

## 32Watt 형광등용 3단자 반도체 스타터의 개발 및 특성

박종연\* · 지광현\*\* · 김은광\*\*\*

### Development and Characteristics of an Electronic Starter with Three Terminals for 32Watt Fluorescent Lamps

Park, Chong-Yeon\* · Jee, Kwang-Hyeon\*\* · Kim, Un-Kwang\*\*\*

#### ABSTRACT

Various types of electronic starter have been developed for the general fluorescent lamps with magnetic-type ballasts. However, the FL032/T8 fluorescent lamp requires higher voltage to discharge the lamp. The general starter with two-terminal is not suitable for the FL032/T8 slim-line type fluorescent for its higher discharge voltage. The suitable starter with three terminals have been studied for the FL032/T8 lamp in this paper. The developed starter have better characteristics in view points of the discharge voltage magnitude. We have proposed and designed the three terminals electronic starter. The proposed starter have been experimented and compaired with the other 2-terminal general starters. By the experimental results, we have concluded that the proposed starter is suitable to the FL032/T8 lamp.

#### 1. 서론

형광등용 자기식 안정기에 사용하고 있는 기존의 글로우 스타터의 결점인 시동특성, 수명, 형광등의 수명감소 및 고압방전의 한계로 인하여 점등 불안상태를 해결하기 위해서 반도체 스타터의 연구가 활발히 이루어지고 있다[1][2]. 본 논문에서는 글로우 스타터로는 점등이 불안하며 에너지의 효율이 높아 향후 보급이 예상되는 32watt용 슬림라인형 형광등에 (FL032/T8) 적합한 3단자 반도체 스타터를 개발하였다. 기존의 반도체 스타터를 유형별로 나누어서 각각의 특성을 검토하고 동시에 실험하여 측정결과를 비교하였다. 전기적인 특성이라함은 스타터가 가지고 있는 예열 전류실험, 방전펄스실험, 점등실험을 말한다.

측정결과를 통해서 기존의 반도체스타터의 전기적인 특성을 검토하여 개발한 3단자 반도체 스타터의 우수성을 입증하고자한다.

#### 2. 개발회로의 동작원리 및 회로정수의 결정

##### 2.1 회로의 구성

기존의 반도체 스타터는 보통 2단자형으로[2][3] 구성되며 32watt용 FL032/T8 형광등을 점등시키기 위한 방전전압으로는 작은 결함이 있다. 따라서 방전펄스의 크기 조절을 적합하게 하기 위해서 Fig.1과 같은 회로를 구성하였다. Fig.1의 회로는 예열 및 방전을 주기적으로 반복하여 형광등의 점등조건이 만족되면 높은 방전펄스가 발생되어 32watt용 슬림라인형 형광등은 점등하게 된다. Fig.1에서 L은 안정기이고 R은 형광등의 필라멘트 저항을 나타낸다.

\* 강원대학교 전기공학과 교수

\*\* 강원대학교 대학원 전기공학과 석사과정

\*\*\* 강원대학교 산업대학원 전기공학과 석사과정

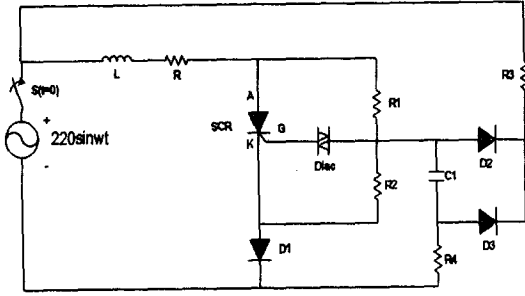


Fig.1 The Circuit of Eletronic starter with three-terminals

## 2.2 3단자 반도체 스타터의 동작설명

Fig.1의 3단자 반도체 스타터의 동작설명은 Fig.2의 시간에 대한 전압 및 전류의 파형에서 일점쇄선은 입력전압이고 이점쇄선은 예열전류를 나타내고 있으며 실선은 스타터의 방전펄스 전압이다.

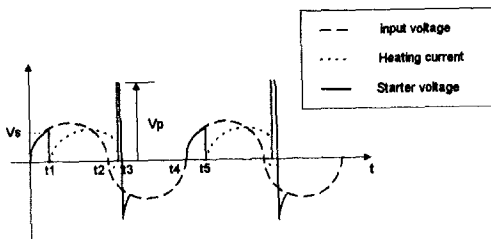


Fig.2 Wave form of An electronic starter with three-terminals

Fig.1의 회로에 관한 동작을 Fig.2를 이용하여 설명하면 다음과 같다.

- (1)  $t=0$  시각에서 스위치(s)가 닫히면 전원전압이 스타터의 양단에 인가되어진다. 이 전압은 R1, R2, C1 으로 구성되는 게이트 트리거 회로로써 분압되고 Sensitive gate SCR 의 게이트 단자에 인가되어진다.
- (2) 전원전압이  $V_s$ 가 된 시각  $t_1$ 에서 Diac의  $V_{bo}$ (브레이크 다운전압)를 넘으면 Diac 은 도통 상태가 되고 SCR 게이트 단자에 전류가 흐르면 SCR은 트리거 되고 도통한다. 이때 전류는 전원 → 안정기 → 램프의 음극저항 → 스타터를 통해 전극을 예열 한다.

(3) 예열전류는 안정기의 인덕턴스에 의해 전원전압이 역극성이 되는 시각  $t_2$  이후에도 흘러서 계속 유지된다.

(4)  $t_1 \sim t_2$ 에서 역극성 Diode (D2)은  $t_2$  이후 순방향이 되며 SCR 게이트로부터 증가하는 역전압이 Diac의  $V_{bo}$ 를 넘으면 Diac은 도통되어 전압은 R3에 걸리고 SCR은 개방된다. 이때 SCR을 통해 흐르던 전류는 차단되고 인덕턴스에

$$( V_L = L \frac{di}{dt} )$$

의해 높은 방전전압 펄스를 얻는다.

(5) 방전펄스 전압이후  $t_3 \sim t_5$  까지 스타터는 저지상태이고 램프의 양단전압은 펄스전압에 계속해서 전원전압이 인가되어진다.

(6)  $t_5$  이후 반복동작하고 램프양극이 예열완료되면 램프가 켜지고 이때 램프의 양단에 낮은 전압(형광등의 점등후 걸리는 램프전압으로 대략 135V)이 걸리게 되면 Diac의  $V_{bo}$ 를 넘지 못하므로 SCR은 동작불능 상태가 되어 스타터는 회로에서 차단되어진다.

## 2.3 회로정수의 결정

Fig.1의 회로도를 바탕으로 회로정수를 결정하기 위해 KS규격집 FL032/T8 램프특성[4]를 이용하였으며 요약하면 다음에 오는 table.1과 같다.

Table.1 Characteristics of FL032/T8 Lamp

주요램프특성	정격
입력전압	220V / 60Hz
예열전류	0.45 ~ 0.65 (A)
정상전류	0.265 (A)
점등시 형광등전압	137 (V)
형광등의 소비전력	32 (W)

Table.1에 의하여 회로정수는 다음과 같이 결정할 수 있다.

- (1) SCR은 높은 방전전압에 파괴되지 않는 것으로 대략 내압이 600V 이상이며 Sensitive SCR을 사용하는 것이 좋다. SCR의 애노드, 캐소드간에 흐르는 전류는 1A 이상 흐를수 있어야만 한다.
- (2) Diac은 트리거 다이오드로 Vbo가 35V 인 것을 선택하였다.
- (3) Diode는 높은 내압에서 견딜수 있는 것을 선택하였다.
- (4) 각 소자의 값의 결정은 다음과 같다.

a) R1 : 스타터의 동작으로 형광등이 점등 되면 형광등의 양단에 137V가 걸리게 되고 이 전압에 의해 스타터에 흐르는 전류는 최대 1mA 이하가 되어야 한다. 따라서 식(1)에 의해 R1을 결정 할수 있다.

$$i = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (1)$$

따라서  $0.001 \leq \frac{137}{R1}$  이므로  $R1 \geq 137 (K\Omega)$ 으로 결정된다.

b) R2 : 전원전압이 스타터에 인가되었을 경우 Diac의 Vbo(35V) 이상의 전압이 걸리도록 R1과 R2의 값을 정하고 램프의 점등시 137V의 전압이 스타터에 걸리면 Diac의 Vbo를 넘지 못하도록 R1과 R2의 값을 정한다. 따라서 R1의 값을 대략 200k $\Omega$ 으로 정하면 R2의 범위는 식(2)와 같이 된다.

$$\frac{R2}{R1 + R2} \times 220 \geq 35V$$

$$\frac{R2}{R1 + R2} \times 137 \leq 30V \dots\dots\dots (2)$$

식(2)에서 R2의 범위는  $37.837 \leq R2 \leq 56.074 (k\Omega)$ 으로 결정된다.

c) C1 및 R4 : R2 << R4를 만족하고 시정수 C1, R4가 반주기 1/3 정도로 되

도록 C1, R4의 값을 선정한다. 이때 Vs(SCR의 ON 상태의 순간 입력전압)가 정상점등시 아크전압과 반파방전의 재점호전압 190V의 사이값이 되도록 식(3)과 같이 정한다.

$$\tau = \frac{1}{2f} \times \frac{1}{3} = 0.00277 \text{ (sec)} \dots\dots(3)$$

R4는 형광등의 정상동작시 스타터에 흐르는 전류가 1mA 이하가 되도록 정해야 한다. R1과 같은 값을 정하면 된다. 따라서 식(4)와 같이 결정된다.

$$\tau = R4C1 = 0.00277$$

$$= 200 \times 10^3 \times C1 \dots\dots\dots (4)$$

따라서 C1= 0.013 uF 이다.

d) R3 : SCR의 게이트에 역전압이 걸리면 R3를 통해 게이트에 역전류가 흐르게 된다. 이때 R3값에 의해 SCR의 차단전류를 조절하게 되며 스타터의 방전 전압 관계식은 식(5)와 같다.

$$I_{cut} = \frac{V1c}{R3} Goff \dots\dots\dots (5)$$

식(5)에서 Goff는 게이트 턴오프이득이고 V1c는 차단동작시 전원전압이며 Icut는 차단전류의 양이다.

예로써 차단전류가 0.1 (A) 이고 그때의 전원전압이 270Vp 이고 게이트 턴오프게인이 1.25라면 식(6)과 같이 구할수 있다.

$$R3 = \frac{V1c \times Goff}{Icut}$$

$$= \frac{270 \times 1.25}{0.1} = 3.3 k\Omega \dots\dots (6)$$

이상으로 Fig.1의 회로도에서 실제로 사용된 부품명과 정격을 Table.2에 요약하였다.

Table.2 Values of elements an electronic starter with three terminals

소자명	부품명	정격	비고
SCR	T106D1	500V, 1A	
	EC103M	600V, 0.8A	
Diac	DB-4	35V	Vbo의 값
Diode	1N4007	1000V	역방향내압
R	R1, R4	200k $\Omega$	
	R3	3k $\Omega$	0.5watt
	R2	47k $\Omega$	
C1	0.01 $\mu$ F	640V	

### 3. 기존의 반도체 스타터의 유형분류와 특성검토

#### 3.1 기존 반도체 스타터의 유형분류

본 논문에서 반도체 스타터를 두가지 유형으로 분류했으며 기준은 방전펄스의 발생횟수에 의해 구분했고 반도체 스타터의 회로도도 참고 문헌 [5][6]을 인용했으며 회로정수는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 구했다. 방전펄스의 발생횟수로 분류한 결과 다음의 두가지로 나눌수 있었다. 첫째로 단발 방전펄스 발생회로이고 두 번째는 반복방전 펄스 발생 회로이다. 이 두가지의 회로는 일반적인 2단자회로이며 구성은 아래와 같이 했다.

#### 3.2 단발 방전펄스 발생회로

Fig.3은 단발방전펄스 발생회로[5]의 일반적인 경우로 이회로의 동작원리와 특성은 다음과 같다.

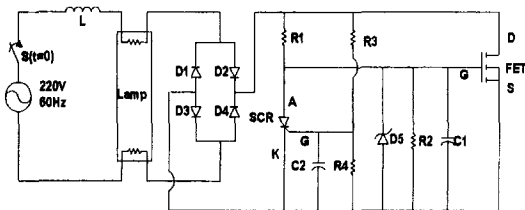


Fig.3 Curcuit of One ignition pusle generation

- (1) 동작원리 : Fig.3에서 전원전압이 스타터의 양단에 인가되면 R1, R2, C1에 의해서 전압이 분배되고 R2의 전압이 FET의

$V_{G_{STH}}$  (FET을 단락 시킬수 있는 게이트 단자의 최소전압)에 도달하면 FET의 드레인, 소스간 채널이 형성되어 예열전류는 전원→ 안정기→ 램프의 음극저항→ FET의 드레인 소스→ 전원의 경로를 통해 흐르게 된다. 또한 R3, C2, R4에 의해서 시정수( $\tau$ )가 결정되며 이 시정수( $\tau$ )에 의해서 예열전류의 시간이 결정된다.

시정수( $\tau$ )가 지나면 R4의 전압에 의해 SCR 게이트단자에 전류가 흐르게 되면 SCR은 턴온되고 동시에 FET 게이트 단자는 영전위로 묶이고 FET의 드레인 소스간에 형성된 채널을 사라지며 채널을 통해 흐르던 예열전류는 순간 차단된다. 이때 안정기의 인덕션키 전압이 발생되며 형광등은 점등하게 된다. 한번의 방전펄스가 발생하면 SCR은 온상태를 유지하므로 더 이상의 어떠한 스타터의 동작은 없게 되고 완전 개방 상태가 된다.

- (2) 회로의 특징 : 단발방전펄스발생 반도체 스타터 회로의 특징은 형광등의 점등후 스타터회로가 형광등과 완전히 개방되는 것이 장점이며 충분한 예열시간을 가질수 있으며 소프트 스타팅에 의한 형광등의 수명연장에 도움을 준다. 그러나 주위의 온도나 습도 및 전압에 의해 형광등의 점등에 어려운 조건하에서 한번의 방전 펄스의 의해 형광등이 점등되지 않으면 더 이상의 점등을 위한 방전펄스가 발생되지 않으므로 큰 결점을 가지고 있다. 이것은 실용화에 커다란 장애요소로 작용하게 된다.

#### 3.3 방전펄스 반복발생회로

Fig.4는 방전펄스반복발생회로[6]의 일반적인 경우로 이회로의 동작원리와 특성은 다음과 같다.

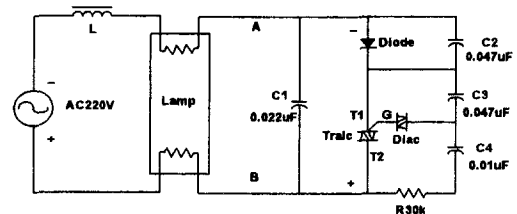


Fig.4 Curcuit of repeating ignition generation

(1) 동작원리 : 전원전압이 “+” 로 인가 되었을 경우 Diode를 통해서 C3, C4, R을 거쳐 미소의 예열전류가 흐른다. 이때 C3에 전압이 충전되어 Diac의 Vbo를 넘으면 Traic의 게이트에 전류가 흐르게 되고 Traic은 단락된다. Traic이 턴온되면 전원→안정기→ 램프의 음극저항→Traic→ 전원을 통해 큰 예열전류가 흐르게 된다.

전원전압이 “-” 로 인가되면 R과 C4에 전압이 걸리고 안정기에 인덕턴스에 의해서 전류는 지속되며 Traic 은 턴오프된다. 이러한 현상은 반복적으로 일어나며 형광등의 필라멘트에 충분한 예열전류가 흐르면 스타터는 방전펄스를 발생하게 되어 형광등은 점등한다.

(2) 회로의 특징 : 반복방전펄스발생회로의 특징은 주위의 영향 (온도나 습도 전압 및 램프의 특성)에 의해서 점등되지 않을 경우 계속적인 방전펄스의 발생으로 형광등을 점등시킬수 있는 장점을 가지고 있다.

그러나 높은 방전펄스의 반복발생으로 스타터회로 및 형광등에 심각한 영향을 미치며 특히 수명말기의 현상에 심각하게 영향을 미친다. 또한 형광등이 점등되었을 경우에도 주기적이 펄스 발생에 우려가 있다. 따라서 스타터가 과열될경우가 있으며 심하면 화재의 위험성을 갖고 있다. 그러므로 실용화에는 큰 어려움을 가지고 있다. 또 한 방전펄스발생의 주기가 짧아서 현재 심각하게 나타나고 있는 전자파 장애현상도 일으킬 우려가 있으며 방전펄스의 크기도 비교적 작아서 32watt용 슬림라인형에서 필요한 높은 방전펄스의 크기를 얻기에는 큰 어려움이 있다.

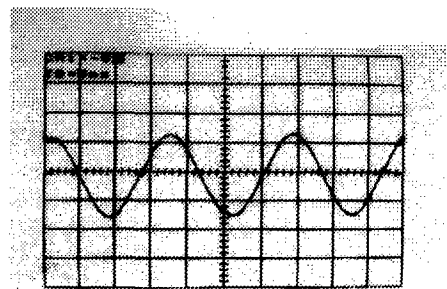
#### 4. 실험결과 및 특성비교

이상에서 언급된 반도체 스타터의 두가지 형태인 단발방전펄스발생 반도체스타터와 반복방전펄스발생 반도체 스타터 그리고 글로우 스타터 및 개발된 3단자 반도체 스타터를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 회로 및 소자의 값을 설정하여 실제로 제작하였으며 제작된 스타터를 축적형 오실로스코프(T-7603)를 이용하여 측정을 하였다. 측정된 분야는 스타터의 특성을 결정지으며 예열전류의 시간, 파형, 크기 그리고 방전펄스의 크기 및 형광등의

점등후 스타터의 분리 상태를 측정하여 비교하였다. 참고로 형광등은 32watt용 슬림라인형(OSRAM社 FL032/T8) 이었고 안정기는 동일한 것을 사용했다 안정기의 인덕턴스의 값은 대략 1.25 [Henry] 이다.

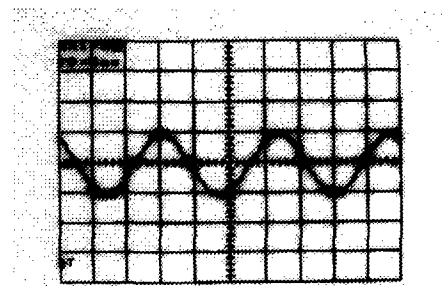
#### 4.1 예열전류의 파형

Fig.5는 각각의 스타터를 제작하여 그결과를 축적형오실로스코프를 통하여 예열전류의 파형을 측정한 결과이다.



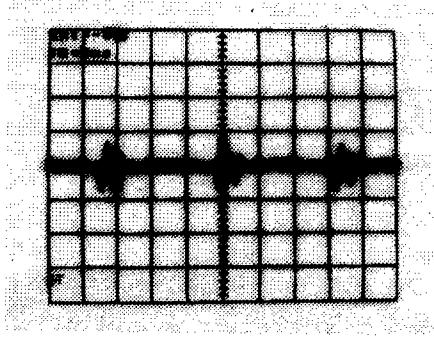
5Volt/Div , 5msec/Div

a) Ignition Glow-Starter



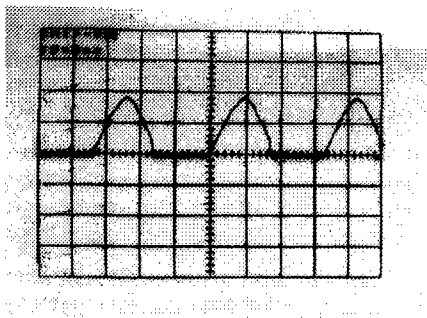
5Volt/Div , 5msec/Div

b) One ignition pulse generation



5Volt/Div , 5msec/Div

c) Repeating ignition pulse generation



5Volt/Div , 5msec/Div

d) Electronic starter with three terminals

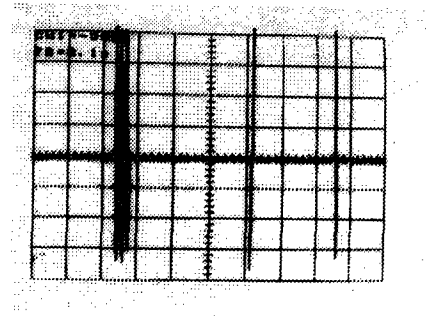
Fig.5 Wave form of Preheating

위의 측정결과로 글로우 스타터의 예열전류파형은 비교적 정현파에 가까우나 주기적으로 찌그러짐이 발생하며 단발방전펄스발생회로의 예열전류는 가장좋은 정현파이다. 그리고 반복방전펄스발생회로의 경우는 예열전류의 파형이 심하게 찌그러져있어서 가장 나쁜특성을 가지고 있다. 개발된 3단자 반도체 스타터의 경우는 반파정류파형이며 약간의 찌그러짐을 나타내고 있다. 이상에서 알수 있듯이 개발된 3단자 스타터의 경우 비교적 양호한 예열전류의 파형을 나타내고 있다.

#### 4.2 방전펄스의 크기

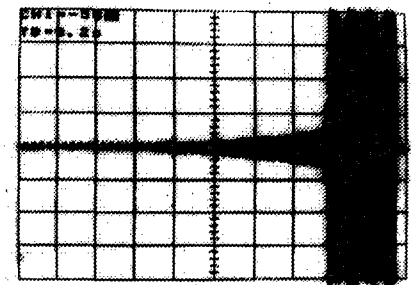
Fig.6 은 각각의 스타터를 제작하여 그결과를 측정형오실로스코프를 통하여 방전펄스의 크기를 측

정한 결과이다.



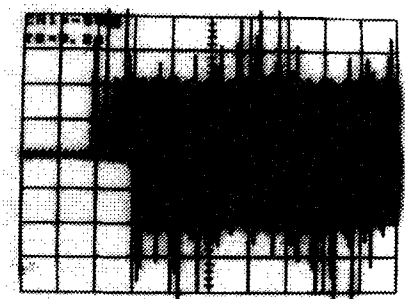
50Volt/Div, 0.1sec/Div

a) Ignition Glow-Starter



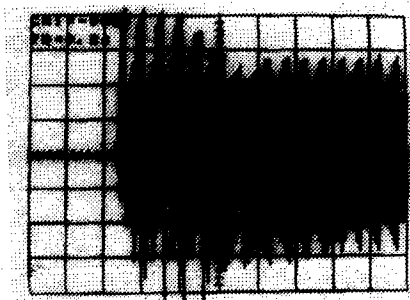
50Volt/Div, 0.2sec/Div

b) One ignition pulse waveform



50Volt/Div, 0.2sec/Div

c) Repeating ignition pulse waveform



50Volt/Div, 0.2sec/Div

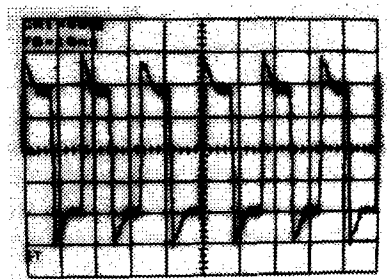
d) Electronic starter with three terminals

Fig.6 Ignition Pulse

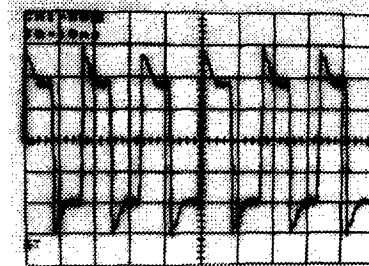
위의 측정결과 Fig.6 a)에서 글로우 스타터의 방전펄스는 주기적인 방전펄스의 발생이 3번정도 일어나며 형광등의 점등상태가 극히 불안하여 32watt용 슬립라인형 형광등에는 적합하지 않다. 그리고 Fig.6 b)에서 단발점등발생회로의 경우 충분한 예열전류와 한번의 방전펄스를 발생하며 형광등은 점등된다. Fig.6 c)에서 반복방전펄스발생회로의 경우 형광등이 점등되기 전까지 지속적인 방전펄스를 발생한다. 형광등이 점등된후에도 방전펄스는 계속적으로 발생하여 회로에 큰 영향미친다. Fig.6 d)의 개발된 3단자 스타터의 경우는 형광등이 점등하기 전까지 방전펄스가 계속적으로 발생하나 형광등이 점등된후에는 더 이상의 방전펄스가 나타나지 않았다 이상에서와 같이 개발된 3단자 스타터는 형광등의 확실한 점등을 발생시킨다.

### 4.3 개방 상태

Fig.7은 각각의 스타터를 제작하여 그결과를 측정형오실로스코프를 통하여 개방상태에서 Fig.1의 SCR의 애노드와 D1 사이를 측정한 결과이다.

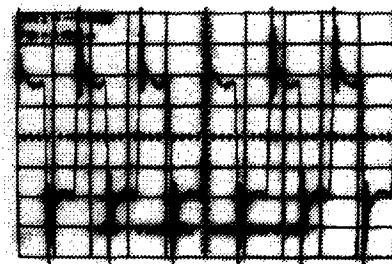


50Volt/Div, 10msec/Div  
a) Ignition Glow-Starter



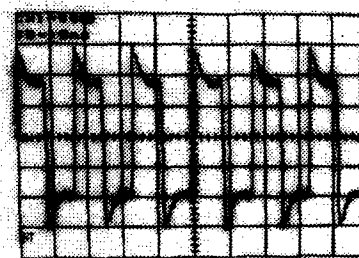
50Volt/Div, 10msec/Div

b) One ignition pulse generation



50Volt/Div, 10msec/Div

c) Repeating ignition pulse generation



50Volt/Div, 10msec/Div

d) Electronic starter with three terminals

Fig.7 Waveform of Open Curcuit

위의 측정결과 Fig.7 a)의 글로우 스타터의 경우에는 양호한 형광등의 점등과형이 나오고 있으나 불규칙적으로 약간의 펄스가 발생되는 경우가 있으며 Fig.7 b)의 반복방전펄스발생회로의 경우에는 형광등이 점등된후에도 펄스가 계속적으로 나타남을 알수 있다 그러나 Fig.7 c)의 단발방전펄스의

경우와 Fig.7 d)의 개발된 3단자 스타터의 경우는 거의 형광등의 점등전압에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 기존의 반도체 스타터를 크게 두 가지로 분류하여 단발방전펄스발생회로와 반복방전펄스발생회로를 실제 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 회로정수를 구하고 제작하여 개발된 3단자 스타터와 비교측정하였다.

측정결과 기존의 반도체스타터는 예열전류 파형의 찌그러짐 또는 점등후 주기적인 방전펄스의 발생등의 문제점이 있는 것으로 나타났으며 이러한 문제점을 해결하기 위해서 개발된 3단자 반도체 스타터의 우수성을 입증하였다. 또한 2단자 스타터의 방전펄스 크기의 제약을 3단자 반도체 스타터를 통해 해결하였으며 형광등의 점등 약조건 즉 온도, 습도, 일정치 않은 입력 전압, 형광램프의 다양한 특성 등에 비교적 강한 스타터임을 실제 제작하여 실험을 통해 증명하였다.

그러나 3단자 스타터는 수명말기에도 주기적인 펄스 발생이 반복적으로 나타나며 향후 이러한 문제점을 극복하기 위해서 형광등의 수명말기를 감지하는 회로를 추가하여 형광등의 수명말기에는 반도체 스타터가 완전하게 끊어지는 회로의 개발이 시급하다. 또한 실험을 통해 반도체 스타터와 적합한 안정기가 필수적이며 이후 안정기와 스타터의 정합이 가장 큰 문제임을 알게 되었다.

향후 이러한 문제에 대해 연구해야하며 이것은 에너지의 절약 차원에서 국가에서 보급하는 32watt용 슬림라인형 형광등의 보급에 앞서 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

1. M. Gyoten, K. Ito, and N. Yoshikawa, "Development of an Electric starter for Fluorescent Lamps," Journal of the Illuminating Engineering Society, pp.86-90, 1995.
2. 日本照明學會, "電子點燈回路의實用化研究調査報告書", 日本照明學會, JIER-009, 1987.
3. 정영춘, 박재영, 여인선, "형광램프용 전자식 스타터의 개발", 1996년도 추계학술발표회논문집, 한국조명. 전기설비학회, pp.49-52, 1996.
4. KS 형광램프 (일반조명용), K S C 7601-1993
5. I.S.Yeo, J.Y.Gwark, Y.C.Jung, "Development of an Electric Starter for Fluorescent Lamps with Optimum Filament Preheating by FET Switching," the 3rd Lux Pacifica '97, Nagoya, Japan, 1997
6. 정영춘, "형광등용 전자식 스타터," 공개번호 95-26318 공개특허공보(A), 대한민국특허청 9월 1995년