

방전등 시동특성의 고찰

(A Study of Ignition Characteristics for Discharge Lamp)

한수빈* · 박석인 · 송유진 · 정학근 · 정봉만

(Soo-Bin Han · Suck-In Park · Eugene Song · Hak-Guen Jeoung · Bong-Man Jung)

한국에너지기술연구원

Abstract

In the gas discharge lamp, starting procedure is composed of several physical discharge phases. The detailed phenomena are different according to lamp characteristics and ballasting method. This paper reviews starting methods in fluorescent lamp, and the starting procedure of HID lamp are investigated based on reviewed various waveforms.

1. 서 론

형광등 및 HID 램프와 같은 가스방전등은 시동을 위한 특별한 조건이 따른다. 형광등의 경우는 시동시 수 백V의 점등 전압이면 충분하나 HID 램프의 경우는 수 천V이상의 점등전압이 요구된다. 점등시간도 형광등의 경우는 정상적인 광속이 나오는 정상상태에 도달하는 시간이 짧으나 HID 램프의 경우는 여러 단계의 방전 단계를 거치게 되어 결과적으로 정상상태에 도달하는 시간이 수 분으로 매우 길다. 또한 각 시동 특성은 안정기의 종류에 따라서 차이가 존재하게 되고 형광등의 경우는 명확하게 특성이 구분되나 HID의 경우는 아직 안정기의 특성에 대한 점등 특성의 변화에 대해서 확실하게 특성이 예측되지 못하고 있어 보다 연구 결과가 필요하다.

본 논문에서는 가스 방전등에 대한 시동 특성과 관련하여 최근의 연구내용들을 검토하여 보았다. 형광등의 경우는 점등이 용이한 편으로 다양한 점등과 관련된 특징을 소개하였다. 주로 메탈헬라이드 램프와 관련된 시동 특성에 고찰하여 보았다.

2. 형광등의 점등 방식과 특징

통상 형광등의 경우 시동을 위한 안정기의 방식에 따라 다음 3가지의 방식으로 구분할 수 있다.

- Instant starting
- Rapid starting
- Programmed starting

Instant starting 방식은 램프 이그니션 이전에 필라멘트의 예열기간을 두지 않는다. 따라서 형광등

이라도 양쪽에 핀이 하나로 제조된 Slimline 또는 Instant Start형 램프에 대해서 적용하게 된다. 특히 콤팩트 형광등이나 점소등이 잦은 목적의 용도에서는 피해야 하는 시동 방식이다.

Rapid starting 방식은 rapid start 또는 preheat 형으로 제조된 형광등에 대해 적용이 되며 모두 양 끝에 2개의 핀이 존재하고 2개의 핀 사이에는 예열해야 할 필라멘트가 존재한다. 이 방식은 점소등이 2만회 이상 되는 사용처에는 적용이 바람직하지 않다.

Programmed starting 방식은 잦은 점소등에 의한 필라멘트의 손상을 최소화하기 위해 필라멘트를 열방출 상태에 도달하도록 예열한 후 이그니션 전압을 인가하여 점등하는 방식으로 최고 10만회의 점등을 유지할 수 있다.

그 외 UV 램프 등에 적용하는 flasher starting 방식이 있으며 이는 분당 10회에서 수백회의 on/off 주기를 가능하게 하는 방식이다.

3. 메탈헬라이드 램프의 시동 특성

메탈헬라이드 램프의 시동 특성은 그림 1과 같이 여러 단계를 거치게 된다[1]. 점등의 처음 단계는 아르곤 또는 제논 등의 불활성가스가 전기적인 절연 파괴에 따라 비전도성에서 전도성 매체로 바뀌면서 시작된다. 이 기간은 breakdown phase로 불리며 통상 수십μsec 정도로 소요된다. 그 다음 low pressure mercury vapor arc phase로 수 A의 높은 전류와 수십 V의 낮은 전압 특성을 갖는다. 이 과정은 수은이 전극 주변이 아닌 램프관 내부에 농축된 경우 발생하지 않을 수 있다. Cold cathode glow 단계는 다음 단계로 1A 이하의 낮은

전류와 200V이상의 높은 전압의 특징을 갖는다. 이 단계에서도 캐소드의 온도는 열방출이 가능한 정도의 온도로 상승하지 못하므로 방전을 유지하기 위해서 전자를 발생시키기 위해 충분히 높은 전압이 요구된다. 이 단계를 지나면 캐소드는 충분한 온도에 도달하여 열전자를 방출하게 되고 glow-to-arc transition phase를 거치게 된다. 이 단계에서는 전자방출이 열전자 방출과 이온의 충돌에 의한 전자방출의 복합적인 작용에 의해서 발생된다. 전압은 수십 V로 떨어지며 전류는 증가하게 된다. 열전자 방출에 의해서 전자가 주로 발생되면 thermionic low pressure arc 단계로 진입하게 되고 가장 긴 시간이 소요된다. 아크관의 온도는 정상상태의 경우보다 낮은 상태에서 단계가 시작되므로 가스압은 상대적으로 낮은 상태로 존재한다. 따라서 낮은 방전 전압, 낮은 임피던스 그리고 높은 방전 전류의 특징을 갖게 된다. 아크관이 충분히 가열되고 수은과 메탈헬라이드 성분을 증발시키게 되면 광속이 급속히 증가하게 된다. 결과적으로 정상상태의 가스압에 도달하게 된다. 이 때가 점등과정이 끝나고 정상상태에 도달하게 되는 시기이다.

가스 방전 특성의 특성은 사실상 램프의 가스 성분 및 용량 및 구조에 따라 달라질 수 있다. Byszewski[2]의 경우는 그로우 방전시의 전압 전류 I-V 특성을 그림 2와 같이 발표하였다. 이것을 시간축으로 살펴보면 그림 1과는 다소 다르게 방전 특성이 나타난다. 또한 각 방전의 세부 단계의 순서가 램프에 따라 다르게 나타날 수 있다. 그러나 중요한 것은 glow 상태가 존재하고 다음에 발생하는 hot cathode glow는 glow-to-arc 변환 단계와 일치하고 이때 부저항 특성이 나타난다는 것이다.

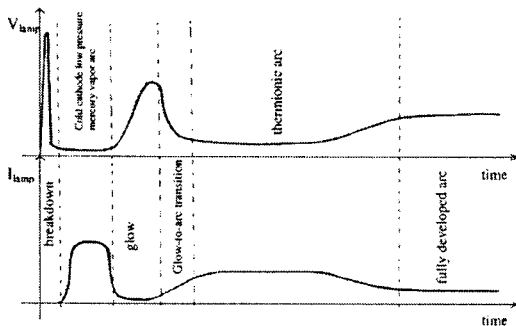


그림 1 시동시 램프의 전압 전류 변화
Fig. 1 Lamp voltage/current variation during starting process

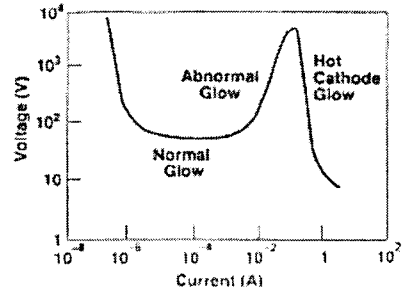


그림 2 그로우 방전시 램프의 전압 전류 특성 (100 torr argon 상태)
Fig. 2 V-I characteristics during glow discharge (100 torr argon)

4. 점등 시의 파형

점등시 파형으로 점등상태의 과정을 확인하려고 하는 여러 연구 결과가 있어 왔지만 Yan[1]의 경우 자기식과 전자식의 차이에 대해 상세히 분석하였다.

이 결과에 따르면 우선 자기식 안정기로 점등하는 경우 파형은 그림 3과 같다. ①은 200V의 높은 전압에 대해서 수 십mA 정도의 낮은 전류로 동작하는 것으로 보아 normal glow 상태로 판단하며 ②는 20V 정도의 낮은 관전압과 수 A의 높은 전류에 의해 low pressure mercury vapor arc로 보며 ③은 전류 전압이 비례해서 증가하는 것으로 보아 abnormal glow discharge로 보고 ④는 전압, 전류가 부저항 특성을 보이므로 glow-to-arc 단계로 볼 수 있다.

Yan[1]에 의해서 수행된 수백kHz의 고주파 안정기에 의한 점등파형은 그림 4와 같으며 여기에서는 상대적으로 높은 램프전압에 대해서 낮은 관전류 특성을 보이고 있어 방전특성이 주로 glow discharge에 의해 진행됨을 알 수 있다.

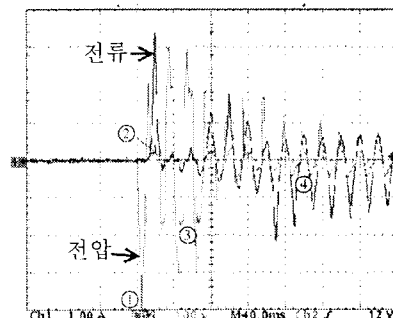


그림 3 자기식 안정기에 의한 MH 램프 시동특성
Fig. 3 Starting waveform of MH lamp by magnetic ballast

Byszewski[2]에 의해서 측정된 고주파 안정기의 전체 점등 특성은 그림 5와 같다. 이 경우 glow 방전 동안에는 그림 2의 방전 특성에 따라 비교적 관전압이 일정한 가운데 적은 관전류가 흐르며 glow-to-arc 동안에는 관전압은 급격히 감소하고 관전류는 증가하는 부저항 특성을 보이며 이후 관전압 관전류가 완만하게 변화하는 thermionic arc 단계를 지속함을 볼 수 있다. 관련 연구 중에 저주파 전자식 안정기에 대한 점등 특성에 대해서는 고찰 된 바가 없는 데 본 연구팀의 관찰로는 그림 6과 같이 상당부분 normal glow 방전상태에 존재하다가 abnormal glow를 지나서 바로 glow-to-arc 단계로 진입하는 것을 볼 수 있었다. 본 연구팀에서 실험한 다른 형태의 150W급 고주파 안정기의 점등상태는 그림 7과 같이 높은 이그니션 전압이후 low pressure mercury vapor arc 상태가 확실히 존재하는 것으로 나타났으며 이 후 glow 방전상태로 유지하는 것으로 확인 되었다.

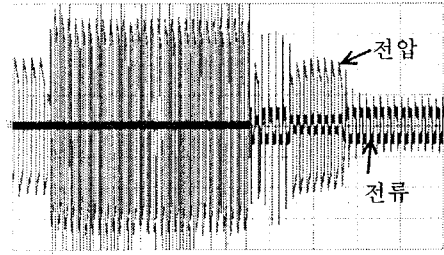


그림 6 저주파 전자식 안정기에 의한 MH 램프 시동특성
Fig. 6 Starting waveform of MH lamp by LF electronic ballast

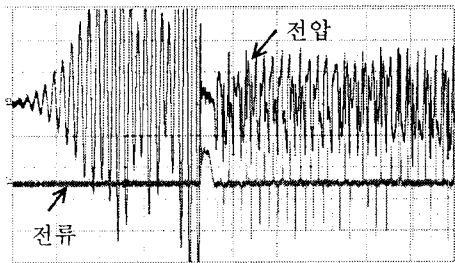


그림 7 고주파 전자식 안정기에 의한 MH 램프 시동특성
Fig. 7 Starting waveform of MH lamp by LF electronic ballast

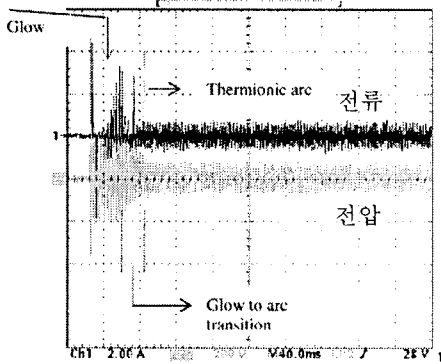


그림 4 고주파 전자식 안정기에 의한 MH 램프 시동특성
Fig. 4 Starting waveform of MH lamp by HF electronic ballast

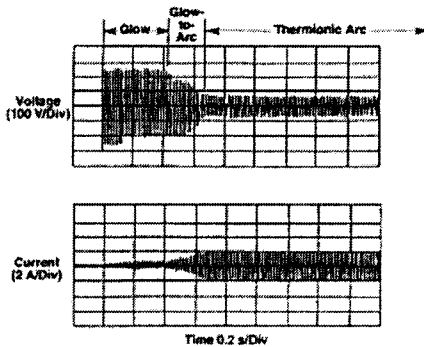


그림 5 그로우 방전서 램프의 전압 전류 파형 (100 torr argon 상태)
Fig. 5 Voltage and current waveform during glow discharge (100 torr argon)

5. 결론

가스 방전등의 경우 특히 HID 램프의 경우 완전히 방전되기까지는 glow 방전에서 arc방전까지 여러 과정이 진행된다. 형광등의 경우는 저압방전 등이라 정상상태의 도달이 보다 빠르게 진행되나 HID 램프의 경우는 glow-to-arc까지는 빠르게 진행되어도 thermionic arc과정이 매우 길어진다. 또한 램프의 종류에 따라서 그리고 안정기에 따라서 점등 특성이 다소 다르게 나타날 수 있으나 반드시 glow방전이후 glow-to-arc 과정은 확인이 되고 있다. HID 광원의 점등시 정확한 메카니즘을 이해할 경우 안정기의 최적화가 가능하며 점등시간의 단축이 보다 가능할 수 있다.

참고 문헌

- [1] W. Yan and S. Hui, "The Influence of the Startup Process of Small Metal-Halide Lamps on Electronic Ballast Design," IEEE Trans on Power Elec. vol. 22, no. 5, 1583-1591, 2007
- [2] W. Byszewski, et al, "Advances in Starting High-Intensity Discharge Lamps," Plasma Sources Sci. Technol., vol. 5, pp. 720-735, 1996