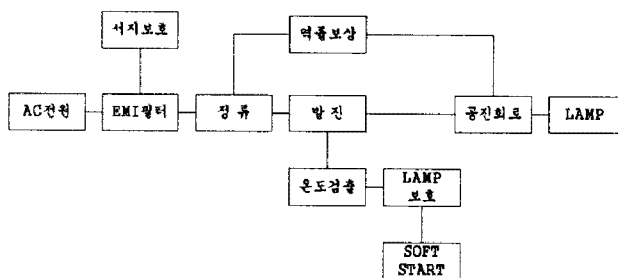


그림 1. 전자식 안정기 계통도

Fig. 1. A distribution diagram for electrical ballast stabilizer

(1) 전자식안정기 회로의 주요기능

1) EMI필터 및 서지 보호회로

- EMI필터 : 교류입력전원으로 들어오는 잡음 제거 및 발전회로에서 스위칭 동작시 발생하는 내부 NOISE가 전원측으로 침투 하거나 발산되는 것을 방지.
- 서지보호 : 낙뢰나 순간적인 과전압 등이 인입시 2차측 회로를 보호.

2) 정류 및 평활회로

- 교류(AC 220[V] 60[Hz])를 직류(DC)로 변환시키고 RIPPLE을 줄임.

3) 역률개선

- 90[%]이상으로 역률을 보상

4) 발진(인버터) 회로

- 변환된 직류전원을 고주파로 구동하여 25[kHz]이상의 교류 전원으로 변환.

- ① 자려식(발진주파수 변동, 입력전압 변동시 출력변동, 필드 불량률 적음)
- ② 타려식(발진주파수 일정, 입력전압 변동시 출력일정, 시험데이터 우수)

5) 램프출력(LC공진)회로

- 램프에 필요한 전압과 전류를 공급.

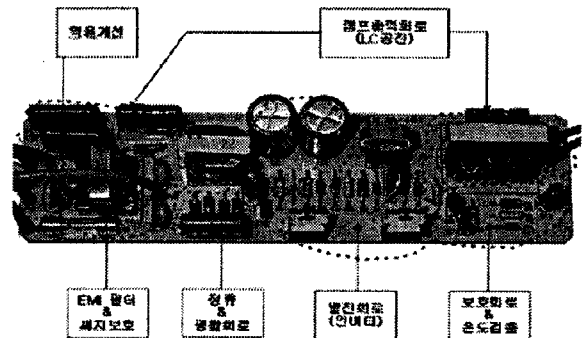


그림 2. 전자식안정기의 각 부분 명칭

Fig. 2. Names of parts for electrical ballast stabilizer

2.2 전자식안정기 보호회로

전자식안정기 보호회로는 램프의 상태변화에 따라 발열에 대한 안정기 고장을 방지하고 램프수명말기, 무부하, 램프불량 등에 대한 보호기능을 갖춘 회로를 말하며 고효율 인증이나 여러 가지 규격으로 보호기능을 규정하고 있으나 통상적으로 입력측 보호회로, 출력측 보호회로, 온도감지 보호회로를 말한다. 형광등 조명에서 발생할 수 있는 이상현상과 그 원인 대해서는 표 2에 나타내었다. 이상상태에 대한 보호를 위해 전자식안정기는 이상상태에 대한 보호회로의 구성이 필요하다.

표 2. 경우에 따른 이상발생원인과 현상
Table 2. Reasons for problem and phenomenon

	발생원인	이상현상
램프 노후화 (수명말기)	장시간 사용으로 램프의 교체가 필요하나 교체 없이 계속 사용하여 발생	<ul style="list-style-type: none"> • 광효율감소, 점등불능 • 램프 양단전압 상승으로 인한 필라멘트 과열
램프 특성불량 (초기점등)	봉입가스 누출, 램프 Crack 등으로 방전불능 상태에서 계속 사용하여 필라멘트에 전압이 계속 인가 되어 발생	<ul style="list-style-type: none"> • 필라멘트 예열 및 조기 흑화
안정기+램프 +소켓 불완전 접속 (결착불량)	접속불량으로 각 접속간에 스파크 발생	<ul style="list-style-type: none"> • 소켓이 녹아 내려 램프 낙하

2.2.1 입력(부하) 측 보호

우리나라는 통상 220[V]의 전기를 공급받아 사용한다. 또한 대부분의 건축물 설계시 3상4선식으로 설계하여 배전반을 통해 각각 분전시킨다. 이때 배전반을 통하여 인입되어야 할 220[V] 전기가 전선로 공사자의 실수로 380[V] 과전압이 유입되는 경우가 발생할 수 있다. 보호회로가 채용되지 않은 안정기는 380[V] 전압이 그대로 안정기 내부회로로 공급되어 내부회로 부품(FUSE, 바리스터 등)이 파괴된다. 이때 입력측 보호회로가 채용된 안정기는 380[V] 과전압이 인가되면 이를 감지하여 안정기 동작을 멈추게 하여 출력전압을 차단시킴으로써 형광램프를 점등시키지 않고, 부품의 손상(FUSE, 바리스터 단선)없이 정상전압 인가시 RESET 된다.

2.2.2 출력(부하) 측 보호

램프특성불량 및 노후화로 흑화, 결착불량 등 출력측 이상 시에 램프의 필라멘트 과열과 스파크 등에 의해 소켓이 타는 것을 방지하는 보호기능이다.

2.2.3 온도감지 보호

회로 설계시 온도감지 방식에 따라 2가지로 구분할 수 있다. 하나는 THERMAL PROTECTOR 방식으로 안정기 부품 중 가장 많은 열이 발생하는 부위에 PROTECTOR를 부착하여 과열시 회로를 차단함으로써 작동을 중지시키고, 온도가 정상 범위로 내려가면 자동으로 복구되어 재점등되는 방식이다. 다른 하나는 전자회로 감지방식으로 과열시 이상전압 및 이상전류를 감지하여 회로를 차단시켜주는 방식으로 온도가 상승하면 안정기의 동작을 멈추게 하였다가 온도가 정상범위로

복귀시 전원을 OFF 하였다가 ON 시키면 정상으로 복구되어 재점등되는 방식이다.

2.2.4 FUSE 보호

전자식안정기의 FUSE는 교체가 불가능하다. 전자식 안정기는 반도체 부품(다이오드, FET, TR 등)을 사용하기 때문에 FUSE 단락시에는 회로상의 반도체 부품이 이미 과열 및 과전류 등으로 파괴 또는 소손된 상태이기 때문에 FUSE를 교체하여도 회로가 정상적으로 동작하지 않는다. 그럼에도 불구하고 FUSE를 사용하는 것은 이상현상에 의한 화재발생방지 및 선로상의 다른 기기의 보호를 목적으로 하고, 사고시 전원을 차단시키는 안전장치로서의 기능 때문이다.

2.2.5 보호회로의 구성 예

형광램프를 소켓에 잘못 장착하거나 램프불량으로 인한 필라멘트 과열시 안정기 작동을 정지하여 안전사고를 예방하기 위한 형광등용 전자식안정기의 보호회로 구성에 대하여 살펴보면, 보호회로의 스위칭소자가 작동된 후 입력전원이 안정화 되었을 때 타부하에 영향을 주지 않으면서 신속하고 용이하게 회로복구를 실시할 수 있도록 고안되어 있다. 그림 3은 SCR을 이용한 회로구성으로 전원 입력측의 과전압과 부하측 이상전압 모두에 대하여 회로를 보호할 수 있는 보호회로가 구성된 전자식안정기 회로이다.

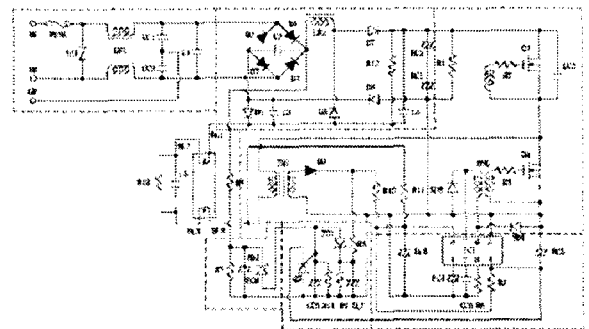


그림 3. 보호회로가 첨가된 회로도
Fig. 3. A circuit diagram with protected circuit

2.3 램프의 수명말기 현상

방전등의 일종인 형광등에 있어서 램프의 수명말기에는 여러 가지 현상이 나타난다. 형광램프는 보통 제조 회사에서 초기 설정된 정격 광출력의 70[%](고연색형 60[%])미만일 때를 정격수명이라고 말한다. 램프수명 말기에는 소비전력은 저감되지 않으나 광출력이 감소하므로 광효율이 떨어져 교체가 필요하다. 또한 교체시기를 지나 계속 사용할 경우 점등불능상태가 되며 간혹 필라멘트가 단선되지 않을 경우 램프양단의 전압 상승

으로 필라멘트가 과열되어 형광등소켓에 열이 전도되면서 화재에까지 도달할 수 있다. 이와 같은 현상은 주택용 조명으로 사용되는 FPL램프에서 자주 발생되어 화재로 연결될 위험이 있다. 램프 수명말기에 나타날 수 있는 현상을 그림 4에서 나타내었다.

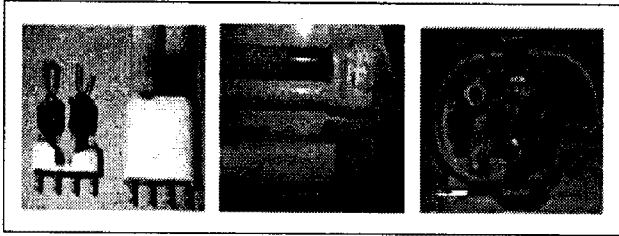


그림 4. 램프수명말기 이상현상
Fig. 4. Problems when the end of the expected span of lamp

2.4 램프수명말기 보호회로 방식

형광램프는 일반적으로 정격수명을 고려하지 않고 단순히 점등이 되지 않을 때까지 사용하고 있다. 램프의 양쪽 끝 필라멘트 부분이 빨갛게 들어오면서 형광램프 전체가 흐릿하게 점등 되는 것을 수명말기상태로 보는 것이다. 이와 같은 말기현상이 발생될 경우 필라멘트 양단에 이상전압과 전류가 발생하여 필라멘트와 소켓부분에 약 120 ~ 150[°C]의 열이 발생하게 되는데 이를 방지할 경우 화재나 램프낙하 등의 위험이 있다. 이에 대한 대책으로 보호 장치를 필수적으로 설계하고 있으며 이러한 램프수명말기 보호회로방식은 현재에도 여러 가지 방법이 사용되고 있다.

2.4.1 SHUT DOWN 방식

발진을 멈추는 방식으로 전원이 투입된 상태에서 램프의 착·탈시 오동작의 염려가 있으나 안전성이 높아 고가의 제품에 사용되고 있다. (보호회로 동작시 약 0.5 ~ 1[W] 소비)

2.4.2 발진전압 DOWN방식

램프수명말기에 발진전압을 낮춰줌으로써 더 이상의 과열을 방지하는 방법이다. (보호회로 동작시 약 10 ~ 20[W] 소비)

2.4.3 혼합방식

SHUT DOWN 방식과 발진전압 DOWN방식의 장점을 혼합한 것으로 전원투입상태에서 램프를 착·탈시에 SHUT DOWN이 되지 않으나 이와 같은 현상이 5분이상 지속될 때 SHUT DOWN되는 방식으로 제조원가 상승으로 고가의 제품에만 적용되고 있다. (보호회로 동작시 약 0.5 ~ 1[W] 소비)

2.5 형광램프 수명말기 표시기능 검측회로 개발

형광램프의 수명말기를 표시하며, 램프의 교체를 단계적으로 표시하여 램프가 적시에 교체되도록 하고, 램프수명말기를 표시한 후에도 교체가 이루어지지 않을 경우 전자식안정기의 발진회로를 차단하여 램프의 수명말기에 발생할 수 있는 문제점을 예방할 수 있는 검측회로를 말한다.

2.5.1 구성

형광등용 전자식안정기는 상용교류전원을 직류전원으로 정류하는 정류부와 정류전원을 이용하여 고주파 스위칭 신호를 발생시켜 이 고주파 스위칭 신호에 매치되어 형광램프의 구동을 위한 발진전압을 출력하는 공진출력부, 공진출력부의 출력에 의해 램프를 구동시키는 램프구동부로 구성된다. 형광램프의 수명말기를 검측하는 검측회로와 이를 표시하는 표시회로는 형광램프의 양단 중 한 측과 접지측 사이에 연결되어, 램프의 관전압이 소정레벨 이상으로 상승하는지 여부를 검출하는 관전압 검출부와 관전압 상승이 검출되면 이상 유무를 표시하는 표시기능 구동부로 구성된다. 그림 5는 구성도를 나타낸다.

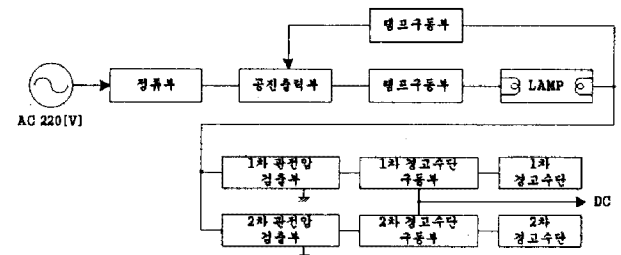


그림 5. 수명말기표시 구성도
Fig. 5. Expressin diagram for the end of the expected life span

2.5.2 회로

형광램프의 수명말기 검측회로와 검출부는 형광램프 양단의 어느 한 측과 접지측 사이에 역바이스로 연결된 제너다이오드를 포함하며, 표시기능 구동부는 제너다이오드가 항복될 때 트리거 되어 표시기능에 구동전원을 공급하도록 스위칭 된다. 여기에서 표시기능은 1차 표시와 2차 표시로 각각 구성되고, 관전압 검출부 또한 램프의 관전압을 각기 다른 레벨로 검출하는 1차 관전압 검출부와 2차 관전압 검출부로 별도 구성된다. 이때 1차 관전압 검출부에 의해 검출된 전압레벨은 2차 관전압 검출부에 의해 검출되는 전압레벨에 비해 상대적으로 낮다. 1차와 2차 관전압 검출부는 램프양단의 어느 한 측과 접지측 사이에 역바이스로 연결되는 각각의 제너다이오드를 포함하며 제너다이오드는 램프의 관전압이 소정레벨 이상으로 상승하면 항복된다. 이때 1차와 2

차 표시기능은 작동간의 시간차를 두기 위하여 제2차 관전압 검출부의 다이오드를 1차 관전압 검출부의 다이오드보다 정격이 높은 것으로 선택한다.

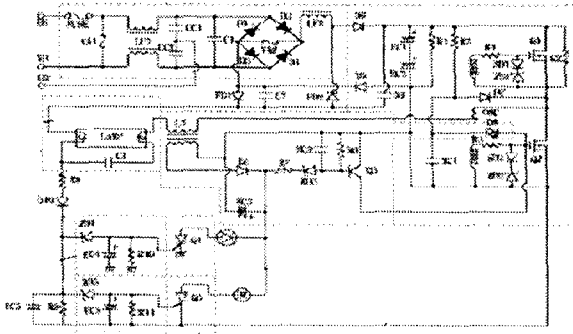


그림 6. 회로도 1
Fig. 6. Circuit diagram 1

예를 들어 1차 검출부의 다이오드가 11[V]의 항복전압을 갖는다면 2차 검출부의 다이오드는 12[V]의 항복전압을 갖게 함으로써 1차 표시부로 경고하고, 경고이후 램프의 교체가 이루어지지 않아 램프의 관전압이 상승하면 2차 표시부로 형광램프의 수명말기를 표시하게 한다. 수명말기 표시수단의 구동부는 관전압 검출부에 연결되어 검출부의 관전압 상승이 검출되면 표시수단을 구동한다. 본회로가 적용된 전자식안정기에는 부하측 전류를 검출하여 전류값에 대응하여 공진출력부의 출력전압을 조절하는 피드백회로를 부가할 수 있다. 이 피드백회로는 부하측 전류 상승시 공진 출력부의 출력을 다운시켜 부하측 전류를 안정화시키기 위한 것으로서 램프의 한 측에 연결된 트랜스(L1)와 트랜스(L1) 2차측에 역바이스로 연결되는 제너다이오드(ZD3), 제너다이오드(ZD3)가 항복될 때 턴온(turn-on)되는 스위칭 소자(Q3)를 포함한다. 피드백회로는 부하측 전류가 상승하여 트랜스(L1) 2차측 유효전류가 기준레벨 이상으로 올라가면 제너다이오드(ZD3)가 항복되면서 스위칭소자(Q3)가 턴온(turn-on)된다. 이에 따라 공진 출력부의 스위칭소자(Q2)에 인가되는 바이스전압이 다운되면서 발진자(OSC)의 발진전압이 다운된다. 이후 부하측 전류가 안정되면 피드백회로부의 스위칭소자(Q3)가 턴오프(turn-off)되면서 공진 출력부는 다시 정상적인 고주파 전압을 출력한다. 그림 6, 7은 회로구성을 표시한 것이다.

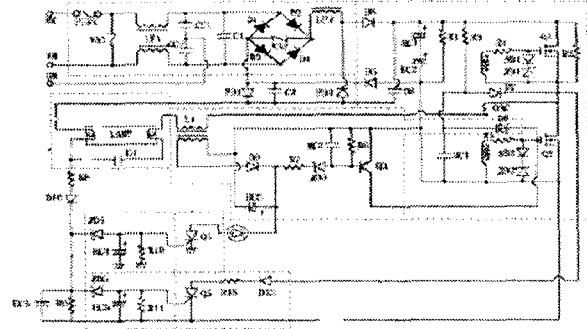


그림 7. 회로도 2
Fig. 7. Circuit diagram 2

3. 결론

본 논문에서는 램프 양단 중 어느 한 측과 접지측 사이에 연결되어 램프의 관전압이 소정레벨 이상으로 상승하는지 여부를 검출하는 관전압 검출부와 검출부에서 관전압 상승이 검출되면 형광램프의 수명말기를 사용자에게 표시해주는 회로를 구성하였다.

램프의 수명말기에는 효율이 떨어지고, 교체시기가 지난 이후에도 사용을 계속하게 되면 점등불능 상태가 되며, 필라멘트가 단선되거나 필라멘트 양단의 전압과 전류가 상승하여 필라멘트와 소켓부분에 약 120 ~ 150 [°C]의 열이 발생하여 형광등소켓에 열이 전도되면서 램프의 낙하사고가 발생하거나 화재발생에까지 도달할 수 있는 위험성을 가지고 있다.

본 논문에서 제안한 회로를 적용하여 형광램프의 수명말기를 1·2차에 걸쳐 표시하여 줌으로써 사용자가 형광램프를 적시에 교체할 수 있도록 하여 형광램프 수명말기에 발생할 수 있는 제반문제점 및 위험성을 보다 확실하게 제거·예방할 수 있도록 하였다.

참고 문헌

- (1) 최홍규 외 7명, “조명설비 및 설계”, 성안당, 2000.
- (2) 사단법인 조명학회 “조명전문 강좌 텍스트북”, 일본조명학회 (제15기)
- (3) 사단법인 조명학회 “LIGHTING HANDBOOK”, 일본조명학회
- (4) 한수빈 “최근 방전등의 회로적 모델기술 현황”, 조명학회 기술해설 Vol. 21, No. 2, 2007