

# Half Bridge 인버터에 의한 자동차 헤드라이트용 전자식 안정기 개발

論 文

52B-3-7

## Development of Electronic Ballast for Automotive Headlight Lamp using Half Bridge Inverter

曹 桂 鉉\* · 朴 鍾 演\*\* · 朴 載 日\*\*\*

(Gye-Hyun Jo · Chong-Yeun Park · Jae-Il Park)

**Abstract** - In this paper, we suggested electronic ballast with the half bridge inverter for the automotive HID lamp. The electronic ballast for the automotive HID lamp should be supplied by the low-frequency square wave avoiding the acoustic resonance. When the HID lamp is hot state, the electronic ballast should supply the sufficient current to the take over to the lamp at the re-strike ignition state for a few milli-second. We have introduced the new take-over current control method that could have control operating frequency and minimize circuits to the take over current circuits.

**Key Words** : automotive HID ballast, 상태천이전류(take over current), half bridge inverter, acoustic resonance

### 1. 서 론

메탈 할라이드 램프는 방전관 내부에 특정한 색과 파장을 방사하는 금속을 넣음으로써 높은 연색성과 다양한 색온도를 만들어 낼 수 있기 때문에 기존의 할로겐 램프가 가지는 낮은 색온도에 비하여 색 재현도가 좋다는 장점을 가지고 있다. 이러한 이유로 인해서 최근에는 고급차의 헤드라이트용 램프로 사용되어, 고급스러운 분위기와 많은 광량으로 인해서 운전자에게 사물의 판독이 용이성을 제공하고 있다. [1][2][3] 그러나 현재까지 국내에서 개발된 안정기는 신뢰도가 떨어지는 단점이 있고, 수입하는 안정기는 고가이기 때문에 일부 고급차에만 적용되고 있는 상태이다.[4] 이러한 이유로 인해서 저가의 자동차 헤드라이트용 안정기를 개발하여 국내에 공급한다면 중, 소형차에도 메탈 할라이드 램프가 적용되어 운전자의 안전에 도움이 될 것이라 생각된다.

본 논문에서는 비교적 저가의 Half Bridge 구조를 이용한 자동차용 전자식 안정기를 개발하고, 램프가 뜨거워진 상태에서 안정적으로 재 점등이 이루어 질 수 있도록, 높은 고전압과 충분한 양의 상태 천이 전류를 공급하는 새로운 방법을 제시하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 음향 공명 현상 [1][5]

\* 正 會 員 : 江 原 大 學 院 博 士 課 程

\*\* 正 會 員 : 江 原 大 電 氣 電 子 工 學 部 教 授

\*\*\* 正 會 員 : 江 原 地 方 中 小 企 業 廳 工 業 研 究 官

接 受 日 字 : 2002 年 11 月 27 日

最 終 完 了 : 2003 年 1 月 16 日

음향 공명 현상은 램프 동작시 램프 내부의 기체 압력 변화가 램프로 입력되는 구동 전류가 가지는 주파수에 의해서 관내 벽에 대한 반사파와 정재파를 형성할 때 발생한다.

따라서 동작 주파수 측면에 있어서 가장 간단하게 음향 공명 현상을 피하기 위한 방법은 메탈 할라이드 램프의 구동을 DC로 하는 방법이다. 하지만 DC 구동시 한쪽 전극만 빠르게 소모되어 수명이 짧아지므로 긴 수명을 위하여 어쩔 수 없이 AC 구동을 해야 한다. 그러나 고주파 대역에서는 음향 공명 현상이 발생하여 아크가 불안정하게 되어 빛이 떨리게 되므로 음향 공명이 일어나지 않는 주파수 대역을 선정하여 안정기를 구동하여야 한다.

기본적으로 음향 공명 현상은 램프 형상에 의해서 결정되는 것이므로 방전관의 외형적 특성으로 인해서 발생 가능한 음향 공명 현상의 주파수 대역을 방전관의 길이(longitudinal), 방사(radial) 및 방위(azimuthal) 방향에 따라 계산하는 과정은 식(1)과 같고, 계산 결과는 표1에 나타내었다. 이때 방전관내에서의 속도  $C_s$ 는 모두 560m/s로 고정하였고,  $L$ 은 방전관의 길이,  $R$ 은 방사방향의 길이이다..

$$f_A = \frac{C_s}{2L}, \quad f_B = 3.83 \times \frac{C_s}{2\pi R}, \quad f_C = 1.84 \times \frac{C_s}{2\pi R} \quad \dots\dots(1)$$

현재까지 음향 공명 현상을 극복하기 위한 방법은 다소 넓은 안정 주파수 범위 내에 있는 주파수를 선정하여 안정기를 동작시키는 방법, 주파수를 일정범위 내에서 가변하는 방법, 기본과 전류에 고조파 전류를 삽입한 방법 등과 같은 여러 가지 방법 등이 소개되었다.[3][5] 본 논문에서는 정상 상태일 때 동작하는 주파수를 저 주파수로 구동하는 방법을 사용하였으며, 사용한 주파수는 370Hz이다.

표 1 음향 공명 현상이 나타날 수 있는 주파수 대역

Table 1 The acoustic resonance range

공명 주파수	기본 주파수	고조파		부 고조파			
		2차	3차	1/2	1/4	1/6	
길이방향	$f_A$	66kHz	132kHz	198kHz	33kHz	16.5kHz	11kHz
방사방향	$f_B$	284kHz	586kHz	852kHz	142kHz	71kHz	47kHz
방위방향	$f_C$	136kHz	272kHz	408kHz	68kHz	34kHz	22.6kHz

2.2 전자식 안정기 구조

본 논문에서 제안한 자동차 메탈 할라이드 램프용 안정기의 기본 구성은 그림1과 같이 크게 네 부분으로 구분된다. 첫 번째로 자동차용 건전지에서 얻는 입력 전압(9-16V)를 DC-DC 컨버터를 이용하여 200V-600V로 승압하여 인버터에 보내지는 컨버터 부분이다. 두 번째는 앞단의 컨버터에 의해서 승압된 전압을 가지고 인버터에서는 음향공명이 일어나지 않는 구형 저주파로 스위칭 하여 램프에 알맞은 전압을 인가하는 인버터 부분이다. 세 번째는 상태천이 전류를 공급하기 위한 부분이며, 마지막으로 자동차용 메탈 할라이드 램프 점등을 위해서 필요한 고전압이 필요하므로 고전압을 인가하는 이그나이터 부분이다.[7][8][9]

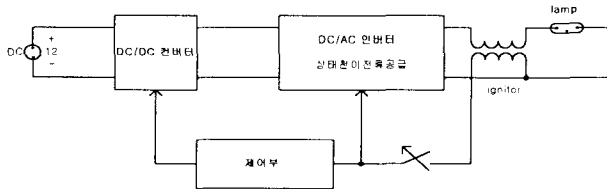


그림 1 전자식 안정기 구조  
Fig. 1 The structure of electronic ballast

2.3 DC-DC 컨버터 부분[6]

DC-DC 컨버터는 램프에 전원을 공급하기 위하여 자동차의 배터리 전압 12V를 승압하여 인버터에 공급하게 된다. 승압이 가능한 방식은 일반적으로 부스트 방식, 플라이 백 방식, 세픽 방식이 있다. 그 중에서 본 논문은 그림2와 같은 플라이 백 방식을 사용하였다. 플라이 백 구조는 입력 필드

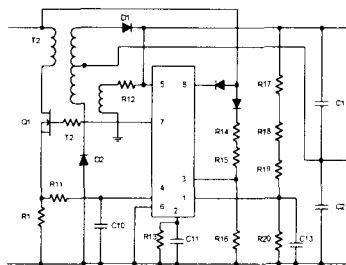


그림 2 DC-DC 컨버터 구조  
Fig. 2 The structure of DC-DC converter

에 큰 리플 전류가 흐르고 효율은 낮지만 구성이 간편하고 크기를 소형화 할 수 있어 자동차용에 보편적으로 사용되어 지고 있다.[5]

컨버터 출력과 입력 전압을 이용하여 입력 전류는 식(2)와 같이 얻을 수 있다. 이때  $I_m$ 은 입력 전류이고  $V_{min}$ 은 최소 입력 전압,  $P_{out}$ 은 출력, 그리고  $\eta$ 는 플라이백 컨버터의 효율이다.

$$I_m = \frac{P_{out}}{\eta \times V_{min}} \dots\dots\dots(2)$$

입력 피크 전류는 식(2)를 이용하여 식 (3)과 같이 계산한다. 이때  $I_p$ 는 입력 피크 전류이고  $D(max)$ 는 최대 듀티이다.

$$I_p = \frac{2 \times I_m}{D_{max}} \dots\dots\dots(3)$$

1차 인덕턴스는 식 (4)에 의해서 계산되어진다. 이때  $L_p$ 는 1차 인덕턴스이고  $f_{min}$ 은 최소 동작 주파수 이다.

$$L_p = \frac{D_{max} \times V_{min}}{I_p \times f_{min}} \dots\dots\dots(4)$$

1차 턴 수는 식 (4)와 (5)를 이용하고 코어의 특징을 이용하여 계산한다. 이때,  $B_{max}$ 는 자속밀도를  $A_c$ 는 코어의 유효단면적을 의미한다.

$$N_p = \frac{L_p \times I_p}{B_{max} \times A_c} \dots\dots\dots(5)$$

최종적으로 플라이백 컨버터 2차 턴 수는 식(5)을 이용하여 식(6)과 같이 계산한다. 이때  $N_s$ 는 2차 턴수 이고  $V_s$ 는 2차 출력 전압이며  $V_{forward}$ 는 2차 출력단의 다이오드에 걸리는 전압이다.

$$N_s = \frac{(V_s + V_{forward}) \times (1 - D_{max}) \times N_p}{D_{max} \times V_{min}} \dots\dots\dots(6)$$

2.4 DC-AC 인버터

자동차 메탈할라이드 램프용 안정기의 인버터는 램프가 가지는 음향 공명 현상을 피하기 위해서 정상상태에서는 370Hz대에서 램프를 구동하였다. 인버터 구조에는 풀 브리지(Full Bridge)방식과 하프 브리지(Half Bridge)방식이 있지만 현재까지는 일반적으로 풀 브리지 인버터를 많이 사용하고 있다.[6][8] 하지만 풀 브리지 방식은 하프 브리지 보다 스위칭 소자를 2개 더 사용하며, 풀 브리지 드라이브 IC의 가격이 하프브리지 구동에 사용되는 IC보다 가격이 비싼편이므로 저가의 안정기를 구현하기 위해서 하프 브리지 방식은 채택하였다

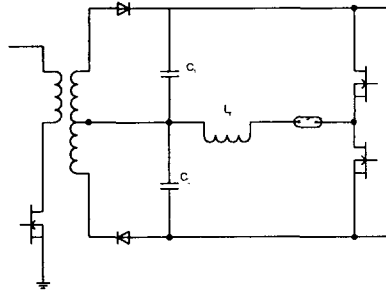


그림 3 전자식 안정기 인버터 구조  
Fig. 3 The structure of electronic ballast inverter

그림3과 같은 하프브리지 구조를 해석하기 위한 등가회로는 그림4와 같다.

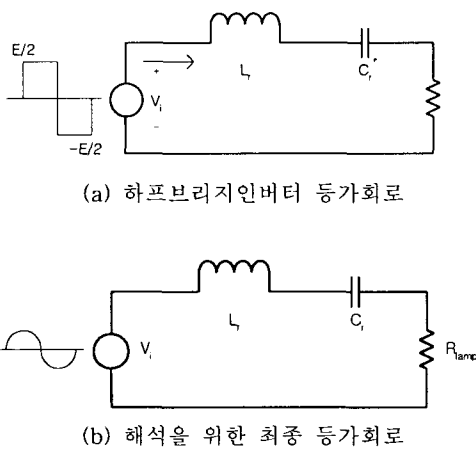


그림 4 해석을 위한 등가회로  
Fig. 4 The equivalent circuit of half bridge inverter

그림4 (b)에서 동작주파수( $f_s$ ), 공진주파수( $f_r$ ), 특성 임피던스( $Z_r$ )에 대한 정의는 식(7),(8)(9)와 같다.

$$\omega_s = 2\pi f_s \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$Z_r = \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} = \omega_r L_r = \omega_r C_r \quad \dots\dots\dots(9)$$

또한 회로의 첨예도는 식(10)과 같이 정의된다.

$$Q_s = \frac{Z_r}{R} = \frac{\omega_r L_r}{R} = \frac{1}{\omega_r C_r R} \quad \dots\dots\dots(10)$$

또한 해석의 편의성을 위해서 식(11)과 같이 표현되는 구형파 입력 신호에서 n=1인 기본파만을 고려하였다.

$$V_{i(t)} = \frac{2E}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin((2n-1)\omega_s t)}{2n-1} \quad \dots\dots\dots(11)$$

이러한 조건을 이용하여 전압 전달함수와 입력 변화에 따른 출력 전류비를 구하면 식(12)(13)과 같다.

$$\frac{V_o(j\omega_r)}{V_i(j\omega_s)} = \frac{1}{1 + jQ_s \left( \frac{\omega_s}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega_s} \right)} \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\frac{I_o(j\omega_r)}{V_i(j\omega_s)} = \frac{1}{Z_r} \frac{Q_s}{1 + jQ_s \left( \frac{\omega_s}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega_s} \right)} \quad \dots\dots\dots(13)$$

그림5는 식(12)를 MATLAB을 이용하여 주파수 비 변화에 따른 특성변화를 확인한 결과이다.

본 논문에서는 하프브리지 구조이면서 램프가 저주파 구형파로 동작하여야 하므로 램프 정상 상태시 계산되는 첨예도  $Q_s$  값은 일반적으로 1보다 작은 조건에서만 해석하였다.

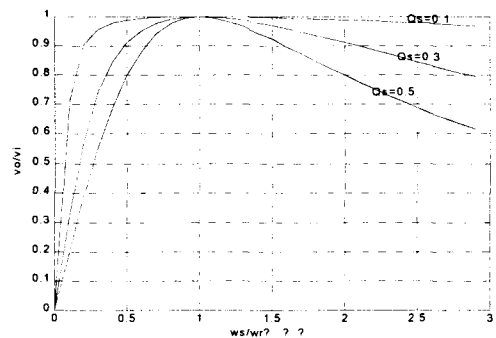


그림 5 주파수비에 따른 전압 전달함수 변화  
Fig. 5 The voltage transfer characteristics according frequency ratio

그림5의 결과에서 보면, 주파수 비가 1일 때가 전압 전달비가 가장 크고,  $Q_s$  값이 작을수록 전달함수의 값이 평탄하여 주파수 비와 무관하며,  $Q_s$  값이 커질수록 주파수 선택성을 갖는 것을 볼 수 있다.

주파수 비에 따른 표준화 된 출력 전류 값은 식(14)와 같이 표현할 수 있다.

$$I_{ON} = \left| \frac{I_o Z_r}{V_i} \right| \quad \dots\dots\dots(14)$$

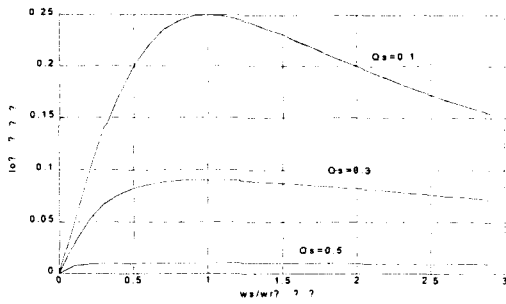


그림 6 주파수 변화에 따른 출력 전류 변화  
 Fig. 6 The current transfer characteristics according frequency ratio

그림6은 주파수 변화에 따른 출력 전류값의 변화를 나타낸 것으로 주파수 비가 1일 때가 가장 크며,  $Q_s$  값이 작아질수록 주파수 선택성을 갖고,  $Q_s$  값이 1에 근접할수록 주파수에 무관한 특성을 갖는 것을 볼 수 있다.

2.5 주파수 천이를 이용한 상태 천이 전류 공급 방법

자동차용 메탈 할라이드 램프가 뜨거운 상태에서 재 점등이 이루어진다면 아크 상태로 이전하더라도 이후 수십 ms 동안 어느 정도의 전류를 필요로 한다. 보통의 경우 상태 천이 전류를 컨버터에서 안정적으로 공급해 줘야하는데 DC-DC 컨버터의 응답 속도가 빠르지 못하므로 일반적으로 Half Bridge나 Full Bridge 인버터를 사용하는 안정기에서는 그림7에서 표시한 부분과 같이 별도의 회로를 삽입하여 정상시  $R_{ch1}$ 를 통하여  $C_{ch1}$ 에 전압을 충전하였다가 램프가 점등되어 상태가 변동될 때,  $R_{ch2}$ 을 통하여 방전전류를 램프에 컨버터가 반응할 때까지 공급하여야 한다.

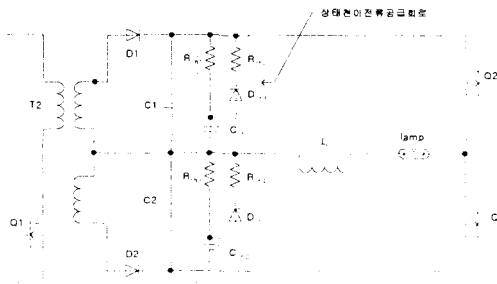


그림 7 상태 천이 전류 공급 회로  
 Fig. 7 The take over current method by additional R,C

또한 본 논문에서는 그림8에서와 같이 저항  $R_6, R_7, R_8$ 을 이용하여 DC link 전압을 감지하였다. 램프가 글로우 상태와 아크 상태를 일 때 DC link 전압이 서로 다르다는 특성을 이용하여 글로우 상태일 때는 Half Bridge 구조가 가지는 공진 특성을 이용하여 동작 주파수를 공진 주파수 근처에서 동작시킴으로써 공진 특성에 의해 증가되는 전류가 램프 상태 천이 때 필요한 전류를 공급하도록 하였다. 이렇게 증가된 상태 천이 전류로 인해 램프가 아크 상태로 안정적으로

천이되면, 동작 주파수가 370Hz로 감소되어, 음향공명현상이 일어나지 않도록 하였다.

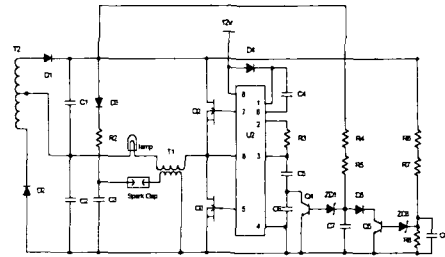


그림 8 DC link 전압 판별을 이용한 상태 천이 전류 공급 방법  
 Fig. 8 The take over current supply method by DC link voltage detection

2.6 이그나이터

램프의 전극 양단에 전압 내부의 기체 절연 상태를 깨는 전압으로서, 초기 점화시 2kV, 재점화시 25kV-30kV가 요구된다. 재 점화의 경우, 높은 점화 전압을 피하려면, 램프를 냉각 시키면 되지만, 자연 냉각시 초기 점화 상태로 회복되려면 10분 이상 소요되므로 자동차 전조등 응용에는 적합하지 않다. 따라서 25kV 이상의 출력을 낼 수 있는 점화기가 필요하다. 하지만 높은 출력 전압을 얻기 위해 많은 권선을 감는다면, 정상 상태시에 이그나이터 2차단에서 소비되는 전력이 증가한다는 단점이 발생한다.

본 논문에서는 식(15)와 같이 정상 상태시에 이그나이터 2차 권선에 램프전압의 15% 정도만 인가되도록 설정하였고, 인덕턴스로 최대의 출력이 나오도록 이그니션용 트랜스포머의 턴 수비를 조절하였다. 또한, 플라이 백 컨버터에 추가 권선을 감아서 이그니션에 필요한 전압을 생성하였다.

$$\frac{0.15 * V_{lamp}}{2\pi f_s * I_{lamp}} = L_r \dots\dots\dots(15)$$

또한, 높은 이그니션 전압을 얻기 위한 트랜스포머 구조에도 신경을 기해야한다. 이그니션 트랜스포머는 그림9에서와 같은 여러 개로 구분되어있는 보빈을 사용하였다.

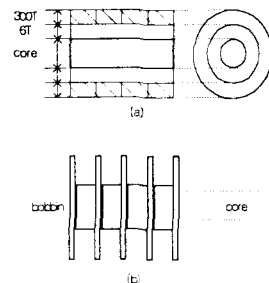


그림 9 제작한 이그니션용 트랜스포머 보빈 특성  
 Fig. 9 The structure of transformer bobbin for ignition transformer

권선과 권선이 구분된 보빈은 발생한 고전압에 의한 누설 전압의 발생을 억제시켜주며, 권선과 권선사이에 발생하는 기생 커패시턴스 성분을 줄여주는 효과가 있다. 또한 이그니션 트랜스포머 2차측에 흐르는 전류로부터 특성을 유지하기 위해서 2차권선을 적절한 굵기의 코일을 선택하고, 대 전류로 인한 코어의 포화를 방지하기 위해서 Bar 코어형태를 선택하였다.

마지막으로 코일을 감는 방법은 여러 가지 방법이 있을 수 있겠으나 각각을 실험해 본 결과 그림9 (a)와 같이 1차측은 코어에 감아서 사용하며, 2차 측은 보빈의 칸칸에 적절히 감아서 사용하는 방법이 가장 효과적이었다.

그림10은 그림9와 같이 이그니션 트랜스포머를 제작한 후에 무 부하 상태에서 인가되는 전압을 측정한 그림이다. 무 부하시 인가되는 전압은 약 23kV-25kV 정도가 인가되어진다.

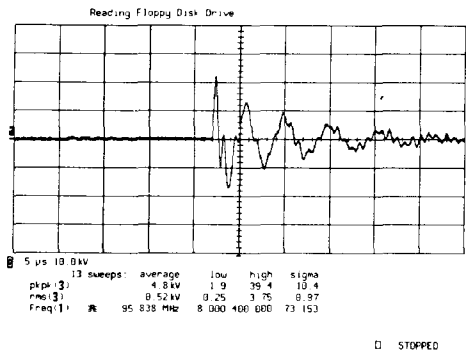


그림 10 무 부하시 고압 출력 파형  
Fig. 10 The ignition voltage of no load condition

### 3. 실험 결과 및 검토

#### 3.1 DC-DC Converter 부분

본 장에서는 본 논문에서 제안한 자동차 헤드라이트용 안정기의 입출력 특성과 주파수 변환에 의한 상태 천이 전류 공급 회로를 실험에 통해 분석하고 또한 플라이백 컨버터의 원활한 동작을 실험을 통해 확인하였다. 제안된 자동차 메탈할라이드 램프용 안정기의 특성을 측정하기 위한 회로도는 그림 11과 같다. 그리고 성능을 검토하기 위하여 입력 단과 출력 단을 Oscilloscope를 이용하여 특성을 분석하였고 또한 자동차 램프의 정상상태와 과도 상태일 때의 안정기 파형을 측정하여 얻은 결과를 분석하였다.

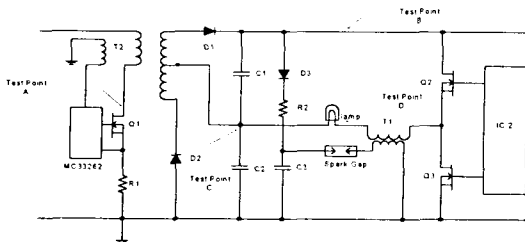


그림 11 제작한 전자식 안정기 특성 확인 지점  
Fig. 11 The test point of prototype ballast

그림 12는 그림 11의 측정 회로도에서 Oscilloscope로 플라이백 컨버터 FET 드레인 A점을 측정한 파형으로 플라이백 컨버터의 FET가 64KHz의 주파수로 스위칭 하는 것을 볼 수가 있다. 이때 사용된 플라이백 컨버터의 권선비는  $N_p = 6T$ ,  $N_s = 80T$ 이다.

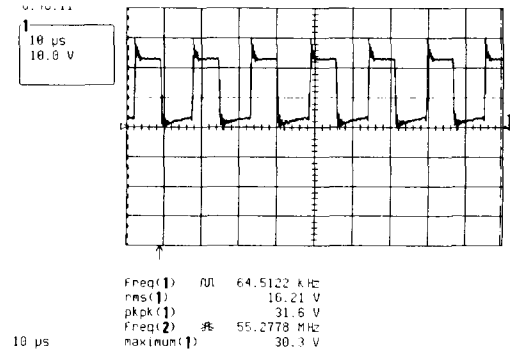


그림 12 플라이백 컨버터 스위칭 FET 동작 파형  
Fig. 12 The waveform of FET voltage between Drain and Source

#### 3.2 Inverter 부분

그림 13과 14는 그림 11의 측정 회로도의 램프 양단 C와 D를 측정한 것으로 램프전압, 전류 파형이다. 그림 13은 시간 경과에 따른 변하는 전압, 전류 파형을 나타낸 것이고 그림 14는 램프 점등 초기 안정기의 동작 주파수가 하프브리 지 구조가 가지는 공진 주파수 부근의 고주파수로 동작하는 것을 측정한 그림이다.

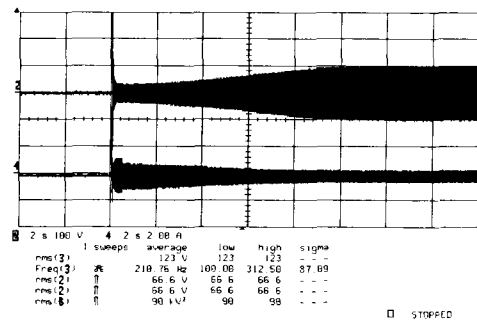


그림 13 시간에 따른 램프 전압 전류 변화 특성  
Fig. 13 The lamp voltage and current variation characteristics

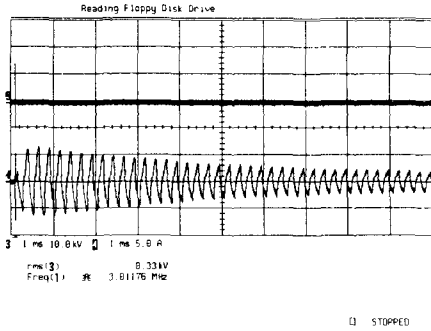


그림 14 과도 상태 램프 전압, 전류 파형  
 Fig. 14 The lamp voltage and current waveform on transition period

램프 점등 초기 약 15ms 동안 고주파수로 동작하다가 램프가 아크상태로 천이되면, 그림 15와 같이 저주파수로 동작한다. 램프 전압 전류 파형에서 보는 것과 같이 인버터 주파수가 음향공명 주파수 대역이 아닌 370Hz의 저주파 구형파로 램프에 공급되는 것을 알 수가 있고 램프 전압은 98.5V 이고 램프 전류는 364.8mA이므로 램프 전력은 약 35W인 것을 알 수가 있다.

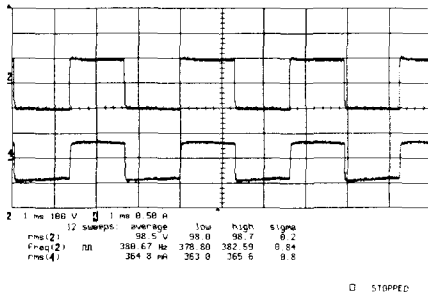


그림 15 정상 상태에서 램프 전압, 전류 파형  
 Fig. 15 The lamp voltage and current waveform on steady period

그림16는 안정기를 on/off 할 때 나타나는 파형으로 일정한 간격으로 on/off를 반복한다할지라도 램프 점등에 이상이 없는 것으로 나타났다.

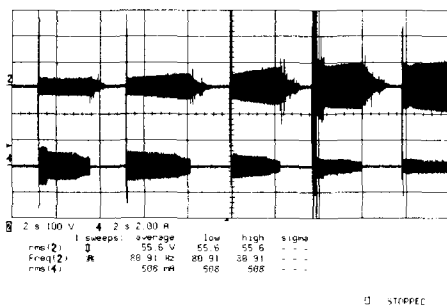


그림 16 연속적인 on/off시 램프 전압, 전류 특성  
 Fig. 16 The on/off test characteristics of the prototype ballast

### 3. 결 론

본 논문은 자동차 헤드라이트 램프용 안정기를 구조가 비교적 간단한 하프브리지 인버터를 사용하여 회로를 구성하였다. 인버터의 동작 주파수를 램프 상태에 따라서 다른 주파수로 제어하는 방법과 동시에 상태천이전류 공급회로를 추가하여 램프가 뜨거운 상태에서도 순시 재 점등시 상태천이 전류를 원활히 공급하여 램프가 재 점등하는 데에 무리가 없도록 하였다. 또한 저주파 구형파로 동작시킴으로써 정상 상태시에 음향공명현상이 발생하지 않도록 하였다.

또한 이그나이터 트랜스포머 제작에서도 멀티 섹션 형태의 보빈을 사용하여 트랜스포머 2차 측에 나타나는 기생 커패시턴스를 감소시킴으로써 램프에 인가되는 이그니션 전압이 최대가 되도록 하였다. 이렇게 증가된 이그니션 전압과 충분한 상태천이 전류 공급으로 인해서 램프의 순시 재 점등 문제를 해결하고, 비교적 간단하며, 저가의 자동차 헤드라이트용 안정기를 제작할 수 있음을 실험 결과를 통해서 검증하였다.

### 감사의 글

본 연구는 강원대학교 BK21 사업단의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] dr Chr. Meyer and ir H. Nienhuis, "Dischrge Lamps" PHILIPS TECHNICAL LIBRARY 1988, pp216-226
- [2] Alberto Reatti, "Low-cost high power density electronic ballast for automotive HID lamps", IEEE Trans power electronics, VOL15, No2, March 2000, pp.361-368
- [3] W.H.Lake and J.M Davenport, "low watage metal halide lamps", Journal of IES, Japan, 1982, pp.66-73
- [4] N.Funumori, H.Nishimura, K.Uchihashi, and M. Fukuhara, "A study of HID lamp life when operated by electronic ballasts", Journal of the illuminating Engineering society, winter 1995, pp41-47
- [5] 조규찬, "자동차 고압 방전등 안정기의 설계 및 해석", 서울대학교 대학원, 2001
- [6] 김희준, "스위칭 전원의 기본 설계", 성안당
- [7] Chin S.Moo, Tsai F. Lin and Ying C. Chung, "Designing an ignitor for short-arc xenon lamps", IEEE IAS annual Meeting, pp612-617, 1999
- [8] A. Fratta, F. Villata, E. Canavesio, "Comparative design of a new DC/DC conversion scheme for gas dischrge lamp in automotive applications", IEEE pp542-548

저 자 소 개



**조 계 현(曹 桂 鉉)**

1973년 3월 27일생. 1998년 강원대학교 졸업(학사), 2000년 동대학원 졸업(석사), 현재, 박사과정  
Tel : 033-250-6292  
Fax : 033-241-3775  
E-mail  
gyehyun@kwnu.kangwon.ac.kr



**박 중 연(朴 鍾 演)**

1951년 2월23생, 1973년 고려대 전자공학과 졸업(학사), 1980년 경북대 대학원(석사), 1984년 동대학원 졸업(박사). 1973~1976년 KIST연구원, 1977~1984년 울산공과대학 교수, 1984~현재 : 강원대학교 전기전자정보 통신공학부 전기전자 전공 교수

Tel : 033-250-6292  
Fax : 033-241-3775  
E-mail : cypark@cc.kangwon.ac.kr



**박 재 일(朴 載 日)**

1954년 7월 20일생. 1997년 강원대학교 산업대학원(석사), 현재 강원지방 중소기업청 공업 연구관  
Tel : 033-260-1640  
Fax : 033-260-1659  
E-mail : jipark@smba.go.kr