

# 메탈 할라이드 방전관 내의 음향 공명을 감소시킨 전자식 안정기 설계

金 奇 貞, 朴 鍾 演

## Design of Electronic Ballast Reducing Acoustic Resonances Phenomena in Metal Halide Discharge Tube

Gi Jung Kim, Chong-Yeun Park

### 요 약

메탈 할라이드 방전 램프는 연색성이 좋고 수명이 길며, 점광원이기 때문에 조명제어가 용이한 장점이 있으나, 고압 방전 할 때 방전관내의 음향 공명 현상으로 광속의 흔들림이 심하여 불쾌감을 준다. 본 연구에서는 이러한 방전관내의 음향 공명 현상을 감소하기 위하여 MHD 램프용 전자식 안정기의 주요부를 첫째, 구형파를 얻기 위한 타리식 하프브리지 인버터와 둘째, 저주파인 구형파에 고주파를 첨가하기 위한 플라이백 컨버터로 실현하였다. 이와 같이 설계 제작된 전자식 안정기로 70W의 MHD 램프를 점등한 결과 음향 공명 현상인 광속의 흔들림이 없는 매우 양호한 조명이 되었다.

### ABSTRACT

Metal Halide Discharge(MHD) lamps have good color rendition, long life and good focusing capability but have flickers by acoustic resonances.

We have designed the electronic ballast for reducing acoustic resonances in high pressure discharge tube. The ballast consists of main two parts, the first part is a half-bridge inverter to make a square wave form and the second part is a flyback converter to combine the low frequency and high frequency component. As a result of this study, we conclude that MHD lamps of 70 watt are very well lighted without acoustic resonance phenomena by the electronic ballast.

**Key Words** : PFC, Flyback converter, Half-bridge inverter, Ignitor, MHD lamp

### 1. 서 론

기존의 HID(High Intensity Discharge) 램프용 안정기는 대부분이 인버터와 콘덴서를 사용한 수동소자 회로이며 상용 전원 60Hz에서는 그 부피가 커짐은 물론 중량이 무거워 설치에 제약 조건이 많고 효율이 나쁘기 때문에 전자식 안정기를 사용하여 단점을 보완할 필요가 있다. HID램프 가운데 특히 MHD(Metal Halide Discharge)램프가 가장 효율적인 광원 가운데 하나로 밝혀졌다.<sup>[1]</sup>

MHD램프는 발광관속에 수은과 알콘가스외에 스칸듐(Sc), 토륨(Th), 나트륨(Na)등의 알칼리 금속 원소를 할로겐 원소와 화학시킨 금속 할로겐화물이 봉입되어 있다.<sup>[2]</sup> 이들 금속원소들은 램프의 광효율을 높일뿐 아니라 연색성을 탁월하게 하고 수명을 길게 한다.<sup>[3]</sup> 또한 방전관이 매우 작기 때문에 점광원이 되어 조명제어가 용이하다. 그러나 MHD램프는 고압방전할 때 방전관내의 음향공명현상으로 광 속의 흔들림이 심하여 불쾌감을 준다.<sup>[4]</sup>

본 논문에서는 이와 같은 음향공명현상을 감소시켜<sup>[5]</sup>

방전등을 안정하게 점등할 수 있는 전자식 안정기를 설계하였다. 제안된 전자식 안정기는 써지 흡수 및 EMI필터 회로, 역율 개선 (PFC)회로, 직류 출력 파형에 리플성분인 고주파를 첨가하기 위한 플라이 백 (Flyback) 컨버터<sup>6)</sup>, 저주파인 구형파를 얻기 위한 타려식 하프브리지(Half bridge)인버터<sup>7)</sup> 이그나이터 회로 등으로 구성하였다.

## 2. 음향 공명 현상

고압방전등(high pressure discharge lamp)중 고압수은등, 고압나트륨등, 메탈 할라이드등을 HID램프라 말하며 이 들은 방전관에서 방전이 일어날 때 음향이 발생된다. 이 때 음향 진동수와 램프점등 주파수가 일치되면 공명현상으로 방전관내의 에너지 분포가 불균등하게 되고 압력 변화가 심해져 전극간의 아크방전형태가 휘어진 모양으로 되므로 빛의 흔들림(flicker)과 전압 상승, 아크 소멸 등이 발생된다. 이런 현상을 음향 공명이라 한다.<sup>8)</sup> 음향 공명 현상을 방지하기 위하여는 방전관내의 음향 주파수를 계산한 후 음향 주파수 대역을 피한 대역을 메탈 할라이드 방전 램프 점등 주파수로 한다.<sup>10)</sup> 방전관의 길이 방향의 기본 공명 주파수는 식 (1)과 같으며

$$f_L = \frac{C}{2L} \tag{1}$$

여기서 L은 아크 길이, C는 음향 속도이며 크기는 560[m/s]이다. 방전관의 지름방향의 기본공명 주파수는 식 (2)와 같다.

$$f_R = \frac{3.83C}{2\pi R} \tag{2}$$

여기서 R은 방전관의 반지름이다. 또한, 방전관의 원방향의 기본 공명 주파수는 식 (3)과 같다.

$$f_A = \frac{1.84C}{2\pi R} \tag{3}$$

안정기 설계에 사용한 메탈 할라이드 방전램프는 HQI-TS(70w/NDL UVS)이며 방전관의 아크 길이는 7(mm)이고 방전관 반지름은 5(mm)이다. 식 (1)-식 (3)에 의해서 구한 값은  $f_L = 40(kHz)$ ,  $f_R = 68.3(kHz)$ ,  $f_A = 32.8(kHz)$ 이며 이 들 값에 각각 2, 3 및 1/2, 1/4, 1/6의 값을 곱한 고조파(harmonic) 성분 중 최저

값은  $\frac{1}{6} f_A(5.4kHz)$ 이고 최대 값은  $3f_R(204.9kHz)$ 이므로 음향 주파수 대역  $f_R$ 는 식(4)와 같다.

$$5.4kHz \leq f_R \leq 204.9kHz \tag{4}$$

방전관내의 음향 공명 현상을 감소시키기 위한 기준의 음향공명현상 감소이론<sup>10)</sup> 중 본 연구에서는 전자식 안정기를 사용하여 첫째로 방전관의 구동주파수를 식 (4)의 5.4kHz이하인 저주파로 하고 파형은 사인파형이 아닌 구형파로 하였다. 둘째로 방전관의 구동주파수를 구형파에 고주파를 첨가하는 방법으로 구현하였다.

## 3. MHD 램프용 전자식 안정기 설계

### 3.1 안정기의 구성

MHD 램프의 음향 공명 현상을 감소시키기 위하여 전자식 안정기의 방전 램프 구동 전원 주파수를 방전관내의 음향 주파수 대역이 아닌 저주파인 구형파를 구현하였고, 또한 구형파에 정현 고주파를 첨가하는 방식을 구현하였다. 이와 같은 목적으로 설계한 전자식 안정기의 주요 회로는 저주파인 구형파에 정현고주파를 첨가하기위한 절연형 플라이백(Flyback) 컨버터 회로 및 저주파인 구형파를 얻기 위한 타려식 하프 브리지(Half-bridge)인버터 회로, 그 외에 EMI 필터, 역율개선(PFC)회로 및 이그나이터 회로 등으로 그림 1과 같이 구성하였다.

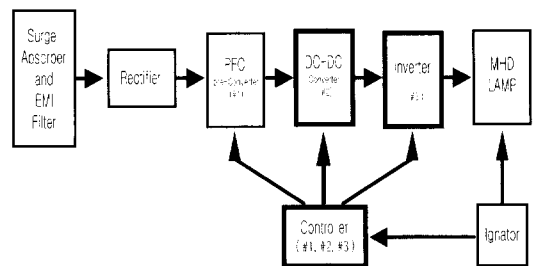


그림 1 전자식 안정기 구성도  
Fig. 1 The structure of electronic ballast

### 3.2 EMI필터회로

전원측으로부터 낙뢰나 순간적인 전력계통의 과도현상에 의한 임펄스성 노이즈가 입력될 경우 이를 제거하기 위한 써지 흡수기를 사용하고 MOSFET의 빠른 스위칭 동작으로 발생하는 고조파노이즈가 전원측으로 역류하지 않도록 EMI(Electro Magnetic Interference)필

터블 사용한 회로 설계는 그림 2와 같다.

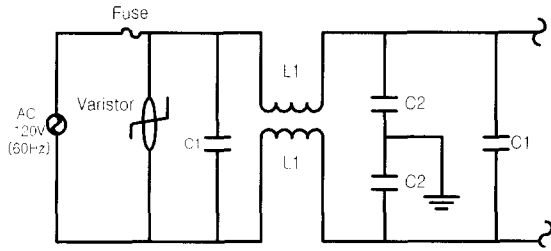


그림 2 EMI 필터 회로  
Fig. 2 EMI filter circuit

전원측으로부터 입력되는 임펄스성 노이즈 제거를 위하여 입력전압이 어떤 크기에 이르렀을 때 전류가 급격히 증가하여 저항값이 감소하는 비직선 저항소자인 바리스터(Varistor)는 15G471을 사용하였고, 입력 귀환 잡음 제거용으로는 페라이트 코어(Ferrite core)를 사용한 라인 인덕터(L1) 및 선간 커패시터(C1)로 구성된 저역 통과필터(LPF)와 스위칭때 발생하는 고조파를 제거하기 위하여 대지간 커패시터(C2)를 사용하였다. 여기서 소자값 L1은 20mH, C1은 0.1μF, C2는 0.001μF이다.

### 3.3 역률개선(PFC) 회로 동작원리 및 설계

역률개선을 위한 회로는 그림 3과 같이 수동필터의 평활콘덴서 대신에 승압형 조파컨버터(Boost Converter)를 부가한 것이며 이는 입력전압보다 출력전압을 높게 하는 DC-DC 컨버터의 일종이다. 브리지 정류기로 양과정류된 백류파형을 수십kHz 이상의 주파수로 전 주기에 걸친 인덕터전류를 검출하여 영전류가 되는 지점에서 FET를 ON하고 전류가 입력전압에 비례하는 최대값에 이를 때 OFF하는 방식으로 스위칭한다. 이렇게 하면 입력전류파형은 순사인파 모양이 되어 전압과 동상이 되므로 역률이 거의 1에 가깝다.

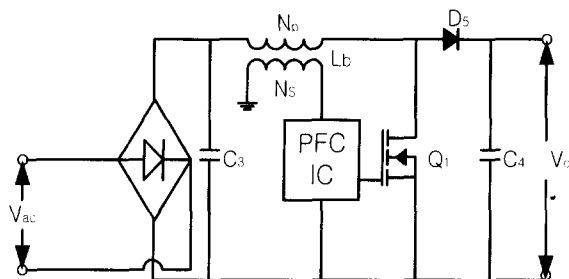


그림 3 승압형 역률개선회로  
Fig. 3 A boost power factor correction circuit

바이패스 커패시터 C<sub>3</sub>의 소자값은 1μF이고 평활용 커패시터 C<sub>4</sub>는 220μF이다. MOSFET Q<sub>1</sub>은 N채널 증가형 IRF730이며, 역률개선용 PFC IC는 MC34262이고 다이오드 D<sub>5</sub>는 MUR480이다. 그림 3에서 출력전력 P<sub>o</sub>=70(w), 출력전압 V<sub>o</sub>=220(v) ± 5% 리플이며, 효율 η=0.9, 스위칭 주파수 f<sub>s</sub>=50(kHz)이다. 입력전압 V<sub>ac</sub>=120(v), 주파수는 60(Hz)이고, 주기 t=20×10<sup>-6</sup>(sec)이다.

L<sub>b</sub>에 흐르는 피크 전류크기는 식 (5)에 의하여 구하고

$$I_{pk} = \frac{2\sqrt{2}P_o}{\eta V_{ac}} \quad (5)$$

L<sub>b</sub>의 값은 식 (6)에 의하여 구한다.

$$L_b = \frac{t \left( \frac{V_o}{\sqrt{2}} - V_{ac} \right) \eta V_{ac}^2}{\sqrt{2} V_o P_o} \quad (6)$$

식 (5)의 I<sub>pk</sub>값은 1.832(A)이고 식 (6)의 L<sub>b</sub> 값은 423(uH)이다. L<sub>b</sub>의 코어규격은 식 (7)과 같이 core-saturation Limited Method에 의하여 구하였다.

$$A_p = A_w \cdot A_c > \frac{(L_b \cdot I_{pk} \cdot I_n \cdot 10^4)^{1.31}}{420 \cdot k \cdot B_{max}} \quad (cm^4) \quad (7)$$

L<sub>b</sub> : L<sub>boost</sub> value(H)

B<sub>max</sub> : Maximum flux-density(Tesla)

A<sub>w</sub> : Total winding window area(cm<sup>2</sup>)

A<sub>c</sub> : Core effective center-post Area(cm<sup>2</sup>)

I<sub>n</sub> : Full load rms primary current(A)

k : 0.7(constant)

단, 여기서 B<sub>max</sub> = 1/2 (B<sub>sat</sub>)이며 삼화코어 매뉴얼에 의하면 M<sub>n</sub>-Z<sub>n</sub>재질코어의 B<sub>sat</sub>이 약 0.496(Tesla)이다. 식 (7)에 의하여 계산한 A<sub>p</sub>값은 0.102(cm<sup>4</sup>)이므로 코어규격은 A<sub>w</sub>·A<sub>c</sub>값이 0.171(cm<sup>4</sup>)인 삼화 페라이트 코어 EE2525F로 선정하였다. 이 때 A<sub>c</sub>의 값은 0.518(cm<sup>2</sup>)이다.

1차 권선  $N_p$ 의 턴수는 식 (8)에 의하여 구하고

$$N_p = \left( \frac{L_b \cdot I_{pk}}{B_{max} \cdot A_c} \right) \cdot 10^4 \text{ (turn)} \quad (8)$$

$N_s$ 는 식 (9)에 의하여 구하였다.

$$N_s = \left( \frac{N_p \cdot V_s}{V_0} \right) \text{(turn)} \quad (9)$$

여기서  $V_s$ 는 15(V)이다.

식 (8)과 (9)에서 1차 권선은 표피효과를 줄이기 위해 0.3(mm)의 와이어를 4개를 꼬아 60(turn)으로 하고 2차권선은 0.3(mm)의 와이어를 4(turn)으로 하였다.

공극의 결정은 식 (10)에 의하고

$$l_g = \left( \frac{\mu \cdot N_p^2 \cdot A_c}{L_b} \right) \cdot 10^{-2} \text{(cm)} \quad (10)$$

공극의 크기는 0.553(mm)이다.

### 3.4 플라이백(Flyback) 컨버터 동작 원리 및 설계

방전관내의 음향 광명 현상을 감소하기 위하여 구형 파에 고주파가 첨가 되도록 그림4와 같이 스위칭 소자  $Q_2$ (MOSFET)가 빠른 동작을 할 때 고주파 형태인 리플이 발생한다. 즉  $Q_2$ 가 off될 때 콘덴서  $C_5, C_6$ 에 충전이 되고,  $Q_2$ 가 on 될 때 부하측으로 방전되므로 반파 정류된 직류성분에 고주파의 리플전압이 첨가된다.

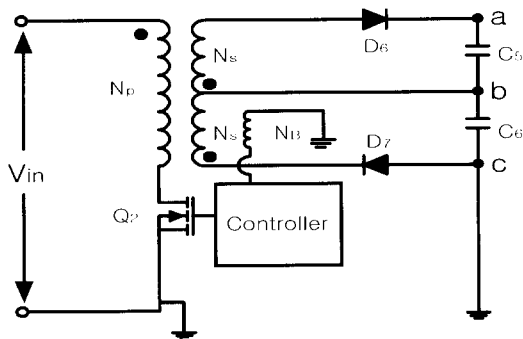


그림 4 플라이 백 컨버터  
Fig. 4 Flyback cononverter Circuit

그림 4에서 트랜스의 1차와 2차 권선이 역극성이므로 MOSFET( $Q_2$ )가 on하면 2차측은 개방상태가 되어 1차권선( $N_p$ )에 의한 자계에너지가 2차측에 전달되지

않고 자속( $\Phi$ )이 코어에 축적되었다가 MOSFET( $Q_2$ )가 off되는 순간 자속( $\Phi$ )은 최대자속( $\hat{\Phi}$ )에서 감소하게 되며 이때 2차권선( $N_s$ )에는  $Q_2$ 의 on상태와 반대극성의 전압이 각각 유도되므로 권선 1,2차에서는 구형파가 생성된다.

트랜스의 1차권선  $N_p$ 의 전류  $i_1$ 은 톱니파형이므로 이 때의 피크값  $i_{1p}$ 는 입력전류 평균값의 4배가 된다. 전력변환 효율을  $\eta$ 로 하면 피크값  $i_{1p}$ 는 식 (11)과 같다.

$$i_{1p} = 4 \times \frac{1}{V_{in}} \times \frac{P_o}{\eta} \text{ (A)} \quad (11)$$

여기서,  $V_{in}$ 는 입력전압으로서 DC 220V 이며  $P_o$ 는 출력전력으로 70w이고  $\eta$ 는 0.9로 하였다.

$N_p$ 의 인덕턴스  $L_p$ 는 식 (12)와 같으며,

$$L_p = \frac{V_{in} \cdot t_{on}}{i_{1p}} \times t_{on} \text{(H)} \quad (12)$$

여기서  $t_{on} = 10 \times 10^{-6}$ (sec)이다.

트랜스의 1차권수  $N_p$ 는 식(13)과 같다.

$$N_p = \frac{V_{in} \cdot t_{on}}{\Delta B \cdot A_c} \times 10^4 \quad (13)$$

여기서  $\Delta B$ 는 코어의 자속밀도 변화량이며 식(7)에서  $B_{max}$ 는 0.248(Tesla)임을 알 수 있으므로  $\Delta B$ 의 크기는  $B_{max}$ 의 65%인 0.161(Tesla)로 하였다. 식 (7)에 의하여 계산한  $A_p$ 의 값은  $0.387 \text{(cm}^4\text{)}$ 이므로 코어의 규격은  $A_p$ 의 값이  $1.568 \text{(cm}^4\text{)}$ 인 EE3327S로 선정하였다. 이 때  $A_c$ 의 값은  $1.143 \text{(cm}^2\text{)}$ 이다.

2차 출력 단자 a-b, b-c의 전압  $V_o$ 를 각각 110V 및 전류를  $I_o$ 로 하고 다이오드  $D_6, D_7$ 의 전압강하를 각각  $V_F=1$ (V)할 때  $L_s$ 의 크기는 식 (14)와 같다.

$$L_s = \frac{V_o + V_F}{4 \times I_o} \cdot t_{off} \text{(H)} \quad (14)$$

여기서,  $t_{off} = 10 \times 10^{-6}$ (sec)이다.

인덕턴스는 권수의 제곱에 비례하므로 역산하면  $N_s$ 는 식 (15)와 같다.

$$N_s = \sqrt{\frac{L_s}{L_p}} \cdot N_p \text{ (turn)} \quad (15)$$

여기서 트랜스의 공극은 식 (10)으로 구하였다. 각각의 계산값은  $i_{bp} = 1.414(A)$ ,  $L_p = 1.555(mH)$ ,  $L_s = 436(\mu H)$  이며 권선은 표피효과를 줄이기 위해  $N_p$ 는 지름 0.3(mm)의 와이어 6개를 꼬아 120턴을 감고, 2차권선  $N_s$ 도 지름 0.3(mm)의 와이어를 10턴으로 하였다. 공극의 크기는 1.33(mm)이다. 컨트롤러는 MC34262이고 다이오드 D6, D7은 MUR480이다. C5, C6는 DC 250V 내압용의 1.5uF이다. Q2는 N채널 증가형 MOSFET이다.

### 3.5 하프브리지(Half-bridge) 인버터 동작 원리 및 설계

MHD램프에 저주파인 구형파를 공급할 수 있도록 그림 5와 같이 FET 드라이버를 이용한 타력식 하프브리지 인버터로 설계하였다.

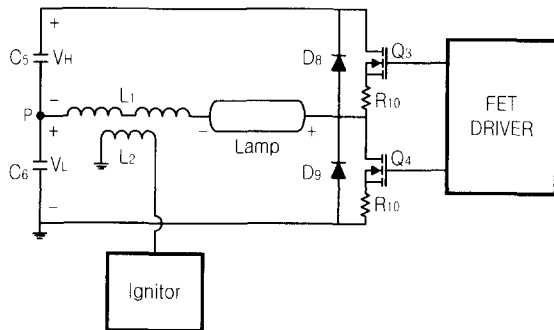
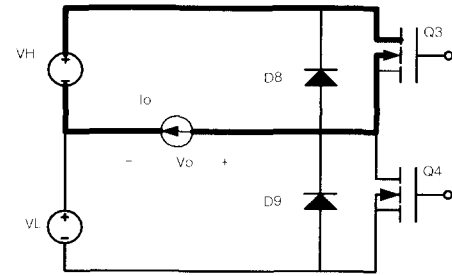


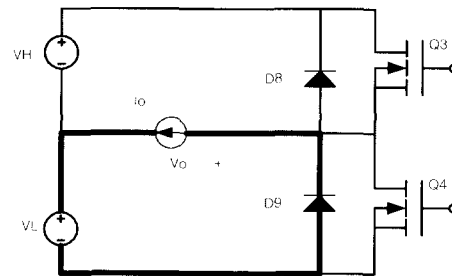
그림 5 단상 하프브리지 인버터  
Fig. 5 Single-phase half-bridge inverter

그림 5는 스위칭 소자인 MOSFET가  $Q_3, Q_4$ 로 2개이지만 MOSFET의 드레인 소스간에 다이오드가 내장되어있으므로 4개의 전력 반도체 스위치가 있는 형태다. 이러한 단상 하프브리지 인버터는 스위치의 제어상태와 부하전류의 방향에 따라 그림 6과 같이 4가지 동작모드를 갖는다.

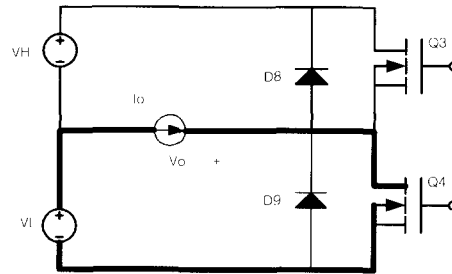
- 모드1 : 전류가  $V_H \rightarrow Q_3 \rightarrow I_o \rightarrow V_H$ 의 순서로 흐른다.
- 모드2 : 전류가  $I_o \rightarrow V_L \rightarrow D_9 \rightarrow I_o$ 의 순서로



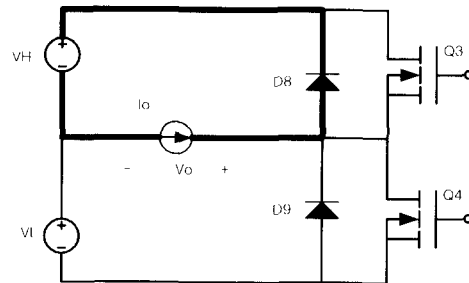
(a) 모드1



(b) 모드2



(c) 모드3



(d) 모드4

그림 6 동작모드  
Fig. 6 Operating modes

흐르며, 이 모드에서는 비록  $Q_4$ 가 on이 되어도  $Q_4$ 에는  $I_o$ 가 흐르지 못하므로  $Q_4$

의 on-off에 상관없이 이 모드는 지속된다.

모드3 : 전류가  $V_L \rightarrow I_0 \rightarrow Q_4 \rightarrow V_L$ 의 순서로 흐른다.

모드4 : 전류가  $I_0 \rightarrow D_8 \rightarrow V_H \rightarrow I_0$ 의 순서로 흐른다.

전력전달의 관점에서 보면 동작모드는 모드1, 모드3과 같이 전원에서부터 부하에 전력이 공급되는 전력공급모드와 모드2, 모드4와 같이 부하로부터 전원으로 다이오드를 통하여 전력이 되돌려지는 회생모드로 나누어진다. 그림 5의 FET 드라이버는 IR2151이고 데드타임은 1.2us이다. 스위칭 소자 Q3, Q4는 N채널 증가형 MOSFET이다.  $L_1$ 은 지름 0.12(mm)의 와이어 10개를 꼬아서 176턴씩 감고,  $L_2$ 는 지름 0.12(mm)의 와이어를 10개 꼬아서 8턴 감았다. 이 때  $L_1$ 의 값은 5.17(mH)이며,  $L_2$ 의 값은 10(uH)이고,  $R_{10}$ 은 2.5( $\Omega$ )이다.

### 3.6 이그나이터(Ignitor) 회로

MHD 방전램프의 초기 방전을 위하여 이그나이터회로는 고전압 발생부와 고전압 발생 정지부를 그림 7과 같이 설계하였다.

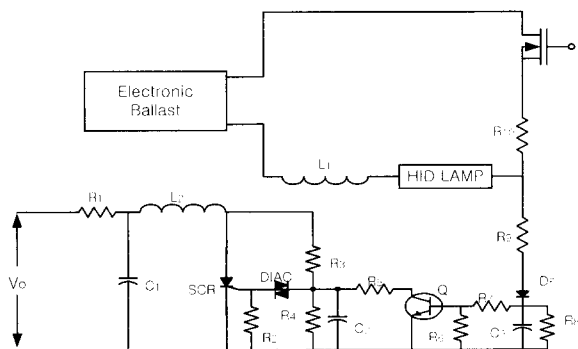


그림 7 시동회로부  
Fig. 7 Ignitor circuit

동작원리는 그림 3의  $V_0=220V$ 의 전압이  $R_1$ 을 통해  $C_1$ 에 충전되고  $C_1$ 에 충전된 전압이  $L_2$ 를 통해 SCR의 애노드에 인가된다. 동시에  $R_3, R_4$ 를 통해 분압된 전압이  $C_2$ 에 충전되다가 다이랙을 도통시킬 정도의 전압으로 커지면 다이랙은 턴온된다. 다이랙 통과 전류가 SCR의 게이트에 흘러들어가 SCR이 턴온되면  $C_1$ 의 충전전압이  $L_2$ 와 SCR을 통해 순간 방전되며 이 때  $L_1$ 에 4.8(kV)의 고전압이 유기된다. 이 고전

압으로 MHD램프를 방전시킨다. 방전관에 고전압이 인가되어 방전되면 인버터회로에 의하여 부하전류가 흐르며 이 때 저항  $R_{10}$ 의 기전력이 저항  $R_9$ 과 다이오드  $D_5$ 를 통해  $C_3$ 에 충전된다.  $C_3$ 에 충전된 전압은 트랜지스터 Q의 베이스단자에 전류를 공급하게 되고 Q가 턴온되므로 다이랙의 턴온하기위한 전압이 부족하여져서 고전압 방전동작이 정지된다.

### 4. 측정결과 및 검토

앞에서 설계한 수치에 의하여 제작한 MHD 전자식 안정기의 전체 회로도에는 그림 8이며, 전원 분석기인 PM3300A(voltech사)에 의하여 전자식 안정기를 측정 한 결과는 표 1과 같다.

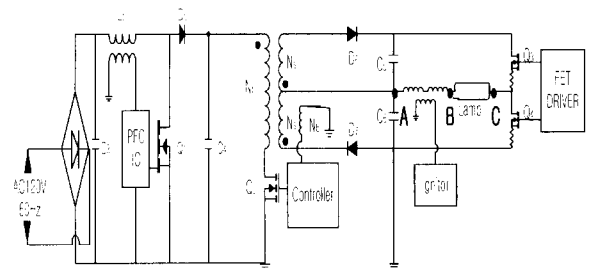


그림 8 MHD 램프용 전자식 안정기 전체회로도  
Fig. 8 Overall Circuit of the Electronic Ballast for MHD Lamp

표 1 측정결과  
Table 1 measured results

측정항목	입력	출력
전력(W)	76.18	68.48
전압(V)	119.71	75.52
전류(mA)	638	909.2
역률	0.997	
전류고조파 함유율 THD(%)	5.45	
램프 전류 과형 과교율 (CF)	1.595	

오실로스코프로 점등상태에서 그림 8의 A, B, C점과 접지간 또한 램프 양단을 측정 한 그래프는 그림 9-그림 12와 같다. 그림 9는 플라이백 컨버터 회로에서 구형파에 고주파가 첨가된 여부를 확인하고자 콘덴서

C<sub>6</sub>의 충, 방전 전압 파형 중 고주파 리플성분만을 확대한 결과 고주파가 37.88(kHz)임을 나타낸다. 그림 10 및 그림 11은 하프브리지 인버터 회로에서 램프에 공급되는 전원 파형이 구형파인가를 확인하고자 램프양단에서 각각 측정된 결과 스위칭소자인 MOSFET가 작동함에 따라 구형파가 발생됨을 나타내며 또한 이때 그림 8의 Q<sub>3</sub> 및 Q<sub>4</sub>가 턴온일 경우에만 구형파에 고주파가 첨가됨을 나타낸다. 그림 12는 램프양단의 전류 전압파형이 83.75(Hz)인 구형파임을 나타내며 전류파형에는 커다란 tip이 발생되고 있다. 그림 13은 제작된 전자식 안정기의 EMI 정도를 확인하고 파형측정 분석기인 R3261A(Advantest사)로 미국 FCC 기준에 따라 측정된 그래프이며, 결과치는 Class A 기준에 적합하고 class B 기준에서는 11(MHz)대역에서 52(dBuV)이므로 기준치 48(dBuV)를 초과함을 나타낸다.

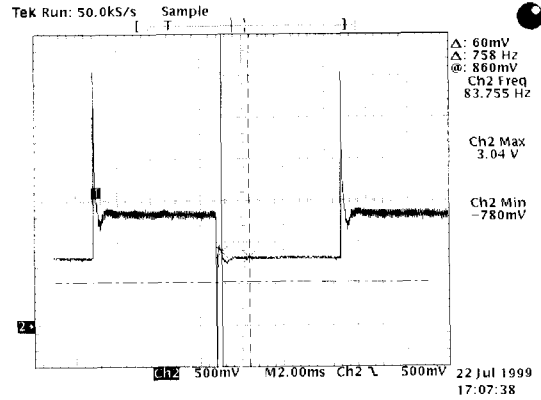


그림 11 C 점의 전압파형  
Fig. 11 C point voltage wave

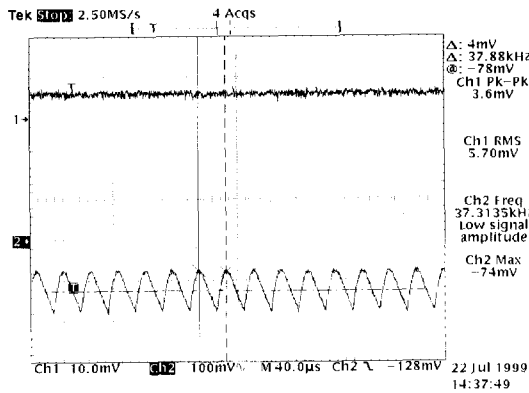


그림 9 A 점의 고주파 파형  
Fig. 9 A point high frequency wave

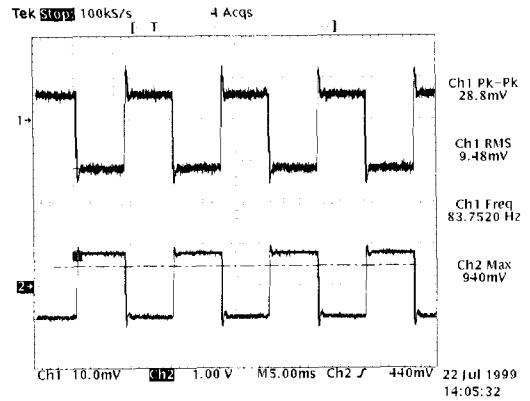


그림 12 램프양단(B-C)전류 전압 파형  
Fig. 12 B-C point current, voltage waves

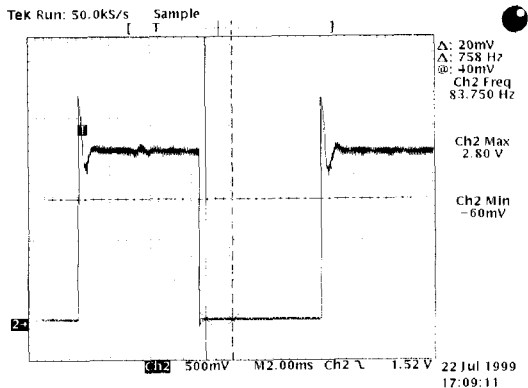


그림 10 B 점의 전압파형  
Fig. 10 B point voltage wave

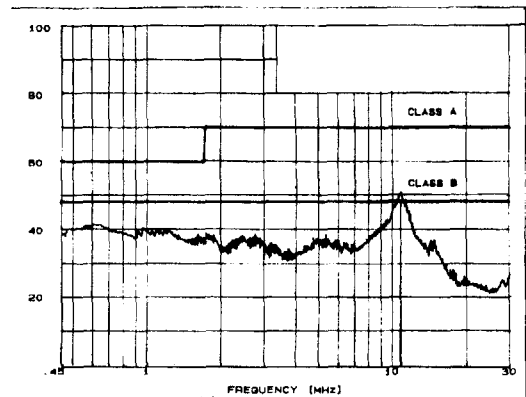


그림 13 잡음 측정 그래프  
Fig. 13 EMI measured graph

### 5. 결 론

본 연구에서는 고압방전관 내에서의 음향공명 (Acoustic Resonance) 현상을 감소시키기 위한 일환으로 MHD 램프용 전자식 안정기를 설계하여 실제로 제작하였다. 전자식 안정기를 다려식 하프브리지 (Half-Bridge) 인버터 및 플라이백(Flyback) 컨버터로 실현한 결과, 하프브리지 인버터는 83.75(Hz)의 구형파를 발생하였고, 플라이백 컨버터는 구형파에 37.88(kHz)의 고주파를 첨가하였다. 이와같이 제작된 전자식 안정기로 70w의 MHD 램프를 점등한 결과 음향공명 현상으로 발생하는 광속의 흔들림(flicker)이 없이 매우 양호한 조명이 되었다. 또한 PFC 용 IC 칩을 이용한 결과 역률이 0.997로 개선되었고, 전류고조파 함유율(THD)은 5.45(%)로 낮은 수치이다. 트랜스의 페라이트(ferrite) 코어 규격 및 권선수와 굵기를 정확하게 설계하여 제작한 결과 효율이 89.89(%)로 되었고 EMI 측정치는 미국 FCC 기준 중 class A 기준에 적합하다.

### 참 고 문 헌

[1] R.J.Zollweg. "Arc Instability in Mercury and Metal Halide Arc Lamp". Ibid 1978, p90 94.  
 [2] R.J.Zollweg. "Convention in Vertical Mercury and Metal Halide Arc Lamps". Ibid 1979, p126 131.  
 [3] J.P.Frier and M.E.Gazley Frier. Industrial Lighting Systems. McGraw-Hill Book Company. 1980.  
 [4] J.W.Denneman. "Acoustic Resonances in High Frequency Operated Low Wattage Metal Halide Lamps." Philips Journal of Research. Vol.38. N04/5, pp.263-272, 1983.  
 [5] Hans Juergen Faehnrich and Erhard Rasc." Electronic Ballast For Metal Halide Lamps." Journal of the Illuminating Engineering society summer 1988  
 [6] F.Goodenough. "Novel DC-DC Converter Keeps Power Constant." Electronic Design. No.1, pp.51 62, April, 1996.  
 [7] Sam Ben-Yaakov, Michael Gulko and Alex Giter, " The Simplest Electronic Ballast for Hid lamps, "1996 IEEE, pp.634-640.  
 [8] Michael Gulko and Sam Ben Yaakov, " A MHz Electronic Ballast for Automaticve Type HID Lamps." 1997 IEEE, pp.39 45.  
 [9] Harald L. witting, "Acoustic Resonance in Cylindrical

High Pressure Arc Discharge", j. appl. phys, vol.49, no.5, may. 1978.

[10] N.G. Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System," Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 4, April, 1988, pp. 481 482.

### 저 자 소 개



#### 김 기 정(金 奇 貞)

1952년 3월 13일 생. 1989년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1995년 강원대학교 대학원 졸업(석사). 1996년 건축전기설비기술사 취득. 1999년 동 대학원 박사과정수로. 1977년~1997년 대한주택공사 근무. 1998년~현재 (주)도화종합기술공사

이사.



#### 박 종 연(朴 鍾 演)

1951년 2월 13일 생. 1973년 고려대 전자공학과 졸업. 1980년 경북대 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1984년 경북대 대학원 졸업(공학박). 1973~1977년 KIST 연구원. 1977년~1984년 울산 공대 전기 및 전자공학과 교수. 1984년~현재 강원대 전기

전자공학부 교수. 1989년~1990년 UCLA 연구교수.