

150W 고압나트륨램프용 전자식 안정기 개발

(Development of Electronic Ballast for 150W High Pressure Sodium Lamp)

김순기* · 노재엽 · 이용후 · 최현배** · 이진우

*신성대학 전기과 · **CLT · 호서대학교 전기공학과

(Soon-Gi Kim · Jae-Yup No · Hyun-Bae Choy · Jun-Ho Lee · Chin-Woo Yi)

Dept. of Electrical Eng. Shinsung College · CLT · Dept. of Electrical Eng. Hoseo Univ.

Abstract

This paper deals with the design of the electronic ballast for high pressure sodium lamp, which consists of the ignitor and the resonant converter for driving the lamp. Also it contains PFC(Power Factor Controller) to improve such as power factor, low distortion etc. In this paper, we design the electronic ballast for the 150 watt high pressure sodium lamp.

1. 서 론

산업체에서 현재 사용되고 있는 HID 고압 나트륨램프용 안정기는 상용주파수에서 동작 하는 자기회로식 안정기로서 부피가 크고 무거우며, 소음이 많고 안정기자체에서 전력손실이 많이 발생하는 문제점이 있다^{[1]-[2]}. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 25[kHz]의 고주파로 구동시키는 비절연형 전자식 안정기를 개발하였다. 기존의 자기식 안정기의 무게가 5~8kg 정도인데 비하여, 전자식 안정기는 0.5kg으로 소형 경량화가 가능하고 고주파로 점등할 경우 조광효율을 10~20[%] 향상시킬 수 있으며, 자기회로방식에서 발생하는 플리커(flicker) 현상을 제거시킬 수 있는 장점이 있다. 전자식 안정기의 경우, 수십 kHz의 램프 구동전압으로 변환하는 고주파 인버터가 필요하다.

국내 총수요 에너지의 90[%]를 수입에

의존하는 현실을 고려할 때 고효율 고품위 전자식 안정기 개발에 의한 에너지 절약과 자원의 효율적인 이용이 절대적으로 필요하다. 이러한 점에서 주위의 온도와 습도 등의 열악한 환경에서 사용 가능한 경량화된 높은 신뢰성과 고효율을 만족할 수 있는 전자식 안정기를 개발하여 사용할 경우 기대 효과는 매우 크며 국가 경쟁력 향상과 수출증대에도 기여할 수 있어 고압나트륨램프용 전자식 안정기 개발이 필요하다.

본 논문에서는 150[W] 고압나트륨램프용 전자식 안정기를 설계하기 위해 PSpice 9.1로 시뮬레이션을 실시하여 얻은 파라미터로 출력의 변화를 예측한 후, 고품위의 실제 전자식 안정기 시스템을 설계하여 스위칭 소자의 특성과 정상점등시 전기적인 특성을 측정하여 향후 1kW급 이상 고압나트륨램프용 전자식 안정기 개발에 활용하고자 한다^[3].

2. 전자식 안정기 설계

2.1 고압나트륨램프의 전기적 특성

일반적으로 저압나트륨램프 발광관의 온도가 약 270~280[°C]일 때 나트륨램프의 포화 증기압은 4×10^{-3} [mmHg]로 되며, 이때 효율은 최대로 된다. 그러나 고압나트륨램프(HPSL: High Pressure Sodium Lamp)의 증기압을 4×10^{-3} [mmHg] 이상으로 상승시키면 자기흡수로 인하여 발광효율은 저하하지만 증기압을 더욱더 높여 가면 발광효율은 다시 상승하여 100~200[mmHg] 부근에서 최대로 된다. 나트륨방전에 의한 발광은 나트륨 특유의 강한 공명선인 5890~5896Å의 D선 부근을 중심으로 폭넓은 밴드 스펙트럼을 상반하는데 램프효율이 110~140lm/W이며, 평균수명이 9000~14,000시간 정도이다. 이와 같이 증기압이 상승하면 발광 스펙트럼의 파장영역이 바뀌어 발광색은 황백색으로 되며 색온도는 2200[K]에 가깝다.

전기에너지 수요의 20%에 달하는 조명분야의 대부분은 방전램프가 차지하고 있는데 이들 방전램프들은 부성저항 특성을 갖고 있으며, 높은 방전개시전압이 필요하기 때문에 안정된 점등을 위해 전류를 제한하고 충분한 방전개시전압을 얻기 위한 안정기가 필요하다. 이러한 안정기를 설계하는데 있어 램프 전력에 대한 최대 값과 램프전압을 신중히 고려하여야한다.

2.2 HID용 전자식 안정기 설계 및 개발

시뮬레이션을 실시하여 얻은 파라미터를 활용하여 고압나트륨램프용 전자식 안정기 시스템을 설계하였다. 회로구성이 간단하고 별도의 구동회로가 필요 없는 자력식으로 설계하였으며, 전자식 안정기 시스템은 power 부분과 스위칭회로 및 PFC(Power Factor

Correction) 회로로 구성하였으며, PFC 제어 IC소자는 LX1562를 사용하였다 그리고 전원부분에 LC 필터를 적용하여 노이즈 및 EMI를 제거시키고, 서지보호를 위해 보호회로를 부가하여 전체회로를 보호하도록 설계하여 고품위 및 신뢰성을 향상시켰다.

3. 실험 결과

설계된 시스템의 입력전압 220VAC에서 측정하였을 때 입력전류는 790[mA]이며, HPSL 입력전류는 188.78[mA]로 측정되었으며, 이때 전력은 약 178[W]로서 시뮬레이션에서 설계된 150W보다 약간 높게 나타났다. 이는 시스템의 안정화 및 신뢰성을 위해 실제회로 구성시 소자값을 조정한 결과이다. 그리고 시스템의 Power Factor는 99.8%로 매우 양호하게 나타났다. 시동전압은 V_{P-P} 는 1.66[kV]이고 시동전류는 6.8A로 나타났으며, 고압나트륨램프가 정상점등 되었을 때 램프전압은 94.23V이다. 이때 공진주파수는 24.72kHz 이었다 시뮬레이션에서 구한 동작주파수 24[kHz]와 거의 근접함을 알 수 있다

그리고 초기스위칭을 원활하게 이루어지도록 이그나이트를 사용하였으며, 그림 1은 스위칭 소자인 MOSFET Q2, Q3 드레인 전류의 시뮬레이션 파형을 보여주고 있으며, 상단이 Q2 파형이다. 그림 2는 스위칭 소자 Q2의 드레인 실측 전류 파형을 나타내고 있다. 그림 3은 스위칭단의 Q3 드레인 전류파형이다. 그림 1과 같이 시뮬레이션을 실시한 결과와 그림2, 3의 실측 파형이 일치하고 있다. 스위칭 순간에 발생하는 약간의 노이즈는 구동에는 영향이 없다. 그림 4는 Boost 컨버터 Q1의 드레인 전류를 보여주고 있다.

그림 5는 고압나트륨램프의 시동시 실측 전압·전류파형을 나타내고 있으며, 시동전압은 V_{P-P} 는 1.66kV 이다. 그림 6은 Boost 컨버터측 다이오드 D6 전압파형을 나타내고 그림 7은 Boost 컨버터측 트랜스 L의 출력 전압파형인데 저역필터 역할을 한다. 그림 8은 고압나트륨램프가 정상점등시 램프 출력 전압·전류 파형으로 윗부분이 전압, 아래부분이 전류 파형이며 R부하이므로 동위상이다. 이때 정상점등시 공진주파수는 24.72kHz 램프양단전압은 94.23VRMS 전류는 1.88A 출력력은 177W로 안정적인 신뢰도를 유지하면서 정상적으로 구동되었다.

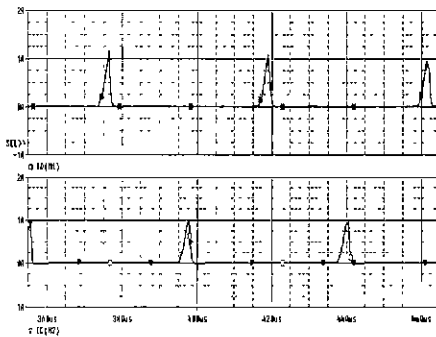


그림1. 시뮬레이션한 Q2, Q3의 드레인 전류 파형

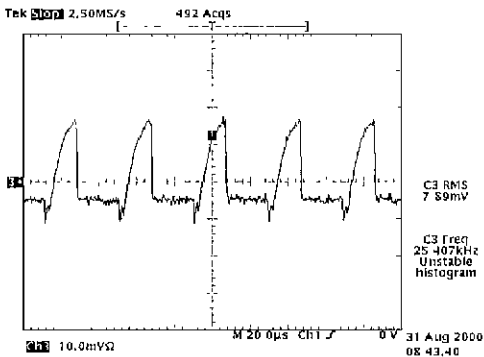


그림2. 스위칭 소자 Q2의 드레인 전류 파형

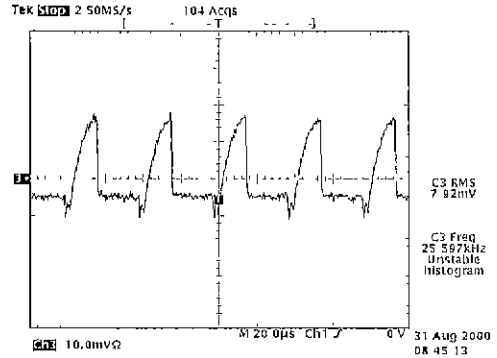


그림3. 스위칭 소자 Q3의 드레인 전류 파형

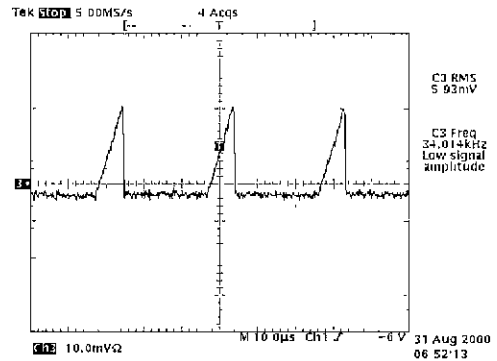


그림4. Boost 컨버터 MOSFET Q1의 드레인 (D) 전류 파형

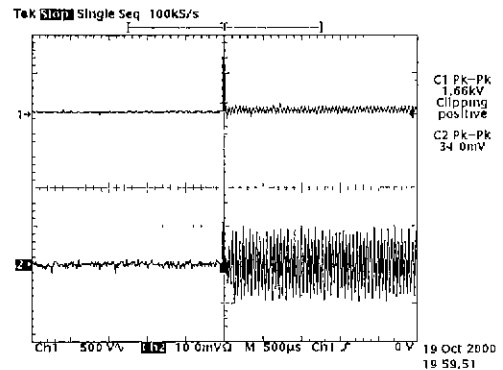


그림5. 시동시 램프 전압, 전류 실측 파형

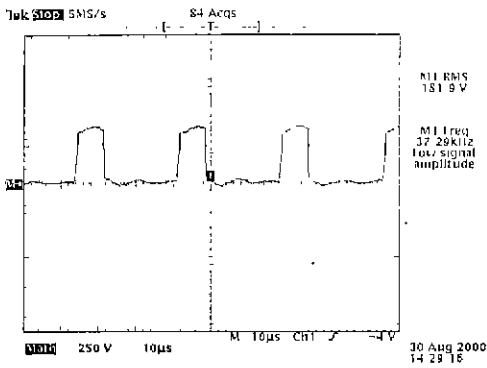


그림6. Boost 컨버터측 다이오드 D6 전압 파형

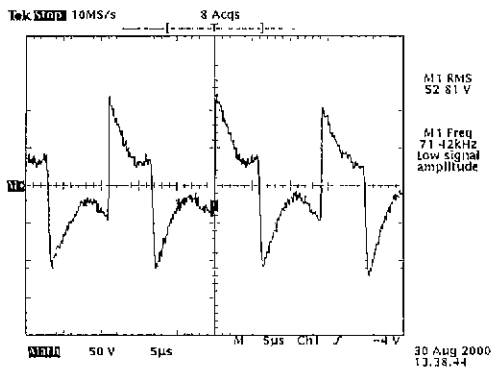


그림7. Boost 컨버터측 트랜스 출력 전압 파형

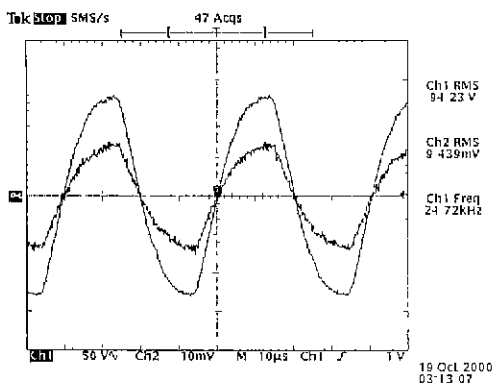


그림8. 정상점동시 램프출력 전압-전류 파형

4. 결 론

본 논문에서는 기존의 자기식 안정기보다 소형 경량화시키기 위해 고역률 고압나트륨 램프용 전자식 안정기를 시뮬레이션을 실시한 파라미터를 사용하여 예측한 결과를 사용함으로써 시행착오를 줄여 보다 효과적인 설계가 가능하였으며, 시작품을 제작후 실험을 통하여 측정된 결과 시뮬레이션에서 구한 공진주파수 24kHz와 실제 설계 제작된 시작품에서 측정된 24.72kHz의 공진주파수가 거의 일치하였으며, 가청주파수대역 이상으로 음향공진 문제가 해결되었다. 또한 시작품 개발로 소형 경량화가 가능하였고, 99.8%의 고역률로 전자식 안정기를 신뢰성을 유지하면서 안정하게 구동이 가능하였다.

향후 연구과제로서 400W 및 1kW급 이상의 회로시스템 시뮬레이션에 필요한 새로운 프로그램 개발과 고효율 및 원가절감으로 고품위 고압나트륨램프용 전자식 안정기 개발에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. Thomas J. Ribarich and John J. Ribarich, "A New Model for High-Frequency Electronic Ballast Design", IEEE Industry Applications Society, pp.2334-2339, Oct. 1997.
2. Christian Branas and Francisco J. Azcondo and Salvador Bracho, "Electronic Ballast for 250W HPS Lamps Based on the LCC Resonant Inverter with Soft Start-up and Quasi-optimum Control", ISIE'99, pp.768-773, 1999.
3. Ning Sun and Bryce Hesterman, "Pspice High Frequency Dynamic Fluorescent Lamp Model", pp.641-647, 1996.