

고압나트륨램프의 수명진단 알고리즘

한태환 · 우철희
명지전문대학 전기과

The Algorithm of Life Time Examination for High pressure Natrium Lamp

Tae-Hwan Han · Chun-Ilee Woo
Dept. of Electrical Engineering, MyongJi College

Abstract - 고압방전등을 점등하기 위해서는 고전압의 시동전압이 필요하게 되는데, 이러한 시동전압은 고 압력의 나트륨램프에서도 필요하게 된다. 자기장은 전기 방전튜브에서 만들어지게 되며 증기 원자에 대한 전자충돌이 가속화되면서 2차 전자가 발생하고 전기 방전튜브에 전류가 급속도로 흐르게 되며, 나트륨램프의 제작회사마다 서로 다른 램프의 수명 및 교환시점도 서로 다르게다는 것을 본 논문의 연구과정에서 발견하게 되었다. 본 논문에서는 LabVIEW 소프트웨어패키지를 사용해서 발견한 내용을 나트륨램프의 수명진단의 알고리즘을 제안한다.

1. 서 론

오늘날 사회문화생활의 급속한 확산과 더불어서 고압 방전등의 사용이 급속히 증가하고 있는 추세에 있으며 도로를 밝혀주는 가로등 조명, 주택가의 보안조명, 문화재 조명, 대형 교각 및 대형 빌딩조명등을 통해서 어두운 여러 곳곳과 효과 및 광고 선전 등을 위해 고압 방전등이 사용되고 있다. 이러한 때에 고압 방전등에 대한 특성을 이해하고 수명을 연구하며 교체 시점을 연구한다는 것은 필요하다고 할 수 있겠다. 따라서 고압 방전등의 수명을 가름하는 여러 가지 방안을 연구하게 되는데, 이를테면 규격화되어있는 램프의 수명이라든지 램프의 초기 점등시의 전기적인 특성을 초기 구입한 램프와 수명이 다한 램프(깜빡거리는 램프)들에 대해서 구별된 점을 찾아내어 램프의 교환 시기^[1]를 가로등이나 보안등의 관리자에게 알려줌으로써 램프를 교환하도록 하여 점등이 안 된 후에야 램프를 교환하는 업무에서 수명이 다된 램프를 미리 교환하도록 하는 일을 하도록 함으로써 시민들의 불편사항을 사전에 해소해주는 역할을 하도록 하기 위해 본 논문에서는 LabVIEW 소프트웨어 패키지를 이용해서 사용 중인 램프의 고장시점을 진단하는 방법을 제안한다.

2. 고압방전등의 특성

2.1 구조와 동작

고압 나트륨램프는 1961년 K. Schmidt가 발명한 것으로서 고온의 알칼리 증기에도 침식되지 않고 투과성이 있는 고밀도 알루미늄이나 제조기술 개발로 나트륨 램프의 제작이 가능하게 되었다. 1965년에 GE에서 제품을 개발 발표하게 되었을 때의 효율은 105 lm/W이었으나, 근래에는 일반 조명용 광원중 최고의 효율인 140lm/W을 갖고 있다^{[2][3]}. 고압 방전등은 고압가스나 증기중의 방전에 의한 발광을 이용한 방전등으로 대표적인 것은 고압 수은등, 형광 수은등, 메탈 할라이드등, 고압 나트륨등 및 크세논등이 있으며, 방전등은 일반적으로 고휘도 광원이므로 고압 방전등(High Discharge Lamp : HID)이라고 부른다. 시동용 크세논가스를 봉입하고 있기 때문에 높은 시동용 펄스전압(0전위를 기준으로한 펄스 첨두까지의 전위)이 필요하며, 통상 3000[V](KS C 7610 에서

2500V±50V)정도의 펄스전압이 된다^{[4][5]}. 크세논가스의 압력이 낮아지면 시동전압이 높아지게 되는 경향이 있다.

2.2 발광 특성과 효율

고압 나트륨 램프의 특성은 400W 램프 방사 효율은 0.295이고, 광원의 효율도 120lm/W이며 다른 광원에 비하여 매우 높다(수은등의 경우는 70~80lm/W). 나트륨 D 선(589.0 및 589.6nm)의 양측에 연속 스펙트럼의 발광이 퍼져있다. 이 발광의 퍼짐은 증기압 및 관내지름과 더불어 증대하여 나트륨 원자 상호의 충돌에 의하여 공진 퍼짐에 의한 것으로 말하고 있다. 이와 같은 상태에서는 D 선의 발광은 자기흡수에 의하여 감소하고 황백색이 된다. 램프의 연색선은 색온도 2,000~2,100K에서 평균 연색 평가지수 R_a 는 15~30로 형광 수은 램프에는 뒤떨어지지만 최근 60 이상의 것도 있다. 평균 수명은 고압 수은 램프의 수명 정도인 12,000시간이며, 옥외조명이나 공장, 체육관 등의 조명에 적당하다^{[2][3]}. 램프효율 η 와 방전 파라메타의 관계는 나트륨램프의 증기압과 관계가 있고, 크세논가스압력에 따른 효율과 관계가 있다. 나트륨 증기압의 상승에 따라서 처음에 효율 η 가 증가하고 있는 것은 주로 열 전도 손실의 감소가 원인이고 다음에 효율 η 가 감소하는 것은 분광 분포의 폭이 넓어짐으로써 방사 시감각 효율 k 가 감소하기 때문이다. 크세논 가스 압력이 높게되고 아 - 크 중앙부의 온도가 높게되면 열전도 손실이 작게 되는 것과 같이 온도 분포가 증가한다^[2]. 램프의 전류를 높게 하면 가시방사효율 η_v 가 증가해서 효율 η 가 올라간다. 관 내경과의 관계에서는 관 내경을 크게 하면 D선의 흡수를 확대함으로써 효율 η 가 감소하지만, 동일 관에서는 램프전류를 증가시켜도 효율 η 의 차이는 발생하지 않는다^[6].

3. 고압 방전등의 수명과 알고리즘

3.1 고압방전등의 수명

고압 나트륨 램프의 일반형은 등백색의 광원색으로써, 백색광원 중에는 효율이 가장 높으나, 연색성은 그만큼 양호하지 않다. 400W의 램프 입력에 대한 에너지 변환 배분은 가시광은 31%, 적외방사는 25%이고 나머지는 전극, 발광관 및 외관 등에 열 손실로 나타나며 자외방사는 거의 없다. 연색개선형과 고연색형은 효율을 조금 떨어뜨려서 연색성을 양호하게 하고 있으며, 광속 유지율과 수명 특성^[7]은 시간이 지남에 따라서 점차 감소하며, 시동 안정시간은 5분 이내임을 그림.1에서 확인 할 수 있으며 램프의 전류가 서서히 감소하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 여러 개의 램프를 수집해서 고압나트륨램프의 시동 특성을 실험한 결과 아래의 그림 3과 같은 그림을 얻었다. 이것은 전기적인 특성을 파악하기 위해서 제측의 전문적인 소프트웨어 패키지인 NATIONAL INSTRUMENTS회사의 제품인 LabView^{[8][9]}를 이용해서

고압나트륨램프의 시동 전류와 전압을 종류별로 나타내고 있다. 잔존율은 수명 특성에 관한 것으로서, 여러 개의 램프를 점등하게 되면 시간에 따라서 램프가 점멸하게 되는데, 이때 처음의 램프 수를 기준으로 해서 시간이 경과함에 따라서 점등되어있는 램프의 수를 나눈 값을 백분율로 해서 잔존율이라고 하며 다음의 식과 같이 표현한다^{[2][3]}.

$$n(t) = \frac{N(t)}{N(0)} \times 100 \quad (1)$$

여기서, $N(t)$ 는 t 시간점등시의 잔존 램프수량이고, $N(0)$ 는 초기점등시의 램프 수량이며, 램프교환의 시기 결정과 보수 램프의 공급계획을 위해서 사용하게 된다.

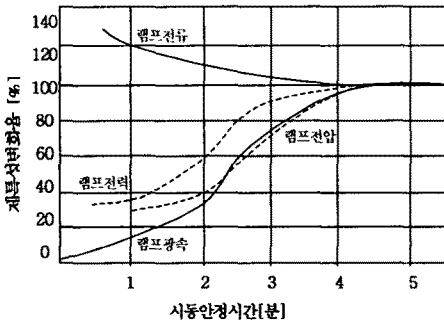


그림 1. 고압방전등의 기동 특성

3.2 LabVIEW 소프트웨어 패키지에 의한 고압방전등의 실험

고압방전등인 나트륨등을 제조회사별 정상적인 램프와 수명이 다된 램프를 수집해서 LabVIEW software package를 이용해서 그림.2의 소프트웨어를 구현해서 실험을 해본 결과 전압에는 큰 변동이 없이 정상적인 램프나 수명이 다된 램프나 동일했음을 확인 할 수 있었고, 기동전류에서 만큼은 커다란 차이를 확인 할 수 있었으며, 아래의 그림.3에서 실험 결과를 보여 주고 있다.

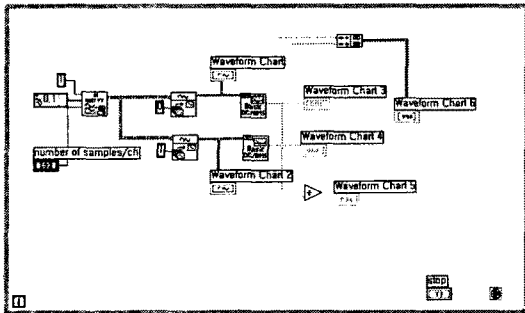


그림 2. LabVIEW 소프트웨어

다음의 그림 3에서 보는 바와 같이 실험에 의해 얻은 자료와 고압나트륨등의 시동 특성을 종합해 볼 때 다음과 같은 식(2), 식(3) 및 식(4)와 그림 4의 신호 흐름도와 같은 알고리즘을 확보 할 수 있다.

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0 \quad (2)$$

여기서, Δt 는 3분간이고 비정상이므로 즉시교환이 필요함을 보여주고 있으며,

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0, \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} > 0 \quad (3)$$

여기서 Δt 는 2분간이고 비정상이므로 교환이필요함.

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0 \quad (4)$$

여기서 Δt 는 2분간이고 정상상태표시이다.

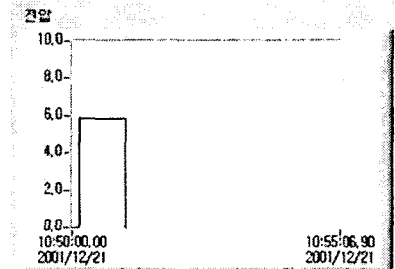


그림 3(a) 250W고장램프의 전압(금오전기)

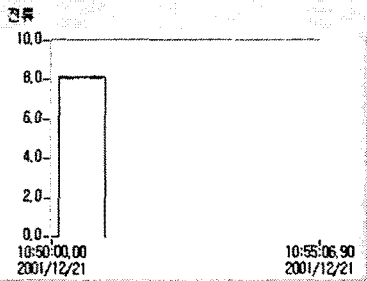


그림 3(b) 250W고장램프의 전류(금오전기)

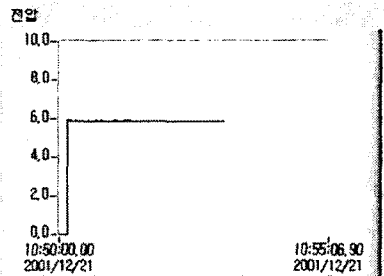


그림 3(c) 250W고장램프의 전압(한국조명)

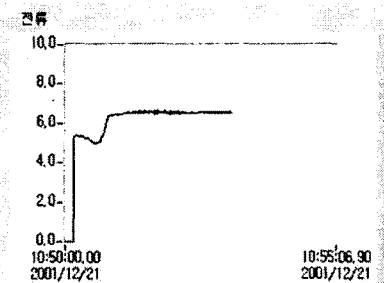


그림 3(d) 250W고장램프의 전류(한국조명)

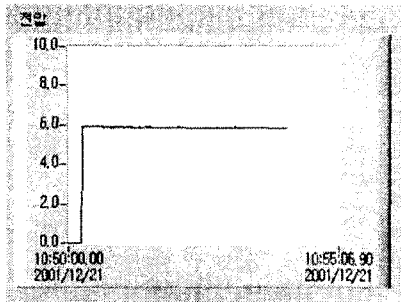


그림 3(e) 250W정상램프의 전압(강산_동일램프)

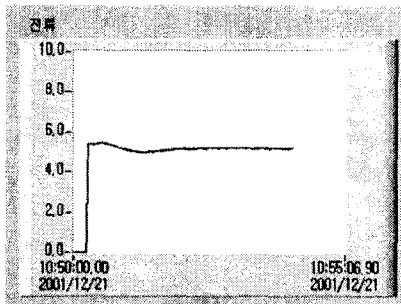


그림 3(f) 250W정상램프의 전류(강산_동일램프)

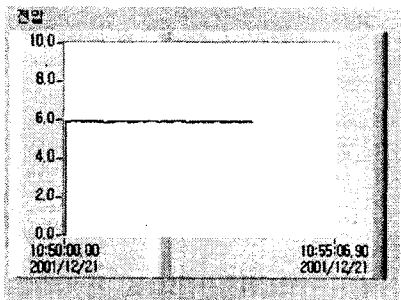


그림 3(g) 150W정상램프의 전압(복성)

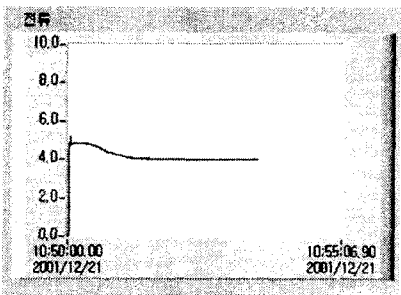


그림 3(h) 150W정상램프의 전류(복성)

그림 3. 고압방전등의 정상적인 램프와 불량인 램프 각각에 대한 전압과 전류의 시동특성 시험결과

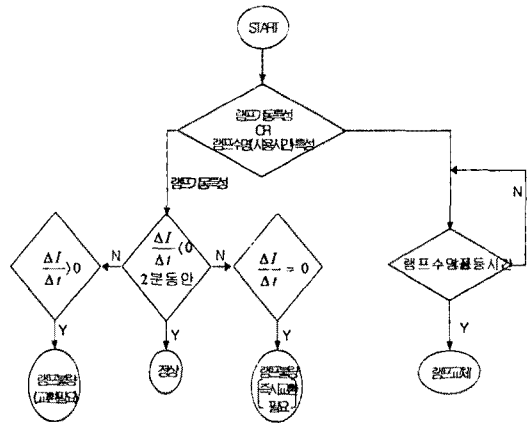


그림 4. 고압방전등의 수명에 관한 흐름도

4. 결 론

나트륨 램프의 수명 진단 연구결과는 LabView 소프트웨어의 사용과 정상적인 램프와의 비교를 해서 얻은 데이터로서 4장에서 확보한 알고리즘을 램프의 교환시기의 결정 방법으로 제시를 한 것이며 램프의 교환방법은 개별 교환방식, 집단적 개별교환방식, 집단 교환방식 및 개별적 집단교환방식과 어느 정도 일정기간이 지났을 때 램프를 전부 교환하는 방식이다. 이와 같이 여러 가지 램프의 교환방식에 따라 서로 다른 장·단점이 있음을 알 수 있듯이 어려움도 함께 동반하고 있다고 할 수 있겠다. 따라서 우리일상생활에 널리 분포되어있는 가로등과 보안등이 모두 고압방전등임을 감안 할 때 램프의 교환 시점에 대한 계속적인 연구와 관심으로 실생활에 적용하기까지 계속적인 연구가 필요하리라고 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 大谷義彦 "照明器具の適正な清掃とランプ交換 の時期" 照明學會誌 第77卷 第7號 1993년
- [2] 지철근의 2명 "조명설비 설계와 시공 가이드 북" 도서출판 의계, P34~P46, 2000년 8월
- [3] 지철근 "최신 전기용량" 문운당, P53~P67, 2004년 1월
- [4] KSC 8108 "나트륨 램프용 안정기" 국립기술표준원 1997년 8월
- [5] KSC 7610 "나트륨 램프" 한국공업표준협회 1992년 5월
- [6] Nelson, G.J., Gibson, R. G. and Jason, A.D. "An Efficiency Analysis of HID Lamps" IESNA Annual Conference 2000년
- [7] 伊藤 彰, 上村華三, 石神敏彦, 井上昭浩, 關根征士 "誘導結合型無電極メタルハライドランプ の壽命特性に関する考察" 照明學會誌 第84卷 第8A號 2000년
- [8] 최성주 "LabVIEW 입문" 통일출판사 2000년 8월
- [9] NATIONAL INSTRUMENTS "LabVIEW DAQ 6023E user manual" Jan. 1999