

램프 상태 적응형 점등 방법에 관한 연구

(The Study on Adaptive ignition for HID lamps according to lamp state)

조계현* · 송명석 · 박종연

(Gye-Hyun Jo, Myoung-Suk Song, Chong-Yeun Park)

Abstract

The metal halide lamps are now widely used in the application and commercial lighting due to their attracting properties such as good color rendering and high efficiency. But, they have the serious problem of acoustic resonance for high frequency operation and they need the high voltage to ignite. So, they have not been applied to indoors. Over the past few years, a considerable number of studies have been conducted on the electronic ballast together with hot restarting and resonance phenomenon. But, very few attempts have been made with the adaptive ignition method according to the lamp state.

In this paper, electronic ballast is proposed for metal halide lamps with an igniter for adaptive ignition. The proposed electronic ballast can generate different ignition voltages according to the arc tube state.

1. 서 론

메탈할라이드 램프는 다른 광원에 비해서, 많은 광량과, 우수한 광 효율, 좋은 연색성으로 인해서 많은 관심의 대상이 되어왔다. 하지만 램프의 점등 전압이 다른 광원에 비해서 높고, 높은 주파수로 구동시에는 음향 공명 현상이 발생할 가능성이 높으며, 재 점등이 힘들다는 어려움으로 인해서 안정기의 전자화에 많은 어려움이 있었다. 이러한 이유로 인해서 이제까지 메탈할라이드 램프는 빈번한 점등이 요구되지 않는 가로등이나 실외등과 같은 곳에 사용되어져왔다. 오랜 기간 동안 메탈할라이드 램프 특성과 램프에 적합한 전자식 안정기에 대한 많은 연구가 이루어져왔다. 연구 결과 음향 공명 현상을 피하는 방법과 다양한 형태의 안정기 구조, 재 점등에 필요한 사항에 관한 방법이 소개되었다[1]~[9].

일반적으로 메탈할라이드 램프는 초기 점등에 2[kV]~3[kV] 정도의 점등 전압이 필요하며, 램프의 고온 순시 재 점등을 위해서는 초기 점등에 필요한 점등 전압의 약 10배 이상의 점화전압이 요구되는 것으로 알려져 왔다.

현재까지 제안된 램프가 뜨거운 상태에서 순시 재 점등이 되는 전자식 안정기 점등 방식은 램프 상태와 무관하게 18[kV]의 전압을 램프에 인가하는 방식이다. 이러한 점등 방법은 램프 온도가 낮을 때에도 필요 이상의 고전압이 램프에 인가되므로 램프 수명이 감소하게된다 [1][2][3].

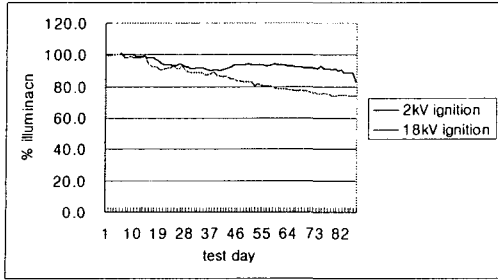
본 논문에서는 램프가 초기 점등일 때와 램프 온도가 낮을 때는 비교적 낮은 전압을 램프에 공급하고, 램프가

뜨거울 때에는 높은 방전 전압을 램프에 공급하는 방법의 점화기를 제안하고자한다. 제안하는 점화기는 기존의 점화기에 비해서 서로 다른 점화 전압을 램프에 공급함으로써 램프 수명을 감소시키지 않고, 순시 재 점등 특성을 얻을 수 있다는 장점을 가지고있으나 기존 점화기에 비해서 점화기 구조가 복잡해진다는 단점을 가진다.

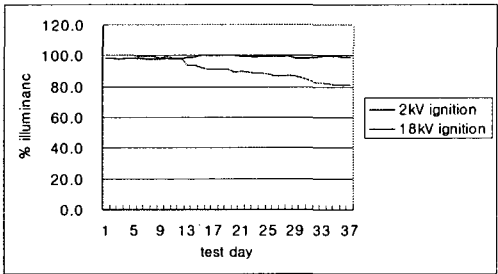
2. 점화 전압과 램프 수명과 의 관계

램프 점화 전압과 램프 수명간의 관계를 확인하기위해서 동일한 메탈할라이드 램프에, 서로 다른 점화 전압을 램프에 인가하였다. 사용한 안정기는 모두 저주파 120Hz로 동작하고, 램프는 OSRAM사에서 판매하는 HQI-TS 70W/NDL UVS 램프와 HQI-TS 150W/NDL UVS 램프를 사용하였다. 실험 조건은 15분씩 점등과 소등을 반복하도록 하였고, 소등되는 기간에는 팬(fan)을 사용하여 램프 온도가 충분히 감소하도록 하였다. 실험은 최초 조도의 70% 조도를 유지할 때까지 수행하였다.

그림 1은 램프에 고전압을 인가하여 점등하는 방식과 저전압을 인가하여 점등하는 방식에서 점,소등에 따른 % 조도를 나타낸다.



(a) 70W HQI 램프 수명
(a) Test results of 70W HQI lamp life



(b) 150W HQI 램프 수명
(a) Test results of 150W HQI lamp life

그림 1. 점등 전압에 따른 램프 수명 실험 결과
Fig 1. Experimental results of lamp life according to different ignition voltage.

실험 결과 램프 상태에 무관하게 수십 kV의 점화 전압을 램프에 공급하면, 70W 램프인 경우에는, 약 2000번의 점,소등이 이루어지면 램프 조도가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 150w 램프인 경우에는 1000번의 점,소등에도 램프 조도가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

실험 결과에 따라서 램프가 차가운 상태에서 수십 kV의 점화 전압을 램프에 공급한다면, 램프 수명은 수 kV의 점화 전압을 공급할때보다 감소할 수 밖에 없다. 그러므로 램프 수명을 연장하면서, 램프가 뜨거운 상태에서도 점등이 이루어 지기 위해서는 그림 2와 같은 점화 전압이 필요하다.

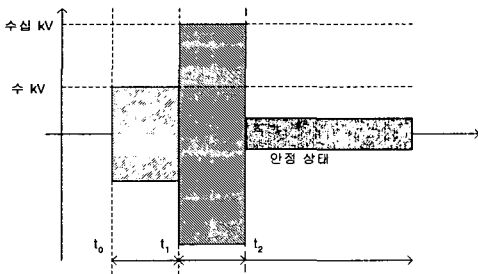
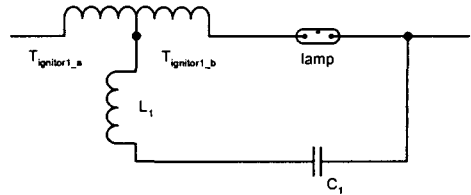


그림2. 점화 절차
Fig2. The Proposed lamp ignition sequence

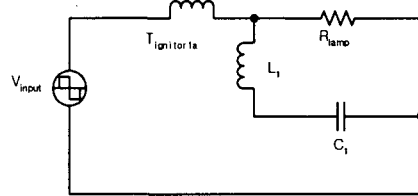
3. 적응형 점화기 구조

3.1 LC 공진 특성을 이용한 점화기

그림 3은 LC 병렬 공진 특성을 이용하여 램프를 점등 시키는 점등 방식이다. 램프가 점등되기 전에는 램프 임피던스는 매우 크다고 가정할 수 있다. 이때 램프 임피던스가 매우 크므로, 램프쪽에 연결되어있는 인덕턴스의 임피던스는 (b)와 같이 생략 가능하다.



(a) LC 병렬 공진 특성을 이용한 점화



(b) 램프 점등 전 등가 회로

그림3. LC 병렬 공진 특성을 이용한 점화기
Fig3. Ignitor using LC parallel resonance

그림3 (b)가 가지는 램프 점등전 전달 함수는 식(1)과 같다.

$$G(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_{input}(j\omega)} = \frac{1}{1 - \omega^2 LC + \frac{j\omega L}{R}} = \frac{1}{[1 - (\frac{\omega}{\omega_o})^2] + j(\frac{\omega}{\omega_o})Q} \quad (1)$$

식 (1)를 이용하여, 주파수비와 첨예도 변화에 따라서 표현하면, 그림 4와 같다.

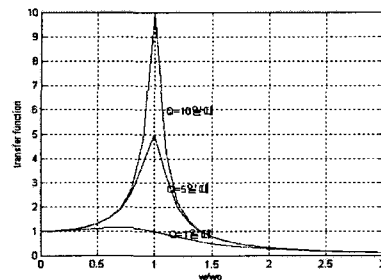


그림 4. LC 공진 회로가 가지는 전압 전달 특성
Fig4. Voltage transfer function of LC resonance tank

그림 4에서와 같이 첨예도 값이 크면 클수록 입력 신호에 대해서 램프로 출력되는 전압의 크기가 증가하는 것을 볼 수 있다.

그림5는 Arc gap과 고주파 변압기를 이용한 점화기 구조이다. Arc gap의 on/off 동작 시간은 FET,TR과 같은 스위칭 소자에 비해 최소한 2배이상 빠르다.

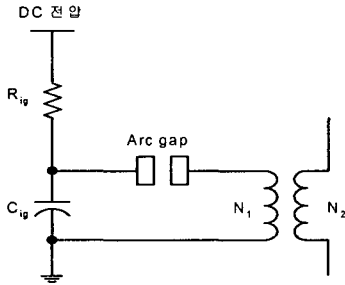


그림 5. Arc gap을 이용한 점화기
Fig5. Ignitor using Arc gap and Transformer

빠른 on/off 특성과 변압기의 턴 비를 적절히 이용하면, 식(2)와 같이 변압기에서 발생하는 역기전력은 증가하게 된다. 물론 변압기에 사용되는 코어와 변압기 구조 그리고 권선을 감는 방법에 따라서 변압기 2차측에 전달되는 전압은 달라진다.[10]

$$V_L = \frac{N_2}{N_1} L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

본 논문에서는 LC 병렬 공진 특성을 이용한 점화 전압과 Arc gap과 고압 변압기를 이용한 점화 전압 발생기를 적절히 사용하여, 안정기 동작 초기에는 수 kV의 점화 전압을 램프에 인가하고, 일정시간이 흐른 후에는 수십 kV의 점화 전압을 램프에 공급하는 방식의 점화기를 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안한 형태의 점화기를 사용한다면, 램프 수명의 단축없이 램프가 뜨거운 상태에서의 재 점등도 가능하다.

그림 6은 본 논문에서 제안한 점화기를 갖는 전자식 안정기 구조이다.

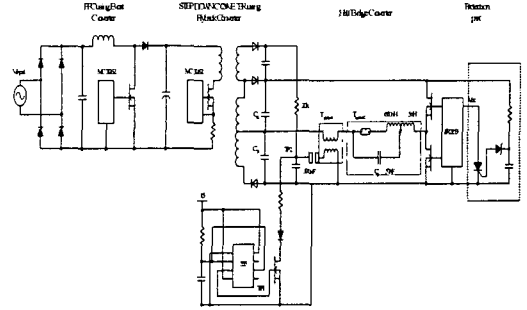


그림 6. 제안한 점화기를 사용한 안정기
Fig6. The electronic ballast using proposed ignitor

4. 실험 결과

그림 7은 제안한 점화기를 이용하여 램프를 점등 시켰을 때 Arc gap을 이용한 점화기 동작을 제어하는 신호와 램프 전류이다. 안정기 동작 초기에는 제어 신호가 발생하여 일정 시간동안 Arc gap을 이용한 점화기가 동작하지 않도록 한다. 이때에는 LC 병렬 공진 특성을 이용한 점화기 동작에 의해서만 점등하게 된다. 램프가 차가운 경우나 최초 점등일 경우에는 그림 7과 같이 램프가 점등되어 램프 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있다.

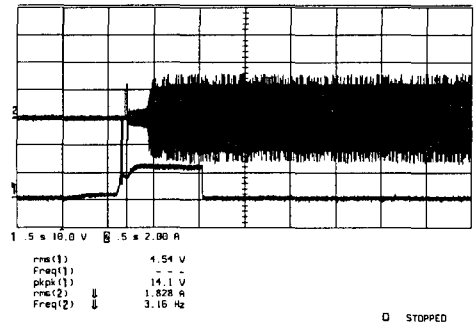


그림 7. 점화기 제어 신호와 램프 전류
Fig 7. The lamp current and ignitor control signal

그림 8은 일정 시간 동안 Arc gap을 이용한 점화기 제어 신호로 인해서 Arc gap을 이용한 점화기가 동작하지 않고 있다가, 일정 시간이 경과한 후에 Arc gap을 이용한 점화기 동작에 의해서 램프가 점등되어 램프 전류가 흐르는 것을 나타낸다. 그림 8은 램프가 뜨거운 경우에 나타나는 파형이다. 램프가 뜨거워진 경우에는 수 kV의 점화 전압으로는 램프가 점등되지 않고, 수십 kV의 점화 전압에 의해서 램프가 점등된다.

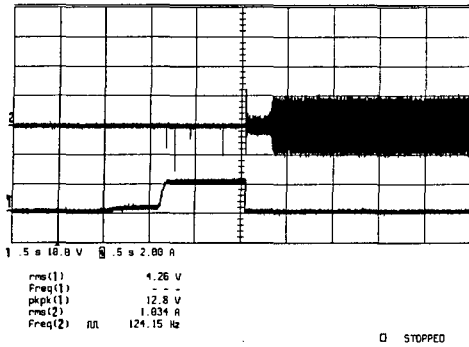


그림 8. 점화기 제어 신호와 램프 전류
Fig 8. The lamp current and ignitor control signal

그림 9는 LC 병렬 공진 특성에 의해서 램프에 인가되는 점화 전압 파형이다. LC 병렬 공진 특성에 의해서 램프에 인가되는 전압은 4[kV]로 차가운 램프이거나 최초 점등인 경우 램프를 점등시키기에 충분한 전압이다.

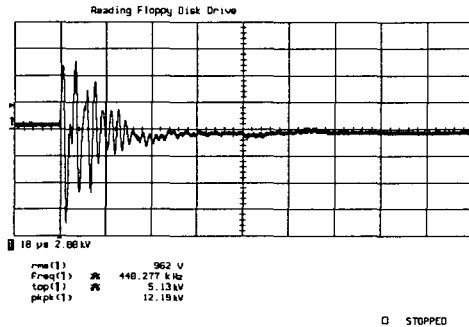


그림 9. LC 공진을 이용한 점화 전압
Fig9. The voltage waveform using LC resonance tank (10μs/div,2kV/div)

그림 10은 Arc gap과 고전압 변압기에 의해서 램프에 인가되는 점화 전압 파형이다. Arc gap 동작에 의해서 램프에는 수십 kV의 점화 전압이 인가되고 있다.

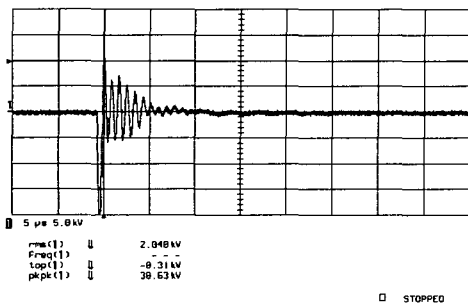


그림 10. Arc gap을 이용한 점화 전압
Fig 10. The voltage waveform using arc gap and transformer (5μs/div,10kV/div)

그림 11은 본 논문에서 제안한 램프 동작 초기에는 수 kV의 점화 전압을 램프에 공급하고, 일정시간이 경과한 후에는 수십 kV의 점화 전압이 램프에 인가되는 램프 상태 적응형 점화기를 사용하여, 무 부하시에 나타나는 점화기 동작과형을 측정된 결과이다. 그림에서 보면, 발생되는 점화전압은 초기에는 LC 병렬 공진현상에 의해서 램프에는 4[kV]의 점화 전압이 인가되고, 일정 시간이 경과한 후에는 아크갭을 이용한 점화기에 의해서 약 20[kV]의 점화 전압이 교번하여 나타나는 것을 볼 수 있다.

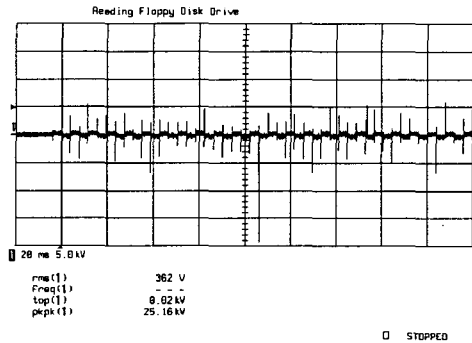


그림 15. 제안된 점화기 동작 파형 (10ms/div,10kV/div)
Fig 11. The ignition voltage waveform of proposed ignitor

5 결론

현재까지 발표된 HID 램프 순시 재 점등 문제 해결 방안은 램프 상태와 무관하게 18[kV] 정도의 전압을 램프에 인가시켜주는 방법을 사용하였다. 하지만 램프 점등을 위해서 램프 상태에 관계없이 과도한 전압을 램프에 공급시키면, 램프 수명은 감소되는 것으로 알려져왔다.

본 논문에서는 음향 공명 현상이 발생하지 않도록 저주파 구형파(120Hz)로 램프를 점등 시켰으며, 램프 점등 초기에는 비교적 작은 전압을 램프에 공급함으로써 램프 점등을 유도하고 일정시간이 경과한 후에는 높은 전압을 램프에 인가하는 방법을 사용하였다.

본 논문과 같이 서로 다른 점화 전압을 램프에 공급하는 방법을 사용하면 램프 상태와 무관하게 높은 점화전압을 사용하던 방법보다 약 20[%] 정도 램프 수명을 연장할 수 있다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 강원대학교 BK21 사업단의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Yue-quan Hu, Jun Zhang, Wei Chen and Chanuchun Wen, "Analysis and Design of Metal Halide Lamp Ignitor", IEEE 32nd Annual Power Electronics Specialists, pp132-137, 2001
- [2] J.garcia-garcia, M. Rico-Secades, E.L. Corominas, J.M. Alonso, J. Ribas, J. Cardesin, A.J. Calleja, "Using Solid State Over Voltage Protection Devices for High Intensity discharge lamps Ignition", IEEE Industry Applications Conference 37th IAS, pp363-368, 2002
- [3] P.F. Hein, K. arbinger, " An ANSC Controlled Ignitor for H/Hs-lamps", IEEE Industry Applications Meeting Volume 5, pp3394-3398, 2000
- [4] Richard Redl and Jon D. Paul, " A New High Frequency and High efficiency Electronic Ballast for HID lamps: Topology, Analysis Design and Experimental Results", IEEE 14th Applied Power Electronics Conference, pp486-492, 1999
- [5] Tasi F. Lin, Chin S. Moo, Ming J. Soong, Wei M. Chen Chin R. Lee, " A High Power Factor Electronic Ballast for Metal Halide Lamps with Hot Restarting", IEEE 26th Annual Conference of the IEEE Industrial Applications, pp2261-2266, 2000
- [6] Masato H. Ohsata, Yoshiyuri Kudo, hisashi.Tai, "Characteristics of a Novel Ballast Circuit for HID Lamps", Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Power Electronics pp227-2307, 2001
- [7] M Ponce, A. Lopez, J. Correa, J. Arau, J.M. Alonso, "Electronic Ballast for HID Lamps with High Frequency Square Waveform to Avoid Acoustic Resonances", Proceedings of the 16th Annual IEEE Applied Power Electronics Conference, 658-663, 2001
- [8] Jinghai Zhou, Fengfeng Tao, Fred C. Lee, Naoki Onishi, Masanao Okawa, "High Power Density Electronic Ballast for HID Lamps", IEEE Industry Applications Conference 37th IAS, pp1875-1880, 2002
- [9] Miaosen Shen, Zhaoming Qian and Fan Z. Peng, " A Novel Two Stage Acoustic Resonance Free Electronic Ballast for HID Lamps", IEEE Industry Applications Conference 37th IAS, pp1869-1874, 2002
- [10] Colonel Wm. T. McLyman, " Designing Magnetic Components for High frequency DC-DC Converters", Kg magnetics, Inc 1992