

MHD 램프용 전자식 안정기의 점화기 및 소음제거에 관한 연구

박종연, 정동열, 배수호
 강원대학교 전기전자정보통신공학부

Research of Ignitor and Noise Rejuction for Electronic Ballast of MHD Lamp

Chong-Yeun Park, Dong-Youl Jung, Su Ho Bae
 Devison of Electrical and Computer Engineering, Kangwon National University

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. Three 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 develope 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.^[2]

백열전구를 제외하고는 전기를 이용한 모든 광원에는 안정기가 사용되는데, 그 주요기능은 광원을 시동하고, 시동후 광원의 특성에 따른 적절한 전류를 흐르게 하고, 역률을 개선 하는 것이라 할 수 있겠다. 이 주요 기능 중 본 용역을 통하여 개발하고자 하는 것은 위에서 언급한 램프를 시동시키기 위한 회로의 개발로써 특히 ignitor로 인한 소음발생을 최소화하는 것이다. 종래부터 램프시동을 위한 고압 펄스를 발생시키는 점화기는 안정기안에 부착되어 왔고 점화기를 내장시킨 램프도 보급되었다.

본 연구에서 취급한 3종류의 회로를 편의상 점화기-A^[3], 점

화기-B^[4], 점화기-C로 명명하였다. 그리고 실제 제작 후 실험한 결과를 보였다.

II. Ignitor 회로

1. 회로의 개요

제안 된 회로 중 그림.1의 회로를 점화기-A이라 하고, 회로의 구성은 그림1 같다. 제안된 회로 중 그림2의 회로를 점화기-B라고 한다. 그리고 그림3의 회로를 점화기-C라고 한다.

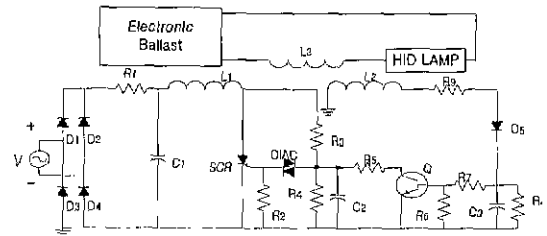


그림 1. 점화기-A의 회로

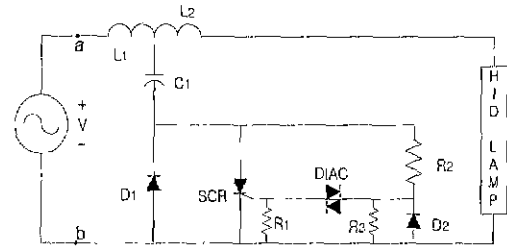


그림 2. 점화기-B 회로

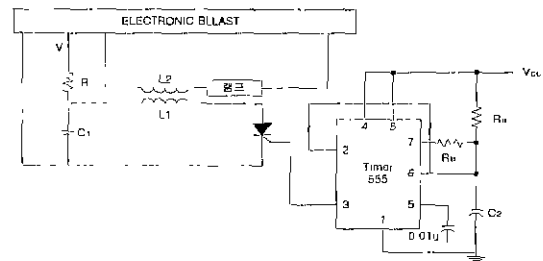


그림 3. 점화기-C 회로

2. 점화기의 동작

2.1 점화기-A의 동작원리

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 흘러들어 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 유기시켜 부하측 즉 방전등의 전극 사이에 방전을 시작하게 한다. 다이오드 $D_1 \sim D_4$ 는 AC 전압 V를 전파 정류하기 위한 소자이다.

2.2 점화기-B의 동작원리

그림2에서 b점의 전위가 a점의 전위보다 높을때 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 전위보다 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 유기 되고 lamp는 방전을 시작하게 된다.

2.3 점화기 C의 동작원리

먼저 안정기에 전원이 인가되면 수십 msec후 타이머 555에 5V 전원이 인가되어 타이머가 동작한다. 타이머의 출력에는 0, 5V의 구형파가 나오는데 0V 동안에는 SCR을 off 시키고 5V에서는 SCR을 turn on시킨다. SCR의 off 시간동안 C_1 에는 전압이 충전되고 SCR이 turn on되는 순간 C_1 의 충전전압이 L_1 을 통해 방전한다. 이 on 상태에서 L_1 에 전류가 흐르다가 SCR양단 즉 애노드와 캐소드 전압의 극성이 바뀌게 되어 off가 되면 L에 전류가 끊어지게 되게 되므로 이 때 고전압이 발생된다. L_1 에 유기된 고전압은 L_2 에는 turn 수 비에 의한 더 큰 고전압이 유기시키고 램프를 점등시키게 된다. 그런데 여기서 스위칭소자로 SCR과 FET를 사용하였을 경우의 고전압 유기과정이 틀리게 되는데 FET의 경우 FET가 ON이 되었다라든 L과 C의 Damping에 의한 역전압이 FET를 off시키지 못한다. 이것은 SCR의 특성과 확연히 틀린 중요점이다. 따라서 FET는 on 상태에서 계속 Damping이 이루어지고 off되는 시점에서 L에 고전압을 유기시킨다. 그러나 on 시간이 길면 길수록 L에 흐르는 전류의 양이 줄어들어 고전압의 크기가 줄어들며 L에 흐르는 전류가 피크점에 도달했을 때 off 하는 것이 고전압의 크기를 크게 할 수 있다.

FET가 SCR보다 사용시 용이한 점은 고전압의 크기를 크게할 수 있다는 것과 L과 C의 값에 유동적으로 대처할 수 있다는 것이다. 따라서 본 논문에서는 스위칭소자로 FET를 사용하였다.

III. 실험

III-1. 점화기-A의 실험

그림4 ~ 그림5는 점화기-A을 실제 제작하여 측정 한 결과 파형이다. 각 소자의 값은 다음과 같다.

$$C_1=0.33\mu F, C_2=0.1\mu F, L_1=0.04mH, R_1=47k\Omega, R_2=4.7k\Omega, R_3=820k\Omega, R_4=82k\Omega, SCR=TI06DI, DIAC=DB-4, D_1=D_2=D_3=D_4=D_5=DI4007$$

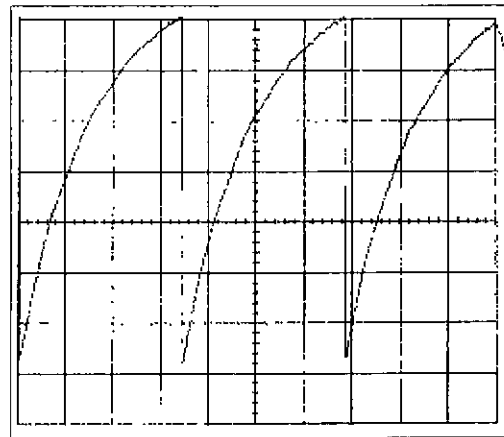


그림 4. C_1 양단의 전압 파형

그림4는 SCR의 동작에 따라 생기는 C_1 의 충·방전상태를 볼 수 있다.

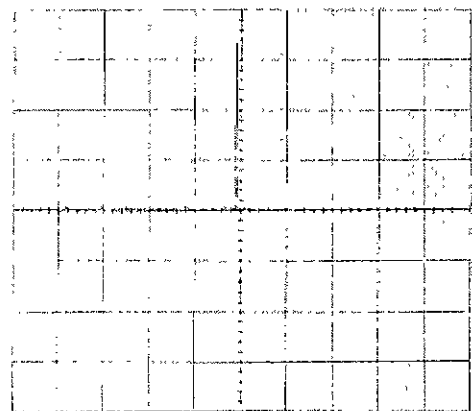


그림 5. L_1 양단의 전압 파형

그림5는 L_1 에 약 80v전압 펄스가 발생하는 것을 보여 주고 있다.

III-2. 점화기-B의 실험

그림6 ~ 그림7은 점화기-B를 실제 제작하여 측정 한 결과 파형이다. 점화기-B의 회로를 위해 실제 제작하였을 때 사용된 소자의 값은 다음과 같다.

$$C_1=0.47\mu F, L_1=1.4mH, R_1=100\Omega, R_2=75k\Omega$$

$$R_3=100k\Omega, D_1=D_2=D1N4007, SCR=T106D1$$

$$DIAC=DB-4$$

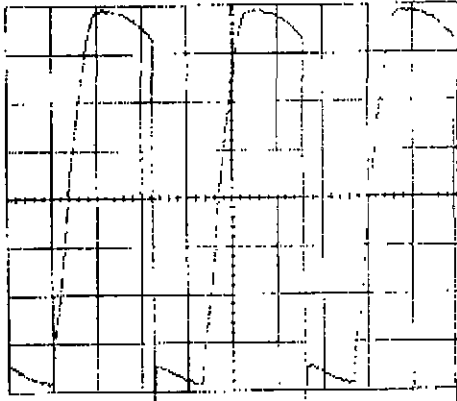


그림 6. C_1 양단의 전압 파형

그림6은 C_1 에 전압이 충전되었다가 SCR이 turn-on했을 때 방전하는 상태를 보여준다.

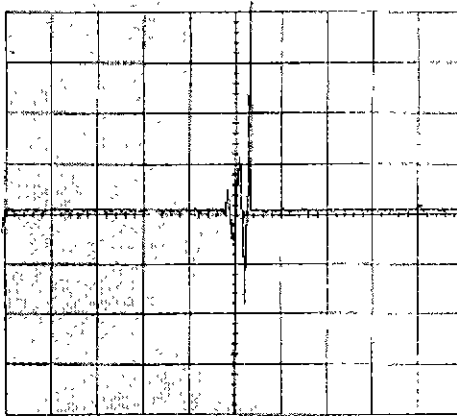


그림 7. L_1 양단의 전압 파형

그림7은 L_1 에 약 100v전압 펄스가 발생되는 것을 보여주고 있다.

III-3. 점화기-C의 실험

그림8은 C양단의 전압이 RC 충전 시간에 의해 200V까지 증가하다가 스위칭 소자의 on에 의하여 0으로 떨어지는 것을 볼 수 있다. 그리드 한칸은 100v/div이다. 실제 제작하였을 때 사용된 소자의 값은 다음과 같다.

$$R=820\Omega, C_1=68nF, R_a=10k\Omega, R_b=4.1k\Omega, C_2=0.1\mu F$$

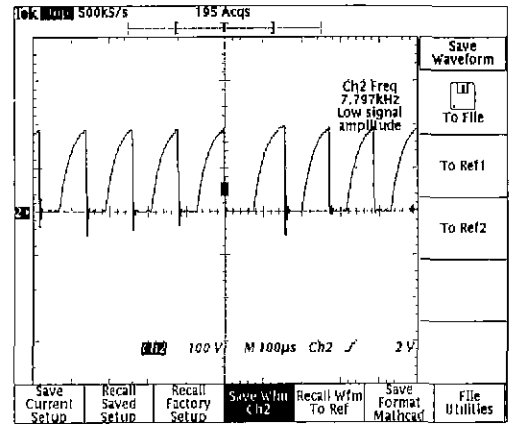


그림 8 C양단의 전압 측정 결과

그림9에서는 L_1 양단에 고전압이 유기되는 것을 볼 수 있다. 그리드 한칸은 20V/div이다.

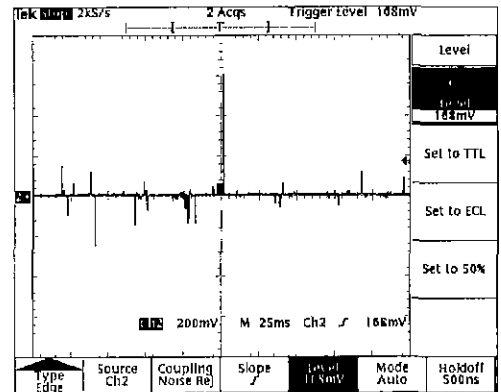


그림 9. L_1 양단의 전압 측정 결과

그림10에서는 L_2 에 고전압이 유기되는 것을 볼 수 있다. 그리드 한칸은 500V/div이다.

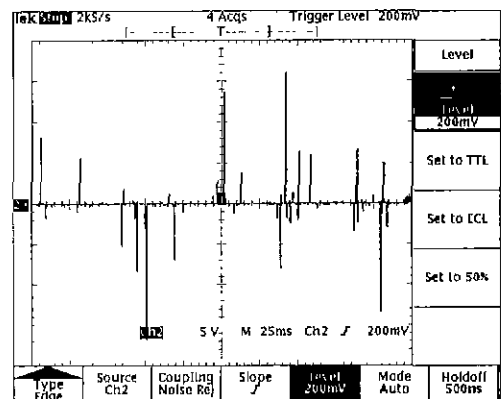


그림 10. L_2 양단의 전압 측정 결과

IV. 소음제거방법

HID 램프점등시 가끔 ignitor 부분의 램프나 L에서 소리가 나는 경우가 있다. 램프에서 소리가 나는 경우는 램프가 초기 방전시 빨리 점등하지를 못하고 고전압이 램프에 바로 인가될 때 나타나는 현상이다. 이 현상에 대한 연구는 점화기-C를 통하여 행하였다. 이 현상은 위에서 언급한 timer의 on off 시간의 조정에 의해 초기에 방전시 되도록 큰 전압이 유기되도록 해야한다. 이렇게 하면 램프가 빨리 점등이 되므로 이 현상이 없어진다. 그리고 L에서 소리가 나는 경우는 L에 고전압이 유기될 때 나타나는 현상으로 L의 값이 크면 클수록 소리 크게 난다. 이 현상은 L의 턴수를 줄이거나 코어의 공극을 늘려야 하는데 L의 턴수는 고전압이 유기 어느정도 고정되어 있어야 하므로 공극의 크기를 늘리는 것이 바람직한 방법이 되겠다.

IV-1. 램프의 소음 발생

실제 제작된 timer의 특성상 앞에서 논한 on, off time을 제대로 출력할 수가 없다. 따라서 on, off 시간을 최적정 수준으로 맞추기위한 timer 회로의 수정이 필요하다. timer의 0, 5V 구형과 출력에서 0V가 5V보다 길어야 C에 전압이 충분히 충전되는데 실제 회로 제작결과가 그렇질 못하다. 따라서 스위칭소자 off time(0V)의 최소 적당치를 결정하는 방법이 가장 적절하다. 그림11은 timer의 Ra와 Rb에 따른 on time의 관계를 matlab으로 구현한 것이다.

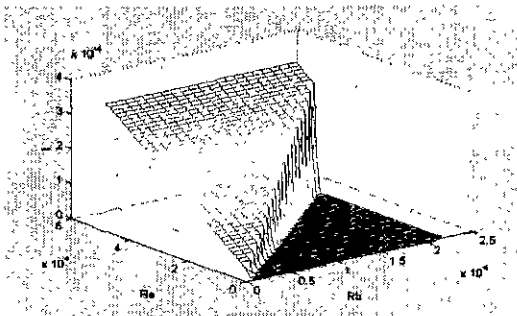


그림 11. Ra, Rb와 타이머 on time의 관계

그림12는 Timer의 Ra와 Rb에 따른 off time의 관계를 matlab로 구현한 것이다.

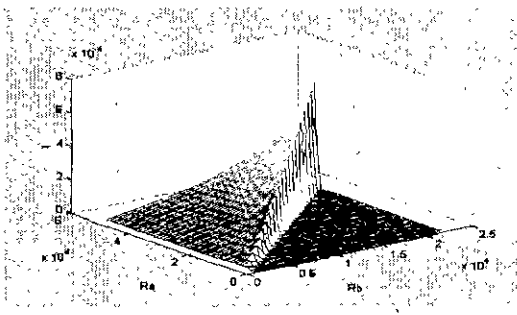


그림 12. Ra, Rb와 타이머 off time의 관계

lamp의 상태 및 내부 온도에 따라서 점등시 소음이 발생하는 문제점은 2차측 turns수 및 전류량에 의한 고압 펄스의 적절한 크기 및 인가 시간에 의해서 해결하였다.

IV-2. 점화기의 소음 발생

점화기의 L에서 발생하는 소음은 ignitor에 전류의 양이 과도하면 발생하며 특히 공극의 크기가 적당치 않으면 core에서 "윙"하는 소리가 발생하여 공극을 1.2mm이상으로 하였다.

V. 결 론

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 유기 시키기 쉽다.

이들 회로의 공통적인 단점은 lamp의 수명말기시 즉 lamp에 방전 펄스가 인가되어도 켜지지 않는 경우 계속해서 방전 펄스가 발생되어 발열이 되므로 수명말기시 보호회로가 필요한 것이 이들 회로의 보완점이라고 하겠다. 점화기-C는 펄스를 유기하는 스위칭 소자의 on, off를 수동소자가 담당하는 것이 아니라 IC를 이용한다.

스위칭 소자의 on, off 시간은 스위칭소자와 close loop를 형성하는 L값과 C값 그리고 C에 연결된 R값을 고려해서 결정을 해주어야 한다. 램프에서 발생하는 소음의 경우 점화기-C의 회로가 제거하기가 가장 용이하며 초기방전전압의 크기와 점화기 L의 구조적 보완을 통하여 해결하였다.

향후 연구과제로는 ignitor 회로를 따로 구성하여 안정기에 삽입하는 방식에서 벗어나 인버터의 주파수 변환에 의한 램프의 점등일 것이다. 인버터의 주파수와 LC공진과의 관계를 잘 설정하는 방법으로 별도의 ignitor 회로가 필요없는 장점이 있다.

참 고 문 헌

1. 여인선, "고효율 조명용 광원의 기술 동향" 전기학회지 제 47권 7호, 7월 1998년
2. 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
3. 송인준, "고압 방전등용 전자식 안정기", 공개번호 990-12514, 공개특허공보(A), 대한민국특허청, 8월 1990년
4. 오정무, "메탈할라이드 램프용 전자식 안정기", 공고번호 95-5284, 특허 공보 (B1), 대한민국특허청, 5월 1995년
5. 정출용, "방전등용 전자식 안정기의 고압펄스발생장치", 공개번호 93-22593 공개실용신안공보(U) 대한민국특허청, 10월 1993년