

방전등 안정기의 보호회로 기술 현황

(A Study of Protection Circuit for Discharge Lamp Ballast)

한수빈* · 박석인 · 송유진 · 정학근 · 정봉만

(Soo-Bin Han · Suck-In Park · Eugene Song · Hak-Guen Jeoung · Bong-Man Jung)

한국에너지기술연구원

Abstract

In a design of ballast for discharge lamp, various kind of protection circuit are essential for safe operation. In this paper, overvoltage and current detection, no-load detection, lamp-fault detection, end of lamp detection for protection are introduced. Individual circuit operation and their function are described with the base that all circuit form is similar with overvoltage protection circuit.

1. 서론

전자식 안정기는 광원에 고주파수의 교류 전압 및 전류를 공급하기 위해서 인버터를 사용한다. 인버터는 회로적으로 하프브리지, 풀브리지 또는 푸쉬풀 등 다양한 형태로 구성이 가능하나 최근에는 200W급 이하에서는 하프브리지 방식을 주로 사용하고 있다.

안정기의 작동 중에 광원의 동작에 문제가 생기는 경우 즉 광원이 제거되거나 정상 동작을 못하게 되는 경우 안전 확보를 위해서 안정기의 동작이 차단되어야 한다. 이는 전력 손실을 최소화하고 발생하는 열을 줄이기 위해 필요하며 인버터를 구성하는 전력 소자가 과전압, 과전류 및 열에 의해 손상되는 것을 막기 위해서 필요하다. 이러한 동작을 하도록 구성되는 회로를 통상 보호회로라고 한다.

보호회로의 경우 무램프 보호회로, 과전압 보호회로, 과전류 보호회로 그리고 램프 단락시 보호회로 및 수명 말기 보호회로 등 다양하게 존재한다. 본고에서는 이와 관련된 다양한 회로 구현 방식에 대해서 소개하기로 한다.

2. 과전압 및 과전류 보호 회로

램프가 정상적인 동작이 아니거나 오랜 시간을 사용할수록 전압이 상승하게 된다. 따라서 과전압을 감지하여 보호회로를 구성하는 것은 당연한 발상이며 그 방식은 통상의 과전압 제어 회로와 유사하게 적용된다. 통상 과전압보호의 개념은 어느 기준 전압을 정하고 그 이상이면 과전압으로 판단하여 모종의 조치를 취하는 것이다. 관련해서 구현

방법이 매우 다양하며 대표적으로 다음과 같이 분류된다.

- a) SCR을 사용한 보호회로
- b) 전압 클램핑에 의한 방식
- c) 전압 제한 제어에 의한 방식

실제적으로 안정기에서는 SCR을 이용한 방식을 대부분 사용하므로 이에 대해서 주로 소개하기로 한다. 기본 개념은 과전압이 검출되면 SCR의 게이트를 트리거하여 안정기가 동작하지 않도록 하는 것이다. 구현 방법은 그림 1과 같이 전압을 검출하고 이 전압이 과전압인지를 정해진 전압 V_{ref} 와 비교하여 판단한다. 통상 검출되는 전압은 램프 관전압 또는 공진 필터의 한 부분을 선택하게 된다. 만약 기준 전압보다 큰 전압이 측정되며 이는 과전압 상태로 판단하게 되고 op-amp는 SCR의 게이트를 통해서 양전압을 출력시켜 SCR을 도통시키게 된다. SCR의 anode는 안정기의 동작을 차단할 수 있는 신호에 연결된다. 보통은 인버터 스위치의 구동신호를 연결하거나 구동용 IC의 Disable 핀에 연결하여 보호감지시 이들의 동작을 차단함으로써 안정기를 shut down 시키게 된다. 그림에서 저항 R과 커패시터 C는 low pass filter 역할로서 잡음에 대한 필터링 역할도 하지만 RC, 시정수에 의한 도통 타이밍을 조절하는 데 적절히 선택된다.

안정기 회로에서 가장 간단히 과전압 회로를 구현하는 예는 그림 2와 같으며 op-amp와 V_{ref} 회

로를 따로 사용하지 않고 단순히 제너 다이오드 ZD 하나로 동작을 시키는 방법도 자주 사용된다. 여기서 V_{ref} 의 역할은 제너 다이오드가 갖는 고유적인 항복전압이 되며 측정 전압이 제너 다이오드의 항복전압을 넘게 되면 제너다이오드는 도통하여 SCR에 게이트 신호를 공급하게 되어 SCR을 도통시키게 된다. 과전류 보호회로의 경우는 측정 성분이 전류인 것을 제외하고는 궁극적으로 과전압회로의 구현과 동일하다. 즉 전류가 흐르는 저항의 전압을 측정하거나 전류를 CT를 사용하여 전압으로 변환하여 측정하기 때문에 과전류는 과전압 형태의 회로로 구현된다.

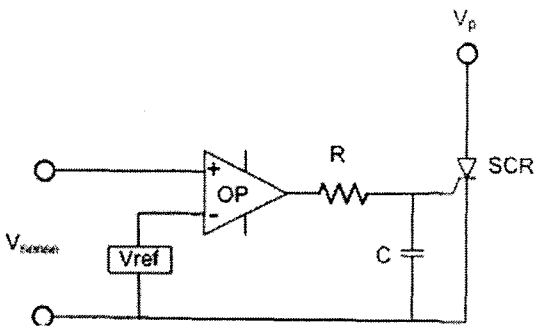


그림 1. 일반적인 과전압 보호 회로의 구현 방법
Fig.1 General overvoltage protection circuit

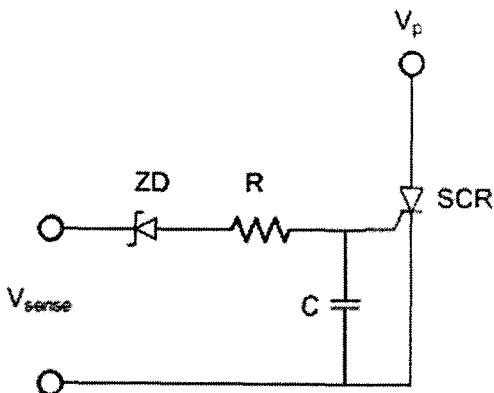


그림 2. 제너다이오드를 사용한 과전압 보호 회로
Fig. 2 Overvoltage protection circuit using zener diode

3. 무램프 보호회로(1)

무램프 보호기능의 경우는 물리적으로 램프가 연결되지 않은 경우를 감지하여 동작을 제한하기 위해서 필요하다. 형광등의 경우에 램프 자체는 물리적으로 연결되어 있지만 필라멘트가 끊어진 경우에는 램프연결 상태에 따라 무램프 동작과 같은 상태로 볼 수 있다.

물리적으로 연결되어 동작은 하지만 램프가 어느 정도 손상이 된 경우는 다른 현상으로 보아야 한다. 안정기 제조회사에 따라 다르지만 물리적으로 연결되지 않은 경우의 보호회로의 방식은 전류의 유무를 판정하여 동작하도록 하고 램프가 손상된 경우는 전압의 비정상적 상승을 감지하여 보호하는 방식을 보편적으로 사용하게 된다. 램프가 손상되어 상승된 전압을 감지하는 경우는 결국 과전압 보호회로와 동일하게 되므로 과전압 보호회로 부분을 참조하기 바란다.

무램프 보호회로와 램프 손상감지 회로의 적용의 한 예로는 그림 3을 참조하기로 한다. 보호회로 A는 무램프 보호회로이며 여기에서는 물리적으로 램프가 연결되지 않거나 필라멘트가 끊어진 경우에 저항 602가 회로적으로 연결이 되지 않게 되고 전류가 흐를 수 없음을 알 수 있다. 따라서 저항 602 양단의 전압강하가 없게 되므로 이 전압의 유무로서 무램프 상태를 제어가 판단하게 된다. 제어기는 이 전압이 설정된 전압(예로 0.3V)이 하이면 무램프 상태로 판단하게 된다. 보호회로 B는 램프 이상 감지회로로 램프의 점등 상태가 정상 아니면 임피던스가 변화하게 되고 따라서 과전압이 변화한다. 측정 전압이 설정된 전압(예로 0.3V)보다 크면 램프가 비정상적으로 동작하고 있다고 판단하게 된다.

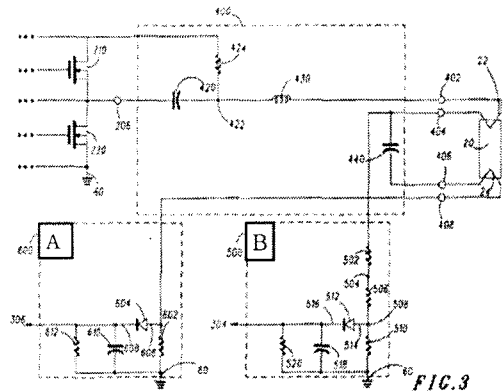


그림 3. 무램프 보호회로 구현의 예
Fig. 3 A no-load protection circuit

4. 수명말기 감지회로(2)

형광램프는 일반적으로 교류동작을 동일한 전극에 의해서 대칭적으로 하게 된다. 교류의 전기장이 램프에 인가되면 두 전극의 필라멘트에서는 전자(Electron)를 번갈아 가면서 방출하여 교류 아크 전류를 형성하게 된다. 양 쪽 전극을 균일하게 사용하기 위해서 안정기는 순수한 교류 전류를 공급

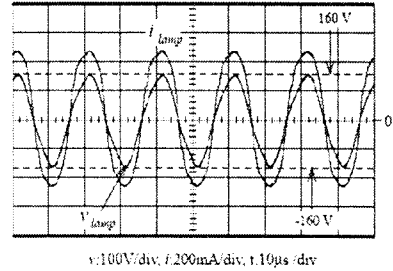
하는 것이 중요하다.

형광등이 수명말기에 이르면 전극의 끝에서 붉은 색의 방전이 나타나고 램프의 아크를 유지하기가 어려워져서 깜박임이 나타난다. 원인중 하나로는 두 전극사이에 전자 방출이 균형을 이루지 못하게 되어 비 대칭적인 동작을 하게 된다. 램프가 정상인 경우는 그림 4-(a)와 같이 관전압, 관전류의 파형이 대칭적인 교류 파형이나 수명말기로 갈수록 두 전극의 전자방출시 불규형으로 인하여 램프가 등가회로적으로 양의 전류와 음의 전류에 대해서 다른 저항으로 동작하게 된다. 이 경우 램프의 전압은 그림 4-(b)와 같이 비대칭이 되고 심한 경우는 교류 전압이 정류된 전압처럼 나타나게 된다. 이 현상은 그림 4-(c)와 같이 조광을 할 경우, 보다 심하게 나타나는 데 그 원인은 램프 관전력을 낮출 경우 램프 저항은 증가하기 때문이다.

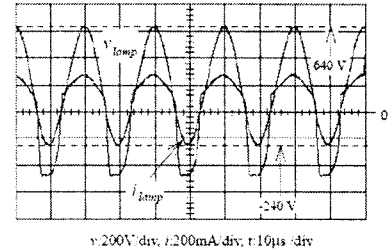
수명 말기 감지 회로는 결과적으로 앞에서의 과전압을 검출하는 회로와 동일하게 구성이 된다. 예로 그림 5에서는 관전압을 분배하여 측정하고 LC 필터를 통해서 정류하여 직류성분으로 전압을 측정한다. 이 전압을 설정된 전압과 비교하여 큰 경우는 op amp를 사용한 슈미트 트리거회로가 SCR S1을 구동할 수 있도록 출력신호를 발생시킨다. 통상 SCR은 게이트 구동신호나 구동 제어기에 연결되어 인버터를 동작시키는 신호를 차단하게 된다.

5. 결론

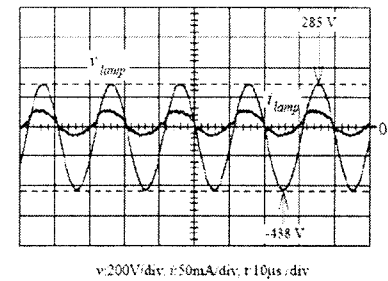
실제로 안정기에서 대부분의 보호회로는 기본적으로 과전압 보호를 구현하는 회로 형태가 공통적으로 사용된다. 같은 개념을 갖고 동작하지만 제품마다 여러 다양한 기능을 추가하여 동작되며 구현 방식도 저마다 틀리게 된다. 특히 방전등의 경우 시동시에는 큰 관전압, 관전류 특성을 갖게 되며 이 때 과전압, 과전류 상태로 오인되지 않도록 구분하는 문제가 중요하다. 또한 SCR을 사용한 보호회로의 경우 한번 동작이 되면 SCR의 특성상 램프 또는 안정기 상태가 이상 상태에서 회복하는 경우에도 계속 안정기 동작을 차단하기 때문에 다시 시스템을 reset하고 동작시켜야 하는 문제가 따른다. 따라서 고장 상태가 제거되면 안정기의 동작의 바로 회귀하도록 하는 지능적 보호회로들의 고안도 계속 되고 있으며 이들은 대부분 마이크로프로세서를 이용하고 있으며 향후 많은 안정기에서 적용될 것으로 전망된다.



(a) 정상 램프의 관전압, 관전류 파형



(b) 수명 말기 램프의 관전압, 관전류 파형



(c) 수명 말기 램프에서의 조광시 관전압, 관전류 파형

그림 4 램프의 수명말기 현상
Fig. 4 End of life state of lamp

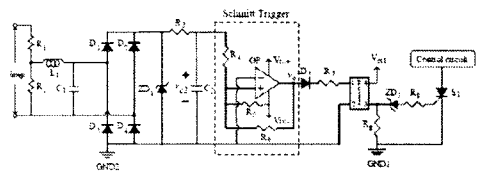


그림 5 램프의 수명말기 현상 보호 회로
Fig. 5 Protection circuit for end of life state of lamp

참고 문헌

- [1] Edward Li, et al "Electronic Ballast with Inverter Protection Circuit", US patent 5883473, 1999
- [2] S.Y.Tang 외, "Protection Circuit for Electronic Ballasts at Fluorescent Lamp Life-End", IEEE IAS Conference pp. 1938-1942, 2005