

## 네온 램프용 전자식 안정기에 관한 연구

강범석\*, 김희준

한양대학교 전기공학과 전력전자제어연구실

### A Study on the Electronic Ballast for Neon Lamp

B. S. Kang, H. J. Kim

Power Electronics Control Lab.

Dept. of Electrical Eng.

Hanyang Univ.

#### [Abstract]

This paper discusses the development of electronic ballast for neon lamp as an application of a zero voltage swiching high frequency inverter.

Abnormal increase of secondary voltage due to grounded fault or partial damage of serial arranged loads is clarified and the protection circuit for this abnormal voltage increase is proposed. Also stable lighting condition for removing the unstable characteristics due to different load conditions is proposed.

음극 부분에서는 급격히 낮아진다. 이것을 음극 강하(Cathode fall)라 한다. 이때 이 음극 강하의 강한 전계에 의하여 가속된 양이온이 음극과 충돌함으로써 음극으로부터 전자가 방출되며 이 전자는 다시 분자, 원자와 충돌하여 여기(勵起)되면서 발광하게 된다.[2][3]

본 연구에서는 영전압 스위칭 고주파 인버터를 이용한 네온 램프용 전자식 안정기의 개발에 관하여 논의하였다.[4] 부하로서 직렬 배열된 램프의 부분 파손이나 출력선 지락에 의해 발생하는 2차측 전압의 이상 상승의 현상을 규명하고 이에 대비한 과전압 보호 회로를 제안하였다. 또한 Ne 또는 Ar 등 내부 봉입 가스의 종류에 따른 상이한 부하 조건에 의해 야기되는 불안정성을 제거한 안정 점등 조건을 제시하였다.

#### 1. 서론

네온 램프는 주로 광고용에 이용되는 램프로써 직경 10~20mm의 유리관 양단에 원통형의 전극을 설치하여 네온, 아르곤 등의 불활성 가스나 수은 증기등을 저압(약 8[mmHg] 내외)으로 봉입한 방전 램프이며 양광주 부분을 발광으로 이용한다. 관의 길이는 램프 한 개당 수 10cm에서 수 m가 되고, 수명은 2000~15000시간 정도가 된다. 통전 전류는 10~20mA, 소요 전압은 관의 길이에 의하여 다르지만(직경에 대략 반비례) 통상적으로 1m당 대략 800~1000V가 된다.[1]

방전 원리는 관양단에 고전압을 인가하면 관에 전류가 흐르고 전류가 증가하게 되면 기체중의 전자는 충돌에 의하여 원자를 전리(電離)하는데 충분한 에너지를 갖게 되어 방전이 개시된다. 네온 램프 양극간의 전위차는 양광주에서는 균등한 경사로 낮아지며

#### 2. 전자식 안정기의 설계

##### 2.1 소프트 스위칭 Half Bridge 인버터

그림 1은 네온 램프용 전자식 안정기의 회로도 나타낸다. 이 그림에서 네온 램프의 점등을 위한 구동 회로로서는 영전압 스위칭 Half-Bridge 인버터가 이용되고 있음을 알 수 있다. 트랜스포머의 누설 인덕턴스  $L_s$ 와  $C_L$ 은 직렬 공진 회로를 구성하고 있으며 스위치의 출력 커패시턴스  $C_1$ ,  $C_2$ 는 천이 구간 동안에 공진하여 스위치  $S_1$  및  $S_2$ 가 영전압 스위칭 조건으로 동작하게끔 한다.

영전압 스위칭이 이루어지기 위한 조건으로서 트랜스포머의 누설 인덕턴스인  $L_s$ 에 저장된 에너지가 스위치의 출력 커패시턴스  $C_1$  또는  $C_2$ 를 완전히 방전시킬 수 있도록 충분히 커야한다. 또한 커패시턴스

$C_1$ ,  $C_2$ 의 충·방전은 두 스위치가 Off되는 Dead Time기간 중에 이루어져야 하고 스위치의 역병렬 다이오드의 도통 기간내에 스위치가 Turn on되어야 한다.

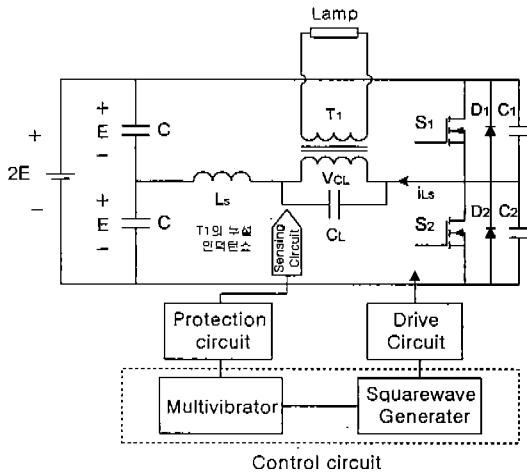


그림 1 네온 램프용 전자식 안정기의 회로도

그림 2는 그림 1에 나타낸 전자식 안정기에 있어서 소프트 스위칭 Half-Bridge 인버터의 각 부의 이론적인 동작 파형을 나타낸다. 위로부터 스위치의  $S_1$ ,  $S_2$ 의 구동 파형, 공진 인덕터 전류  $i_{Ls}$ , 공진 커패시터 양단의 전압  $V_{CL}$ , 스위치  $S_2$ 의 전류  $i_{S2}$ , 스위치  $S_2$ 의 양단의 전압  $V_{C2}$ 를 나타낸다. 인버터의 동작을 설명하기 위하여 그림과 같이 한주기를 6개의 동작 모드로 구분할 수 있으며 이하 각 모드별 동작을 설명한다.

• MODE 1 : Powering mode ( $t_0 < t < t_1$ )

스위치  $S_1$ 이 도통한 상태에서 공진 전류  $i_{Ls}$ 가 흐르고 트랜스포머를 통하여 전력이 부하측으로 전달된다.

• MODE 2 : Free resonant mode ( $t_1 < t < t_2$ )

$t = t_1$ 에서 스위치  $S_1$ 이 Turn off되면 공진 전류  $i_{Ls}$ 는 스위치의 출력 커패시턴스  $C_1$ ,  $C_2$ 를 통해 공진을 하면서 흐르게 된다.  $i_{Ls}$ 에 의해  $V_{C1}$ 은  $2E$ 로 충전되고  $V_{C2}$ 는 0으로 방전된다.  $V_{C2}$ 가 완전히 방전되어 0 전압이 될때 이 동작 모드는 종료하게 된다.

• MODE 3 : Regeneration mode ( $t_2 < t < t_3$ )

스위치  $S_2$ 의 역병렬 다이오드  $D_2$ 가 Turn on되면서  $i_{Ls}$ 의 Path를 형성하고 공진 회로에 저장되어 있던 에너지를 전원 쪽으로 회생시킨다. 이 동작 모드는

$i_{Ls}$ 가 영이 되어 다이오드  $D_2$ 가 Turn Off될 때까지 계속된다. 이 동작 모드 구간내에서 스위치  $S_2$ 를 Turn on시킴으로써 영전압 턴온이 이루어지게 된다.

• MODE 4 : Powering mode ( $t_3 < t < t_4$ )

스위치  $S_2$ 의 Channel이 도통되는 구간이며 공진 전류  $i_{Ls}$ 의 방향이 반대가 된다. 이 때의 동작은 MODE 1과 대칭적인 동작을 보이며 이하 MODE 5와 MODE 6의 동작도 MODE 2와 MODE 3의 동작과 대칭적인 동작 특성을 보인다.

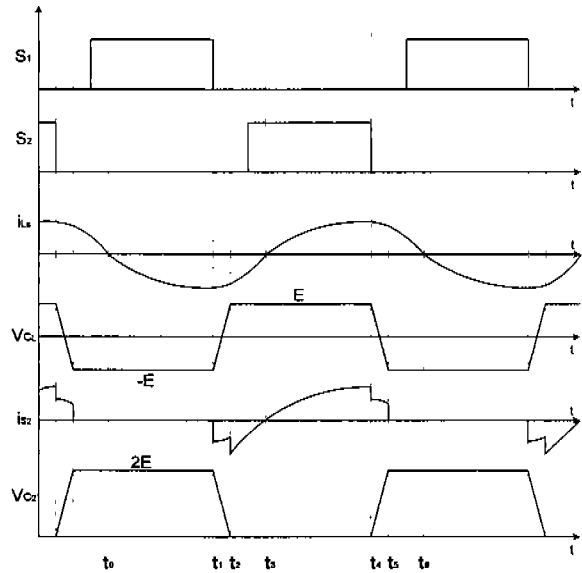


그림 2 각 부의 동작 파형

2.2 보호 회로

지락 사고가 발생한 경우, 부하로서 배열된 네온 램프중 일부가 파손된 경우, 또는 출력선이 떨어져 철관등에 전압이 유기되는 경우에는 네온 램프는 계속 점등이 되면서 무부하시처럼 고압 트랜스포머 2차측에는 정상시 보다 4~5배의 높은 전압이 발생된다. 하지만 이때에는 무부하시나 과부하시와는 달리 트랜스포머 1차측 전압 및 전류에는 변화가 나타나지 않는다. 이러한 이상 전압에 대한 보호 회로를 구현하기 위해서는 트랜스포머 2차측에 직접 센싱 회로를 추가시켜야 하나 절연 파괴의 현상으로 인하여 불가능하게 된다.

본 연구에서는 그 해결책의 하나로서 안테나의 작용을 하는 전선을 이용해서 이 전선에 유기되는 2차측으로부터의 고전압을 센싱함으로써 보호 회로를 구현할 수 있도록 하였다.

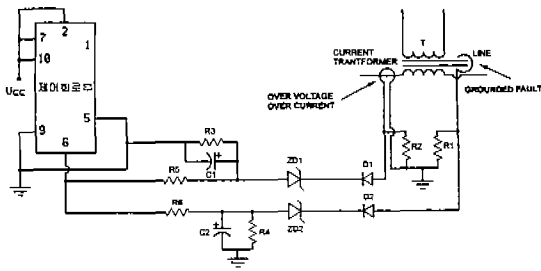


그림 3 보호 회로

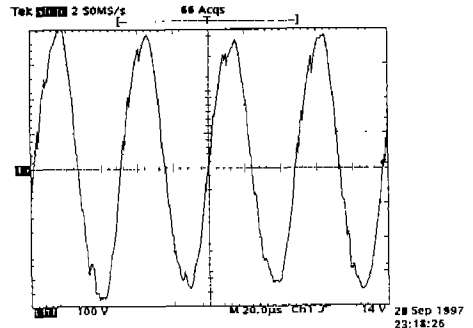


그림 6 지락 사고 발생시 센싱 전압

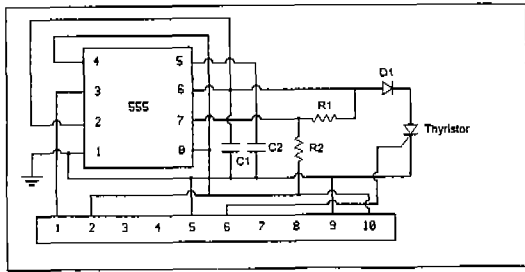


그림 4 제어 회로부

그림 3은 제안된 센싱 회로가 추가된 보호 회로를 나타낸다. 그림에서 CT는 통상적인 과전압 및 과전류 보호 회로를 위한 센서를 나타낸다. 회로의 동작 원리는 사고 발생시 센싱 전압이 제너 다이오드의 항복 전압 이상이 되면 그림 4의 제어 회로부에서 Thyristor의 Gate가 Trigger된다. 이로 인하여 발진 회로의 Turn off time을 결정하는 커패시터 C<sub>1</sub>의 충전 전류가 Thyristor를 통하여 Bypass되므로 제어 회로는 발진을 멈추고 스위치 S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub>의 구동을 중단하게 한다. 그림 4는 정상 동작시와 지락 사고 발생시 전선에 센싱되는 전압 파형을 나타낸다. 지락 사고 발생시의 전압이 정상 동작시 전압의 약 4배이상 되고 있다.

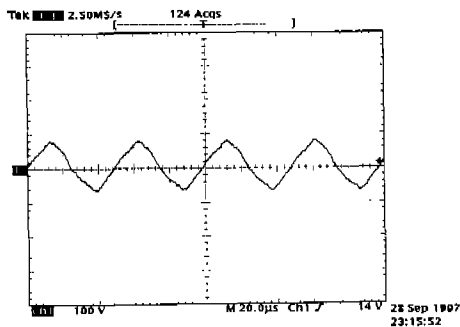


그림 5 정상 동작시 센싱 전압

### 2.3 안정 점등

네온 램프가 안정 점등하기 위해서는 램프 길이 1m당 1000V정도의 전압이 인가되어야 한다. 하지만 두 출력선이 꼬이거나 철판등에 출력선이 근접하게 되면 신호 상쇄나 전압 유기에 의하여 램프 양단의 전압이 감소된다. 이러한 상태는 네온 램프에서 불안정한 현상을 야기시키는데 이에 대한 대책으로는 램프 양단에 충분한 전압을 인가해 주거나 안정기의 출력 전압에 DC 바이어스를 주어야 한다. 출력 전압에 DC 바이어스를 주기 위해서는 출력선과 램프 사이에 직렬로 다이오드와 커패시터를 병렬로 연결하는 방법이 사용된다. 하지만 이 방법은 DC 바이어스가 너무 커지게 되고 조절이 어려워 특히 아르곤계 램프에서 불안정한 현상을 초래한다.

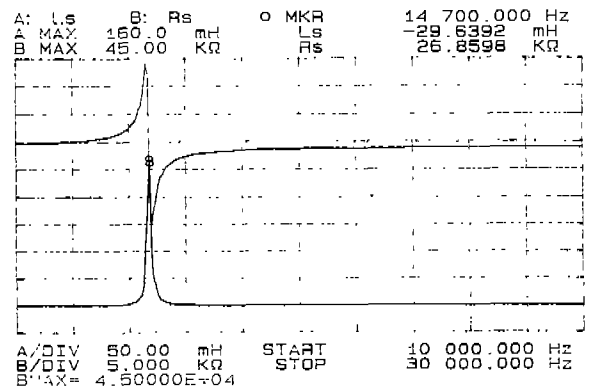


그림 7 고주파 고압 변압기 주파수 특성도

이에 본 연구에서는 고압 트랜스포머의 기생 성분으로 인해 발생하는 직렬 공진점에 인버터의 스위칭 주파수가 근접하도록 설계하여 안정기의 출력 전압이 최대가 되도록 하였다. 그림 7은 본 연구의 전자식 안정기에 있어서 고압 트랜스포머의 주파수에 대한 임피던스 특성으로 15kHz부근에서 직렬 공진점이 나

타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 스위칭 주파수로서 약 18kHz의 주파수를 선택하였다.

또한 DC 바이어스의 인가는 인버터 두 스위치의 도통 시간으로 출력 전압의 DC 바이어스를 미세하게 조절하는 방법으로 수행하였다. 이로써 두 방전 램프에서의 안정 점등을 모두 만족하는 DC 바이어스값을 얻을 수 있었다.

그림 8과 9는 다이오드의 사용시와 제안된 방법의 사용시의 출력 전압 파형을 나타낸다. 그림으로부터 다이오드 사용시에는 2800V, 제안된 방법 사용시에는 600V의 DC 바이어스가 각각 출력 전압에 주어지고 있음을 알 수 있다.

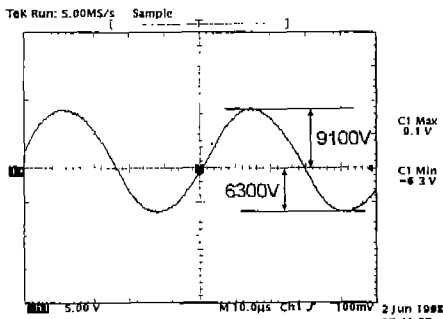


그림 8 다이오드 사용시 출력 전압

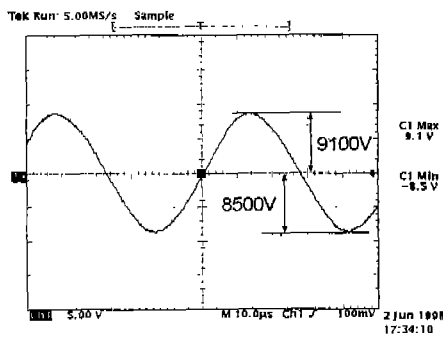


그림 9 제안된 방법 사용시 출력 전압

### 3. 실험 결과

앞에서 기술된 내용을 기초로 네온 램프용 전자식 안정기를 제작하여 실험을 하였다. 설계 사양은 다음과 같다.

- 입력 전압 : 220Vac
- 출력 전압 : 10000V
- 출력 전류 : 20mA
- 스위칭 주파수 : 18kHz

그림 10에서 12까지 전자식 안정기의 안정 점등시

각 부의 실험 파형을 나타낸다. 그림 10과 11을 보면 두 스위치가 동시에 차단되는 Dead Time 구간 동안 두 스위치의 출력 커패시턴스  $C_1$ ,  $C_2$ 의 충전전압이 완료되고 스위치의 역병렬 다이오드의 도통 기간 동안에 스위치의 Turn on이 이루어짐으로써 영전압 스위칭이 달성되고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 12의 결과로부터는 안정 점등시 공진 전류가 최대 2.2A가 흐르고 있음을 알 수 있다. 이상의 실험 결과로부터 영전압 스위칭 Half-Bridge 인버터에 의한 네온 램프 구동용 전자식 안정기가 안정 점등 동작에 있어서 만족할 만한 특성을 보이고 있음이 입증되었다.

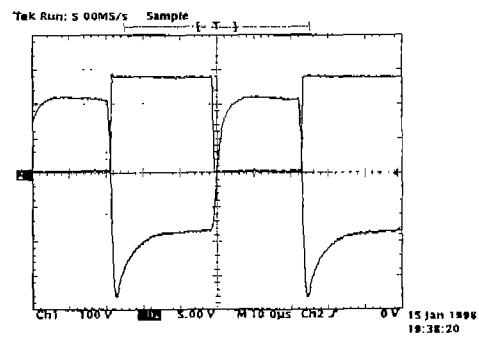


그림 10 스위치  $S_1$ 의  $V_{GS}$  및  $V_{DS}$

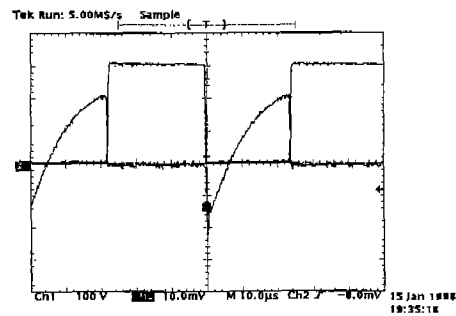


그림 11 스위치  $Q_1$ 의  $V_{DS}$ 와 스위칭 전류 파형

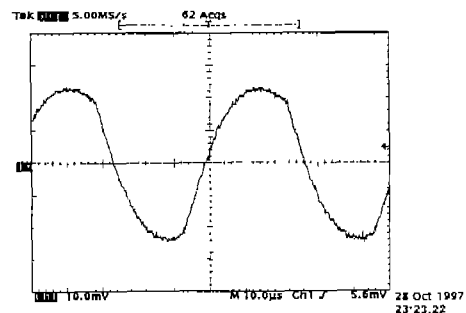


그림 12 트랜스포머 1차측에 흐르는 공진 전류 (div : 1A)

#### 4. 결 론

#### 참 고 문 헌

반도체 스위칭 소자의 스위칭 동작에 있어서 스위치에서 발생하는 전력 손실과 심각한 EMI문제를 해결할 수 있는 소프트 스위칭 방식에 의한 네온 램프용 전자식 안정기에 관하여 논의하였다.

네온 램프에서의 각종 사고시에 대처할 수 있는 보호 회로를 제안함으로써 안정기의 자체의 신뢰성 및 안전성을 높일 수 있었다.

또한 규격에서 벗어난 네온관 제작이나 규정에 맞지 않는 시공으로 인해 발생하는 각 방전 램프의 불안정한 현상을 파악하여 안정 점등 조건을 제시하였다.

- [1]. 지철근 “조명 공학”, 문우당, pp.41~63, 1991
- [2]. J. R. Coaton, A. M. Marsden “Lamps and Lighting”, ARNOLD, pp. 105~118, 1997
- [3]. Waymouth, John F. “Electric Discharge Lamp”, M. I. I Press, pp. 46~57, 1971
- [4]. Keith H. Billings “Handbook of switchmode power supplies, McGraw-hill Publishing Co., pp. 93~105, 1989