

# 센스라이트의 과도전류 해석에 관한 연구

## A Study on the Transient current Analysis of Sensor Light

김 순 기\* 호서대학교 공과대학 전자공학과  
이 진 우 호서대학교 공과대학 전기공학과

### I. 서 론

정보화 시대를 가능하게 하는 것은 신소재의 개발과 성능이 우수한 반도체소자 및 센서의 급속한 발달로 인하여 조명제어 시스템의 적용이 가능하다. 따라서 옥내 조명의 인공지능이라 불리는 인텔리전트 빌딩은 물론 주택, 공원, 공장, 도로조명 및 터널조명 등에 널리사용되고 있다.

따라서 본 논문에서는 효율은 낮지만 가격이 저렴하고 램프자체의 고유의 색상이 따뜻한 느낌을 주어 전반구부조명 등의 옥내조명에 많이 사용되고 있는 백열전구에 대하여 종래의 정량적 분석보다는, 과도전류특성에 대한 실측과형을 통하여 정성적 분석을 실시함으로써 서지전압과 노이즈 방지 대책 등에 관하여 제반 특성을 분석하여 트라이악을 이용한 센서 라이트 및 모니터링 등 원격제어 회로의 최적설계 조건을 제시하고 신제품 개발에 필요한 정보를 제공하는데 목적을 두고 연구 하였다.

양방향성 트라이악 소자가 백열전구의 텅스텐과 칼륨으로 제작된 필라멘트가 수명을 다하여 텅스텐 필라멘트가 단선시에만 극소수의 반도체 소자인 트라이악(TRIAC)이 열화 또는 소손 되는데 이러한 현상의 원인을 규명하여, 트라이악의 물성과 설계기술 및 부하의 단락시 노이즈와 서지전압이 제어회로에 유입 되는 경우 과도전류 특성 등에 대하여 단계별로 분석하여 게이트(gate)와  $T_1$ 양단,  $T_2$ 와  $T_1$ 양단간의

게이팅 회로와 스너버 회로(snubber circuit)의 최적설계 조건에 필요한 정량적 해석과 정성적 정보를 얻고자 한다.

TRIAC의 구조는 2개의 다이리스터가 역병렬로 접속된 구조와 같으며, 양방향성 반도체 소자 이므로 단자의 명칭은 양극, 음극이라고 부르지는 않고,  $T_1$ ,  $T_2$  다이리스터의, 게이트라 부르며, G와  $T_1$ 은 다이오드가 역병렬로 접속된 구조이고, 양방향 어느쪽의 게이트 전류로도 트리거할 수 있는 것이 특징이다.

그리고 트라이악은 교류 제어용 스위칭 소자로 양방향성 3단자 교류 반도체 스위치라는 의미에서 TRIAC이라 부른다.

TRIAC의 용도는 가정 및 산업분야 등에 다양하게 사용되는데, 교류 부하인 램프, 전열기의 온도제어, 전동기의 기동과 속도제어 등을 ON, OFF하는때 사용될 뿐만 아니라, 위상제어를 실시함으로써, BJT등과 함께 사무실의 스탠드 램프의 광량, 히터의 온도, 모터의 회전속도, 인텔리전트 빌딩에 있어서 출퇴근자의 유무와 옥내·외의 조도차이가 있는 실내의 창문부근은 광량에 따라 센서로 감지하여 동작함으로써 에너지 절감효과를 얻을수 있어 센서라이트가 각광을 받고 있다.

## II. 본 론

반도체 스위칭 소자가 동작할 때 일정한 스위칭 시간, 즉 턴온 시간(turn on time)  $t_{on}$ 과 턴오프 시간(turn off time)  $t_{off}$ 가 존재하며, 이때 전압 및 전류가 중첩(crossover)되며, 전력손실은 스위칭 시간에 비례하게 된다.

전력용 스위칭 소자로 사용되는 TRIAC의 스위칭 시간은 수백 [msec]~수십 [ $\mu$ sec]이며, BJT의 경우 수 [ $\mu$ sec]에서 수십 [ $\mu$ sec] 정도의 턴온(turn on) 턴오프(turn off) 시간이 소요된다. 이에 비하여 전력용 MOSFET의 스위칭 시간은 수십 [nsec]~수백 [nsec]로 BJT에 비하여 매우 짧다.

최근에 이르러 TRIAC IGBT 및 SCR, GTO, 전력용 트랜지스터(power transistor), 전력용 MOSFET(power MOSFET) 등의 우수한 소자들이 많이 개발되고 있으며, 그용량이나 동작 주파수 등의 정격이 크게 증가하고 있다. 뿐만 아니라 공정(processing) 및 패키징(packaging) 등의 제조기술이 발달되면서 이러한 소자들은 용도별로 모듈화되고 있으며, 심지어 전력변환 회로 자체가 하나의 모듈로 구성되고 있다. 따라서 전력 및 제어 회로를 하나의 모듈로 구성시킨 power IC까지 개발되고 있어 향후 다양한 전력용 스위치 및 복합 모듈들이 계속 개발될 것으로 기대된다.

### 1. TRIAC의 선정

본 논문에서는 정격전압 220V 60W 백열전구에 외부에서 강제적으로 열화조건 시스템을 제작하여 250V 전압을 인가하여 트라이액의  $T_2$ 에 직렬연결 인덕턴스  $L_s$ 에 따른 과도전류 특성의 실측파형(waveforms)으로부터 측정값을 구하여  $T_1$  및  $T_2$  스너버(snubber)회로 설계시 데이터를 활용하였다.

반도체 소자인 트라이액의 정격전류 선정 기준은 실제로 흐르는 실효전류  $I_{RMS}$ 의 2배 이상의 정격 전류를 갖는 트라이액 용량을 선정하여야 한다. 예를들어 정격전류가 2[A] 흐른다고 하면, 정격용량이 4[A]~6[A]인 TRIAC을 사용하는 것이 제어 시스템 특성과 반도체 소자를 보호할 수 있다.

반도체 소자인 트라이액을 사용할 용도와 특

징 및 용도의 기준이 정해지면, 열계산에 의해 접합부의 온도( $T_j$ )를 측정하고, 방열판의 크기나 최종적인 사용가부를 검토한다.

### 2. 필라멘트 단락에 따른 과도현상 해석

#### 2.1 과도전류 발생원리

램프의 사용 시간이 증가함에 따라 턴온 및 턴오프 횟수가 많아지므로 필라멘트는 서서히 증발하여 결국에는 필라멘트가 단선되어 수명이 다하게 된다. 이때 단선직전의 상태를 생각해 보자. 필라멘트 산화로 인하여 어느 부분이 정상상태보다 아주 가늘어져서 직경이 감소하게 되므로 전기저항  $R$ 은 직경  $d^2$ 에 반비례하여 증가하게 된다. 따라서 저항이 증가하게 됨으로 급속한 열이 발생하여 열적불평형 상태가 되어 증발이 가속화 된다. 또한 필라멘트가 단선직전에 떨어지면서 아주 작은 공극(air gap)이 생겨 두 전극 사이에 아크발생으로 매우 큰 과도전류가 발생하여 전기에너지가 램프의 필라멘트에서 빛에너지로 소비되지 않고, 열적불평형을 거치면서 정상상태보다 훨씬 큰 과도전류가 제어회로 내부로 유입되어 반도체 소자인 TRIAC을 열화를 초래하거나 결국에는 파괴에 이르게 된다.

### 3. 실험결과 및 검토고찰

전류가 급증하는 과도현상은 비교적 저기압, 단궤인 경우와 상기압, 장궤인 경우로 생각할 수 있는데, 백열전구에서는 전자의 경우에 해당된다.

불꽃방전은 열적불평형 정도와 갭(gap)을 구성하는 전극의 위치, 형태와 재료, 기체 및 전원회로 저항 등의 외부조건에 따라 변화한다.

타운센드(Townsend) 이론에 의하여 불꽃전압  $V_s=p \times d[V]$ 가 된다. 여기서  $p$ 는 기체압력이고  $d$ 는 전극간격이다.

본 논문에서는 정격전압 220[V] 60W 백열전구에 250[V] 전압을 인가하여 외부에서 강제적

으로 열화조건을 만들어, TRIAC의  $T_2$ 에 직렬 연결 리액턴스  $L_S$ 에 따른 과도전류 파형으로부터 측정값을 구하였다. 각 그림의 아래부분에 화살표로 표시된 굵은실선 왼쪽부분은 정상전류를 나타내고 화살표 지점의 굵은 실선이 과도전류 파형이며, 그림의 오른쪽 부분 우측 중앙부분에 표시된 1의 파형은 정상 상태에서 과도전류 진행과정을 나타낸 것이고 A파형은 과도전류를 확대한 파형을 나타낸다.

본 실험에서 부하와  $T_2$ 사이의 리액턴스  $L_S$  용량이 0~100[mH]사이의 과도전류중  $I_{P-P}$ 는 약90.56~97.30[A]이고 과도현상 지속시간은 175.9~251.50[ms]이다.

리액턴스  $L_S$ 가 0[H]일 때  $I_{P-P}$ 는 96.30[A], 과도현상 지속시간은 219~251.50[ms]이다. 따라서 외부리액턴스  $L_S$  용량이 클수록 과도전류 지속시간은 길어져서 반도체 소자인 트라이액 을 열화 또는 파괴시키게 된다. 따라서 표1과 그림에서 보는바와 같이  $L_S$ 가 클수록 과도전류는 약간 감소하며, 과도전류 지속시간도 감소하는 현상이 나타나고 있다. 따라서  $L_S$  값에 따라 서지전압 및 과도전류를 제한하는 효과는 있으나, 트라이액의 내압이나 정격용량을 한단계 상위의 값을 선정하는 것이 효과적이다. 표1은 트라이액의  $T_2$ 에 직렬 연결된 리액턴스  $L_S$  값에 따른 과도전류 측정결과를 나타낸다.

표1. 과도전류 및 시정수

$L_S$ 용량	$I_{P-P}$ (A)	$\tau$ (ms)
0(H)	96.30	219~251.50
50( $\mu$ H)	95.61	246.65
100( $\mu$ H)	93..26	233~237.00
75(mH)	90.56	175.90
100(mH)	92.62	180.38

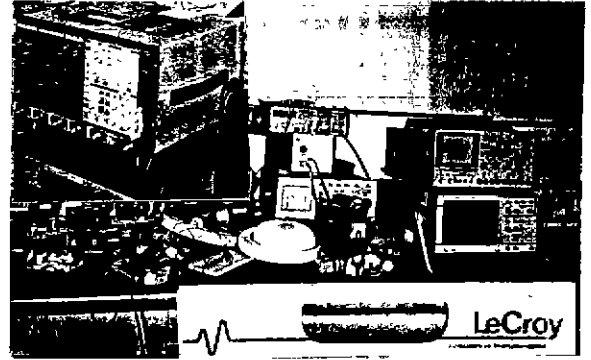


사진 1. 실험장치

Photo. 1. Photograph of experiment device

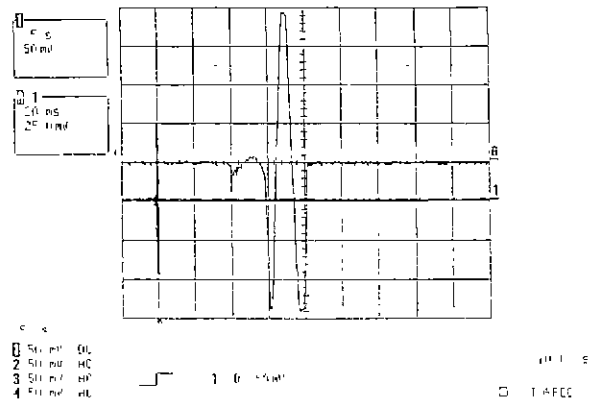


그림 1. 과도전류 특성 실측파형: 0[H]

Fig. 1. Waveforms of transient current characteristics : 0[H]

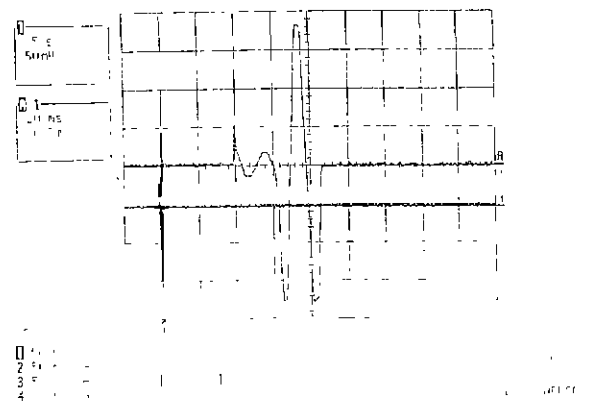


그림 2. 과도전류 특성 실측파형: 75[mH]

Fig. 2. Waveforms of transient current characteristics : 75[mH]

램프의 평균 수명이 1000시간 이상 이므로 측정결과를 얻는데 많은 시간이 소요되어 외부의 열화시스템을 통하여 강제 열화조건을 만들어 측정된 데이터를 평균한 값이다.

### III. 결 론

본 연구에서 220[V] 60[W] 정격의 백열전구에 스위칭용 TRIAC의 과도전류의 실측파형의 데이터로부터 스너버회로를 구성하였고, 리액턴스  $L_s$  값에 따라 과도전류를 측정된 결과 표1과 그림의 데이터로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 트라이악의 정격전압 선정시 220V 이하 라인에서는 700V 이상의 정격품을 사용한다.
2. 정격전류 선정은 실효전류의 2배 이상의 정격을 선정한다.
3. 과도전류 및 서어지전압에 대한 CR스너버회로 채택
  - 1) 스너버회로(snubber circuit)의 캐패시턴스  $C_s$  용량 0.022~0.2[ $\mu$ F]사이의 값을 선정하되 내압을 220V 라인에서는 400~600V를 선정한다.
  - 2) 스너버(snubber) 저항  $R_s$  용량 10~120 [ $\Omega$ ]을 선정하되 220V 라인에서는 2[W] 20~30[ $\Omega$ ]을 선정한다.
- 4 TRIAC의  $T_1$ 과 직렬 리액턴스  $L_s$  값은 75 [mH]를 선정한다.
5. 리액턴스  $L_s$ 값이 0~100[mH]일 때 과도전류  $I_{p-p}$ 는 90.56~97.30[A]이고 과도현상 지속시간은 175.9~251.50[ms]이다. 또한  $L_s$ 가 0[H]일 때  $I_{p-p}$ 는 96.30[A], 과도현상 지속시간은 219~252[ms]이다. 즉,  $L_s$ 가 클수록 과도전류는 약간 감소하며, 과도전류 지속시간은 감소하는 현상이 나타나고 있다. 따라서 향후 신제품 개발에 효과가 기대된다.

### 참 고 문 헌

- 1) Sumio Watanabe and Masahide Yoneyama, "An Ultrasonic Visual Sensor for Three-Dimensional Object Recognition using Network", IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 8, No.2, pp.240~249, April 1992.
- 2) J.K.Ham, S.Y.Lee, S.H.Baek, K.Y.Lee, "A Transient Modeling of a Fluorescent Lamp at Start-Up Time", ICPE '95.PP. 586~590, October 10~14, 1995.
- 3) VJ Francis, "Fundamentals of Discharge Tube Circuit", Methersul and Co. L.T.D., London, 1948.
- 4) C.R.Sullivan and A.C. Drescher, "Influence of on-time and use frequency on cost effectiveness of compact fluorescent lamps", IEEE-IAS Annual Meeting, pp.2283~2290, 1993.
- 5) Lowke, J.J., Zollweg, R.J., "Theoretical prediction of ac characteristics of mercury arc lamps", Journal of IES, PP. 253~259, July 1975.
- 7) 김상우, 이대근, "신경회로망과 초음파센스를 이용한 병행주차 시스템", 95한국자동제어 학술회의 논문집, 제1권, pp. 386~389, 1995년 10월
- 8) 김광우, "인텔리전트 빌딩의 BA", 전기학회지, 제43권 10호, pp.36~49, 1994년 10월.
- 9) W. S. N. Trimmer and K.J.Garbnel, "Design Considerations for a Practical Electrostatic Micromotor", Sensors and Actuators, 11, pp.189~206, 1987.