

메탈할라이드 램프용 고주파 전자식 안정기의 개발 연구

한수빈, 박석인, 송유진, 정학근, 정봉만
한국에너지기술연구원

A Study on a High Frequency Ballast for Metal Halid Lamp

Soo-Bin Han, Suck-In Park, Eu-Gine Song, Hak-Kun Jung, Bong-Man Jung,
Korea Institute of Energy Research

ABSTRACT

This paper suggests a high frequency operated electronic ballast. Operation frequency is sufficiently high above 250kHz for avoiding the acoustic resonance in metal halide lamp. The inverter composition and operation principle of ballast are described and verified by experiments.

1. 서론

메탈할라이드 램프의 경우 음향공명 현상으로 전자식 안정기를 구현할 때 400Hz이하의 낮은 주파수에서 구동하는 것이 일반적이다[1][2]. 반면에 고주파수로 구동하는 경우 이그나이터(Ignitor)가 별도로 필요가 없는 장점이 있다. 기존 형광등의 경우 30kHz-50kHz에 사용하였던 전자식안정기의 주파수 대역은 음향공명현상에 대해서 자유롭지 못한 영역이었다. 본 논문에서는 200kHz이상의 고주파 대역에서 동작을 실현하여 실제 음향공명 현상을 회피할 수 있는 전자식 안정기의 기술에 대해 제안한다.

2. 고주파 인버터의 구성 및 동작

그림 1은 개발 안정기의 인버터 시스템 구성도이다. 이를 참조하면, 고압방전등용 구동용 인버터는 고정된 직류 전원부 VDC, 인버터부, 스위치 구동회로, 출력 공진회로로 구성되며, 출력은 램프에 연결되어 정격의 전력을 공급하게 된다. 직류 전원부 VDC는 실제로는 상용 교류 전원을 정류하고 역을 제어기로 직류 전압을 380V-400V사이에서 일정하게 공급한 것이다. 인버터부는 하프브리지 형태이며 반도체 스위치로는 2개의 MOSFET을 사용하였

다. 반도체스위치들은 스위치 구동회로에 의해서 스위치가 온 또는 오프로 동작이 제어되어 직류 전원을 고주파의 교류 전원으로 변환하여 공급하게 된다. 출력 공진회로는 인덕터 Ls와 직렬 연결된 캐패시터 Cs와 여기에 병렬 연결된 캐패시터 Cp로 구성된다.

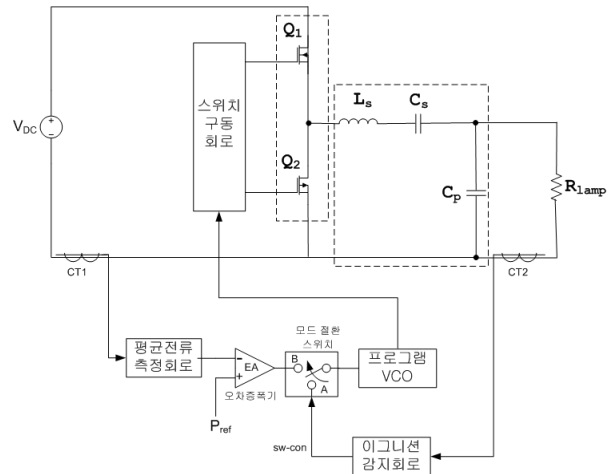


그림 1. 안정기의 고주파 인버터 구성도
Fig. 1. Composition of high frequency inverter

고압 방전등 램프는 등가적으로 저항으로 볼 수 있으므로 등가저항 R_{lamp} 로 표시할 수 있다. 점등 전에는 이 등가저항의 값은 매우 커서 개방된 상태로 볼 수 있으며 이그니션 이후에는 정격 전력을 사용하는 유한한 저항이 연결된 것으로 볼 수 있다 등가 저항의 값은 아래 식과 같이 램프의 정격 관전압의 제곱을 램프의 정격 전력으로 나눈 값으로 계산된다.

$$R_{lamp} = \frac{V_{rat}^2}{P_{rat}}$$

고압 방전등 구동용 인버터의 동작은 2개의 전류 센서와 오차증폭기를 포함한 제어회로에 의해서 결정된다. 이그니션 모드 절환 스위치의 동작에 대해서 전체 제어 모드가 결정되며 그림 1에서 모드 절환 스위치가 A 위치에 있는 경우 시동 및 이그니션 모드로 동작하고 B 위치에 있는 경우 전력 제어 모드로 동작한다. 처음 시동시에는 모드 절환 스위치는 A위치에서 이그니션 모드로 동작하게 된다. 이그니션 모드에서는 프로그램 발진기 VCO의 동작은 사전에 프로그램 된 값으로 스위치 구동 회로를 제어한다.

그림 2는 이그니션 모드와 전력제어 모드의 주파수에 따른 램프 전압의 특성 곡선을 나타낸 것이다. 처음 시동시 램프가 점등하기 전에는 무부하 운전 상태로서 주파수 변화에 따른 램프전압의 변화는 이그니션 특성곡선에 따른다. 시동 주파수는 OP1에 가까운 주파수에서 시작되어 점차 주파수가 감소하면서 램프전압이 상승하게 되며 동작점이 OP2의 위치에 도달하게 되면 3000V 이상의 높은 이그니션 전압이 발생되어 램프가 점등된다. 점등 후에는 램프의 임피던스가 작아지므로 전압 곡선은 전력제어모드의 곡선을 따르게 되며 동작점은 OP3로 이동하게 된다.

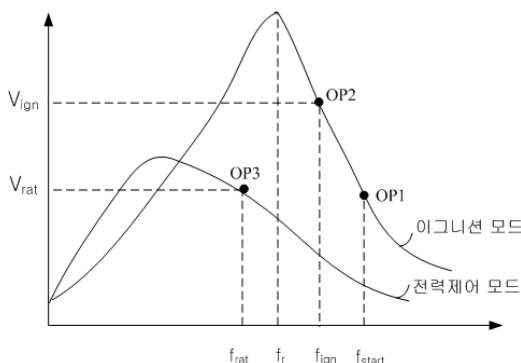


그림 2 공진회로의 주파수 특성과 동작 제어 모드 변화
Fig. 2. Frequency variation curve of resonant circuit

3. 시험 및 분석

이그니션 전압이 충분히 높을 경우는 이그니션이 발생되어 방전단계가 진행된다. 그림 3은 실제 이그니션시 감지 상태를 판별하는 신호가 발생하는 순간으로 이에 따라 회로의 동작모드가 전력제어 모드로 변화하게 된다.

정상상태에서의 램프의 전류 전압 파형은 그림 4와 같고 전압, 전류 파형이 정현파로 가까워진다. 이 때 주파수는 음향공명 대역을 벗어날 수 있는 충분히 높은 주파수로 약 260kHz이다. 이 주파수 대역에서 고주파 인버터의 효율은 92%로 상용화에

충분히 높은 효율을 보이고 있으며 이는 인버터가 ZVS로 동작하여 스위칭 손실이 크지 않기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 메탈할라이드 광원용 고주파 방식의 전자식안정기를 제안하였다. 이그니션과 정상상태에서의 제어 모드 변화를 포함하여 상용화에 가까운 성능을 얻었으며 동작 주파수가 250KHz이상의 고주파수로 음향공명 현상에서 자유로운 영역에서 동작이 가능하였다.

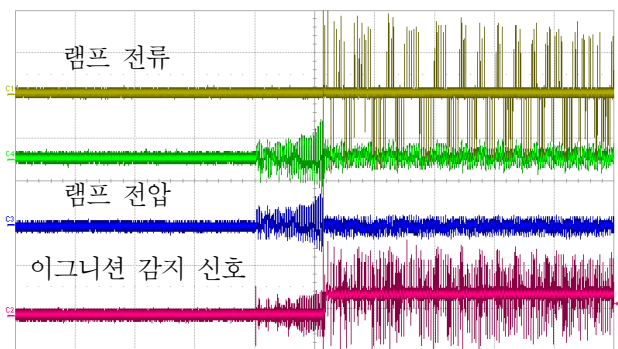


그림 3 시동 시 이그니션 인지 감지 신호와 동작모드의 변화 [10A/div, 2kV/div, 5V/div, 100usec/div]
Fig. 3. Operation mode change by ignition detection signal at starting [10A/div, 2kV/div, 5V/div, 100usec/div]

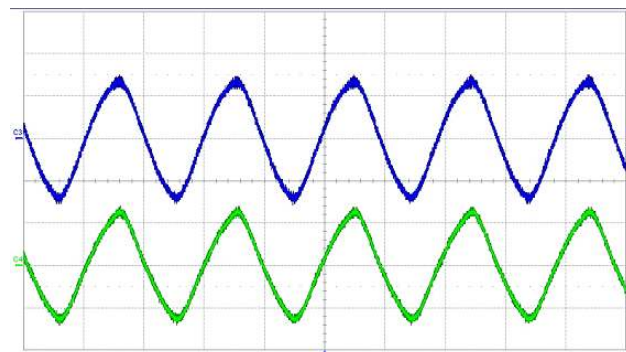


그림 4 안정기의 램프 전압, 전류 파형 [100V, 2A, 2usec/div]
Fig. 4. Lamp voltage and current waveform [100V, 2A, 2usec/div]

참 고 문 헌

- [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