

HID 램프용 전자식 안정기 개발 연구

이 호, 오 성 철, 위 상 봉
한국기술교육대학교 전기전자공학과

A Study on the Development of the Electronic Ballast for HID Lamps

Ho Lee, Sung-Chul Oh, Sang-Bong Wee
Department of Electrical Engineering, Korea University of Technology and Education

Abstract - This paper presents a design techniques for an electronic ballast of HID lamps. An electronic ballast for HID lamps usually employs a high frequency resonant inverter and voltage-to-frequency converter to control the output and a half-bridge and series resonant circuit are chosen for the ballast. In this paper, the new lighting method for the stable ignition regardless of lamp types is designed. And, this type of ballast has some useful functions such as surge protection, thermal protection, and dimmable function. Moreover the powerline communication skill is also used to transmit a dimming control signal.

1. 서 론

고압방전등은 고효율의 광원으로 특별한 실내와 공장, 가로등 등의 조명에 널리 사용되며 기존의 자기식 안정기에 비해 고주파 점등시 안정기의 무게, 부피 및 손실 감소 등의 장점으로 인해 많은 연구가 진행되고 있다. HID(High Intensity Discharge) 램프는 수은등, Metal Halide 램프 및 나트륨 램프로 구분되며 방전개시 조건이 매우 많은 차이점을 가진다. [1] HID 램프 중에서 시동기를 내장하고 있는 램프의 경우에는 600~800V 정도의 단펄스에 의해서도 점등이 가능하나, 시동기를 내장하고 있지 않는 Metal Halide 등과 같이 1.5~2kV 정도의 전압을 갖는 펄스열의 인가가 있어야 램프의 점등이 가능한 것도 있다. 더구나 시동기를 내장하고 있지 않는 Metal Halide 등의 경우에는 펄스폭이 좁은 경우(5 μ s 미만) 점등이 안 되는 수도 있어, 시동기에 충분한 펄스폭을 갖는 수회와 고압 펄스를 인가하여 주어야 할 경우도 있다. HID 램프는 고주파로 점등하면 순수 저항부하와 동일한 특성을 보이지만 100kHz 이하의 특정 주파수 대역에서 음향공진이 발생하는 문제가 있다. 음향공진을 해결하기 위해 100kHz 이상에서 구동하는 방법도 연구되지만 EMI 문제를 고려하면 낮은 주파수가 유리하다. 대체적으로 25~35kHz 대역에서 음향공진이 발생하지 않는다고 보고되어 있다. 그리고, 종래에는 출력신호의 정전력 기능이나 램프불능시의 회로의 보호 및 서지전압 등의 경우에 회로의 즉각적인 보호에 대한 대책이 없어 안정기의 보호가 충분치 못하다는 문제점이 있었다. 본 논문에서는 상기 문제점들을 해결하기 위한 전자식 안정기를 제시한다. 램프의 시동시에 충분한 펄스폭을 갖는 고압 펄스를 수회 인가하여

HID 램프의 종류에 관계없이 확실한 점등이 이루어지도록 하였고, 출력신호의 정전력 기능을 보다 강화 하였으며 램프 불능시나 서지전압 등의 경우에 즉각적인 보호기능을 발휘하도록 하였다. 특히, 조광제어(dimming) 신호의 전송을 위해 전력선통신 기술이 사용되었다.

2. 본 론

2.1 전자식 안정기

본 논문에서 제안된 HID 램프용 자력식 전자식 안정기는 입력 교류신호를 정류하여 직류전압을 공급하는 정류부와 정류부로부터 인가되는 전압을 공급받아 주어진 공진 주파수로 발진하여 램프를 점등시키는 램프정합부, 정류부로부터의 정류된 전압을 인가받아 램프정합부의 공진을 일으키는 인버터부 그리고, 인버터부를 제어하는 파워제어부를 포함한다.

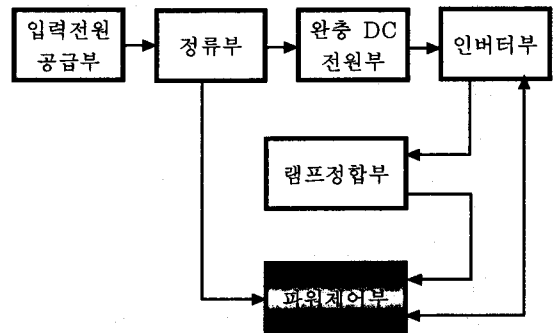


그림 1. 제안된 안정기 구성도

램프를 시동하기 위해 입력전원이 인가되면 충전용 콘덴서가 저항을 통해 충전되고 Diac를 통해 통전되어 인버터부를 구성하는 두개의 MOSFET중 트리거 소자인 MOSFET를 Turn On 시킨다. 따라서 램프정합부의 공진회로가 작동하기 시작하며 MOSFET의 드라이브 트랜스가 이 신호를 감지한다. 이 신호는 파워 제어부 내부의 드라이브 트랜스 출력 조정부를 통과하고 펄스폭 조정부의 스위칭 소자를 On/Off 하며, 이 시간에 해당하는 펄스폭을 갖는 펄스열이 드라이브 트랜스(T5)에 인가되어, 트리거 회로(Q1, Q2)를 트리거하게 되므로, 램프 출력회로에 충분한 크기의 펄스폭 및 진폭을 갖는

다수개의 펄스열이 인가되어 램프를 안정하게 점등시키게 된다.

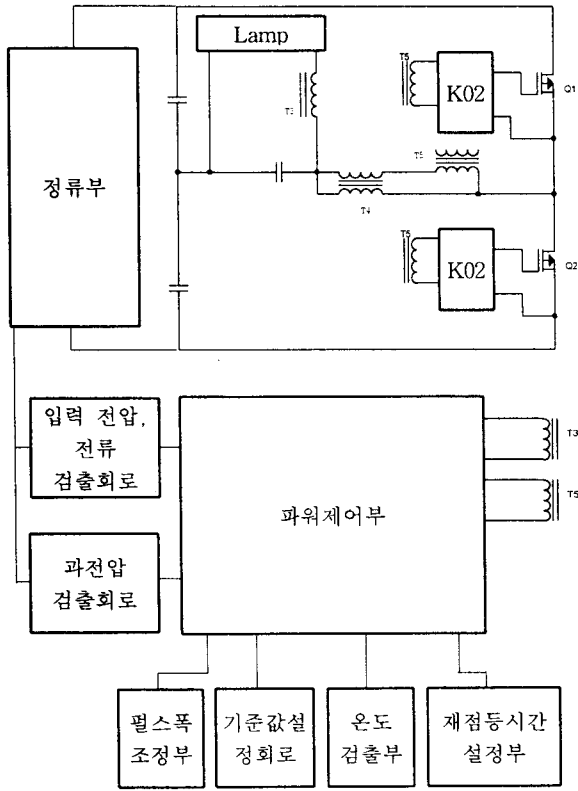


그림 2. 파워제어부 및 주변회로

그림 3, 그림 4는 시동펄스와 펄스열의 파형이다. 충분한 진폭의 펄스를 만들기 위해 수백 V의 DC Offset을 공급하며, 이 DC level은 변동이 가능하다. 펄스열을 약 8분정도 램프에 공급하며, 이 시간 내에 램프로부터 응답이 없으면 타이머 회로가 동작하여 회로를 shutdown 시킨다. 펄스폭 조정부의 스위칭 소자의 제어신호는 (T3)로 검출된 출력전류와 입력전압 전류 검출회로로 부터의 입력전압, 입력전류에 의해 만들어진다. 시동 후에는 드라이브 트랜스(T5)의 출력전압은 출력조정부의 콘덴서를 충전시켜 드라이브 트랜스의 출력을 저지, 이 콘덴서가 방전될 때까지 재 점등이 되지 않는다. 그리고, 이 콘덴서의 값에 의해 램프의 재 점등 지연시간이 설정된다.

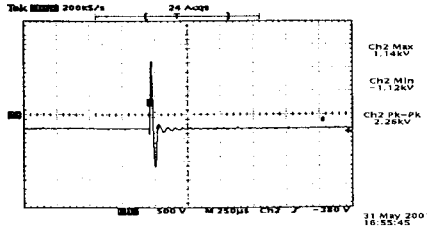


그림 3. 램프 시동펄스

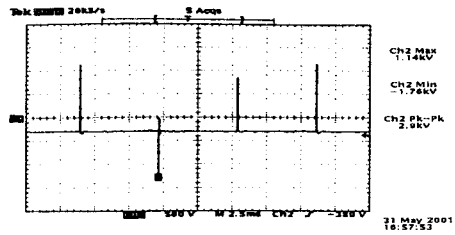


그림 4. 램프 시동펄스열

파워 제어부를 구성하는 하이브리드 IC의 전원공급 단자에는 서미스터가 접속되어, 만일 온도가 상승하면 서미스터의 저항이 작아져 전원공급단자는 접지 되는 것과 같이 되어, IC 전체의 전원공급이 차단되므로 회로를 보호하게 된다. 또, 조도 측정부를 추가하여 외부 밝기에 따라 자동으로 안정기의 동작을 개시하는 것도 가능하다. 조광제어(dimming)는 기준값 설정회로의 전압값을 제어하여 이루어진다. 그림 5, 그림 6, 그림 7은 175W HID 램프용 전자식 안정기의 출력 전류파형이다.

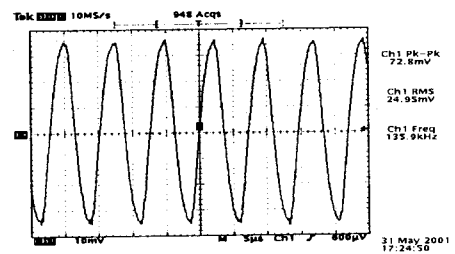


그림 5. 출력(100%) 전류파형

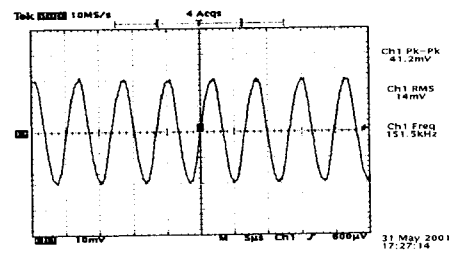


그림 6. 출력(70%) 전류파형

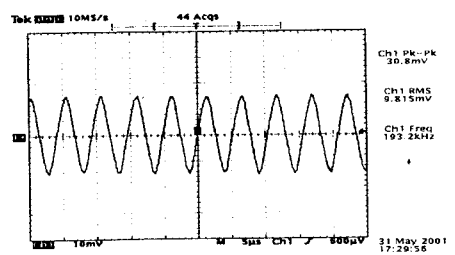


그림 7. 출력(50%) 전류파형

기준값 설정회로의 전압값을 제어하여 70%, 50%의 조광제어(dimming)가 이루어짐을 알 수 있다.

2.2 전력선통신

전력선통신은 별도의 선로를 필요치 않고 이미 설치되어 있는 전력선을 통해 Power Network 상의 어떤 지점과도 통신이 가능하다는 장점을 가진다. 초기에는 전력선을 이용하여 Data를 전송하기 위해 60Hz(또는 50 Hz)의 전원 주파수를 가지는 교류를 Relay 및 전력 반도체 소자를 이용하여 부호화 하는 방법이 이용되었다. 이 방법은 주로 조명기기의 Dimming 제어에 사용되었으며 Data 전송속도가 낮다는 단점을 가지고 있다. Data 전송속도를 높이고 통신의 신뢰성을 확보하기 위해 협대역의 변, 복조방법이 시도되면서 반송(Carrier) 주파수의 선정과 전력선과의 Coupling 문제가 제시되었다.

Carrier 주파수 : 일반적으로 Power Network의 잠음 Level은 주파수에 반비례하므로 낮은 주파수 보다는 고주파를 사용하는 것이 바람직하며, 고주파를 이용하면 저주파를 이용하는 시스템보다 Coupler와 같은 부품의 크기가 작아진다는 장점을 가지나 전송손실이 크다는 단점도 있다. [2] 일반적으로 협대역의 통신방식을 이용할 경우, 수 kHz ~ 200 kHz의 주파수가 이용되고 있으며, 용도에 따라 전용 주파수가 할당된 것도 있다. [3]

Coupling의 원리 및 방법 : Power Line Coupling이란 전력선 통신에서 변조된 신호를 전력선에 신고, 전력선에 실려온 신호를 Data 복조를 위해 검출하는 회로로 RF(Radio Frequency)를 이용하는 Radio System의 Antenna와 같다고 할 수 있다. Power Network상에 신호의 전송은 일반적으로 Data 변, 복조 장치의 입, 출력을 Power Line에 용량성 Coupling 함에 의해 이루어진다. 용량성 Coupling을 사용하는 이유는 Capacitor의 임피던스 값이 주파수가 높을수록 작아지기 때문이다. 최근 가장 많이 사용되는 Coupling 방법은 Coupling Transformer를 이용하는 Isolation-type으로 Transceiver와 접속되는 Coupling Transformer의 1차측(Primary Winding)에 Capacitor를 접속, LC Tank 회로를 구성하여 전송신호에 대해 통과 필터를 구성하게 하였다. 이 회로는 RF Radio의 주파수 동조회로와 그 구성 및 원리가 같다. 전력선과 접속되는 Secondary Winding과 Coupling Capacitor를 직렬 접속하여 구성한다. 전력선 Coupling 회로의 설계시, 주의할 점은 communication 신호의 송신 및 수신시에 요구되는 임피던스 조건이 다르다는 것이다. 일반적으로 전력선 Coupling 소자는 수동소자를 이용한 Coupling 회로와 능동소자를 이용한 전력 증폭기로 구성된다. 신호 전송시에는 Communication 신호에 대해 저 임피던스 조건이 요구된다. 그러나, 수신 Mode에서는 Transceiver의 출력단 임피던스가 낮아지면 Module에 대해 저 임피던스의 부하로 작용하므로 임피던스를 크게 하여야 한다.

본 논문에서는 SGS-Thomson의 ST7537 전력선 통신 모뎀을 사용하였다.

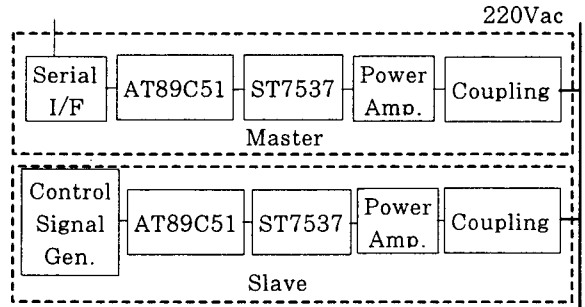


그림 8. 전력선통신을 이용한 조광제어 시스템 구성

ST7537은 2,400bps의 FSK 모뎀이다. 모뎀으로 부터 출력되는 CD(Carrier Detect) 신호를 사용할 경우 5mV의 수신감도[4]로 data를 수신하지만 본 논문에서는 수신감도를 향상시키기 위해 CD 신호를 사용하지 않고 software로 carrier detector를 구성하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 램프의 종류에 관계없이 확실한 점등이 이루어지도록 충분한 진폭과 펄스폭을 갖는 다수개의 펄스열을 발생하는 점동회로와 다양한 보호회로, 조광제어 기능을 가진 HID 램프용 전자식 안정기를 제안하였고 실험을 통해 그 내용을 확인하였다. 개발된 175W HID 램프용 전자식 안정기는 역률 94%, THD(Total Harmonic Distortion) 34%, 그리고 50% ~ 100%의 성능을 가지고 있다. 현재는 국내 규격이 제정되지 않아 규제가 없지만 향후 규격이 제정될 경우 THD는 20% 이내로 규격화 될 것으로 예측이 되므로 관련 회로의 보완이 필요하다. 그리고, 0~100%의 조광제어와 대역확산방식의 전력선 통신을 이용한 제어 신호의 전송에 관한 연구가 요구된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이치환, "HID 램프용 전자식 안정기의 설계", 조명·전기설비학회지, Vol.13 No.4, pp.14-20, 1999, 11
- [2] Peter K. Van Der Gracht, Robert W. Donaldson, PSEUDONOISE SIGNALLING FOR POWER LINE CARRIER APPLICATIONS, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. PWRD-1, pp. 79 ~ 84, January 1986.
- [3] 서민상, 성석경, 안병규, 전력선 통신을 이용한 Plant 감시 제어 시스템, 전력전자학술대회 논문집, pp. 211 ~ 215, 1997, 11
- [4] SGS Thomson사, ST7537 Power Line Modem, Datasheet