

# 자동차 헤드라이트용 전자식 안정기 개발

조 계 현, 박 종 연, 한 재 현  
강원대학교 전기 전자 정보통신공학부  
전화 : 033-250-6292 / 핸드폰 : 011-707-0819

## Development of Electronic Ballast for Automotive HID Lamp

Gye-Hyun, Jo, Chong-Yeun, Park, Jae-Hyun, Han  
Devision. of Electrical and Electronic , Kangwon National University  
E-mail : gvehyun@kwnul.kangwon.ac.kr

### Abstract

An electronic ballast for driving automotive HID lamps is presented. The circuit topology is composed of a fly back converter, a Full bridge inverter, and an ignitor. A prototype was developed and tested on a 35W lamp with a 12V input voltage. To avoiding the acoustic resonance, the full bridge inverter is operated at 250Hz and provided a squared-wave voltage source to the lamp. The transient and steady state characteristics of the tested HID lamps are measured and analyzed.

### I. 서론

메탈 할라이드 램프는 많은 광량과 좋은 연색성, 색 재현성이 좋은 장점을 가지고 있음으로 인해서 실내조명으로 많이 사용되어왔다. 또한 기존 형광등에 비해 광 효율이 우수하고 수명이 길다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 메탈할라이드 램프는 점등시 높은 점등 전압이 필요하며, 과도 상태와 정상 상태의 기체 상태가 달라 안정기제작에 많은 어려움이 있었다. 또한 초기 점등 후 램프 내부의 온도와 압력, 광 출력이 정상 상태에 도달하기 위해서는 1-5분 정도가 소요된다. 또한 램프 소등후 재점등을 하고자 할때에는, 방전관 내부의 높은 압력을 극복하기 위해서 20kV 이상의 고전압이 필요하다.

최근, 이러한 특성을 지닌 메탈할라이드 램프를 이용하여 자동차 전조등에 사용하고자 하는 많은 노력과 연구가 진행 중이다.

### II. 자동차 헤드라이트 안정기 제어방법

방전등의 동작 단계는 크게 방전이 시작되면서, 시작되는 Arc 방전 구간과 정상 상태인 Glow 상태구간으로 나눌 수 있다. Arc 방전 구간은 램프 전압이 서서히 증가하고, 램프 전류는 서서히 감소하는 단계로, 방전 현상이 음극 전극의 전체부분까지 고르게 나타나, 은은한 빛을 띄는 단계를 말하며, Glow 방전은 비로서 밝은 빛이 나오는 단계인, 정상 상태를 의미한다. 그러므로 방전등을 위한 전자식 안정기의 동작은 방전등의 상태 변화가 자연스럽게 이루어질 수 있도록 다음과 같이 과도 상태와 정상 상태를 구분하여 제어되어야 한다.[1][2]

#### 2.1 과도 상태에서 필요한 요소

##### (1) 충분한 고 전압을 발생시키기 위한 점화기

안정적인 방전등의 점등을 위해서는 램프 점등 초기에는 수kV의 크기와 수십  $\mu$ s정도의 폭을 갖는 고전압이 필요하다. 하지만 램프가 뜨거워진 상태에서 안정적으로 재점등이 이루어지기 위해서는 수십 kV정도의 고전압이 필요하게 된다. 자동차 헤드라이트와 같이 빈번하게 재 점등

이 이루어지는 분야에서는 20kV ~30kV 사이를 갖는 고전압 발생기가 필요하다. [3][5]

(2) 상태 천이 유지 전류

방전등 양단에 고전압을 인가하여 램프가 점화되었다하더라도, 안정적으로 방전등의 점등 상태가 Arc 상태에서 Glow 상태로 천이되기 위해서는 점등후 300 $\mu$ s동안 최소한의 전류가 보장되어야한다. 일반적으로 300 $\mu$ s동안 램프에 필요한 전류를 공급한다는 것은 낮은 주파수로 구동되는 인버터에 의해서 불가능하며, 인버터부에 추가적인 R, C 회로를 부착하여, RC 회로가 갖는 충,방전 특성을 이용하여 공급한다. 그림 1은 Philips사에서 판매하고 있는 35W D2S 램프가 가지는 상태 천이 유지 전류 제한 기준이다.

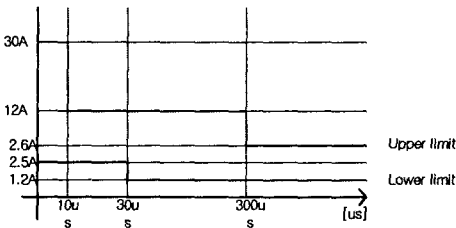


그림1. 상태 천이 전류 규정값

2.2 램프 점등 상태 유지시 필요한 요소

(1) 안정 상태로의 전환을 위한 충분한 전력

방전등이 점등된 후에, 방전등에 필요한 전력을 공급하지 못한다면, 방전등은 점등 상태를 유지할 수 없다. 자동차 헤드라이트와 같이 빈번하게 순시 재 점등 상태가 이루어지고, 점등 후 빠른 시간 내에 필요한 볼 밝기가 요구되는 경우에 있어서는 램프 정격 출력 이상의 전력이 방전등에 공급되어야만 한다.

일반적으로 35W 방전등에 있어서 안정적인 점등과 유지를 위해서는 램프 점등 후 일정시간동안 70w~80w 정도의 전력을 램프에 공급시켜 짧은 안정적으로 Arc 상태에서 Glow 상태로 이동하도록 제어한다.

(2) 음향 공명 현상의 제거

HID 램프는 높은 주파수에서 동작하면, 음향 공명 현상이 발생하여, 램프 불빛이 떨리는 단점이 발생한다. 이러한 현상은 구동회로에서 일정한 주파수의 정현파 전류를

공급할 때, 방전등에 인가되는 입력 전류 주파수에 의한 램프 전력 주파수와 방전등 내부의 온도 변동이 서로 공진하는 주파수에서 아크의 흐름이 불안정해지는 현상이다. 이러한 현상은 10kHz에서 1MHz사이에서 광범위하게 나타난다. 이제까지 이러한 음향공명현상을 피하기 위해서 램프 동작 주파수를 시간에 따라 가변시키는 방법, 음향공명현상이 일어나지 않는 구간에서 램프를 동작시키는 방법, 1kHz이하의 저주파로 구동시키는 방법 등이 제시되어 왔다. 본 논문에서는 저주파 구형파로 동작시키는 방법을 사용하였다.

III. 전자식 안정기 구조 및 설계 방법

본 논문에서 제작하고자 하는 전자식 안정기의 기본 구조는 그림2와 같다. 자동차 헤드라이트 램프를 위한 안정기는 12V 자동차 건전지 전압을 램프 점등과 유지에 필요한 전압으로 승압하기 위한 DC-DC 컨버터부, 풀브릿지 구조를 갖는 인버터부, 제어부, 상태천이 전류 공급부로 구성되어있다.

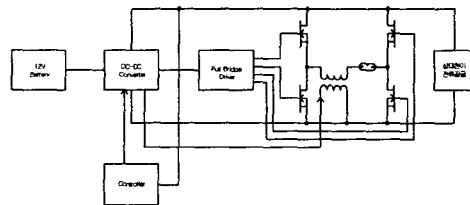


그림1. 자동차 헤드라이트용 전자식 안정기 구조

3.1 DC-DC 컨버터 부분[9]

그림3은 본 논문에서 사용한 DC-DC 컨버터 구조이다. 그림2에서와 같이 12V를 갖는 자동차용 건전지 전압을, Flyback 컨버터를 이용하여 램프 점등에 필요한 100V 정도의 승압된 전압을 발생시킨다.

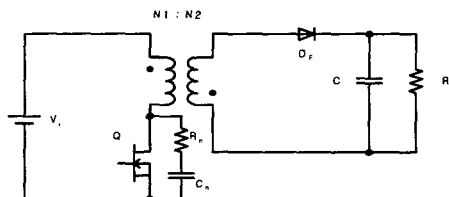


그림2. DC-DC 컨버터 구조[4]

그림4는 DC-DC 컨버터가 가지는 특성을 나타낸 것이다. 여기에서  $I_1$ 은 입력 전류류,  $I_2$ 는 부하전류,  $V_{DS}$ 는 Flyback 컨버터에 사용되는 FET 드레인과 소스간 파형이다.

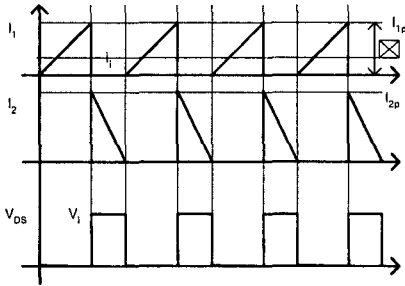


그림4. DC-DC 컨버터 각부 파형

그림4를 이용하여 Flyback 트랜스포머 턴 수를 계산한다. 그림4에서 입력 전류  $I_1$ 을 구하기 위해서, 입력 전류의 특징인  $I_{1p} = \Delta i$  을 식(1)에 대입한다.

$$\Delta i = 2(I_{1p} - \frac{I_i}{D}) = 2(I_{1p} - \frac{P_o}{\eta D V_i}) \dots\dots\dots(1)$$

식(1)은 식(2)와 같이 정리된다.

$$I_{1p} = \Delta i = \frac{2P_o}{\eta D_{max} V_{imin}} \dots\dots\dots(2)$$

식(2)를 이용하여 입력 전류의 최대값을 계산한 후 식(3)을 이용하여 Flyback 컨버터의 1차 축 인덕턴스를 식(4)와 같이 구할 수 있다.

$$L_1 = \frac{V_{imin} D_{max} T_s}{\Delta i} \dots\dots\dots(3)$$

(2) 권선 수 결정

플라이백 컨버터 1차 권선은 식(4)을 이용해서 구한다.

$$N_1 = \frac{L_1 I_{1p}}{B_m A_e} = \frac{50.13 \times 10^{-6} \times 16.2}{0.28 \times 109 \times 10^{-6}} = 2.72 \text{ [T]} \dots\dots(4)$$

실제 제작에 있어서는 3T를 사용한다. 또한  $N_1$  값을 이용하여 식(5)와 같이  $N_2$  값을 구한다.

$$N_2 = \frac{D_{min} \times V_o}{D_{max} \times V_{imin}} \times N_1 = 22.2 \text{ [T]} \dots\dots\dots(5)$$

마지막으로, Flyback 트랜스포머에 추가 권선을 감아서 방전등 점화를 위해서 사용하는 것이 안정기의 부피를 줄일 수 있는 방법이므로, 점화를 위한 3차 권선 설계는  $N_2$  값 설계와 동일한 방법으로 구한다. 이때는, 무 부하 일 때 Arc Gap 동작 전압을 고려하여야 한다. 이제까지 계산된 Flyback 컨버터 트랜스포머의 최종값은 그림5와 같다. 계산 결과 점화기 동작을 위해서는 110T, 사용한 Flyback 컨버터 전원공급을 위해서는 3T이 각각 필요하다.

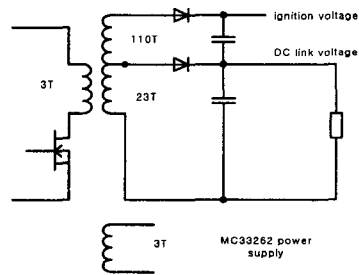


그림5. Flyback 컨버터 트랜스포머 설계

3.2 DC-AC 인버터 부분

플라이백 컨버터를 사용하여 승압된 전압을 이용하여 방전등에 공급하는 부분으로, 방전등에서 발생하는 음향 공명 현상을 피하기 위해서 250Hz의 저주파 구형파를 공급하였다. DC-AC 인버터를 제어하는 소자로는 Full Bridge Driver IC UBA2030T를 사용하였다.

3.3 Ignitor 부분

램프의 전극 양단에 방전 개시 전압으로서 초기 점화시 2kV, 재 점화시 25kV-30kV가 요구된다. 재 점화의 경우 높은 점등 전압을 피하려면 램프를 냉각 시키면 되지만 지연 냉각시 초기 점화 상태로 회복되려면 10분 이상 소요되므로 자동차 전조등 응용에는 부적합하다. 따라서 25kV이상의 출력을 낼 수 있는 점화기를 설계, 제작하여야 한다.

IV. 실험 결과

그림6은 제작한 안정기의 특성을 확인한 결과로 시간 경과에 따른 램프 전압, 전류의 변화 추이를

나타낸 것이다.

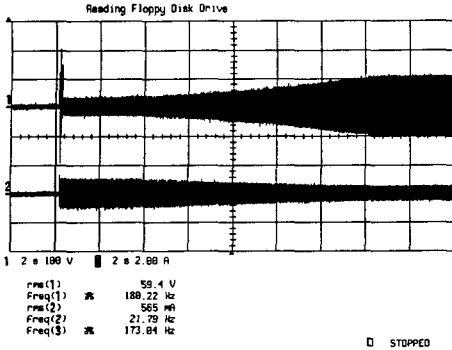


그림6. 시간경과에 따른 램프 전압,전류 변화

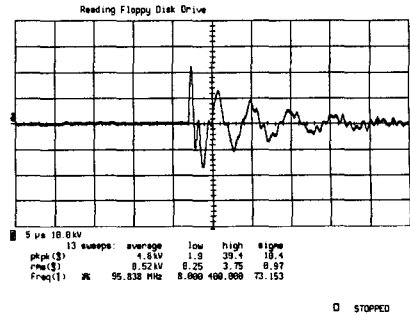


그림9. 점화기 출력 전압 파형

그림7은 정상 상태시 램프 전압, 전류 파형이다.

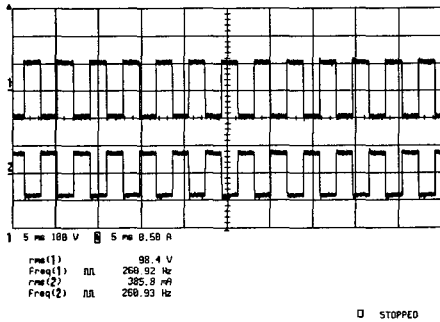


그림7. 정상상태시 램프 전압, 전류 파형

그림8은 Flyback 컨버터에 유입되는 전류파형이다. 전류의 최대값은 10A을 갖고, 동작 Duty ratio는 0.6정도이다.

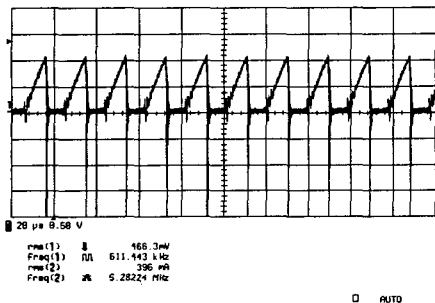


그림8. 입력 전류 파형

그림9는 무 부하시에 나타나는 점화기 출력 전압 파형이다. 점화기 출력 전압은 약 23kV이다.

## V. 결론

본 논문은 풀브리지 인버터 구조를 갖는 자동차 헤드라이트 램프용 전자식 안정기에 대해서, 과도상태와 정상상태에서 필요한 특성을 파악하여 안정기 설계 및 제작에 적용함으로써 램프 점등 및 순시 재 점등 상태를 원활하게 하여 차가운 램프 상태에서 점등시 고주파 전류에 의한 소등을 막을 수 있다. 또한 이그나이터 용 트랜스포머 제작에서도 멀티섹션 형태의 보빈을 사용하여 트랜스포머 2차측에 나타나는 기생 커패시턴스를 감소시킴으로써 램프에 인가되는 이그니션 전압이 최대가 되도록 하였다. 증가된 이그니션 전압과 충분한 상태전이 전류 공급으로 인해서 램프의 순시 재 점등 문제를 안정적으로 해결할 수 있다는 것을 실험 결과를 통해서 검증 하였다.

### 감사의 글

본 연구는 강원대학교 BK21 사업단의 지원으로 수행 되었습니다.

### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] 조계현,박중연,박재일 "Half Bridge 구조를 갖는 자동차 헤드라이트용 전자식 안정기 설계", 조명설비학회, Vol17. No2. pp10~16. March2003
- [2] 조규찬, "자동차 고압 방전등 안정기의 설계 및 해석", 서울대학교 대학원, 2001
- [3] M. Gulko and S. Ben-Yaakov, "A MHz Electronic Ballast for Automotive-type HID Lamps", in Proc. IEEE PESC'97 pp.39-45
- [4] 김희준, "스위칭 전원의 기본 설계", 성안당
- [5] Chin S.Moo, Tsai F. Lin and Ying C. Chung, "Designing an ignitor for short-arc xenon lamps", IEEE IAS annual Meeting, pp.612-617,199