

## 250W 고압나트륨 램프용 안정기의 특성비교

정인화\*, 임근희, 김종수, 이현정, 이홍식  
한국전기연구원

### A Characteristic Comparison between Magnetic and Electronic Ballasts for HPS Lamps

I.W. Jeong\*, G.H. Rim, J.S. Kim, H.J. Lee, H.S. Lee  
KERI

#### ABSTRACT

본 논문에서는 최근 개발된 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기의 구성과 동작특성을 다양한 실험을 통해 기존 자기식 안정기와 비교하였다. 이를 통해 전자식 안정기의 향상된 광효율 특성과 개선된 역률, THD 등과 같은 전기적 특성을 확인할 수 있었다..

#### 1. 서 론

고압나트륨 램프는 고압에서 나트륨 증기에 전류를 보내 주로 오렌지 빛 스펙트럼에서 빛을 발하게 하는 아크방전에 의해 동작된다. 고압나트륨 램프는 긴 수명과 높은 광속 유지율로 도로조명 등에 폭넓게 사용되며 특히, 따뜻하고 오렌지색이 도는 빛을 내기 때문에 수영장, 체육관처럼 폐쇄되어 주광을 받지 못하는 환경과 교량, 도로, 터널 등의 옥외조명을 하는데 주로 사용되어 왔다.

고압나트륨 램프를 구동하기 위한 안정기는 크게 자기식 방식과 전자식 방식으로 구분되는데 현재는 역률이 낮고 전원부에 많은 왜곡을 가져오는 자기식 안정기의 단점을 극복하기 위해 전자식 안정기가 개발되고 있으며 이미 국내를 포함하여 여러 업체에서 시제품을 내놓기 시작하였다.

본 논문에서는 최근 개발된 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기의 특징과 향상된 동작특성을 자기식 안정기와 비교하여 보여주고 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 고압나트륨 램프의 구조 및 특성

일반조명용 광원 중 최고의 광효율을 갖고있는 고압나트륨 램프(High Pressure Sodium Lamp)의 발광관은 700~800[°C] 고온도에서도 나트륨에 침식되지 않는 투광성 산화 알루미늄 세라믹이나 다결정 산화 알루미늄으로 제조되고 있다. 발광관 내에는 시동보조용의 크세논 가스와 나트륨수은아말감이 봉입되어 있으며 외구는 경질유리로 만들고 관내에 Ba게터를 사용하여 고진공을 유지하도록

되어있다.

고압나트륨 램프는 250W의 경우, 방사효율이 30[%]정도이고 광원의 효율도 다른 광원에 비해 매우 높다. 분광분포에서 확인할 수 있듯 나트륨 D 선(589.0, 589.6[nm])의 양측에 연속 스펙트럼의 발광이 퍼져있고 이 발광의 퍼짐은 증기압 및 관내 지름과 더불어 증가한다. 함께 봉입된 수은은 여기 전압이 나트륨에 비해 높기 때문에 직접발광에는 기여하지 않지만 분광분포에는 영향을 미친다. 한편, 평균수명은 고압수은램프 정도인 12,000시간이며 옥외조명이나 공장, 체육관 등의 조명에 적합하다. 특히, 이 램프는 전원전압이나 주위온도 등의 환경조건에 따라 램프전압과 발광 특성이 변화하므로 세심한 주의가 필요하다.

##### 2.2 고압나트륨 램프용 전자식 안정기 설계

전자식 안정기의 설계에 있어 실제 적용되는 램프와 인덕터, 스위칭 소자 등의 특성을 세밀하게 파악하고 이를 적절히 모델링하는 것은 매우 중요하다. 이를 통해 회로설계의 정확성을 높일 수 있고 실제 제작에서 예상되는 문제를 시뮬레이션을 통해 미리 예측·해결할 수 있는 기회를 가질 수 있다.

그림 1은 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기의 주회로를 보여준다. 하프브릿지 공진형 인버터 방식을 적용한 주회로는 양방향성 스위치인 MOSFET과 공진회로를 이루는 인덕터와 캐패시터, 그리고 저항부하로서 나타난 고압나트륨 램프로 이루어져 있다. 이때, 고압나트륨 램프를 점등하기 위한 2[kV] 이상의 점등전압은 점등 캐패시터의 고주파 공진특성을 통해 인가되며 이후 정상상태에서는 공진 캐패시터와 인덕터를 통해 안정된 램프 구동전류가 공급된다. 또한 고압나트륨 램프는 정격전압과 전류값으로부터 계산된 등가저항으로 모델링 되었으며 여기서 적용된 250W 고압나트륨 램프는 (주)천일전기의 NH250W 램프이며 램프의 정격값은 다음과 같다.

램프 정격전압:  $V = 100$  [V]  
램프 정격전류:  $I = 3$  [A]

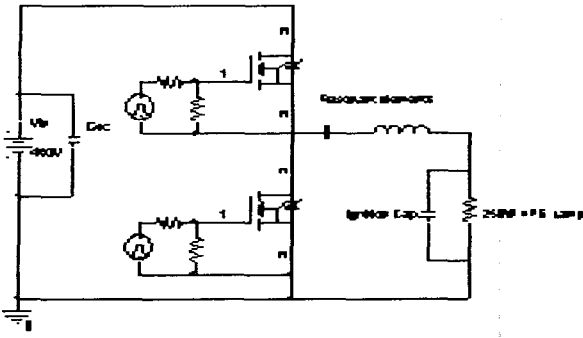


그림 1. 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기 주회로

따라서 정상상태에서의 고압나트륨 램프는 다음 식(1)에 의해 간단히 등가저항으로 모델링 될 수 있다.

$$R_{eq} = \frac{V}{I} = 33.3\Omega \quad (1)$$

### 2.3 고압나트륨 램프용 전자식 안정기 제작

일반적으로 자기식 안정기는 무게와 크기 면에서 전자식 안정기에 비해 뒤떨어질 뿐 아니라 이런 외형적인 특성보다 더욱 문제가 되는 것은 외부 입력 전압 변동에 따라 효율, 역률 등과 같은 전기적 특성과 광속 특성이 현저히 낮아지는 단점을 갖는 것이다. 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기에서는 이와 같은 단점들을 개선하며 한편으로 무게와 크기, 가격을 동시에 낮출 수 있도록 고주파 동작에 적합한 제어기를 개발하여 유연한 제어와 다양한 보호기능을 갖도록 구현하였다.

그림 2는 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기의 시제품을 보여주고 있다. 실제 제작에 있어서는 보다 효율이 우수하고 손실이 작은 시제품을 제작하기 위해 다양한 종류의 MOSFET을 적용하여 정격전압과 도통저항, 스위칭 특성 등을 비교하였으며 주회로에 사용된 캐패시터의 ESR(Equivalent Series Resistance) 특성 또한 가격 등과 함께 신중히 결정되었다.

나트륨 램프에 인가된 전력에 대한 측정값들을 보여주고 있다.

광속 측정은 250W 표준램프를 사용하여 외부와 차단된 상태에서 광속구 내부에서 이루어졌으며 그 밖의 전기적인 측정값들은 Voltech사의 Universal Power Analyzer(PM3000A)를 사용하여 측정되었다.



그림 2. 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기

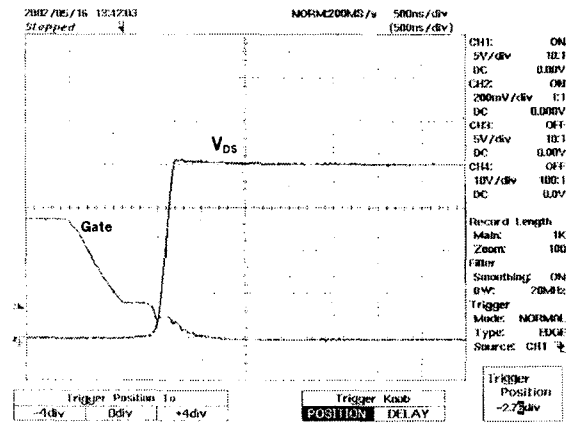


그림 3. Turn-Off시 동작파형

### 2.4 고압나트륨 램프용 안정기의 특성실험

그림 3은 250W 고압나트륨 램프가 정상적인 점등 상태일 때, 하단에 위치한 MOSFET에서 이루어지는 스위칭 특성을 보여주고 있다. 실험파형에서 보듯 Turn-Off 동작에서도 소프트 스위칭이 가능하도록 MOSFET 양단자의 전압상승이 게이트 신호의 전압하강에 비해 약간 지연되어 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 향상된 스위칭 특성은 Turn-Off 동작에서 소프트 스위칭이 가능하도록 하단 MOSFET 양단에 병렬로 스너버 캐패시터를 부착함으로써 얻을 수 있다.

개발된 전자식 안정기와 자기식 안정기의 광속 및 전기적 특성실험, 온도실험 결과는 다음과 같다.

#### 2.4.1 광속 및 전기적 특성실험

표 1은 자기식 안정기와 전자식 안정기의 광효율, 역률, THD(Total Harmonic Distortion), 고압

표 1. 광속 및 전기적 특성비교

	광효율 (lm/W)			역률 (%)			THD (%)			램프전력 (W)		
	90	100	110	90	100	110	90	100	110	90	100	110
입력전압 (%)	90	100	110	90	100	110	90	100	110	90	100	110
자기식	43.1	50.2	45.7	86.3	87.5	89.6	55.1	54.8	55.0	196	261	328
전자식	54.2	54.5	54.6	99.8	99.8	99.7	3.8	4.6	5.0	252	255	257

측정 결과에서 보듯 자기식 안정기는 입력전압에 따른 광속과 램프전력의 변동이 극심하다. 이러한 원인은 자기식 안정기에 의해 인가되는 램프의 관전압이 입력전압에 비례하여 변화하기 때문이며 이는 램프의 수명과 특성에 좋지않은 결과를 가져오게 된다. 또한 자기식 안정기는 입력전류의 THD 특성이 55[%]에 이를 정도로 입력전류의 파형이

왜곡되어 있고 많은 고조파 성분을 발생시킬 뿐 아니라 입력 역률을 크게 떨어뜨리게 된다.

이에 반해 개발된 전자식 안정기는 입력전압의 변동에 관계없이 안정된 램프전력을 공급하여 광속을 일정하게 유지시켜 주고 있으며 무엇보다도 역률을 99.8[%] 이상으로, THD를 5[%] 미만으로 제한하여 동작특성을 크게 개선하였다.

#### 2.4.2 온도 실험

표 2는 주위온도가 23[°C]이고 고압나트륨 램프에 인가되는 전력이 250[W]인 조건에서의 연속된 온도실험 결과를 보여주고 있다. 자기식, 전자식 안정기의 변화하는 온도는 동일한 온도센서에 의해 측정이 이루어졌으며 연속된 온도변화는 YOKOGAWA사의 Recorder(MV 100)을 통해 관찰되었다.

연속된 온도실험에서 자기식, 전자식 안정기 모두, 최대 동작온도는 50[°C] 미만으로 양호한 온도 특성을 나타내었으며 자기식 안정기는 완만한 온도 상승을 보여준 반면, 전자식 안정기는 30분내에 40[°C]까지 급속히 상승함을 확인할 수 있었다. 또한 공통적으로 3시간 이후에는 더 이상의 빠른 온도변화는 없고 온도상승이 포화됨을 관측할 수 있었다.

표 2. 온도 특성비교

(min)	자기식 안정기 (°C)			전자식 안정기 (°C)		
	1 지점	2 지점	3 지점	1 지점	2 지점	3 지점
30	27.5	29.5	30.8	39.3	41.4	38.9
180	36.9	43.2	45.2	45.0	47.6	47.7
240	38.2	46.0	47.1	47.8	49.1	47.8
300	37.8	44.8	46.4	47.9	48.2	48.6

### 3. 결 론

본 논문에서는 역률개선 기능을 갖는 250W 고압나트륨 램프용 전자식 안정기의 구성과 특징, 동작특성 등을 기존 자기식 안정기와 비교하여 그 장단점을 설명하였다. 이번에 개발된 전자식 안정기는 경제적인 면과 기능적인 면을 모두 고려하여 광속 및 전기적 특성을 기존 자기식 안정기에 비해 크게 향상시킬 수 있었다. 이와 함께 대량 생산을 고려하여 PCB 부품실장을 자동화할 수 있도록 소자크기와 배치를 최적화하였으며 가격 저감을 위해 캐패시터와 코어 등을 국내 제품으로 교체하여 여러 단계를 거쳐 품질과 특성을 확인하였다.

앞으로 전자식 안정기의 동작특성을 보다 향상시키기 위해서는 스위칭 주파수에 영향을 미치는 기생 캐패시터를 효과적으로 감소시킬 수 있는 회로 개발과 방열 설계에 많은 관심을 기울여야 할 것이다.

끝으로 최근 국내에서 생산되는 HID 램프와 안정기에 관련된 KS 품질규격이 IEC와 같은 국제적 수준으로 조정되었는데 이에 발맞추어 HID 램프와 안정기에 대한 전반적인 품질개선에 힘써야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] International Rectifier, IR2159/IR21591 Dimming Ballast Control IC, Data Sheet, 2001.
- [2] International Rectifier, IR2159: 250W Metal Halide HID Dimmable Ballast, Application Note, 2000.
- [3] Marian K. Kazimierczuk, Dariusz Czarkowski, Resonant Power Converters, John Wiley & Sons, Inc., 1995.