

## 형광램프의 점멸동작을 위한 스위칭 제어회로의 개발

송상빈<sup>o</sup> · 정영훈 · 박재영 · 여인선  
전남대학교 공과대학 전기공학과

### Development of switching control circuit for blinking operation of fluorescent lamps

Sang-Bin Song · Young-Hoon Jeong · Jae-Young Gwark · In-Seon Yeo  
Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University

**Abstract** - A Switching control circuit based on a micro-controller is developed for blinking operation of fluorescent lamps, which would be suitable for use in the advertising panel. Ten modes of blinking patterns are implanted within the EEPROM. The developed circuit can handle up to 128 fluorescent lamps of 20-40W range, and the lamp life is expected to go beyond 3000 hours.

#### 1. 서 론

대부분의 대형 및 소형 광고판에는 가격이 비싸고 효율이 낮으며 아아크가 발생하는 네온관이나 냉음극 형광관을 주로 사용하고 있다. 이에 따라 기존 네온관보다 전력량 소비를 30(%) 이상 줄일 수 있고 미적효과를 극대화할 수 있으며, 가격이 저렴한 열음극 형광램프를 사용할 필요성이 부각되고 있다.<sup>(1)(2)</sup> 그러나 광고판용으로 기존의 구동회로를 사용한 형광램프는 충분한 램프수명을 보장할 수 없고 다양한 네온사인 패턴을 구현할 수 없는 단점을 가지고 있으며, 이를 실현하기 위해서는 복잡한 회로를 구성해야하는 단점이 있다.

이 논문에서는 일반 자기식 안정기로 형광램프를 예열 점등할 경우 수명을 길게 할 수 있음에 착안하여, 일반 조명용 형광램프로 널리 사용되고 있는 열음극 형광램프의 점멸동작을 최적조건으로 구동할 수 있는 스위칭 제어회로를 개발하였다. 또한 이 회로는 직관형 20(W), 40(W) 열음극 형광램프를 100등 이상 점멸제어할 수 있으며, 이러한 점멸동작을 10가지 이상의 점등패턴으로 구현할 수 있도록 하였다. 그리고 이러한 점등패턴에 대하여 형광램프의 수명이 약 3,000시간 이상의 수명을 보장할 수 있도록 하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 점멸동작을 수행하는 전자식 스타터

###### 2.1.1 기본적인 전자식 스타터의 구조

예열시동 특성을 이용한 전자식 스타터는 반도체 스위칭 소자를 사용하여 스위칭 소자의 ON/OFF 동작으로 충분한 예열동작 및 단발시동펄스 전압을 공급한다.<sup>(3)</sup>

그림 1은 전자식 스타터의 기본 구조를 표현한 것으로서, 회로구성은 정류회로, 스위칭회로, 타이머회로, 재점화 및 보호회로로 이루어져 있다. 근래에는 스위칭 소자로서 MOSFET를 주로 사용하고 있으며, 타이머회로는 저항과 캐패시터로 구성된 간단한 시정수 회로이다. 이 시정수 회로의 캐패시터의 충전시간을 이용하여 충분한 예열시간을 설정하고, 예열전류의 피크점에서 순간적으로 스위칭 소자를 OFF시켜 자기식 안정기에 의한 높은 시동펄스 전압을 형광램프에 공급한다. 또한 저온시나 램프 이상 상태로 인하여 램프가 일발점등을 실패할 경우에 지속적인 시동펄스 전압을 공급하는 재점

화 회로와 재점화회로의 동작에 따라 스위칭 소자의 과열을 방지하기 위한 보호회로가 있다.<sup>(4)</sup>

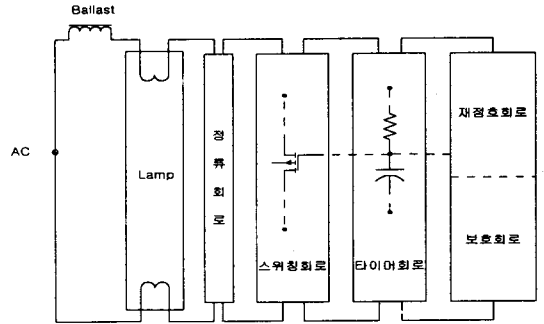


그림 1. 전자식 스타터에 의한 예열시동회로

**2.1.2 점멸동작을 위한 전자식 스타터의 고려사항**  
일반적인 예열시동형 전자식 스타터를 사용하여 형광램프를 점멸제어할 경우에 여러 가지 문제점이 발생하게 되는데, 이를 해결하기 위하여 다음과 같은 특성을 갖는 특별한 전자식 스타터의 회로를 구성해야 한다.

- (1) 상용 주파수(60[Hz])와 입력전압(220[V])에 동작하고 상용 직관형 형광램프(20[W], 40[W])의 종류에 관계없이 동작하여야 한다.
- (2) 스위칭 제어회로의 램프 ON/OFF 신호에 의한 스타터회로의 정확한 동작에 의한 형광램프의 점멸이 이루어져야 한다.
- (3) 저온시나 램프 점등 실패시, 또는 부족한 예열시간 발생 시 높은 시동펄스 전압을 발생시켜야 하고, 필요하다면 지속적인 펄스전압의 공급으로 램프가 정확히 점등되어야 한다.
- (4) 잦은 점멸 동작에도 충분한 램프 수명이 보장되어야 하며 스위칭 소자나 회로소자의 과열이 일어나지 않아야 한다.

###### 2.1.3 개발된 전자식 스타터의 특성

그림 2에서 보이는 것처럼, 개발된 전자식 스타터는 입력전원제어부(A), 전파정류부(B), 스위칭부(C), 예열제어부(D)로 나눌 수 있다. 다음은 각 부분에 대한 내용을 간단히 설명하겠다.

- (1) 입력전원제어부(A) : 3단자 교류스위치 TRIAC을 사용하여 램프에 입력 교류전원을 공급하거나 제거한다.
- (2) 전파정류부(B) : 정류회로는 계속적인 점멸동작에서도 안정적인 스위칭 소자의 동작 특성을 나타낼 수 있도록 하기 위해서 1[A]이내의 예열전류를 공급할 수 있는 전파정류회로를 사용하였다.
- (3) 스위칭부(C) : 필라멘트에 예열전류를 공급하고 높은 시동펄스 전압을 공급할 수 있을 뿐만 아니라, 잦은 점멸동작에 의한 계속적인 높은 예열전류에 충분히 견딜 수 있는 IRF830을 사용하였다. 또한 캐패시터(C<sub>1</sub>)을

첨가하여 스위칭 소자의 초기 동작시 안정기에 의한 순간적인 피크성 전류를 억제하여 램프의 필라멘트 수명을 보장되도록 하였다.

(4) 예열제어부(D) : 순간적으로 필라멘트 예열전류의 피크시간에서 SCR의 게이트전류가  $I_{GT}$ 에 도달됨으로서 램프에 높은 펄스전압이 공급되고, 램프 점등중에는 SCR이 계속적으로 동작할 수 있도록 SCR의 게이트 전류를 공급하는 역할을 한다. 특히 개발된 전자식 스타터는 서로 다른 특성을 갖는 트랜지스터  $Q_2$ 와  $Q_3$ 의 시퀀스적인 연결에 의한 동작과 이에 대한 전류이득특성을 이용하여, 예열전류의 피크점에서 SCR의 게이트 도통전류 이상으로 공급함으로써 스위칭 소자를 동작시킨다. 또한 제너다이오드  $ZD_1$ 과 다이오드  $D_6$ 을 삽입하여 공급되는 전압이 높은 전압 상태에서 게이트에 전류가 흐르도록 함으로써 SCR의 도통 시간이 짧아지고 램프에 충분한 시동펄스 전압이 발생되도록 하였다. 그리고 트랜지스터  $Q_3$ 의 베이스에 저항  $R_4$ 와 캐패시터  $C_2$ 를 삽입하여 저온시나 램프이상상태에서 나타나는 단발펄스전압에 의한 램프 점등 실패를 보상하였다. 이는 점등실패시 전자식 스타터에 전원전압이 그대로 인가되어 커패시터  $C_2$ 에 충분한 충전전 전류가 공급됨으로써 트랜지스터  $Q_3$ 를 반주기마다 동작시켜 램프에 계속적인 펄스전압을 공급한다.

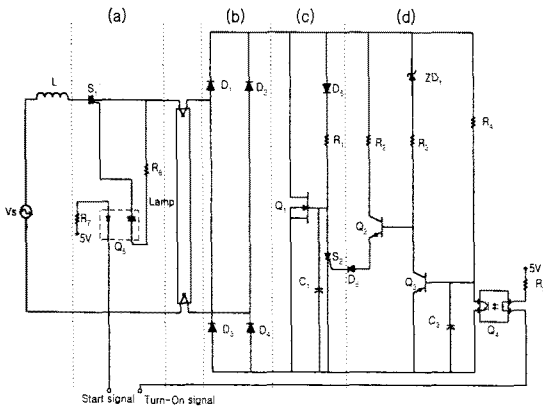


그림 2. 개발된 전자식 스타터의 회로도

## 2.2 점멸동작을 위한 제어회로의 설계

네온사인용 형광램프의 점멸동작은 다수의 형광램프를 설정된 ON/OFF시간에 정확하게 제어하기 위해서 전자식 스타터에 대한 제어회로가 필요하다. 개발된 제어회로는 마이크로컨트롤러(AT89C52)를 사용하여 간단하게 구성할 수 있도록 하였으며, 이러한 마이크로컨트롤러는 형광램프의 예열시간과 ON/OFF 시간을 제어한다. 램프의 ON/OFF동작은 전자식 스타터의 포토트라이악을 통한 스타트신호에 의해 동작되며, 이 신호는 초기 필라멘트 예열동작을 나타낸다. 그리고 예열시간은 형광램프를 점등시키기 위해 시동 펄스전압을 발생시키는 점등(Turn-On)신호에 의해 제어된다.

### 2.2.1 하드웨어의 구조

제어회로는 1개의 마이크로컨트롤러 AT89C52, 2개의 디코더 74LS154, 32개의 D-type 플립플롭 74LS574와 인버터 ULN2803으로 구성되어 있으며, 그림 3은 이러한 제어회로의 하드웨어 구성을 블록다이어그램으로 나타낸 그림이다. 사용된 마이크로컨트롤러 AT89C52는 8k바이트의 ROM과 256×8비트의 RAM이 내장되어 있어서, 약 128개의 램프를 제어하는 데 외부 ROM이나 RAM이 필요하지 않게 되어 제어회로를 간단하게 구성할 수 있다.

AT89C52의 P0 포트출력(데이터신호)은 래치 특성을 갖은 모든 74LS574의 입력핀과 연결되어 있고, 선택된 74LS574는 새로운 Data를 읽어들이 출력하게 되어 있어 새로운 Data가 들어오기 전까지 기다린다. 또한 이렇게 출력된 Data는 인버터 UNL2803에 연결되어 전자식 스타터의 포토 트라이악과 포토 커플러를 제어한다. 즉 한 램프당 2개의 제어신호(스타트신호, 점등신호)가 나오기 때문에 한 74LS574의 출력에 4개의 램프가 제어된다.

AT89C52의 P2 포트의 4비트 출력(어드레스신호)과 2개의 선택 신호가 디코더인 2개의 디코더 74LS154에 입력된다. 이러한 2개의 선택신호는 2개의 디코더를 선택적으로 동작시키고, 선택된 디코더는 입력된 4비트 어드레스신호를 16비트로 디코딩하여 16개의 74LS574를 제어하게 된다. 따라서 총 32개의 74LS574를 제어하고, 이 74LS574는 각각 4개의 램프를 제어하게 됨으로서 전부 128개의 램프를 제어할 수 있는 제어회로를 구성하였다. 또한 플립플롭의 전류출력은 포토커플러와 포토트라이악을 안정적으로 동작시키지 못하기 때문에, 인버터 ULN2803을 사용하여 일정한 전류가 포토커플러와 포토트라이악에 공급되어 안정적인 제어가 가능하도록 하였다.

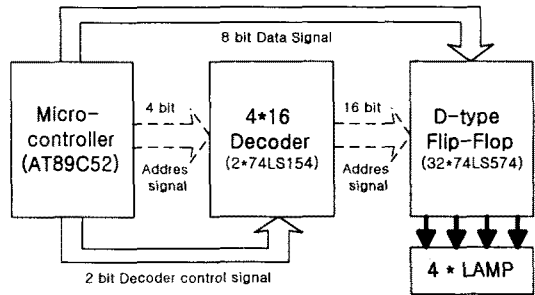


그림 3. 제어회로의 하드웨어에 대한 블록다이어그램

### 2.2.2 소프트웨어 프로그램

먼저 마이크로컨트롤러의 내부 타이머 인터럽트(약 1[ms])를 이용하여 기본 시간주기를 100[ms]로 설정하였는데, 이는 램프의 점멸동작시 냉음극 시동으로부터 필라멘트를 보호할 수 있는 최소 예열시간이 약 100[ms] 필요하기 때문이다. 그리고 점등패턴을 구성하기 위하여 여러 가지 적절한 함수의 프로그램을 구성하였으며, 이 함수는 32개의 74LS574를 선택하고 제어하는 함수와 데이터 신호의 내용을 변경하고 저장하는 함수, 점멸동작을 하기 전에 램프의 필라멘트를 충분히 예열하기 위한 전체 램프 ON/OFF제어 함수(예열시간과 점등시간을 충분히 길게함) 등이 있다. 따라서 이러한 함수를 이용하여 128개의 램프에 대한 점등패턴을 제어할 수 있는 Main 프로그램을 구성할 수 있었다. 그림 4는 이러한 프로그램의 알고리즘을 나타내고 있다.

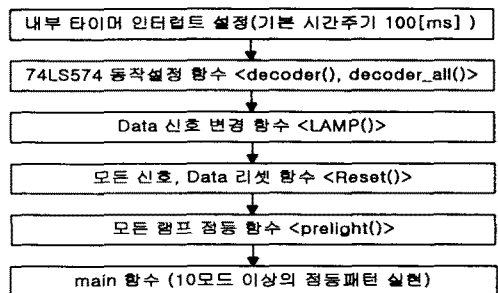


그림 4. 프로그램 알고리즘

### 2.3 실험결과

이 논문에서는 128개의 형광램프를 제어할 수 있는 제어회로를 구성하였으며, 이 제어회로의 출력신호는 실험실 여건상 구동대상 램프의 수를 축소하여 총 32개의 형광램프를 점멸시킬 수 있는 32개의 전자식 스타터와 연결되고 나머지 출력신호는 LED와 연결하여 구성하였다. 이와같이 구성된 스위칭 제어회로로 형광램프와 LED를 구동시켜 형광램프의 특성 시험과 점멸패턴 시험을 수행하였다.

#### 2.3.1 시동특성 및 재점호특성

그림 5는 제어회로의 74LS574의 점등신호에 따른 램프전류 및 전압의 시동특성을 보이고 있다. 여기서 제어회로의 점등신호에 의해 램프 예열전류의 피크값에서 램프가 점등됨을 알 수 있었고 발생하는 시동펄스 전압이 약 600[V]이상으로 발생됨으로서 램프가 단발점등됨을 알 수 있었다. 그리고 충분히 램프가 식은 후에는 약 700[ms]의 예열시간에서 램프가 단발 점등됨을 알 수 있었고, 어느 정도 램프가 동작한 후 필라멘트의 온도가 상승된 경우에는 100[ms]에서도 단발점등이 가능하였다.

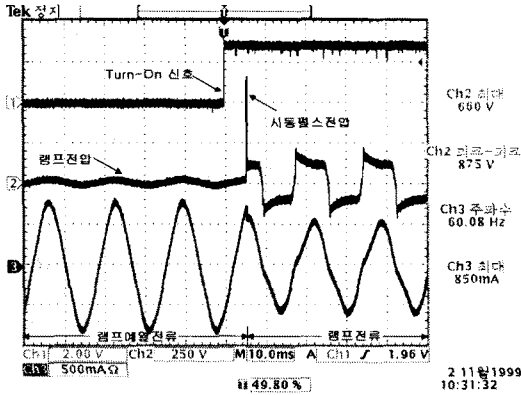


그림 5. 제어회로의 신호에 의한 시동펄스전압

또한 그림 6에서는 예열동작 후 시동 펄스전압이 발생되어도 램프가 점등되지 않을 경우에, 재점호 펄스전압이 매주기마다 펄스전압이 발생하는 것을 나타내고 있다. 여기서 펄스전압은 전원전압의 피크점에서 발생됨을 알 수 있고, 이 동작은 램프가 점등될 때까지 계속적으로 발생하게 된다.

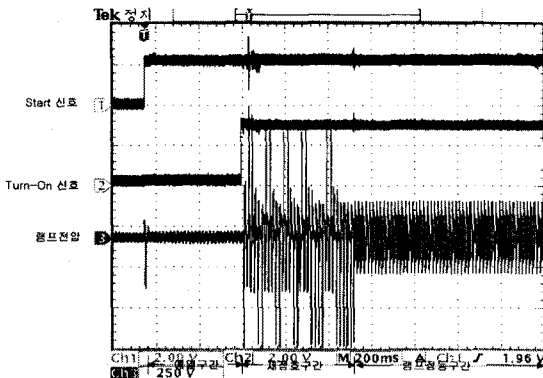


그림 6. 점등 실패시 발생하는 재점호전압

#### 2.3.2 점멸특성 및 패턴

최소 점멸주파수 5[Hz](예열 및 점등주기 100[ms])

로 형광램프를 점멸시켰을 경우, 초기 점멸시에는 적은 예열전류에 의해 단발 펄스전압에 점등이 안되더라도 계속적인 시동 펄스전압을 공급하여 램프가 점등되고 어느 정도 필라멘트가 예열된 후부터는 점등실패 없이 단발점등이 가능하였다. 그리고 이러한 최악의 조건에서도 램프는 약 4,000~6,000시간 동안 단발펄스전압에 의한 안정적인 점멸동작을 하였으며, 그 후는 계속적인 펄스전압에 의해 동작되는 양호한 특성을 나타내었다. 또한 예열전류의 피크치가 약 1[A]정도로 안정기에 공급됨으로써 계속적인 점멸동작(5[Hz])에서도 안정기의 온도가 약 60~80[°C]정도로서 매우 안정적인 동작을 하였다.

그리고 스위칭 제어장치에 의해 32개의 형광램프를 10가지 네온사인 모드로 동작시킨 결과, 일반조명용 형광램프가 네온사인의 효과를 충분히 나타낼 수 있음을 확인할 수 있었고, 각각의 모드에 있어서 램프의 점멸이 용이함을 확인하였다.

## 3. 결 론

기존의 네온사인에 의한 광고판 조명에 있어서, 네온관보다 전력량의 소비를 30[%]이상 줄일 수 있고 미적 효과를 극대화할 수 있는 형광램프를 사용하기 위한 스위칭 제어회로를 연구한 결과, 다음과 같은 특성을 갖는 20[W] 및 40[W] 형광램프용 점멸용 스위칭 제어회로를 개발하였다.

- (1) 스위칭 제어회로에 의한 점등신호에 따라 시동 펄스전압의 발생 시점을 TR의 시퀀스 동작과 다이오드의 특성에 의해 형광램프의 예열전류의 피크점에서 이루어지도록 함으로써 단발 펄스전압에 의한 점등이 가능하였다.
- (2) 빠른 재점호 시동전압을 발생시킴으로써 예열시간 100[ms]와 같은 짧은 예열전류 구간에서도 시동 및 점멸이 용이하였으며, 연속 점멸(5[Hz])동작 시 스위칭 소자와 안정기의 과열없이 3,000시간 이상의 램프 수명을 보장할 수 있었다.
- (3) 저렴한 가격으로 마이크로컨트롤러에 의한 스위칭 제어회로를 구성하여 100개 이상의 형광램프가 제어되고, 사용자 요구에 따라 점등패턴이 10가지 이상인 다양한 네온사인 기능을 보유하는 형광램프용 스위칭 제어회로를 개발하였다.
- (4) 개발된 스위칭 제어회로를 이용하여 형광램프를 점멸동작시킴으로써 네온사인용, 디스플레이용, 특수한 목적으로 사용하는 비상등이나 점멸등용, 특수조명용(무대조명, 장치조명 등)에 사용하여, 비교적 효율이 높은 형광램프를 더욱 더 많은 장소에 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] M. Gyoten, K. Ito and N. Yoshikawa, "Development of an electronic starter for fluorescent lamps," J. of IES, Vol. 24, No. 2, Summer 1995, pp.86-90.
- [2] D. J. Martin, "Electronic Starter for Discharge Lamps," UK Patent GB 2201307A, Aug. 1988.
- [3] I. S. Yeo, J. Y. Gwark, and Y. C. Jung, "Development of an electronic starter for fluorescent lamps with optimum filament preheating by FET switching," Conference Proceedings of the 3rd Lux Pacifica '97, Nagoya, Japan, 1997, pp.B120-B124.
- [4] D. H. Lee, S. B. Song, and I. S. Yeo, "Development of an electronic starter using a half-wave rectifier for fluorescent lamps," Proceedings of KIEE Summer Annual Conference 98, Kyungju, Korea, 1998, pp.2088-2090.