

400Watt 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기 개발

(The development of an Electronic Ballast for Metalhalide Lamps)

김순기* · 가출현

(Soon-Gi Kim · Chool-Hyun Ka)

신성대학 디지털전기계열

Abstract

전자식 안정기 회로구성은 EMI 필터부분과 고주파 공진인버터 그리고 안정기 출력을 제어하는 출력 전압 및 주파수를 제어하는 부분으로 구성되며 half-bridge LCC 직렬공진회로가 주로 사용되고 있다. 고주파로 점등하기 때문에 음향공진 현상이 발생하여 아크의 떨림으로 인한 제반 요소들을 해결하기 위한 제어회로를 설계하여 해결한다. 본 논문에서는 메탈할라이드 램프와 전자식 안정기 회로의 시뮬레이션 데이터를 활용하여 전자식 안정기의 입력전압 변동시 출력을 일정하게 유지하는 정전력 회로 방식을 설계하여 보다 안정화된 400W급 전자식 안정기를 설계하고 시작품을 제작하여 얻은 결과를 검증하였다.

1. 서론

메탈할라이드 램프는 고압수은등의 발광관에 금속 할로겐 화합물을 봉입한 것이다. 금속원자에 의한 발광을 이용하여 효율과 연색성을 개선하였다. 메탈할라이드 램프의 색온도 4000~4300K 정도이며, 연색성은 65정도이다. 형광체가 코팅된 형태의 경우 일반적으로 3000~3700K 정도의 색온도와 75정도의 연색성을 갖는다. 최근에는 제조기술 등의 발전으로 특성을 개선하여 더 높은 연색성과 색온도 특성을 갖는 제품이 개발되고 있다.

메탈할라이드램프는 초기 점등 후 100,000시간 이상이 되면 25%이상의 광출력이 감소되는데 이것은 램프의 점등시간동안 계속 일어나기 때문에, 초기 광속에 0.77를 곱한 값을 램프의 정격 광속으로 정의한다. 효율은 일반적으로 55~110lm/W이며 저전력용 램프보다는 고전력용 램프일수록 효율이 보다 좋은 것으로 알려져 있다. 광효율이 고압수은 램프에 비해 높은 요인중의 하나는 좋은 스펙트럼 분포를 가지기 때문이다.

HID 램프용 안정기는 철심과 코일로 구성되어 상용주파수에서 동작하는 기존의 자기식 안정기는 부피가 크고 무거우며 낮은 소음이 다소 있고 안정기 자체에서 전력손실이 많이 발생하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 전자식 안정기 개발로 0.5kg 정도의 소형경량화가 가능하

고 광효율을 10~20% 향상시킬 수 있으며, 자기식 안정기에서 발생하는 플리커 현상을 제거시킬 수 있는 전자식 안정기 개발이 필요하다. 하지만 전자식 안정기의 경우 램프 구동전압을 수십 kHz로 변환하는 고주파 인버터 설계가 필요하다. 설계 초기단계부터 EMI 방지 필터를 설계하여 시스템 안정화, 열문제 해소로 전력손실을 감소시키고 전압 및 주파수 특성 등을 개선하는 설계방법을 제안하였다.

2. 본론

2.1. 메탈할라이드 전자식 안정기 설계

메탈할라이드 램프용 전자식 안정기를 설계하여 시작품을 제작하기 위해서는 방전램프 특유의 부하특성을 충분히 고려해야 하며, 이 경우 램프의 재료와 구조 등을 먼저 이해하는 것이 중요하다. 또한 전자식 안정기 소자와 전자회로의 동작에 대한 확실한 이해가 필요하다. 그리고 반드시 램프와 안정기의 특성 정합 및 EMI 대책 등을 설계초기 단계에서 고려하는 것이 효과적이다.

2.1.1. 시동회로

시동회로의 동작은 회로 양단에 직류전원 전압이 인가되고, 램프는 높은 임피던스를 가지므로 전

류는 흐르지 못한다. 트랜스가 부의 극성일 때 D_1 을 통하여 전압의 피크 치까지 C_1 에 충전되고, 다음 위상에서 정위상이 되면 R_2 와 R_3 의 전압 비에 따라 피크치에서 DIAC이 브레이크오버 전압이 되면 트리거 펄스를 발생하여 SCR은 도통된다. 이 전압은 C_1 에 충전된 전압의 합이며, 이 전압이 트랜스의 권선 비에 의하여 승압되고 다시 트랜스의 1차권선과 2차권선의 비로 다시 승압되어 램프를 시동하게 된다.

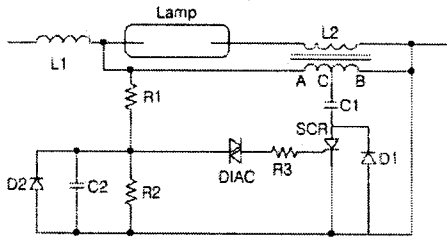


그림 2. 시동회로

2.1.2. 인버터회로

메탈할라이드 전자식 안정기 설계를 위해 시뮬레이션으로부터 얻은 데이터를 사용하여 시작품의 전기적인 특성을 측정하여 이론적 근거를 확인하였다. 그림 2는 게이트 구동 트랜스를 포함한 하프 브리지 방식의 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기의 인버터 회로도이며 초기 시동시 MOSFET Q2의 게이트 단자에 접속된 이그나이터 회로에 의해 M2가 스위칭 은 되어 전류가 흐른다. 이때, 극성이 서로 다른 게이트 구동 트랜스 T2의 2차 측에 인가되는 전압에 의해서 MOSFET Q1, Q2는 턴온, 턴오프를 반복하여 공진에 의해서 램프는 방전을 유지한다. 메탈할라이드 램프의 부성저항특성으로 인해 램프 시동시 발생하는 과도상태를 시뮬레이션 해석을 위해 증가화한 인버터회로이다. 직류 전압을 인가 전압이 MOSFET Q1, Q2의 턴온 및 턴오프 스위칭에 의해서 교류 구형파 전압으로 변환되어져 공진탱크에 인가되고 C_s - C_p - L_s 의 공진회로에 의하여 램프를 점등시킨다. 초기 시동시 MOSFET Q1과 Q2를 비롯하여 L_s , C_p , C_s 로 이루어진 공진회로만으로는 램프를 점등시킬 수 없으므로, 별도의 시동회로를 필요로 한다. 본 논문에서는 시뮬레이션으로 시동회로를 구현시키기 위하여 DC 전원과 스위치를 직렬접속 시킴으로서

증가화 하였다. 또한 시뮬레이션에서 부하인 메탈 할라이드 램프의 증가저항은 부성저항 특성을 고려하여 저항 값이 서로 다른 여러 개의 저항을 병렬로 접속시키는 모델을 제안하여 각각의 스위칭에 의하여 시간변화에 따라 턴온 턴오프 시켜 램프가 정상 상태로 도달할 때까지 변화하는 램프 저항 값으로 증가화 하여 램프의 초기 시동전압 특성을 파악하였다. 즉, 램프의 증가저항을 단일저항으로 생각하고 안정기를 설계할 경우 램프의 방전개시 초기 시동전압을 얻을 수 없으며 여러 개의 병렬 저항으로 접속한 경우에는 시뮬레이션으로 초기 시동전압 특성을 얻을 수 있기 때문이다. 이는 설계 및 시작품 제작 후 특성을 개선하기 보다는 미리 얻은 데이터를 이용하여 안정기 출력을 예측하여 보다 효과적인 설계가 가능하다.

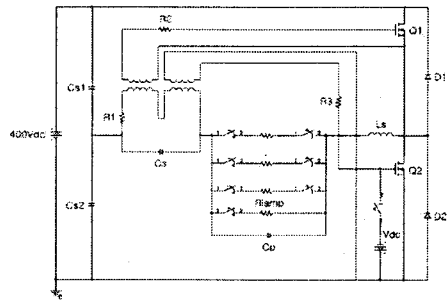


그림 2. 인버터회로

그림 3은 인버터 회로에서 메탈할라이드 램프의 입력을 시뮬레이션한 입력전압으로 MOSFET의 스위칭에 의해 L_s 양단에 인가되는 구형파 입력을 나타내었다.

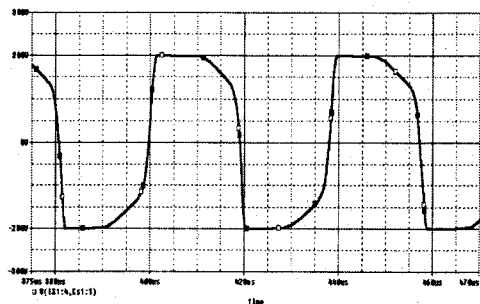


그림3 구형파 입력 파형

2.2. 실험결과 및 검토

메탈할라이드 램프용 전자식 안정기를 설계 제작하여 특성을 실험 한 결과 다음과 같다. 그림 4는 설계 제작된 전자식 안정기의 시작품을 나타내었다. 제안된 전자식 안정기는 기존의 동급 안정기 무게가 4~7.5kg 대비 전자식 안정기 무게를 0.5kg으로 소형경량화가 가능하였다. 정격전압을 인가하여 시동시 입력전류를 0.53A로 제어하고 안정화 상태에서는 1.92A로 측정되었으며 동작주파수는 63.86kHz이었으며 소비전력은 400W로 나타났다. 그림 5는 정전력 회로의 출력파형을 나타내었다.

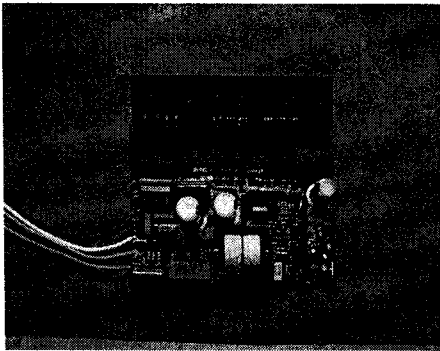


그림 5. 제작된 전자자식 안정기

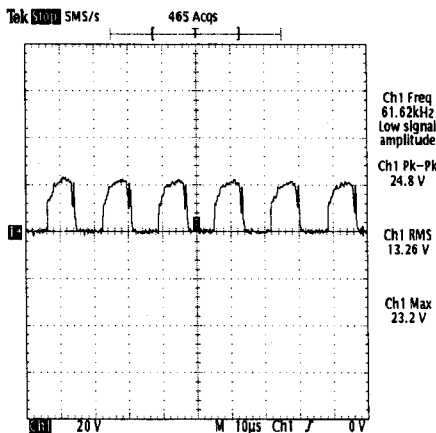


그림 6. 정전력 회로의 출력파형

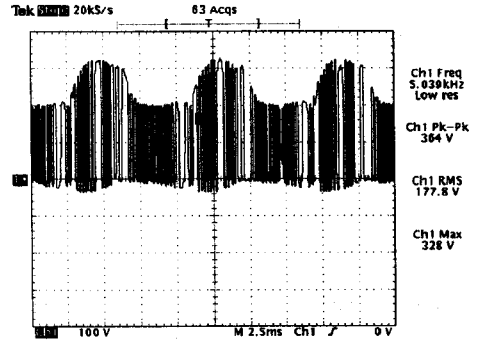


그림 7. 구동트랜스 파형

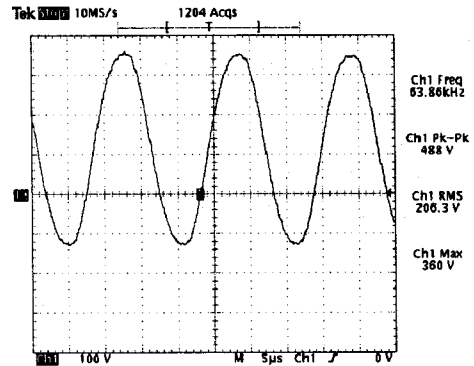


그림 8. 전자식 안정기 출력파형

3. 결론

본 논문에서는 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기의 인버터 공진회로 등의 시뮬레이션 결과로부터 얻은 데이터를 활용하여 400W급 안정기의 시작품을 제작하여 타당성을 검증하였다. 안정기 무게가 0.5kg으로 소형경량화가 가능하였다. 입력전류는 1.92A, 동작주파수는 63.86kHz이었으며 소비전력은 400W로 측정되었다.

참고문헌

- (1) Jong-Yeon Park, Don-Youl Jung, "Electronic Ballast with Constant Power Output Controller for 250W MHD Lamp", 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics Proceeding, Vol. 1, pp.46~51, June 12-16, 2001.
- (2) Maean K, Kazimierzczuk, Resonant Power Converters, John Wiley & Sons Inc., pp.348~378, 1995.
- (3) 이진우, 전자식 안정기와 조명제어 신기술 동향, 한국조명전기설비학회 조명전기설비, Vol.18, No.1, 2004.