

고역률 고압나트륨램프용 전자식 안정기

(An Electronic Ballast with High Power Factor for High Pressure Sodium Lamps)

김순기* · 노재엽 · 이진우 · 최중문

신성대학 전기과 · 호서대학교 전기공학과

(Soon-Gi Kim* · Jae-yup No · Chin-Woo Yi · Choung-Moon Choi)

Dept. of Electrical Eng. Shinsung Coll. · Dept. of Electrical Eng. Hoseo Univ.

요 약

본 논문에서는 역률 개선용 제어 IC를 사용하여 고압나트륨램프의 역률을 개선시킨 전자식 안정기를 제안하였다. 또한 인버터 회로를 설계하여 시동전압의 과도특성을 해석하였으며, 전원측에 EMI 필터를 설계하여 전자식 안정기 시스템을 보호하였다. 자기식 안정기와 전자식 안정기에 대한 역률, THD 및 광속 등의 전기적 특성을 비교 측정하였다. 제안된 고압나트륨램프용 전자식 안정기의 출력을 측정 한 결과 역률은 99.9[%], THD는 4.51[%]로 나타났다.

1. 서 론

고압나트륨램프용 전자식 안정기의 소용량 직류 전원장치에 구성이 간단하고 가격이 저렴한 콘덴서 입력형 정류방식이 주로 사용되었다. 그러나 이 정류방식은 교류입력전압의 파고치 부근에서만 입력전류가 흐르기 때문에 전류의 파형이 펄스형이 되어 많은 고조파를 발생한다. 이러한 고조파전류로 인해 전자파 장애뿐만 아니라 시스템에 악영향을 미치고 있는 실정이다. 따라서 외국에서는 이러한 고조파전류를 규제하기 위한 법규를 강화하고 있고, 이러한 문제를 해결하기 위한 역률보상 회로가 연구되어 왔다.

안정기의 역률은 안정기가 가지고 있는 인덕턴스 값으로 인해 역률이 저하함으로 전류와 전압의 위상차를 동위상으로 만들어야 할 필요가 있다. 그림 1은 역률 보상회로를 보여준다. 전과정류시 나타나는 입력전류의 형태는 전원전압의 크기가 전압 평활용 캐패시터에 충전되어 있는 전압 크기보다 클 때에만 흐르는 형태를 갖는다. 입력 전류의 형태가 입력전압의 최대치 부근에서 펄스 형태로 흘러 많은 고조파가 포함되며, 이러한 고조파들은 무효전류를 발생시켜 실효전력의 양을 감소시키며 결과적으로는 정류과정에서 역률을 저하시킨다.

역률을 보상하기 위하여 수동 역률 보상회로와 능동 역률 보상회로가 사용되고 있다.

본 논문에서는 제어 IC를 사용한 능동 역률 보상회로를 사용하였다. 역률 보상회로는 출력단의 전압을 승압하기 위하여 부스트 컨버터를 사용하였으며, 제어 IC를 사용하여 역률을 0.99이상 유지시키고 직류전압 400[V]를 공급하도록 회로를 구성하였다. 부스트 컨버터의 제어방식은 부스트 인덕터의 전류를 검출하여 영전류 스위칭이 되도록 MOSFET를 제어한다.

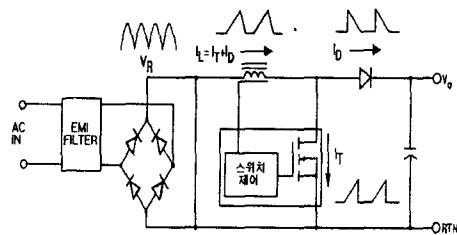


그림 1. 역률 보상 회로의 블럭선도

그림 2는 부스트 컨버터의 인덕터 전류 제어방법을 보여주는 것으로 인덕터 전류 I_L 이 영이 될 때 턴온 시키는 방식이다. 이 방식은 500[W]이하에 적합한 방식으로 일정한 온 시간을 갖게 되는

데, 입력전압에 따라 전류가 다르게 흐르기 때문에 턴 온시 전류상승의 기울기가 다르게 나타나고 오프시간이 변화되어 통류율(duty ratio)도 변하게 된다.

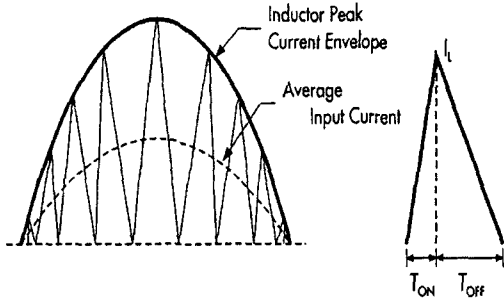


그림 2 Boost 컨버터의 인덕터 ZCS 제어 방법

이 방식은 다양한 주파수 제어가 가능하고 큰 실효치 전류를 얻을수 있지만 큰 맥동 입력전류로 인해 큰 EMI 필터가 필요하고, 스위칭시에 걸리는 전류 스트레스를 고려해야 한다.

2. 전자식 안정기 설계 및 검토

본 논문에서 전자식안정기의 공진주파수는 계산식으로부터 26.54[kHz]로 설계하였고, 스위칭 동작은 트랜스포머에 의해 MOSFET에 서로 다른 게이트 전압을 인가시켜 교대로 On/Off 하도록 설계하였다.

전자식 안정기 설계시 고려해야 할 사항 중 하나는 시동초기의 램프의 과도특성으로, 시동초기에서부터 정상점등에 이르는 매우 짧은 순간의 고압나트륨램프 특유의 부성저항특성을 확인하여 스위칭 소자를 비롯한 많은 반도체 소자의 파라미터와 트랜스 설계에 필요한 데이터를 활용하는데 있다.

따라서 본 논문에서는 고압나트륨램프의 부성저항 특성을 알아보기 위해 그림 3과 같은 4단계의 등가저항을 고려하였다. 10[μ s]에서 MOSFET Q2가 스위칭 되면 램프의 등가저항이 무한대에서 정상상태의 저항으로 매우 짧은 시간에 변화되어 정상상태에 도달한다. 이때, 15[μ s] 정도의 짧은시간에 램프의 저항변화에 따른 초기 시동전압의 과도특성을 파악하여 전자식 안정기 설계에 적용하였다.

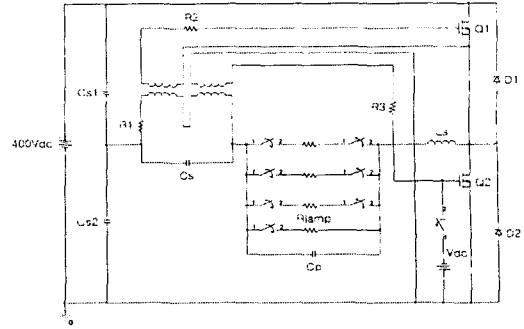
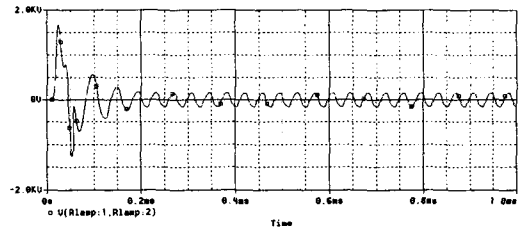
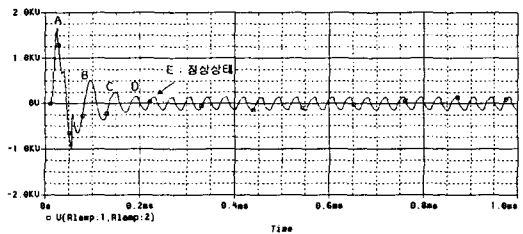


그림 3 시동특성을 위한 인버터 회로

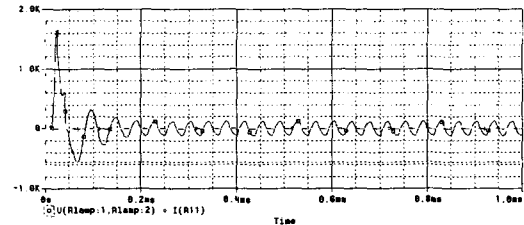
그림 4는 램프전압의 과도특성을 나타낸 전압파형이다. 그림 4(a)에서 X축이 시간[μ s]변화이고 Y축은 시동전압을 나타내며, 시동시의 저항값이 200[M Ω] \rightarrow 10[M Ω] \rightarrow 10[k Ω] \rightarrow 66.7[Ω]으로 대단히 짧은 시간에 변화하는 과도특성을 나타내었다.



(a) 램프 저항 : 200[M Ω]



(b) 램프 저항 : 10[M Ω]



(c) 램프 저항 : 3[M Ω]

그림 4 램프전압의 과도특성

그림 5는 역률제어측 부스터 컨버터의 M1의 영전류 스위칭 드레인-소스 전압, 아래쪽이 정상적으로 구동되는 전류 파형이며 L이 0이 되면 M1이 턴온 된다. 또한 전자식안정기의 인버터 회로에서 PFC IC 라인에 연결된 부스터(Boost) 컨버터인 MOSFET의 게이트 전압을 측정한 결과 그림 6과 같이 2.19[Vrms]를 얻을 수 있었으며, 주파수는 36.5[kHz]로 양호하게 동작하고, 서지전압은 물론 EMI 및 노이즈 제거회로를 사용하여 안정기 시스템의 동작을 안정화 시켰다. 전자식 안정기의 동작 주파수는 25[kHz]로 측정되었다.

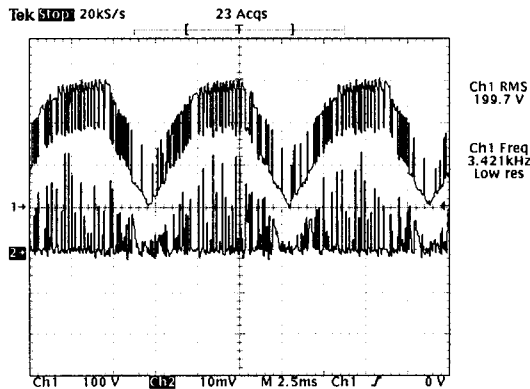


그림 5 Boost 컨버터 M1의 드레인-소스 전압, 전류

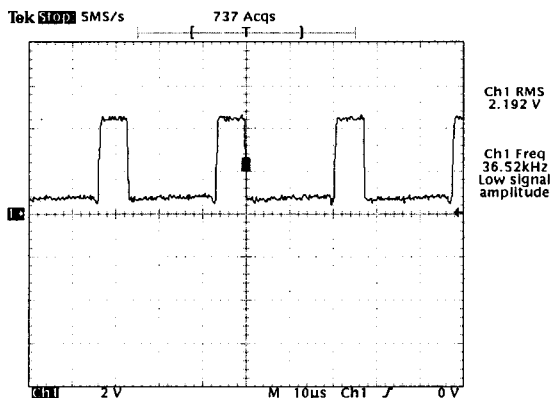


그림 6 Boost 컨버터 M1의 게이트 전압 파형

표1은 실제 제작한 전자식 안정기를 입력전압 220[V]에서 각각의 특성을 측정한 결과이다.

표 1 제작한 전자식 안정기의 특성

시험항목	입력	출력
전류[A]	0.79	1.57
THD[%]	4.51	12.58
역률[%]	99.9	99.9
동작주파수	60[Hz]	25[kHz]

표 2 자기식 안정기와 전자식 안정기 특성비교

구 분	자기식안정기		전자식안정기
	S-1	S-2	S-3
PF[%]	83.0	90.2	99.9
THD[%]	36.13	22.80	4.51
CF	1.91	1.78	1.44
광효율 [lm/W]	83.20	90.98	116.96

표 2는 자기식 안정기와 본 논문에서 제안된 전자식 안정기에 대하여 소비전력은 각각 150[W]에서 특성을 비교 측정한 결과이다. 표 2에서 보는바와 같이 THD의 경우 자기식 안정기는 각각 36.13[%] 및 22.8[%]로 기준치 이상으로 나타나는 반면, 본 논문에서 설계, 제작한 전자식 안정기는 4.51[%]로 측정되어 기준치 20[%]와 비교할 때 매우 낮게 측정되었다. 이러한 특성은 전자식 안정기에 구형 광속계 및 Power Analyzer PM3000 및 PM100(Voltech사)을 사용하여 측정하였다.

표 1과 표 2에서 보는 바와 같이 역률은 본 논문에서 설계 제작한 전자식 안정기는 정상 구동시 99.9[%]의 고역률을 유지하고 있는데 비해 자기식 안정기 S-1 및 S-2의 역률은 각각 83[%] 및 90.2[%]로 측정되었다.

본 논문에서 설계 제작한 전자식 안정기의 과오율(CF)은 기준치 2.0이하보다 낮은 1.44 이하로 측정되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 고압나트륨램프용 전자식 안정기를 설계 제작하였다. 초기 시동특성을 확인하기 위해 인버터 회로를 설계하여 램프전압의 과도특성을 구현하였으며, 램프 저항의 변화에 따라 초기시동전압은 피크치 1.6[kV]에서 감쇄진동하여 정상상태에 도달한다.

THD 및 과고율은 각각 4.51 및 1.44로 나타났다. 역률을 개선하기 위해 PFC 제어 IC를 사용하여 99.9[%]의 고역률을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Ricardo N. do Prado, "Electronic Ballast with a High Power Factor for Fluorescent Lamps", IEEE, pp.1215-1219, 1996.
- [2] 이원재 외 4인, "단일 전력단으로 이루어진 고역률 AC-DC 하프브리지 컨버터에 관한 연구", 대한 전기학회 하계 학술대회 논문집, pp.2678-281, 1999.
- [3] 박종연 외 3인, "Lamp용 안정기의 종류 및 특징", 조명전기설비학회 논문지, VOL.13, NO.1, pp.47-63, 1999.
- [4] R.M. Nelms, "A Comparison of Resonant Inverter Topologies for HPS Lamp Ballasts", IEEE Production & Application of Light Committee, pp.2317-2322, 1993.
- [5] 이진우 외 2인, "풀브리지 인버터를 사용한 고압나트륨램프용 타력식 전자식 안정기 설계", 조명전기설비학회논문지, Vol. 15, No. 4, pp.7-13, 2001.