

자동차 헤드라이트용 전자식 안정기 개발

박 종 연, 배 수 호, 조 계 현
강원대학교 전기,전자공학부
전화 : 033-250-6292 / 핸드폰 : 019-313-6992

Development of Electronic Ballast for Automotive High Intensity Discharge Lamp

Chong yeun Park, Soo Ho Bae, Gye Hyun Cho
Dept. of Electrical and Electronic Eng , Gangwon University
E-mail : bae6992@hanmail.net

Abstract

In this Paper, we suggested the Half-Bridge inverter for the automotive HID electronic ballast. electronic ballast for automotive HID lamp should be supplied by low-frequency square wave avoiding the acoustic resonance(11kHz ~ 825kHz).

When the HID lamp is hot state, the electronic ballast should supply the sufficient current for a few milli-second to the lamp at the re-strike ignition state. that is called take-over current.

We have introduced the new take-over current control method that could have reduced the peak current and supplied the sufficient take-over current

다. 그러나 국내의 안정된 회로의 개발 미비로 수입에 의존하여 가격이 고가이기 때문에 고급차에만 적용되고 있는 상태이다.^[4] 하지만 램프는 이미 국내에서 생산되어 시판 되고 있기 때문에 저가의 자동차 메탈 헬라이드 램프용 안정기를 개발하여 공급 한다면 메탈 헬라이드 램프의 여러 장점 때문에 중 소형 차에도 메탈 헬라이드 램프가 적용될 것이다. 또한 메탈헬라이드 램프의 용도가 자동차로 국한되기 때문에, 점등 후 빠른 시간 내에 정격 출력을 가져야하며, 재 점등도 가능해야한다.

본 논문에서는 자동차용 메탈헬라이드 램프의 특성에 적합한 전자식 안정기를 개발하고, 램프가 뜨거워진 상태에서 재 점등을 하고자 할 때 문제시되는 상태천이전류(take over current)를 원활히 공급해줄 수 있는 새로운 방법을 제시하고자 한다.

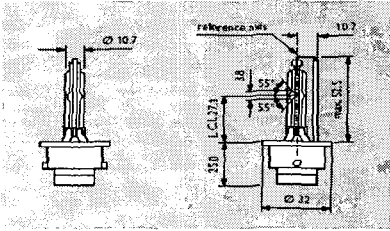
I. 서론

메탈 헬라이드 램프는 방전관 내부에 특정한 색과 파장을 방사하는 금속을 넣으므로해서 높은 연색성과 다양한 색 온도를 만들어 낼 수 있어 기존의 할로겐 램프가 가지는 낮은 색온도에 비하여 색 재현도와 독특하고 고급스런 분위기를 연출할 수 있다. 또한 필라멘트가 없으므로 해서 할로겐 램프의 수명보다 긴 장점을 가지고 있다.^{[1][2][3]} 이와 같은 장점으로 최근에는 고급차의 헤드라이트용으로 사용되어 자동차의 고급스런 분위기와 많은 광량으로 인해서 사물의 판독이 용이하여 특히 야간 운전이 많은 사람의 안전에 기여하고 있

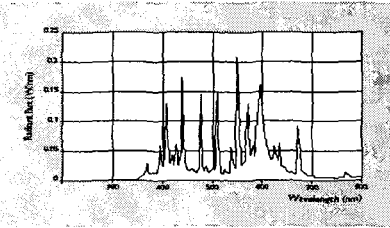
II. 본론

2.1 자동차용 메탈 헬라이드 램프 구조

본 연구에 사용된 자동차 메탈 헬라이드 램프는 D2S-35W(필립스)로 그림1 (a)와 같은 형상을 가지며, 그림2 (b)와 같은 분광 분포를 갖는다.



(a) 헤드라이트 램프 구조



(b) 분광분포

그림 1. 헤드라이트용 램프 구조 및 특징

그림 1 (b) 에서 보면, 램프에서 나오는 파장 범위가 다른 고휘도 방전등보다 넓은 것을 볼 수 있고, 이로 인해서 연색성이 다른 램프에 비해서 좋다는 것을 증명할 수 있다. 표1은 자동차용 메탈 할라이드 램프가 가지는 전기적인 특성이다. 주요 특성을 살펴보면, 램프 출력은 35W이며 램프 점등 초기 전압은 23kV로 매우 높다는 것을 알 수 있다. 이것은 자동차 헤드라이트 특성상 램프가 뜨거워진 상태에서도 빈번한 on/off가 이루어지고, 확실한 재 점등이 이루어져야 하기 때문이다.

표1. 헤드라이트용 메탈할라이드램프의 전기적 특징

전기적 특징	
Lamp wattage	35W
Life	5000h
Luminous flux	3600±450lm
Colour temperature	3900k
Colour rendering index	75
Starting voltage	23kV
Lamp voltage	85V
Pressure(cold)	2.6bar
Pressure(hot)	40bar
물리적 특징	
방전관 길이(L)	4.2±0.45mm
방전관 반지름(R)	1.2±0.2mm

2.2 메탈 헬라이드 램프의 음향 공명 현상과 대책¹³⁾

자동차용 메탈 헬라이드 램프는 DC 구동시 한쪽 전

극만 빠르게 소모되어 수명이 짧아지므로 긴 수명을 위하여 AC구동을 해야만 한다. 그러나 고주파 대역에서는 음향 공명 현상(Acoustic Resonance)이 발생하여 아크가 불안정하게 되어 빛이 떨리는 현상이 일어나게 된다. 따라서 자동차용 램프의 음향공명이 일어나지 않는 주파수 대역에서 안정하게 램프를 구동시키기 위하여 공명 주파수 대역을 계산하여야 한다.¹²⁾

자동차 헤드라이트 램프의 방전관의 외형적 특성으로 인해서 발생가능한 음향공명현상이 발생하는 주파수 대역을 다음과 같이 계산하였다. 이때 방전관 내에서의 속도는 모두 560m/s로 고정하였다.

방전관의 길이(longitudinal)방향의 기본 공명 주파수는 식(1)과 같고

$$f_A = \frac{C_s}{2L} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 L은 방전관의 아크길이, Cs는 기체 방전관내의 음향 속도이며 크기는 560m/s이다. 방전관의 반지름의 방사(radial)방향의 기본 공명 주파수는 식(2)와 같으며

$$f_B = \frac{3.83 \times C_s}{2\pi R} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 R은 방전관의 반경이다. 마지막으로 방전관의 사선의 방사성(azimuthal)방향의 기본 공명 주파수는 식(3)와 같다.

$$f_C = \frac{1.84 \times C_s}{2\pi R} \dots\dots\dots(3)$$

이들 값의 각각에 대하여 고조파(harmonic)값은 3차까지 구하고 부고조파(sub harmonic)값은 1/2, 1/4, 1/16을 곱한 값을 취하여 음향 공명 주파수를 구한다.

표1을 이용하여 방전관 외형에 의해서 나타나는 음향공명 발생 주파수를 계산한 결과는 표2와 같다.

표2. 공명 현상이 나타날 수 있는 주파수대역

공명 주파수	기본 주파수	고조파		부고조파		
		2차	3차	1/2	1/4	1/6
f _A	66kHz	132kHz	198kHz	33kHz	16.5kHz	11kHz
f _B	284kHz	568kHz	852kHz	142kHz	71kHz	47kHz
f _C	136kHz	272kHz	408kHz	68kHz	34kHz	22.6kHz

표2에서와 같이 공명현상이 나타날 수 있는 주파수 대역은 최소 11kHz에서 최대 852kHz사이이다. 현재까지

음향 공명 현상을 방지하기 위한 방법이 여러 형태로 제시되고 있지만 가장 많이 사용되고 쉽게 실현할 수 있는 방법은 11kHz이하의 저주파수로 구동하는 방법이 있다. 본 연구에서도 11kHz보다 작은 수백Hz의 구형파로 동작하도록 설계하였다.

2.3 전자식 안정기 구조

본 논문에서 제안된 자동차 메탈 헬라이트 램프용 안정기의 기본 구성은 그림3과 같이 크게 세부분으로 구분할 수 있다. 첫 번째로 입력전압(9-16V)을 DC-DC 컨버터를 이용하여 200-600V로 승압하여 Inverter에 보내지는 DC-DC 컨버터 부분이다. 두 번째는, 앞단의 DC-DC 컨버터에 의해서 승압된 전압을 가지고 인버터에서는 음향 공명이 일어나지 않는 구형 저주파로 스위칭하여 램프에 알맞은 전압을 인가하는 인버터 부분이다. 또한 마지막으로 자동차용 메탈헬라이트 램프는 램프가 뜨거운 상태에서 소등하였다가 순간적으로 재 점등할 때 20-30kV의 고전압이 필요하므로 고 전압을 인가하는 이그나이터 부분이다.

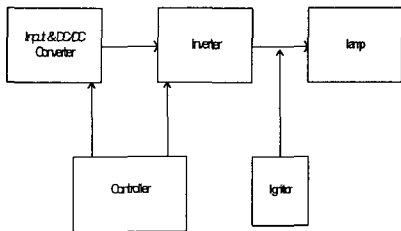


그림2. 전자식 안정기 구성도

2.4 DC-DC 컨버터와 인버터 부분

그림3은 본 연구에서 제작한 안정기 개략도이다. DC-DC 컨버터 부분은 Flyback 형태로 구성하였고, 인버터 부분은 Half bridge 방식이다.

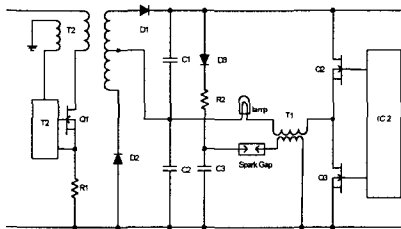


그림3. 제작한 안정기 개략도

2.5 상태 천이 전류 공급 회로^[5]

자동차용 메탈헬라이트 램프가 뜨거운 상태에서 재 점등이 이루어진다면 아크 상태로 이전하더라도 이후 수십 ms동안 어느 정도의 전류를 필요로 한다. 보통의 경우 이 전류를 컨버터에서 안정적으로 공급해줘야 하는데 DC-DC 컨버터의 응답 속도가 빠르지 못하므로 Half-Bridge나 Full-Bridgel 인버터를 사용하는 안정기에서는 그림 4와 같이 별도의 회로를 삽입하여 평상시 R9를 통하여 C9에 전압을 충전하였다가 램프가 HOT상태에서 점등시 R10을 통하여 방전전류를 램프에 컨버터가 반응할 때까지 공급한다. 이 전류를 상태 천이 회로(take-over current)라 한다. 그러나 그림 4과 같은 회로는 플라이백 컨버터의 2차측 출력 전압이 약 400V-600V이므로 C9 컨덴서의 크기가 커져 시스템 전체적으로 커지는 단점이 있다.

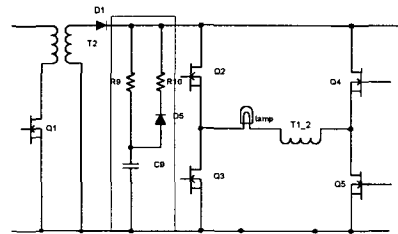


그림4. 상태 천이 전류 공급 회로도

또한 램프가 뜨거운 상태에서 인버터 주파수가 370Hz로 동작한다면 DC-DC 컨버터는 그림5에서 보는 것과 같이 점등 초기 큰 피크 전류에 영향을 받아서 제대로 동작하지 못한다. 또한 그림5과 같이 피크전류는 높으나 점등후 2ms 후에 전류가 감소함으로 인해서 안정적으로 램프 점등 상태를 유지할 수 없다. 그러므로 추가적인 상태 천이 전류 공급회로가 필요하게 된다.

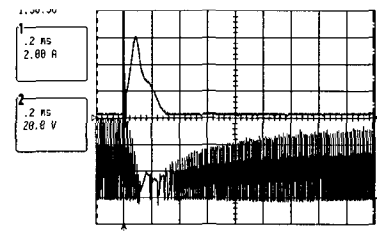


그림5. 저주파 구동시 불안정한 동작

본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 인버터를 그림6과 같이 구성하였다.

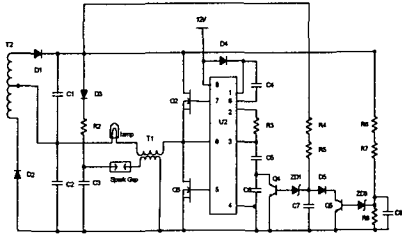


그림6 인버터 구조

램프가 HOT 상태에서 기동시 그림 5와 같이 별도의 Take-over Current 회로를 삽입하지 않고 인버터 주파수를 370Hz에서 12kHz로 올려 T1의 임피던스가 커짐에 따라 기동시 램프에 흐르는 피크 전류를 줄이고 T1이 부하로 작용하여 컨버터의 2차측 출력 전압이 높아져 T1의 임피던스에 의해 전류가 줄어드는 양보다 높아진 전압에 의한 전류가 더 커져 램프에 Take-over Current 역할을 하도록 하였다.

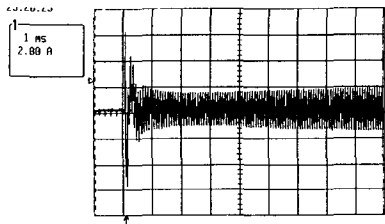


그림 8. 고주파 동작시 안정한 동작

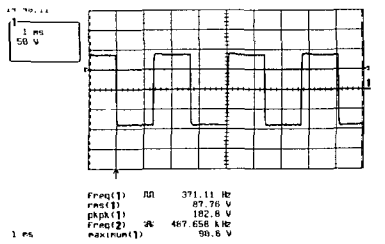


그림9. 정상 상태시 램프 전압 파형

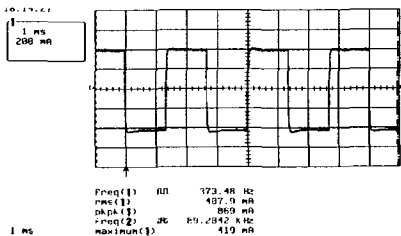


그림10. 정상 상태시 램프 전류 파형 state

그림9,10은 정상 상태 구동시 램프 전압과 전류 파형이다. 동작 주파수는 370Hz이며, 구형파로 동작하고 있음을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에는 자동차 메탈할라이드 램프용 안정기 구조가 간단한 하프브리지 인버터를 사용하여 회로를 구성 하였다. 하프 브리지형 인버터 동작 주파수를 램프상태에 따라서 다른 주파수로 제어하는 방법을 적용함으로써 램프가 뜨거운 상태에서 순시 재 점등 시 상태 천이 전류 (Take-over Current)를 원활히 공급하여 램프가 재 점등하는 데에 무리가 없도록 하였다.

인버터 동작 주파수를 가변하는 방법을 사용하면 기동시 저주파 구동방식보다 인버터의 Peak 전류가 낮지만 인버터의 최소 전류 값을 키움으로 인해서 램프 점등 및 순시 재 점등 상태를 원활하게 하며 COLD 램프 상태에서 점등 시 고주파 전류에 의해서 소등을 막을 수 있다는 것을 실험 결과를 통해서 검증하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] dr Chr.Meyer and ir H. Nienhuis, "Discharge Lamps," PHILIPS TECHNICAL LIBRARY 1988, pp.216-226
- [2] Alberto Reatti, "Low-Cost High Power-Density Electronic Ballast for Automotive HID Lamp," IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL.15. NO.2.MARCH 2000, pp.361-368
- [3] W.H.Lake and J.M.Davenport, "Low watage metal halide lamps," JOURNAL OF IES, Jan. 1982, pp.66-73
- [4] N.Fukumori, H. Nishimurn, K. Uchihashi, and M. Fukuhara, "A Study of HID Lamp Life when Operated by Electronic Ballasts," JOURNAL of the Illuminating Engineering Society, Winter 1995, pp.41-47
- [5] 조규찬, "자동차용 고압방전등 안정기의 설계 및 해석" 서울대학교 대학원, 2001

본 연구는 강원대학교 BK21 사업의 지원을 받아 수행되었습니다