

HID 램프용 전자식 안정기의 점화기에 관한 연구

A Study on Ignitors of the Electronic Ballast for HID Lamps

박종연* 정동열**
park, Chong-Yeon* Jung, Dong-Youl**

ABSTRACT

Today there is an ever increasing effort to control high-pressure discharge lamps with electronic ballasts. HID lamps can be ignited by high-voltage pulses and need an ignitor to start them. An ignitor gives high-voltage pulses to HID lamps, which have the type of the arc discharge. Two kinds of ignitor circuits have been analyzed by the P-spice program and we have shown experimental results in this paper. The result of this study seems to be able to help to develop various ignitors.

1. 서론

램프들 중 광도가 높은 램프로 선택되어지는 HID 램프는 요즘 가로등, 보안등, 공항, 항만, 경기장, 주차장, 주유소, 집어등, 군함등과 같이 많은 분야에 이용되고 있는 램프들 중 하나이다. HID 램프는 1930년대에 고압 수은 램프, 1950년대에 메탈할라이드 램프, 1960년대에 고압 나트륨 램프가 각각 실용화 되어 왔다.^[1] 그 동안 고압 수은 램프는 기술적으로 포화되어 현재는 고압 나트륨 램프와 메탈할라이드 램프의 특성 개선이 중점적으로 이루어지고 있다. 모든 HID 램프가 안고 있는 공통문제로는 시동 및 재시동 문제, 소형화에 따르는 광속유지 및 수명 측면의 문제, 실용적인 무전극 방전 램프의 개발 등이다.

백열전구를 제외하고는 전기를 이용한 모든 광원에는 안정기가 사용되는데, 그 주요기능은 광원을 시동하고, 시동후 광원의 특성에 따른 적절한 전류를 흐르게 하고, 역율을 개선 하는 것이라 할 수 있겠다. 이 주요 기능 중 본 논문에서 기술하고자 하는 것은 위에서 언급한 램프를 시동시키기 위한 회로의 비교이다. 종래부터 램프시동을 위한 고압 펄스를 발생시키는 점화기는 안정기안에 부

착되어 왔고 점화기를 내장시킨 램프도 보급이 되었다.

그러나 필요이상의 높은 고압 펄스를 발생시키고 램프가 부점등 되어도 고압펄스를 중지 못하는 약점을 안고 있다.^[1] 본 연구에서 취급한 2종류의 회로를 편의상 점화기-A^[2], 점화기-B^[3]로 명명하였다. 그리고 P-spice에 의한 해석, 회로 소자의 적정값을 통하여 실제 제작 후 실험 한 결과를 보였다.

II. 동작원리 및 회로 정수의 결정

제안 된 회로 중 그림1의 회로를 점화기-A이라 하고, 회로의 구성은 그림1 같다.

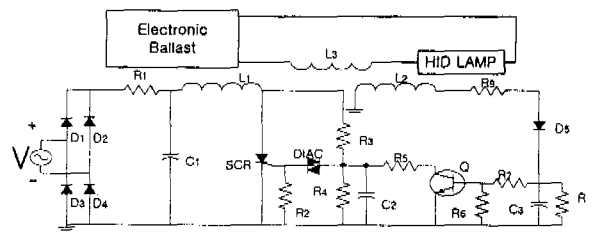


그림1. 점화기-A의 회로

* 강원대학교 전기공학과 교수, 공학박사

** 강원대학교 대학원 전기공학과 석사과정

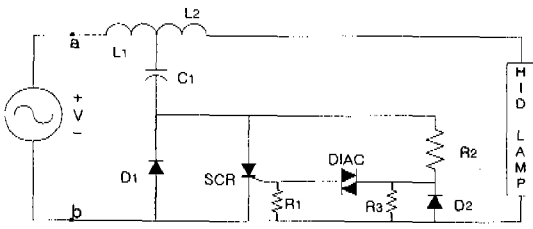


그림2. 점화기-B 회로

제안된 회로 중 그림2의 회로를 점화기-B라고 한다.

II-1 점화기의 동작

1.1 점화기-A의 동작원리

1.1.1 시동

그림1의 회로에 공급된 전압V는 저항 R_1 을 통해 C_1 에 충전되고 C_1 에 충전된 전압이 L_1 을 통해 SCR의 anode에 인가된다. 동시에 R_3 와 R_4 를 통해 분압된 전압이 C_2 에 충전되다가 DIAC을 도통시킬 정도의 전압으로 C_2 에 충전되면 DIAC은 turn-on이 된다.

turn-on된 DIAC을 통해 전류가 SCR의 gate에 흘러들어가 SCR을 turn-on시킨다. SCR의 turn-on에 의해서 C_1 에 충전된 전압이 L_1 과 SCR을 통해 갑작스러운 방전이 이루어지고 이에 L_1 에는 방전펄스가 발생되고 이 방전펄스는 L_3 에 고전압 펄스를 유지시켜 부하측 즉 방전등의 전극 사이에 방전을 시작하게 한다. 다이오드 $D_1 \sim D_4$ 는 AC 전압 V를 전파 정류하기 위한 소자이다.

1.1.2 고압 방전 펄스의 정지

방전등에 고압펄스가 인가되어 방전이 시작되면 인버터회로에 의해 부하에 전류가 흐르기 시작한다. 이 전류는 L_3 에 흐르게 되므로 점화기-A의 L_2 에 기전력을 발생시키게 된다. 이 발생된 기전력은 저항 R_8 과 diode D_1 을 통해 정류되어져 C_3 에 충전이 된다. C_3 에 충전된 전압은 트랜지스터Q의 베이스 단자에 전류를 공급하게 되고 트랜지스터 Q는 turn-on 상태가 된다. 이 때 Q의 콜렉터에 연결되어 있는 저항 R_4 가 C_2 와 병렬로 되어 충전전압이 DIAC을 turn-on하기 위한 전압보다 낮아지게 되므로 SCR은 차단상태가 되어 고

압방전펄스가 정지된다.

1.2 점화기-B의 동작원리

1.2.1 시동

그림2에서 b점의 전위가 a점의 전위보다 높을 때 전류의 흐름은 $D_1 \rightarrow C_1 \rightarrow L_1$ 이 된다. 이 때 C_1 에 전압이 충전 된다. 상기 충전 전압은 SCR의 anode에 인가되며 전압의 극성이 바뀌고 나면 a점의 전위가 b점의 전위 보다 높게되므로 전류의 흐름은 $L_1 \rightarrow C_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3$ 가 된다. 이때 R_3 의 전압이 DIAC을 도통시킬 정도로 커지면 SCR은 turn-on이 되고 그 때의 전류 흐름은 $L_1 \rightarrow C_1 \rightarrow SCR$ 이 된다. 이 때 L_1 에는 방전 펄스가 생기며 이 방전 펄스에 의해 L_2 에 고전압이 유지 되고 lamp는 방전을 시작하게 된다.

1.2.2 방전 펄스의 정지

램프가 방전을 시작하면 램프의 불이 밝아지면서 임피던스가 차차 낮아지게 되고, C_1 과 R_2 를 거쳐 R_3 로 흘러 들어가는 전류가 적어지게 된다. 이 전류가 작아지면 SCR을 turn-on 시키기 위한 R_3 의 전압이 작아지게 되므로 이 때 부터는 방전 펄스가 더 이상 발생되지 않는다.

II-2 점화기 회로 정수

2.1 점화기-A의 회로 정수

2.1.1 R_1 과 C_1

R_1 과 C_1 은 고압 방전 시 높은 전압을 유지 시키기 위해 필요하다. 따라서 SCR이 turn-on 상태가 될 때는 C_1 에 충전된 전압이 클수록 좋다. 그러기 위해선 R_1 과 C_1 에 의한 시정수가 짧아야 한다. C_1 에 걸리는 전압은 최대 313volt까지 이므로 C_1 의 내압은 350V이상 이어야 한다.

2.1.2 R_3 , R_4 과 C_2

이 들 소자는 DIAC을 turn-on 시키기 위한 것이다. 궁극적인 목적은 SCR을 turn-on 시켜 L_1 에 고전압의 펄스를 유지 시키는 것인데 위에서 말한 바와 같이 C_2 에는 DIAC을 turn-on 시키기 위한 전압이 충전되어야 한다. C_2 에 충전되는

전압은 R_3, R_4 로 이루어진 시정수를 갖고 충전되는데 DIAC이 turn-on 될 때의 시간과 C_1 에 충전되는 전압이 최대가 될 때가 가장 좋다. 따라서 이들에 의한 시정수는 C_1 에 걸리는 전압이 최고점에 이르는 C_1 과 R_1 에 의한 시정수와 같아야 한다.

2.1.3 R_8, R_9, C_3

HID lamp는 방전 시 흐르는 전류가 L_2 에 전압을 유기 시키고, 이 전압은 R_8, R_9 를 통해 C_3 에 충전이 된다. 이 들 소자의 목적은 Tr을 turn-on 시켜서 방전 펄스를 정지시키는데 있으므로 짧은 시간에 빨리 Tr을 turn-on 시켜야 한다. 따라서 R_8, R_9, C_3 에 의한 시정수는 짧을수록 좋다.

2.2 점화기-B의 회로 정수

2.2.1 R_2, R_3

R_3 에 걸리는 전압은 다이악을 도통 시킬수 있는 전압이 걸려야한다. 이 전압은 R_2 와 R_3 의 전압 분배로 이루어지는데 각 저항에 걸리는 전압을 DIAC 도통 전압에 맞추어 그 값들을 결정해야 한다.

III. Simulation 및 실험

III-1. simulation

1.1 점화기-A의 simulation

그림3은 방전 펄스를 측정하기 위한 P-spice 회로도이며 그림4 ~ 그림7은 각 주요소자에 나타나는 파형의 결과이다. C_1 양단의 전압, C_2 양단의 전압, SCR의 anode와 cathod양단의 전압, 그리고 L_1 양단의 전압 파형의 결과를 나타내었다.

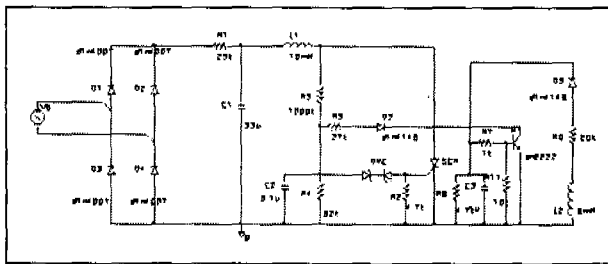


그림3. P-spice 해석용 회로도

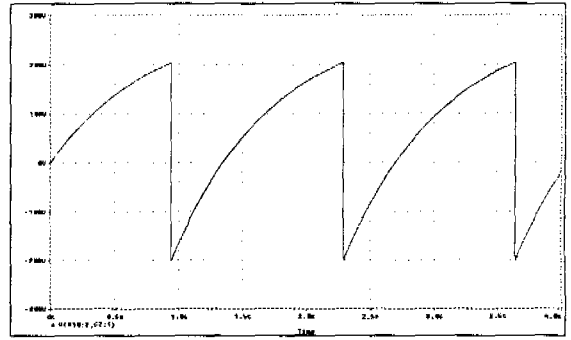


그림4. C_1 양단의 전압 파형

그림4는 C_1 에 전압이 충전 되었다가 SCR이 turn-on하는 순간 짧은 시간동안 방전되는 상태를 보여준다.

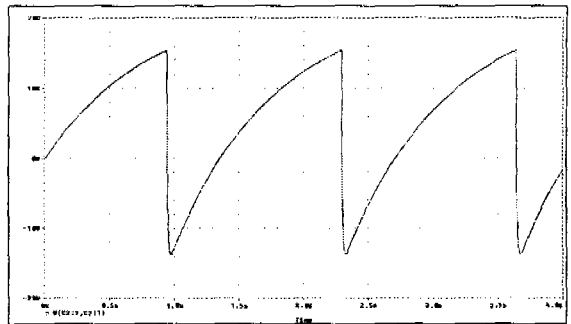


그림5. C_2 양단의 전압 파형

그림5는 C_2 에 SCR을 turn-on하기 위한 전압이 걸릴 때까지 충전되었다가 SCR의 gate로 전류를 흘려보내기위해 방전하는 상태를 보여 주었다.

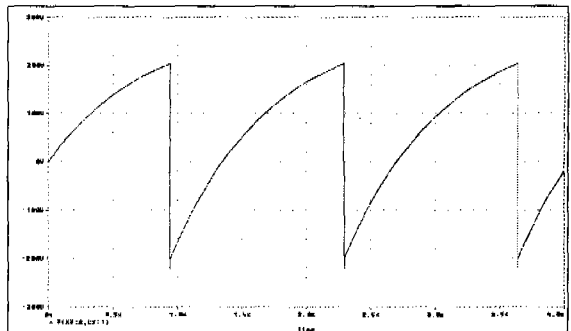


그림6. SCR의 anode와 cathod 양단의 전압

그림6은 SCR이 turn-off 상태에 있다가 turn-on이 되는 상태로 변환하는 것을 보여주는 것으로 anode와 cathod 양단간의 전압 파형을 나타내었다.

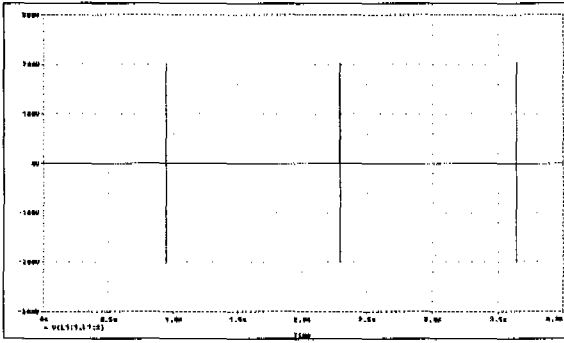


그림7. L_1 양단의 펄스 파형

그림7 SCR이 turn-on이 되면 고전압의 펄스가 발생하는 것을 보여주고 있다.

1.2 점화기-B의 simulation

그림8은 방전 펄스를 측정하기 위한 P-spice 회로도이며 그림9 ~ 그림12는 각 주요소자에 나타나는 파형의 결과이다. C_1 양단의 전압, R_3 양단의 전압, SCR의 anode와 cathod양단의 전압, 그리고 L_1 양단의 전압 파형의 결과를 나타내었다.

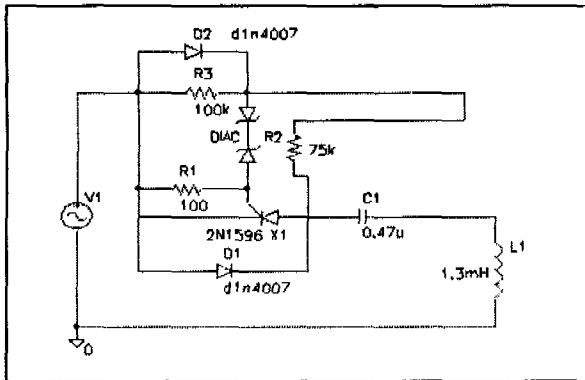


그림8. P-spice 해석용 회로도

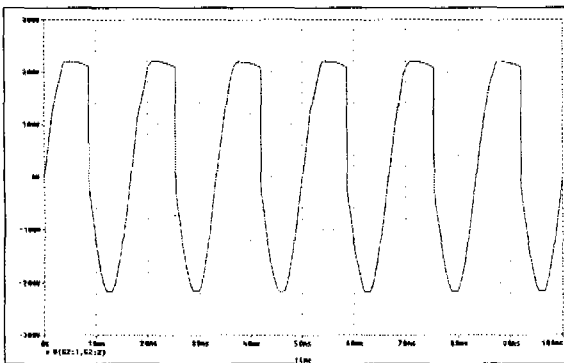


그림9. C_1 양단의 전압 파형

그림9는 C_1 에 전압이 충전되었다가 SCR이 turn-on했을 때 방전하는 상태를 보여준다.

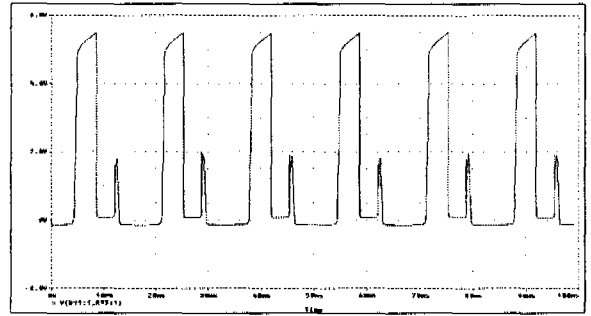


그림10. R_3 양단의 전압 파형

그림10은 R_3 에 SCR을 turn-on시킬 수 있는 전압이 걸리면 SCR은 turn-on이 되고 SCR gate로 전류가 급격히 빠지면서 R_3 에 전류가 거의 흐르지 않아서 전압이 0에 가까워지는 현상을 나타내고 있다.

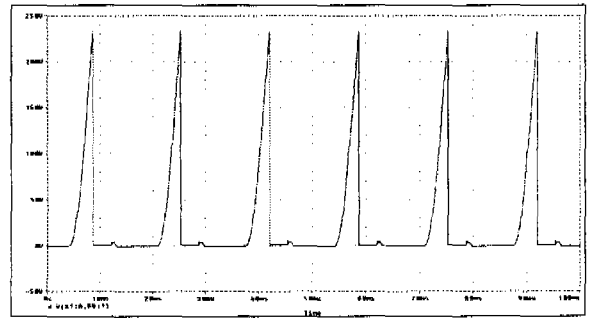


그림11. SCR양단의 전압 파형

그림11은 SCR이 turn-off 상태에 있다가 turn-on이 되었을 때 전압이 0으로 떨어지는 것을 보여주고 있다.

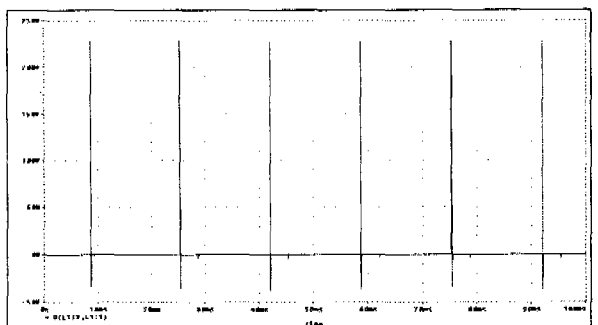


그림12. L_1 양단의 전압 파형

그림12는 SCR이 turn-on이 되면서 L_1 에 전류가 짧은 시간에 흘러 생기는 펄스 형태의 전압을 보여주고 있다.

III-2. 실험

제안된 점화기회로를 실제 제작하여 simulation에서 나타낸 소자의 양단의 전압을 측정해 보았다. 점화기의 동작을 파악하고 각 소자의 전압파형을 장시간 실험하였다. lamp의 점등 상태를 알아보기 위해서 각 파형의 측정을 Digital Storage Oscilloscope로 했다.

2.1 점화기-A의 실험 결과

그림13 ~ 그림16는 점화기-A을 실제 제작하여 측정된 결과 파형이다. 각 소자의 값은 다음과 같다.

$$C_1=0.33\mu F, C_2=0.1\mu F, L_1=0.04mH, R_1=47k\Omega, R_2=4.7k\Omega, R_3=820k\Omega, R_4=82k\Omega, SCR=T106D1, DIAC=DB-4, D_1=D_2=D_3=D_4=D_5=D1N4007$$

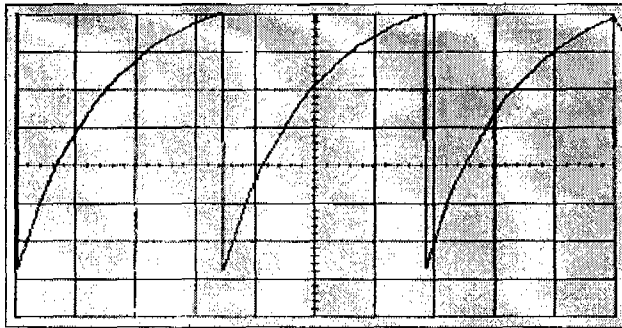


그림13. C_1 양단의 전압 파형

그림13은 SCR의 동작에 따라 생기는 C_1 의 충전·방전상태를 볼 수 있다.

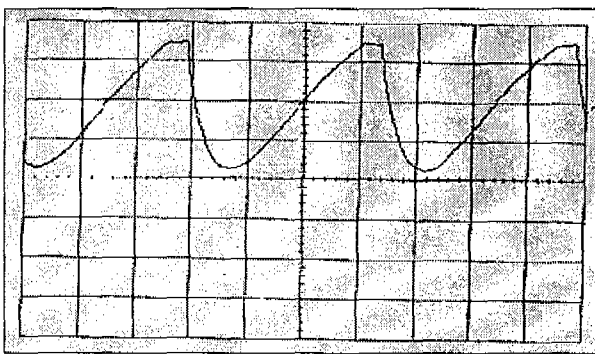


그림14. C_2 양단의 전압 파형

그림14는 C_2 에 SCR이 turn-on될 때까지 전압이 충전되다가 SCR을 동작 시키고 방전하는 것을 볼 수 있다.

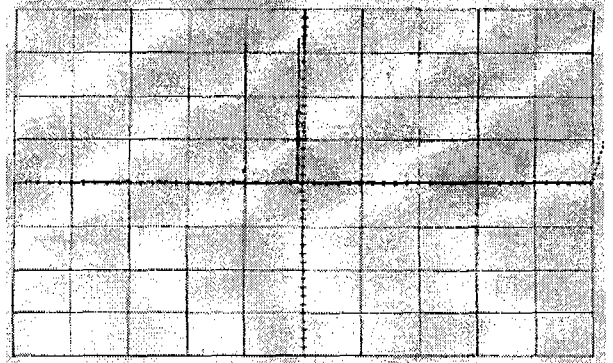


그림15. L_1 양단의 전압 파형

그림15는 L_1 에 전압 펄스가 발생하는 것을 보여주고 있다.

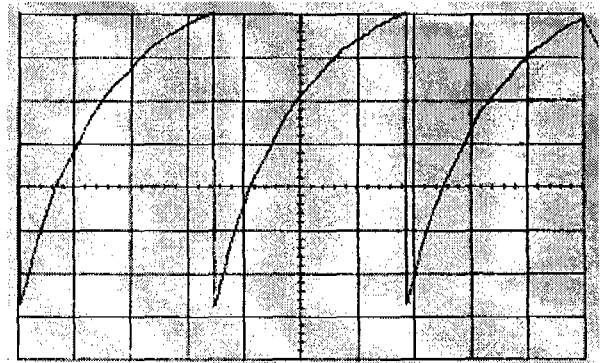


그림16. SCR양단의 전압 파형

그림16은 SCR이 turn-off 상태에서 turn-on이 될 때 전압이 급격히 떨어지는 것을 보여주고 있다.이 들 실험 결과는 simulation의 결과와 비슷한 것으로 나타나고 있다.

2.2 점화기-B의 실험 결과

그림17 ~ 그림20은 점화기-B를 실제 제작하여 측정된 결과 파형이다. 점화기-B의 회로를 위해 실제 제작하였을 땐 사용된 소자의 값은 다음과 같다.

$$C_1=0.47\mu F, L_1=1.4mH, R_1=100\Omega, R_2=75k\Omega, R_3=100k\Omega, D_1=D_2=D1N4007, SCR=T106D1, DIAC=DB-4$$

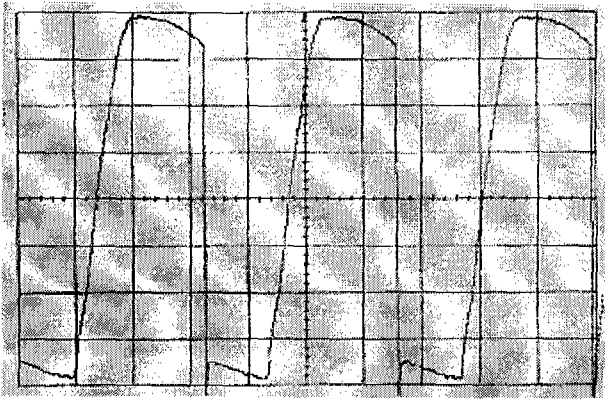


그림17. C_1 양단의 전압 파형

그림17는 C_1 에 전압이 충전되었다가 SCR이 turn-on했을 때 방전하는 상태를 보여준다.

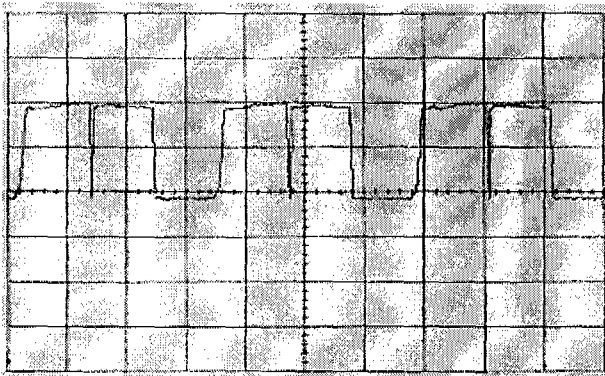


그림18. R_3 양단의 전압 파형

그림18은 SCR을 turn-on하기 위한 전압이 유지되는 순간 전압이 0으로 떨어지는 것을 볼 수 있다.

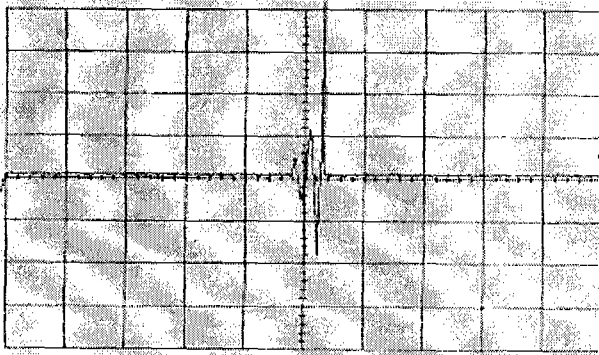


그림19. L_1 양단의 전압 파형

그림19는 L_1 에 전압펄스가 발생되는 것을 보여주

고 있다.

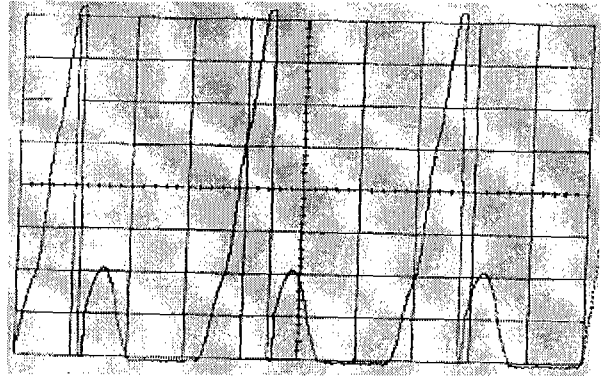


그림20. SCR양단의 전압 파형

그림20은 SCR이 turn-off 상태에서 turn-on 상태로 변할 때 나타나는 전압 파형을 보여주고 있다.

IV. 결론

점화기-A와 점화기-B의 회로를 비교해 보면 점화기-B는 점화기-A의 회로 보다 간단하고 그에 따라 소자도 적게 들어간다. 또한 방전 펄스가 입력 전압의 한 주기 동안 한 번씩 발생하고 그 순간이 입력 전압의 peak치에서 발생하므로 고전압을 유지 시키기 쉽다.

그러나 점화기-B는 방전 펄스의 정지가 HID lamp의 임피던스에 의존하기 때문에 HID lamp가 방전하기 시작한 이후에도 방전펄스 발생 시간이 길고 이 또한 HID lamp의 특성에 따라 달라지게 된다. 이 에 비해 점화기-A의 회로는 방전 시 전류를 바로 검출하여 짧은 시간에 방전 펄스를 정지시키는 장점이 있다. 점화기-A의 회로는 방전 펄스 발생시간을 R,C 시정수에 의존하므로 시동시 L을 통하여 방전하는 C에 충전 될 수 있는 전압이 최고점에 다다랐을 때 SCR을 turn-on 시키는 R,C의 값을 결정하는데 다소 어려움이 있다.

점화기-B의 회로 경우 SCR gate에 연결된 저항으로 인한 전압분배로 SCR을 동작 시켜야 하는데 입력 전압의 peak점에서 SCR을 turn-on 시키도록 분배해야 되므로 이것 또한 어려움이 있다.

이 들 회로의 공통적인 단점은 lamp의 수명말기 시 즉 lamp에 방전 펄스가 인가되어도 켜지지 않는 경우 계속해서 방전 펄스가 발생되어 발열이 되므로 수명말기시 보호회로가 필요한 것이 이 들 회로의 보완점이라고 하겠다.

V. 참고문헌

- [1] 여인선, “고효율 조명용 광원의 기술 동향” 전 학회지 제 47권 7호, 7월 1998년
- [2] 송인준, “고압 방전등용 전자식 안정기”, 공개번호 990-12514, 공개특허공보(A), 대한민국특허청, 8월 1990년
- [3] 오정무, “메탈할라이드 램프용 전자식 안정기”, 공고 번호 95-5284, 특허 공보 (B₁), 대한민국특허청, 5월 1995년
- [4] 정출용, “방전등용 전자식 안정기의 고압펄스 발생장치”, 공개번호 93-22593 공개실용신안공보(U) 대한민국특허청, 10월 1993년
- [5] Stockton, R.E.. “Compatibility Between Lamp, Ballast and Ignitor In High Pressure Sodium and Metal Halide Lamp Circuits” IPLE LIGHT. J. (GB) VOL.48, NO.1 PP:22-6, 1983