

## 고압 나트륨등 구동용 전자식 안정기 개발

서남길\* · 이보희  
세명대

### The Development of Electronic Ballast for HPS Lamp

Nam-gil Seo\*, Bo-hee Lee  
Semyung univ

**Abstract** - This paper deals with the design of the HPS electronic ballast, which consists of the ignitor for turning-up and the resonant converter for driving the lamp. Also it contains Power Factor Controller to improve the electronic efficiencies such as power factor, crest factor, low distortion, etc. To make this circuit, it is necessary to simulate it on the computer before we implement it actually. In this paper, we try to modelize the HPS lamp and ballast, and have experiments with 150 watt-HPS lamp from Kwang-junsa.

일반 조명은론 부적절하지만 단색광이기 때문에 유리의 굴절시험, 평면 검사 및 배기가스와 투과율이 우수하여 터널조명, 가로조명 및 집어등 분야에 광범위하게 이용되고 있다. 방전등의 전기적인 특성은 아크방전을 위한 고압의 기동전압을 인가하고 방전이 개시된후는 일정 전압으로 유지되는 특성을 가지고 있다. 그러나 이러한 방전등은 부저항 특성, 즉 전류가 증가하면서 방전등 양단의 단자전압이 감소하는 특징을 가지고 있기 때문에 전류를 제한할 필요가 있다. 전류는 교류적인 의미에서 제한하는 방법으로 인덕턴스를 삽입하는 방식을 자주 사용한

#### 1. 서 론

현재 각종 산업용분야 및 농·어업분야에 다양한 램프가 사용되고 있다. 이러한 램프는 부성 저항특성을 가지며 높은 방전 개시 전압이 필요로 하기 때문에 안정된 점등을 위해 전류를 제한하고 충분한 방전 개시 전압을 얻기 위한 안정기를 필요로 하게 된다<sup>[1]</sup>. 그런데 재래식 안정기는 상용주파수에서 동작하는 자기회로 식으로 부피가 크고 무거우며, 소음이 많고 안정기에서 전력손실이 많이 발생하는 문제점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 보완한 전자식 안정기에 대한 개발이 필요하며, 전자식 안정기를 20-30khz의 고주파로 동작시키면 조광효율이 10-20%가량 증가하게 되며 재래식 자기회로에 의한 방식에서의 깜빡거림을 없앨수 있는 장점이 있다. 반면 수십Khz의 램프 구동전압으로 변환하는 고주파 인버터(Inverter)가 필요하다<sup>[2-4]</sup>. 전자식 안정기는 부하의 LC공진과 출력 귀환 변압기를 통하여 회로를 구동하는 방식을 많이 사용한다. LC 공진회로에 사용되는 인버터는 고주파에서 히스테리시스 현상을 보이는 비선형회로이며 따라서 공진주파수의 결정이 간단하지 않고, 구동주파수는 공진주파수의외에 출력귀환 변압기와 축적시간 때문에 문제가 많다. 따라서 전자식 안정기를 정확하게 해석 설계를 위해서는 인덕터, 트랜지스터, 변압기 및 방전과의 비선형성을 고려한 이론적인 해석과 시뮬레이션 및 이를 기초로한 설계기법이 반드시 이루어져야 한다. 또한 전자식 안정기를 사용함에 따라 파생되는 문제점인 EMI대책과 소프트스타트(soft start) 및 흑화 현상에 대한 대책이 요구된다.

#### 2. 안정기 설계

##### 2.1. 나트륨등 램프의 특성

나트륨등은 나트륨 증기를 통하여 방전할 때 생기는 D선(5890-5896A)을 광원으로 이용하며 광색은 거의 등황색으로 단색광원이다. 구조는 열음극을 가지고 있는 발광관에 보온용 외관을 붙이고 중간을 진공으로 형성하며 발광효율이 250도 부근에서 최고조로 이른다. 발광관에는 소량의 고흡 나트륨과 보조 재료로 아르곤 붕입하였고 점등후 10분이 지나야 방전이 안정되는 특징을 가지고 있다. 이러한 특성으로 색의 식별을 필요로 하는

##### 2.2. 전자식 안정기 설계

일반적으로 안정기는 조명기구 내에 장착되므로 비교적 주변온도가 높고 유지보수가 불필요하게 설계되어야 하므로 장수명, 고 신뢰 설계가 요구되어 지며, 특히 발열 및 고효율화가 필 수 불가결하다. 이런 점을 감안하여 안정기를 설계하였으며 전체 설계된 안정기는 그림1과 같다. 여기서 점화부는 나트륨등 구동용 아크 방전을 개시하기 위해 임펄스 파형을 만들어지는 모듈이며 트랜지스터로 구성된 인버터는 자력식 여자 방식을 이용하는 구동부이며 LC공진기를 직렬로 삽입하여 구원 하였다. 또한 전원부에는 전력변환부의 역률 개선용으로 PFC모듈을 설계하여 사용하였다.

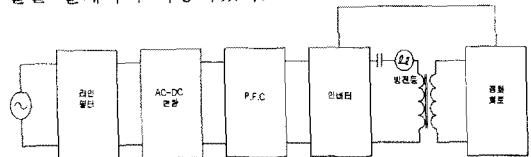


그림1. 전체회로 구성

##### 2.2.1 점화부(ignitor)설계

점화부의 전체 구성은 그림2와 같다.

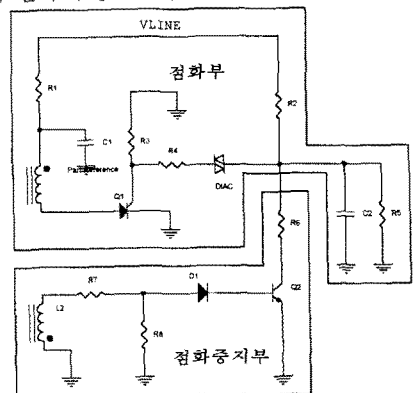


그림 2 점화회로

전원을 투입하면 점화부에선 아크방전을 위한 약 1500V 이상의 고압을 발생하기 위하여 DIAC과 SCR 및 트랜스포머를 사용하여 방전등에 투입되게 되며, 이때의 동작은 우선 전원을 R, C로 구성된 회로의 시정수에 따라 DIAC의 한쪽단자의 전압이 상승하고 이 전압이 DIAC(30~38V) ON전압 이상 증가하게 되면 SCR을 구동하여 C에 저장하고 있던 에너지를 급격히 방출하면서 L,C로 이루어진 시정수로 스파이크성 전압을 유지 한다. 유지된 전압은 변압기의 권선비(10:100)에 따라 2차 측에 대전압을 유지 시키고 이 전압이 나트륨 등과 직렬로 연결 되어 있기 때문에 방전등에 고압이 걸리게 되어 아크방전을 이루게 된다. 일단 아크 방전이 개시되면 인버터 회로가 방전등을 안정하게 구동시킨다. 이때 계속 점화회로가 동작하면 등에 무리를 주기 때문에 트랜스포머의 2차 권선과 트랜지스터를 이용하여 점화를 중지시키는 구조로 설계하였다.

### 2.2.2 공진형 인버터 설계

아크 방전된 방전등은 순간적으로 저항분만으로 표현되고 전체 회로는 RLC공진기로 구성되며 그림3과 같이 설계되었다.

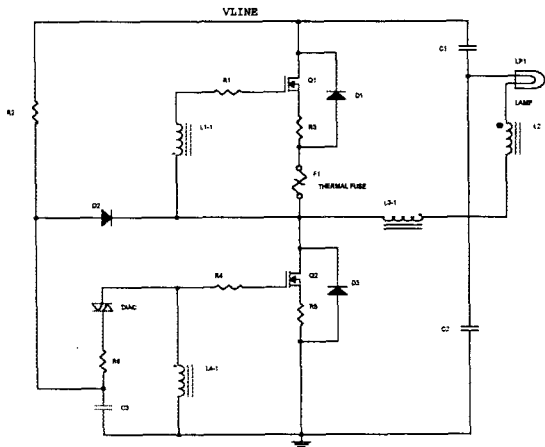


그림 3. 인버터회로

인버터 회로는 전류 공진형으로 구성된 RLC직렬회로이며, 공진 주파수는 고주파인 35kHz로 설계 되었다. 또한 ON-Off구동은 트랜지스터로 구성된 하프 브리지 형태를 택하였고 이 트랜지스터 구동은 자려식 방식을 이용하여 설계 되었다. 전체 구동 방법은 MOSFET에 의해 ON,OFF를 시켜 구형파의 고주파 전압을 발생시키고 양단에 연결된 LC직렬 공진기에 의해 방전등에 정현파 고주파 전류를 공급하게 되며 이로 인해 방전등은 구동하게 되는 방법이다.

### 2.2.3. PFC설계(Power Factor Controller)

전체 안정기의 역할은 안정기가 가지고 있는 인덕턴스 값으로 인해 역률이 나쁘게 되므로 전류와 전압의 위상차를 없게 만들어야 할 필요가 있다. 이것이 역률 보상 회로(PFC)이며 삼성의 역률 보상 IC KA7526을 이용하여 설계하였다. 그림4는 PFC의 기능 블록선도이다<sup>[5]</sup>. 입력의 파형형태 및 출력전압의 분압된 전압을 승산기에 입력하고 부스터회로에 흐르는 전류를 감지하여 특정전류 이상 흐르면 OFF하고 입력부에 영 전압이 감지되면 출력전압이 낮아졌기 때문에 MOSFET을 ON시켜 부하에 전류를 공급하는 구조를 가지고 있으며, 전체적으로 ON-OFF를 반복적으로 수행하며 승압용 회로를 구성하였다.

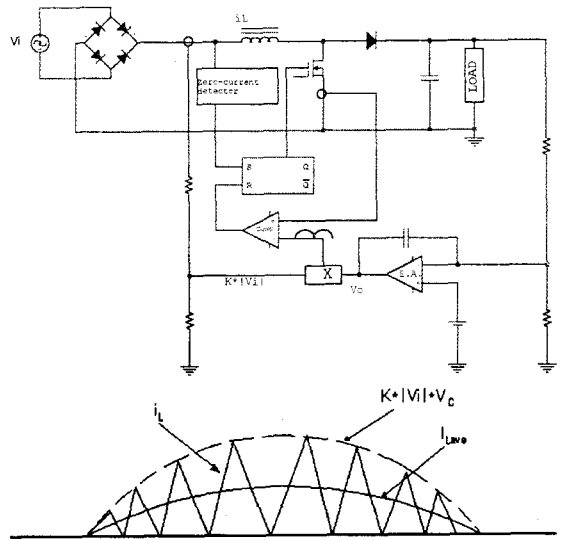


그림 4. PFC의 기능 블록선도

따라서, PFC를 사용하면 입력전원부의 입력전압을 고주파로 스위칭하는 PWM제어의 형태로 부하에 공급하게 되며 그림4와 같이 전류와 전압이 동위상이 되어 역률을 개선시킬 수 있다.

### 3. 모의실험 및 실험

전체 시스템은 대 전력 소자이므로 실험시 제작에 문제가 있어 실험 단계에서 미리 컴퓨터를 이용하여 모의 실험하는 절차를 거쳤다. 모의실험은 회로 전용 모의 실험 프로그램인 Intusoft사의 Ispice8.1.6을 이용하였다. 나트륨등과 전체 안정기 구동회로를 모델링 하고 수행시킨 결과 그림5와 같은 동작파형을 구할 수 있었다<sup>[6-7]</sup>.

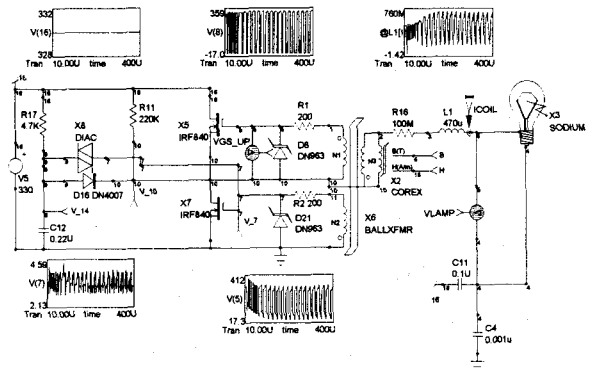


그림 5. 모의실험 파형

그림5에서 자려식 공진기의 발진이 정상적이며 자려식 공진기의 동작이 기동 후 10us후에 안정적으로 동작함을 알 수 있었다. 실험과 모의실험에 사용된 방전등은 광전사(주)의 나트륨 150watt이며, 나트륨 등의 정상동작 전압은 370V이고 관 정격전류는 0.5A이다. 상기의 모의실험결과를 이용하여 그림6과 같이 실험회로를 꾸미고 실험하였다. 그림6에서의 회로는 PFC는 만능 브레드보드에 만들었고 공진형 인버터는 직접 PCB에 제작하여 실험을 하였다. 나트륨 등은 특성이 대략 10여분 지나야 제 성능이 발휘되며, 정상적인 구동 시 노란색 밝기로 구동됨을 알 수 있었다.



그림 6 실험 환경

그림7은 공진형 컨버터의 구동 파형이다. 동작전압은 피크-피크값이 450V이고 동작 주파수는 35KHz이며 완전 구형파로 동작됨을 알 수 있다.

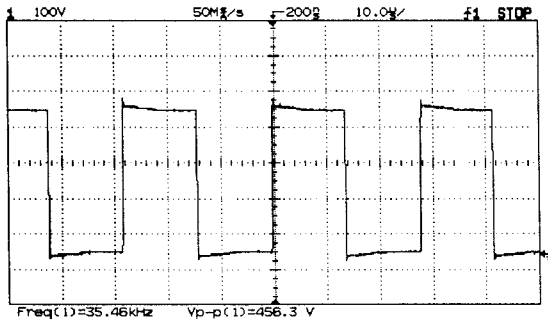


그림 7 인버터 구동부 파형

그림8은 방전등에 걸리는 전압 파형을 측정한 그림이다. 전체적으로 파형이 정현파로 왜곡없이 구동됨을 알 수 있다

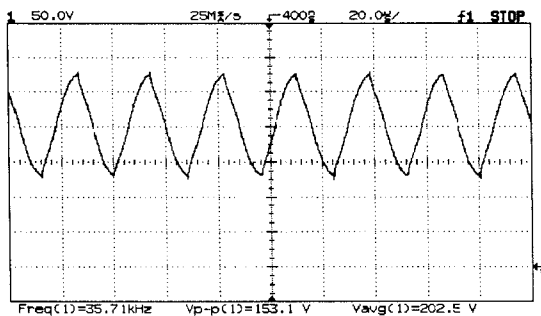


그림 8. 방전등 파형

그림9는 역률 보상부의 출력 파형이다. 전체 출력 전압은 450V이며 입력 주파수와 같은 120Hz로 리플이 반복되어 나타나며 각 리플에서는 부하의 가변에 따라 적절하게 PWM동작이 일어남을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구는 산업용으로 많이 사용되고 있는 나트륨 등의 전자식 안정기에 대한 설계 및 모의실험을 다루었다. 안정기는 점화회로 및 증지회로와 공진형 인버터로 구성하였다. 또한 효율 및 왜곡을 줄이기 위해 전원부에 역률보상회로를 설계하여 첨가 하였다.

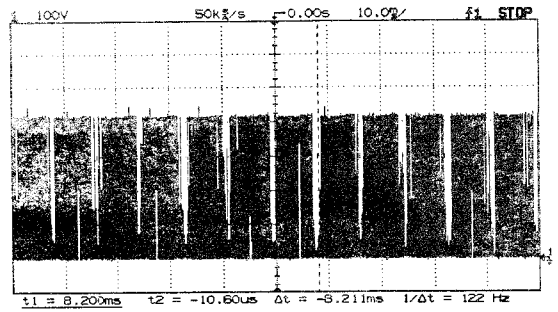


그림 9. PFC 동작 파형

모든 과정은 컴퓨터상에 모의실험하여 미리 확인할 수 있게 하였다. 모의실험 및 실제 실험결과 기존의 자기식 안정기에 비해 효율향상, 무게의 감소 및 동작특성을 개선하였다. 향후에 연구해야할 과제로는 안정기에 대한 보호회로 및 가격절감에 대한 연구가 필요하다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Shmuel Ben-Yaakov, "Design and Performance of an Electronic Ballast for High-Pressure Sodium(HPS)Lamp, IEEE Tran. on industrial electronics, vol 44, no 4. August, 1997
- [2] Motorola, "Electronic Lamp Ballast Design", Motorola semiconductor application note AN1543, 1995
- [3] Douglas S. Dorr, " Effect of Power Line Voltage Variations on Different Types of 400W High Pressure Sodium Ballasts", IEEE Tran. on industry applications , vol 33. no.2, March, 1997
- [4] 이인규, 이규찬, 조보형, "Development of a Ballast for an Automatic Headlight", 98년도 대한전기학회 하계 학술대회 논문집.PEP71, 1998
- [5] Samsung, "KA7526 data sheet", Samsung's power devices data sheet, 1993
- [6] Karl Heinz M., "a Spice Cookbook, 2nd edition", Intusoft ,1995
- [7] Christophe Basso, "Spice Simulates a Fluorescent Lamp" , Intusoft Newsletter, Nov., 1997