



HID 램프용 전자식 안정기 회로 및 특성 이해 ②

글/ 김기정 (주) 하이룩스 대표이사

공학박사/건축전기설비기술사

TEL.(02)971-5541

FAX.(02)971-7989



목 차

- 1. 개요
- 2. HID 램프의 특성
 - 1) 램프의 구조
 - 2) 방전원리
 - 3) 음향공명현상
- 3. 램프용 전자식 안정기 구성
 - 1) 음향공명현상 감소방법
 - 2) 안정기 기본도
 - 3) EMI 필터 및 PFC
 - 4) Flyback Converter
 - 5) Half-bridge Inverter
 - 6) Ignitor
- 4. HID 램프용 전자식 안정기 특성
 - 1) 광속변화율
 - 2) 전력손실 특성
 - 3) 입출력 특성

3. 음향공명현상

1) 음향공명(Acoustic Resonance) 발생원인
 가스가 들어있는 방전관내에 방전전류가 흐르면 전력에너지가 발생하여 열을 발생 시키고 이 열은 방전관내의 압력변화를 가져온다.

이 압력변화는 방전관내의 음향변화와 같다. 주기적인 압력변화가 내벽에 반사되어 정재파(standing wave)가 발생하는 현상이 방전관의 고유진동수이며 이 고유진동수와 전원주파수가 일치될 때 음향공명현상이 일어난다.

방전관의 형태에 따른 고유진동수는 압력변화에 따라 그림 1과 같이 길이(longitudinal)방향, 방사(radial)방향, 방위성(azimuthal)방향이며 이것들은 단독으로 그리고 복합된 고유진동수로 존재한다. 그림 1에서 경계선의 압력변화는 0이다. 방전관이 작고 가는 것은 고유진동수가 높다.

즉, 작은 방전관은 고유진동수가 고주파대역에 존재하므로 램프전원 주파수를 저주파로 동작하게하고, 큰 방전관은 고유진동수가 저주파대역에 존재하므로 램프전원주파수를 고주파로 동작하게하여 음향공명을 피한다.

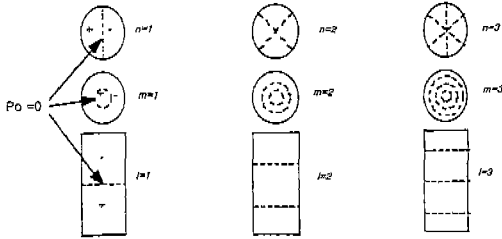


그림 1 방전관내의 압력변화

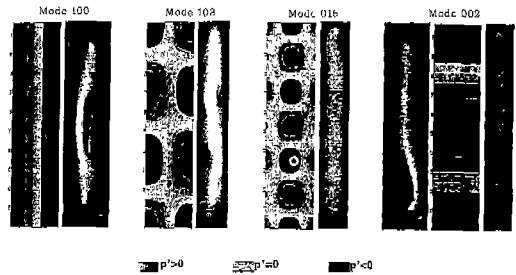


그림 2 방전관내의 압력변화

2) 음향공명의 영향

기체방전관에서 음향공명은 방전관내의 압력 변화 때문에 아크방전이 불안정한 상태로 되어 램프광속을 흔들리게 하고 아크경로가 길어지므로 램프저항이 증가하여 극단적으로는 압력변화가 관벽에 주기적으로 계속 부딪치면 부분적인 과열로 방전관이 굽이가고 파손될 수도 있다.

방전관내의 공명주파수(고유진동수)의 종류는 표 1과 같다.

표 1에서 f_{nml} 의 f 는 주파수이고 첨자 n 은 방위성, 첨자 m 은 방사성, 첨자 l 은 길이방향의 압력들을 나타낸다. l 의 값이 1~8까지 변하는 변수를 i 로 표시하였다. 그림2는 방전관내의 압력변화를 나타낸다.

표 1 공명주파수 및 산출공식

Resonance Freq	Formula
Basic longitudinal	$f_{001} = \frac{Cs}{2L}$
Basic radial	$f_{101} = \frac{3.83 \cdot Cs}{2\pi R}$
Basic azimuthal	$f_{100} = \frac{1.84 \cdot Cs}{2\pi R}$
radial-longitudinal	$f_{10i} = f_{100} \sqrt{1 \pm \left(\frac{\pi \cdot R \cdot i}{2R}\right)^2}$
azimuthal-longitudinal Subharmonics	$f_{l0i} = f_{100} \sqrt{1 \pm \left(\frac{\pi \cdot R \cdot i}{1.84L}\right)^2}$ $\left(\frac{1}{6}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right) \times \text{basic freq}$
	Cs=Sound speed in tube L=arc length R=radial i=variable(1~8)

III HID램프용 전자식 안정기 구성

1. 음향공명 현상 감소방법

메탈헬라이드 램프에서 발생하는 음향공명 현상을 감소하기 위한 점등방식에는 공명주파수 대역을 피한 저주파 점등방식, 구형파(square wave)점등방식, 구형저주파에 정현 고주파 성분을 첨가한 점등방식, 공명주파수 대역을 피한 고주파 점등 방식, 정현파 형태의 고주파 변조 방식 등이 있다. 이와 같은 방식 중 저 출력 메탈헬라이드 램프인 HQI-TS 70W/NDL을 음향공명 현상 없이 양호하게 점등시키기에 적합한 방식은 구형파에 정현고주파 성분을 첨가한 방식이므로 메탈 헬라이드 램프인 HQI-TS 70W/NDL용 전자식 안정기를 저주파인 구형파가 구현되도록 타려식 하프브리지(half-bridge)인버터 방식으로하고 구형파에 정현 고주파성분이 첨가되도록 플라이백(flyback) DC-DC 컨버터 방식으로 으로한다.

1) 음향공명을 피한 주파수 선정

공명주파수 대역으로 램프를 구동시키면 불안정한 아크방전으로 광원이 떨리는 음향공명 현상이 일어나므로 공명주파수 대역을 피한 램프의 점등 주파수 대역을 선택하기 위하여 공명주파수 대역을 다음과 같이 구한다.

방전관의 길이(longitudinal)방향의 기본 공명주파수는 식(1)과 같고



$$f_{001} = \frac{Cs}{2L} \text{ (Hz)} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 L은 방전관의 아크 길이, Cs는 기체 방전관내의 음향 속도이며 크기는 560m/s이다. 방전관의 반지름의 방사(radial)방향의 기본 공명주파수는 식(2)과 같으며

$$f_{010} = \frac{3.83Cs}{2\pi R} \text{ (Hz)} \dots \dots \dots (2)$$

여기서R은 방전관의 반경이다. 방전관의 사선의 방위성(azimuthal)방향의 기본 공명 주파수는 식(3)와 같다.

$$f_{100} = \frac{1.84Cs}{2\pi R} \text{ (Hz)} \dots \dots \dots (3)$$

안정기 설계에 사용한 메탈 헬라이드 램프는 HQI-TS(70W/NDL UVS)이며 방전관의 아크 길이는 7mm이고 방전관 반지름은 5mm이다. 식(1)~식(3)에 의해서 구한 HQI-TS 70W의 기본공명주파수 값은 $f_{001}=40kHz$, $f_{010}=68.3kHz$, $f_{100}=32.8kHz$ 이며 이 들 값의 각각에 대하여 고조파(harmonic)값은 3차까지 구하고, 부고조파(subharmonic) 값은 1/2, 1/4, 1/6을 곱한값만을 취급한다. 기본 공명주파수와 고조파(harmonic)성분이 포함된 공명 주파수 값은 계산 결과 표2와 같고, 분포대역은 그림 3과 같다.

표2. 공명주파수값

resonance freq(kHz)	basic	harmonics		subharmonics		
		2nd order	3rd order	2/1	1/4	1/6
길이방향	40	80	120	20	10	6.6
방사방향	68.3	136.6	204.9	34.1	17.0	11.3
방위성방향	32.8	65.6	98.4	16.4	8.2	5.4

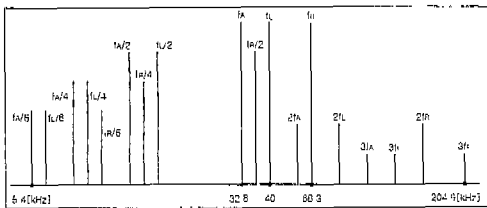


그림3. HQI-TS 70W 공명주파수대역

그림 3에서 $f_a=f_{100}$, $f_b=f_{001}$, $f_r=f_{010}$ 을 나타내고 최저값은 $\frac{1}{6}f_{100}=5.4kHz$ 이고 최대 값은 $3f_{100}=204.9kHz$ 이므로 공명을 일으킬 수 있는 주파수 (f_r)의 범위는 식(4)와 같다.

$$5.4kHz \leq 204.9kHz \dots \dots \dots (4)$$

메탈 헬라이드 램프인 HQI-TS 70W는 방전관이 작기 때문에 그림 3과 같이 공명 주파수가 거의 고주파대역에 있다. 이와같은 공명주파수 특성을 가진 램프에 음향 공명 현상없이 공급하기 위한 점등주파수는 5.4kHz미만의 주파수 대역이거나 204.9kHz초과 대역이겠으나 전자식 안정기의 전기적 특성상 5.4kHz미만 대역인 식(6) 범위의 저주파를 만들기위한 전자식 안정기의 인버터회로 부분을 그림 4와 같이 IR2151 IC칩을 이용하여 구현한다.

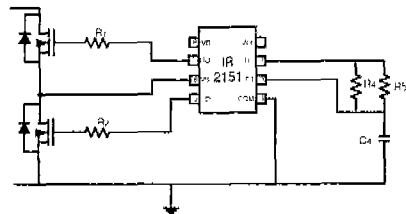


그림4. 120Hz 구형파 토폴로지

그림4에서 2, 3번단자에 연결된 빛 에 의한 MOSFET 구동 주파수는 식(5)에 의하여 구한다.

$$f = \frac{1}{1.4 \times (R_T + 75\Omega) \times C_4} \text{ (Hz)} \dots \dots (5)$$

여기서 는 의 병렬합성저항이다. 저출력 메탈 헬라이드 램프를 저주파로 구동할 때 주파수 범위는 일반적으로 문헌에 의하면 식 (6)과 같다.

$$50Hz < f < 50Hz \dots \dots \dots (6)$$

램프 구동 주파수 결정에 필요한 각 소자 값을 $=1M\Omega$, $=18k\Omega$, $=0.33\mu F$ 를 사용하여 램프 구동 주파수를 식(6)의 범위내에 있는 120Hz로 한다.

- 2). 구형파 구현 토폴로지
저전력 램프를 방전관내의 플라즈마

(plasma)상태에서 정현저주파 입력 전류로 점등할 때 램프 전력의 순시치가 주기적으로 변함에 따라 방전관내의 온도 변화가 파동을 일으킨다. 이와 같은 온도의 변화가 식(7)의 기체상태 방정식에 의하면 방전관내의 압력이 변함을 알 수 있다.

$$p = nkT \dots \dots \dots (7)$$

여기서 P는 기체의 압력, n은 기체의 분자수 밀도, T는 기체의 절대온도, k는 볼츠만 상수이다.

방전관내의 압력이 불안정하게 변하면 음향공명 현상으로 아크 방전이 직선이 되지 못하고 휘어지므로 광원의 떨림인 플리커현상이 나타난다. 저전력 램프를 방전관내의 플라즈마상태에서 구형저주파 입력 전류로 점등하면 램프의 순시 전력이 일정하며 또한 온도의 파동이 없으므로 음향공명 현상이 감소되고 관벽의 부담이 적어진다.

이와 같은 구형저주파 구현을 위하여 그림5와 같이 IR2151 IC 칩과 스위칭 소자인 MOSFET를 사용하여 타려식 하프브리지(half-bridge) 인버터로 설계한다.

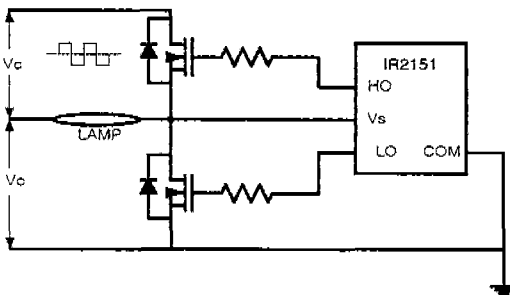


그림5. 구형파 구현 토플러지

3). 구형저주파에 정현 고주파성분 첨가 토플러지 저전력램프를 전극 모드에서 저주파인 순수 구형파(pure square wave) 전원을 인가하면 캐소드(cathode) 전극의 온도분포가 일정하지 않아 램프 수명이 단축된다.

저전력 램프의 캐소드(cathode)전원을 순

수구형저주파에 리플성분의 크기가 10%정도인 높은 주파수 대역의 정현파를 더한 형태의 파형으로 인가하면 표피효과(skin effect)로 전극 가장자리의 온도가 일정한 분포로 되어 방전관내의 압력이 일정하게 되며, 음향공명현상이 감소되고 플리커 현상이 없어 램프 수명의 단축을 방지할 수 있다.

이와 같이 구형저주파에 정현고주파 성분을 첨가하도록 그림 6과 같이 플라이백(flyback) DC-DC 컨버터와 타려식 하프 브리지(half-bridge) 인버터로 구성한다.

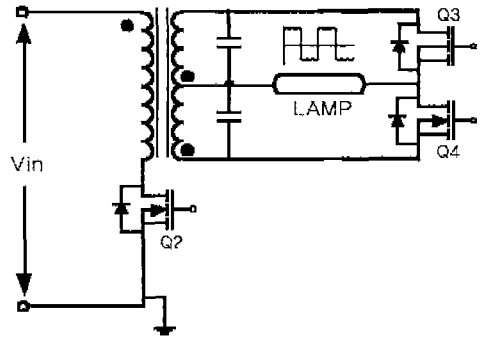


그림6. 구형파에 정현 고주파가 첨가된 토플러지

다음쪽에 계속됩니다.

쉬어가기

지식이나 기술만의 스승이 되지 말고, 생활도 보여주는 스승이 되자.

-김용기(가나안농균학교창설자,1909~1988)