

메탈할라이드 램프의 프로그램된 이그니션 방식 연구

(A Study of Programmed Ignition Method for Metal Halide Lamp)

한수빈* · 박석인 · 송유진 · 정학근 · 정봉만

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

한국에너지기술연구원

Abstract

This paper proposes a programmed ignition method of high frequency electronic ballast for metal halide lamp. The method precisely controls the ignition voltage and prevents possible damage of ballast for abnormal lamp operation or lamp failure, also sures the zero voltage switching. This improved performance for igniting the lamp enables reliable product of high frequency ballast because of high efficiency, fast start and no extra ignitor.

1. 서론

최근에 세라믹 메탈할라이드 램프 특히 세라믹 아크튜브를 갖는 램프에서 고효율로 동작시키기 위해서 전자식 안정기의 사용이 권장되고 있다. 메탈할라이드 램프용으로 상용화된 전자식 안정기는 현재 대부분 400Hz이하의 구형파로 구동하는 방식을 사용하고 있다[1][2]. 이 경우 음향공명현상에서 자유롭게 되는 장점이 있으나 램프를 처음 시동하기 위한 이그나이터가 필요하게 된다. 반면에 고주파로 구동할 경우는 공진회로를 이용하여 별도의 이그나이터가 필요가 없는 장점이 있다. 그러나 고주파 공진방식으로 이그니션을 할 경우 램프가 점등이 안 되거나 고장의 경우 계속 공진이 진행되므로 안정기의 소자를 손상시키게 된다. 또한 가능한 효율적으로 이그니션을 수행하기 위해서는 공진시의 정밀한 제어가 요구된다.

본 논문은 고주파로 메탈할라이드 램프를 점등할 경우 안전성 확보를 위해 필요한 프로그램이 가능한 이그니션 과정의 기술적 구현 방법에 대해 제안하고자 한다.

2. 메탈할라이드 램프의 이그니션

메탈할라이드 램프의 동작은 [그림 1]과 같이 여러 방전 단계를 거쳐서 안정된 상태로 진입하게 된다. 이들 여러 단계는 크게는 시동단계 후 일종의 가열단계를 지나고 정상상태에 도달하는 것으로 이해하는 것이 보편적이다.

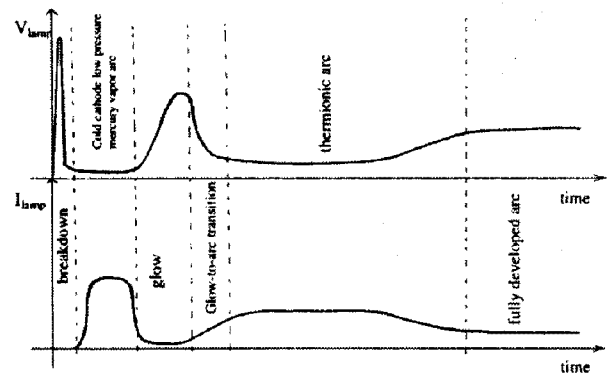


그림 1. 메탈할라이드 광원의 시동 특성[3]
Fig. 1. Starting process of Metal Halide lamp [3]

시동단계는 통상 이그니션에서 glow to arc 단계까지를 포함한다. 이그니션 시에는 램프내의 가스를 breakdown 시키기 위해 높은 전압이 필요하게 되며 이를 위해서 메탈할라이드 광원의 경우는 3000V-4000V사이가 인가된다. 이그니션은 수십 usec 이내에 반응하게 되고 잠시 glow 상태에 있다가 glow to arc 변화로 이동한 후 전력이 증가하면서 가열단계를 지나게 되고 궁극적으로 정상상태인 정격 출력에 도달한다. 이그니션에서 glow to arc 단계까지는 수msec이하에 다 완료되며 이후 정상상태까지 진입하는 가열단계에서 대부분의 시간이 소요된다.

3. 고주파 이그니션 방법시 고려점

메탈할라이드 광원의 안정기에서 인버터는 저주파형의 경우는 플브리지 방식을 사용하지만 고주파 방전의 경우는 하프브리지 형태를 사용할 수

있다. 물론 고주파 방식의 경우라도 200W이상의 경우 플브리지의 사용을 검토하게 되지만 최근 소자의 성능이 계속 향상됨에 따라 하프브리지로 처리할 수 있는 용량이 증가하고 있다. 이 방식은 그림 2와 같이 2개의 반도체스위치로 구성되는 인버터에 L과 C로 구성된 공진회로가 다양하게 연결될 수 있다. 본 논문에서는 가장 보편적인 LCC 구조 즉 series-parallel 구조를 사용한다.

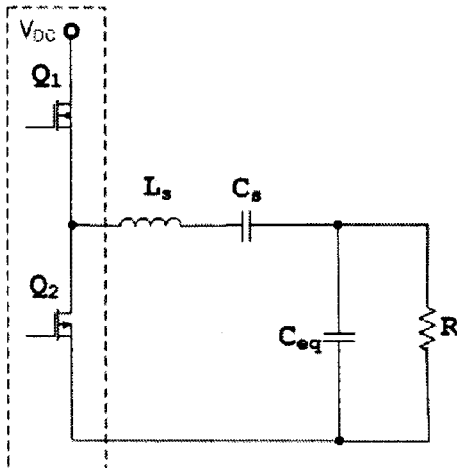


그림 2. 인버터 공진회로 구성
Fig. 2. Inverter resonant circuit

이그니션의 원리는 공진회로에서 그림 3과 같이 부하 저항 R의 값에 따라 전달함수의 이득이 변화되는 것을 이용한다. 여기에서 부하저항은 램프의 동작에 따른 저항을 의미하며 램프가 점등 전에는 저항이 매우 커서 거의 개방상태로 볼 수 있으며, 램프가 점등되면 램프로 전력이 전달되면서 실제 저항 값이 나타나게 된다. 램프 점등시에는 램프에 따라 다르지만 약 50-70ohm사이의 저항으로 동작한다. 시동 시에는 3000V이상의 전압이 램프에 인가되고 점등 후에는 90-100V의 전압이 인가되도록 공진회로의 값을 맞추게 하여 이그나이터가 별도로 필요 없이 하나의 인버터회로에서 이그니션과 정상점등을 모두 수행할 수 있게 된다.

고주파 공진방식의 경우 이그니션때 램프가 정상적으로 점등될 경우는 문제가 없지만 램프가 고장난 상태이거나 또는 성능 저하된 상태에서 처음 이그니션이 안될 수 있다. 이 경우 지속적으로 이그니션이 진행되도록 나누게 되면 소자들의 정격 특성을 넘어 고부하가 걸리게 되므로 손상되게 된다. 또한 점등전의 특성곡선에서 고주파에서 점차 주파수를 줄여서 공진점으로 유도하여 점등을 하게 되는데 이 경우 회로의 영전압스칭을 유지할

수 있도록 최소주파수를 제한해야 한다. 따라서 이러한 미세한 이그니션을 수행하기 위해서는 프로그램된 방식의 이그니션 파형을 제공할 필요가 있게 된다.

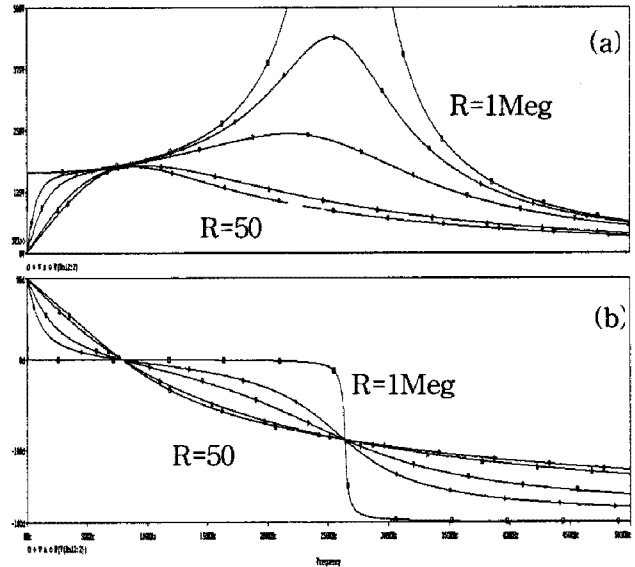


그림 3. 공진회로의 특성 곡선 (a:전압크기, b:위상)
Fig. 3. Transfer characteristics of resonant circuit(a: voltage, b: phase)

4. 프로그램된 이그니션 방법

본 논문에서는 프로그램된 이그니션 방식을 제안한다. 즉 이그니션 때 최대 전압이 일정전압을 넘지 않도록 하고, 모든 이그니션 과정에서 영전압 스위칭 조건이 만족되도록 하며 또한 처음 이그니션이 되지 않는 경우 일정 휴지 기간을 경과한 후 다시 이그니션 전압을 공급한다. 그 방식은 그림 4와 같이 처음 시작을 높은 주파수에서 시작을 하고 최대 램프 전압이 제한되는 주파수까지 오도록 하고 더 이상 감소하지 않도록 제한한다. 이 경우 최대 램프 전압은 3500V-4000V에서 결정한다. 이후 동일 주파수로 약 수십usec에서 수백usec사이를 유지하며 더 이상 스위치를 구동하지 않는다.

그림 5는 프로그램된 이그니션 신호로 계속 점등하는 과정을 (a)에서 보여주고 있다. 즉 이그니션 구간 안에서 점등이 안 되는 경우 일정 기간의 휴지기간을 갖고 다시 점등을 시도하게 된다. 통상 수회 안에 점등이 되며 이그니션 과정의 전압 전류 파형은 (b)와 같다. 그림 6은 저주파 방식의 경우 이그니션 과정으로 반도체 스위치의 동작에 이그니션 신호가 중첩되어 나타나며 이그니션 프로

세스가 고주파 방식과는 다소 다른 특성을 갖는다.

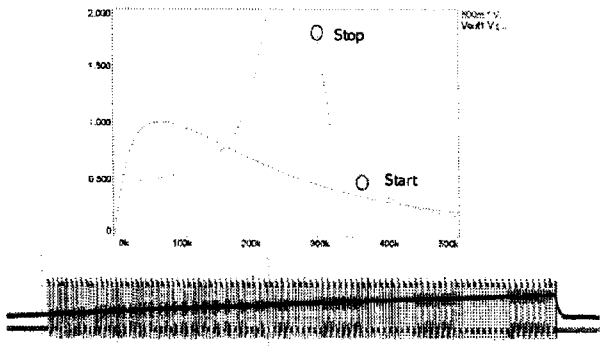


그림 4. 프로그램 된 이그니션 방법
Fig. 4. Programmed ignition method

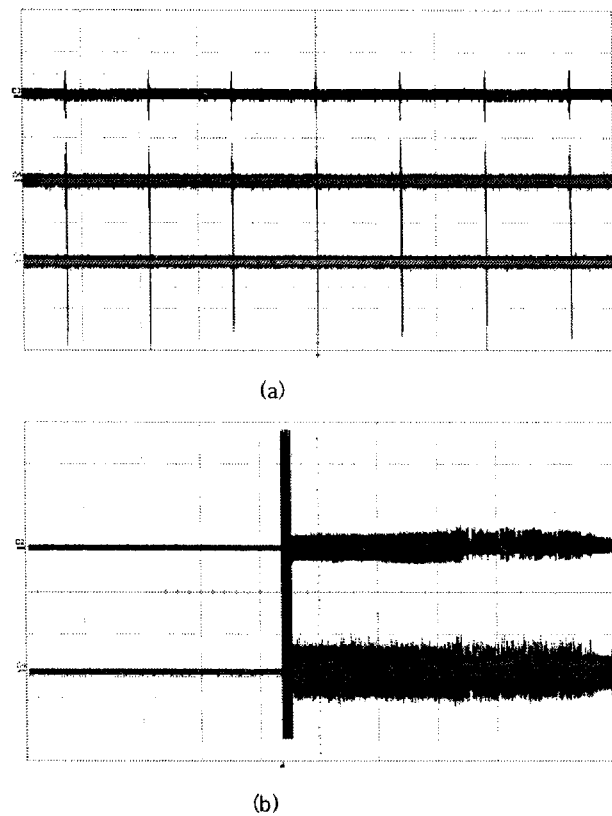


그림 5. 램프 이그니션 과정
(1kV, 10A, 20msec/div)
Fig. 5. Lamp ignition process
(1kV, 10A, 20msec/div)

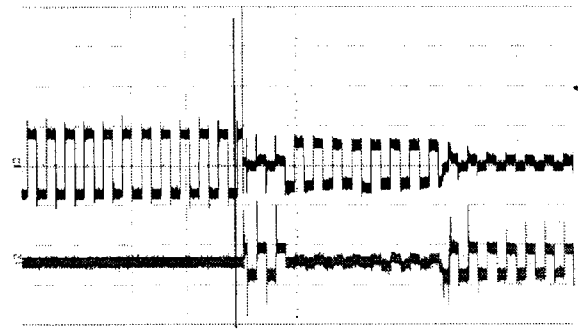


그림 6. 저주파 방식의 이그니션
(350V, 5A, 20msec/div)
Fig. 6. Ignition process of low frequency method
(350V, 5A, 20msec/div)

5. 결론

본 논문에서는 고주파 방식의 메탈할라이드 램프용 안정기를 적용함에 있어서 안정된 이그니션 구현을 위한 프로그램된 이그니션 방식을 제안하였다. 이는 공진회로의 특성상 이그니션 인가 신호의 시작과 끝시점이 정확히 제어되어야 안정성 확보될 수 있기 때문이다. 고주파 방식의 경우 저주파 방식과 달리 이그나이터가 별도로 필요하지 않아 장점이 있지만 이그니션때 큰 과도특성의 전압, 전류가 직접 스위치를 통과하기 때문에 보다 엄밀한 제어가 필요하게 된다.

참고 문헌

- [1] H. Li, Y. Jiang and Z. Qian "A Novel Low-Frequency Electronic Ballast for HID Lamps," IEEE Trans. on Indus. Appl. vol. 41, no. 5, pp. 1401-1408, 2005
- [2] M. Costa, et al. "Acoustic Resonance Characterization of Low-Wattage Metal-Halide Lamps Under Low-Frequency Square-Waveform Operation," IEEE Trans on Power Elec. vol. 22, no. 3, pp. 735-743, 2007
- [3] 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, pp. 1583-1591, 2007