

릴레이 수명 연장 방법에 의한 HID램프용 디밍 자기식 안정기의 구현

논문

58-3-13

The realization of the Dimmable Magnetic Ballast for HID Lamps by the Life Time Extension Method of the Relays.

정 광 현* · 이 현 진** · 박 중 연†

(Kwang-Hyun Jung · Hyeon-Jin Lee · Chong-Yeon Park)

Abstract - The dimmable magnetic ballast which applies the variable inductor needs a switching process for the dimming process, and it consists of mechanical relays because of costs and reliabilities. However, it is hard to operate with correct timing in mechanical relay, so relays reduce their own life time in inductive applications. Moreover this creates a destructive problem at the switching process. The life time reduction of relays means the life time reduction of the ballast. Thus, in this paper, we described the problem at the switching process in the dimmable magnetic ballast with a variable inductor, which consists of relays and the soft AC switching method in order to solve the problems. As a result, we achieved the improvement of the life time and reliability of the ballast.

Key Words : Dimmable Ballast, Relay, Inductive switching, Magnetic Ballast, HID

1. 서 론

HID(High Intensity Discharge) 램프는 다른 램프에 비해 뛰어난 연색성 때문에 가로등 및 보안등 등의 실외조명에 널리 사용되어 지고 있다[1]-[9]. 이러한 실외조명은 최근 사회의 발전에 따른 쾌적한 환경을 조성하기 위한 경관조명에 대한 관심과 조명 에너지 절약에 대한 관심 증가가 더해져서 조도조절의 필요성이 증가되고 있다.[3]-[9]. 이러한 필요성에 의해 조도조절을 위한 안정기에 대한 연구가 많이 이루어져 왔으며, 조도조절을 위한 방법은 다음과 같이 크게 3가지로 분류 할 수 있다.

- ① 입력 전압의 위상각 제어를 이용한 조도조절
- ② 조도조절형 전자식 안정기
- ③ 조도조절형 자기식 안정기

위의 3가지 방법들은 조도를 조절하기 위하여 램프의 공급 전력을 조절하는 방법이다. 각 방법을 간단히 살펴보면 ①은 AC chopper를 이용한 것으로서 입력전력 자체를 조절한 것이다[6]. 그러나 이러한 방법은 스위칭 소자의 발열의 문제 및 상대적인 효율이 낮다는 문제점이 있다. ②는 전자식 안정기를 구현하여 그 구동 주파수를 변경하거나, Buck Converter를 사용하여 전력을 조절하는 방법이다[7]-[9]. 이러한 방법은 일반적으로 효율 및 역률 등 특성이 좋으나, 가격이 비싸고, 구성 방법에 따라 스위칭 소자들의 수명에 문제점이 발생 할 수 있다. ③은 기존의 자기식 안정기를 응

용하여 조도조절을 하도록 구성한 것으로서 가변 인덕터를 사용한다. 가변 인덕터의 경우 사이리스터를 이용하여 구현한 방법[1][4], 한 인덕터에 권선을 내어 구현한 Tapped Inductor로 구현한 방법[2][3] 등이 있다. 이러한 방법들은 자기식 안정기의 인덕터를 그대로 이용하고 적은 개수의 소자를 사용함으로써 비용의 측면에서 매우 효율적이다. 그러나 전자의 경우 반도체 스위치를 사용하기 때문에 스위칭 소자의 발열 및 수명 문제가 발생할 수 있으며, 후자의 경우 인덕터 값을 가변하는 경우 스위칭 동작 시 스위치의 수명이 단축되는 문제점이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 ③의 후자의 경우에 대하여 다루었으며, 언급한 문제점을 해결할 수 있도록 Soft AC switching 회로 및 제어방법을 제안하였다.

2. 조도조절 자기식 안정기의 설계 및 고려사항

2.1 조도조절을 위한 자기식 안정기의 동작

조도조절을 위한 자기식 안정기의 블록 다이어그램을 다음의 그림 1에 나타내었다. 그림 1에 나타낸 것처럼 램프에 전력을 공급하기 위하여 한 인덕터에 권선을 내어 구성된 가변 인덕터와 점등을 위한 이그나이터 회로, 역률보상을 위한 커패시터, 전력조절을 위한 스위치 및 구동회로, 스위치를 제어하기 위한 MCU (Micro-Controller Unit)으로 구성되어 있다.

그림 1에서 나타낸 안정기에서 램프의 전력은 램프를 저항으로 등가하고 가변 인덕터를 L_{var} 로 놓으면, 다음의 식 1,2에 나타낸 바와 같이 인덕터의 값에 따라 변화하게 된다.

$$p_o(t) = i^2(t) \cdot R_{lamp} \quad (1)$$

* 정 회 원 : 강원대 공대 전기전자공학과 박사과정

** 준 회 원 : 강원대 공대 대표학과 석사과정

† 교신저자, 정회원 : 강원대 공대 전기전자공학과 교수 · 공박

E-mail : randy105@kangwon.ac.kr

접수일자 : 2008년 10월 27일

최종완료 : 2009년 1월 12일

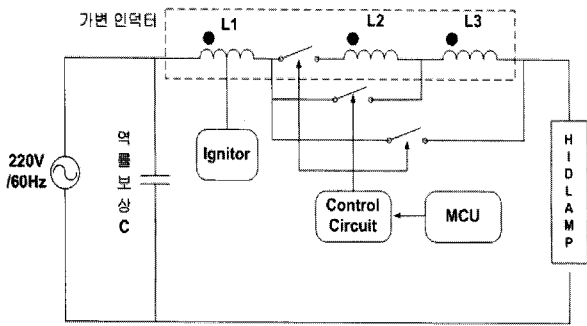


그림 1 조도조절형 자기식 안정기의 블록다이어그램
Fig. 1 A Block-diagram of dimmable magnetic ballast

$$i(t) = \frac{v_i(t)}{j\omega L_{var} + R_{lamp}} \quad (2)$$

식 1,2를 살펴보면 램프의 전력은 인덕턴스 값에 반비례하는 것을 알 수 있다. 즉, 그림 1에서 가변 인덕터의 스위칭 상태에 따라 전류의 경로가 변화하게 되면, 그에 따라 램프의 전력이 변화하게 된다. 그림 2에 스위칭 상태에 따른 전류의 흐름을 나타내었다.

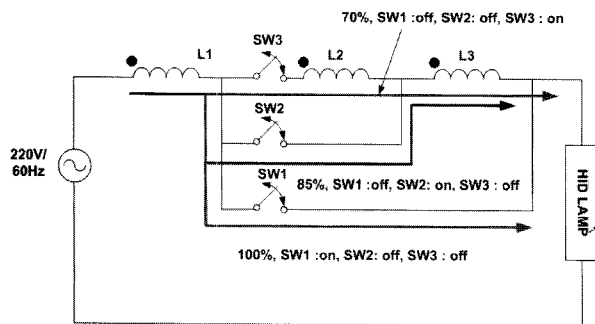


그림 2 스위칭에 따른 램프전류의 흐름
Fig. 2 The process of the lamp current according to switching processes

그림 2에 나타난 것처럼 100% 전력을 공급 시에는 SW1이 ON 되어 램프의 전류는 L1만을 거치게 되고, 85% 전력을 공급할 시에는 SW2가 ON 되어 램프의 전류는 L1+L3를 거치며, 70% 전력을 공급할 시에는 SW3이 ON 되어 램프의 전류는 L1+L2+L3를 거치게 된다. 즉, 가변 인덕터의 인덕턴스 값을 크게 하여 램프의 전력을 적게 공급하는 것이다. 여기서 L1, L2, L3는 안정기의 전체적인 크기 및 제작 비용 때문에 같은 코어에 구성되어야 하며, 이렇게 구성할 경우 L2, L3의 값은 상호인덕턴스의 영향을 받게 되고, 이러한 이유 때문에 L2, L3 턴 수를 적게 할 수 있다.[4]

2.2 조도조절을 위한 스위칭 시의 문제점

조도조절을 위한 안정기의 스위칭은 AC 스위칭을 하여야 하므로 SSR(Solid State Relay) 혹은 릴레이로 간단히 구현할 수 있다. 그러나 SSR의 경우 릴레이에 비해 약 10배 정도의 높은 가격이므로, 저가로 구현하기 위하여 일반적으로

기계식 릴레이를 사용한다.

그러나 릴레이는 동작시간(Relay on/off delay time)이 5ms~10msec로 일정하지 않다. 따라서 입력 AC의 반주기 가 약 8msec 인 상황에서 정확한 시점의 스위칭이 어려우며, 또한 각 릴레이가 동시에 동작하기 어렵다. 이러한 릴레이의 동작은 그림 1의 안정기에서 릴레이의 수명단축의 원인이 되며, 릴레이의 동작이 수명을 단축시키는 원인은 두 가지로 볼 수 있다.

첫번째는 릴레이 양단에 고전압이 발생하는 것이다. 자기식 안정기는 인덕터에 의해 인덕티브 부하의 특성을 가지기 때문에 전류가 0인 지점에서 스위칭을 하지 않으면 식 3과 같이 스위칭에 의해 순간 변화하는 전류의 양만큼 큰 전압이 발생하게 된다. 이러한 큰 전압은 릴레이 및 램프의 수명을 단축시키는 요인이 된다.[10] 위에서 언급하였듯이 릴레이의 동작시간이 일정하지 않아서 전류가 0점인 상황에서 스위칭 하기 어려우므로, 릴레이 사용 시 문제점이 발생할 수 있다.

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

다른 하나는 안정기의 구조적 문제점으로, 정확히 동시에 스위칭 하지 못할 경우 릴레이에 순간적으로 큰 전류가 흐르게 되며, 이러한 상황은 전력을 조절하기 위하여 두 개의 스위치를 스위칭 할 때 발생할 수 있다. 그림 2에서 100%의 전력에서 70%의 전력으로 변환하기 위한 스위칭을 생각하여 보면 SW1은 ON->OFF 이고, SW3은 OFF->ON 이 된다. 이때 두 스위치가 동시에 동작하지 못하여 순간적으로 두 개의 스위치가 ON 되어 있다고 가정하면 그림 3과 같이 페루프가 형성되게 된다. 이러한 상황은 L1과 L3가 한 코어에 감겨있기 때문에 마치 2차측이 단락된 트랜스포머처럼 동작하게 된다. 따라서 이 구간 동안 릴레이의 정격전류보다 큰 전류가 흐르게 되어 릴레이의 수명을 단축시키게 된다.

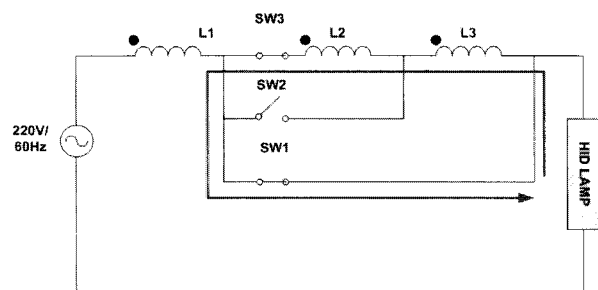


그림 3 스위칭 동작에 따른 페루프 형성
Fig. 3 The current closed-loop caused by the switching process

앞에 언급한 현상을 확인하기 위하여 그림 3과 같은 스위칭 시 (SW1과 SW3이 동시에 ON) 두 릴레이가 1msec 동안 ON 되어 있을 때를 그림 4의 시뮬레이션 회로로 구성하였으며, 그림 5에 그 결과를 나타내었다. 시뮬레이션 결과로써 릴레이가 동시에 ON되어있는 동안 릴레이에 순간적으로 큰 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있다.

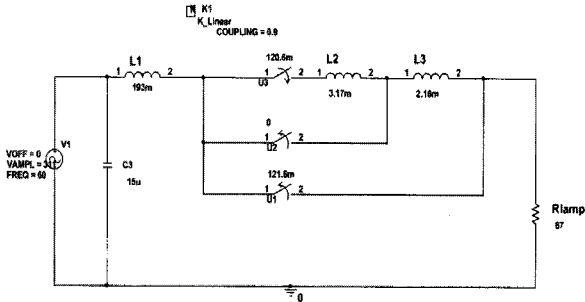


그림 4 스위칭 동작에 따른 시뮬레이션 회로
Fig. 4 Simulated circuit according to the switching process

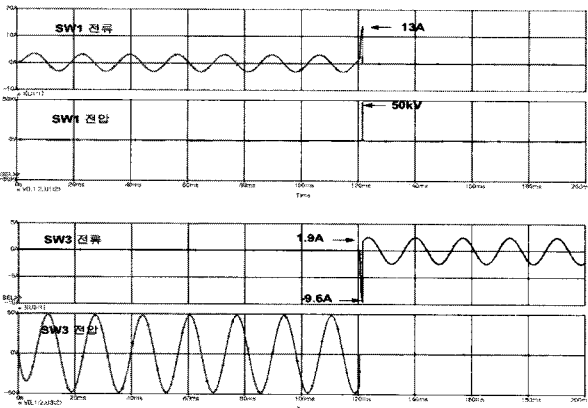


그림 5 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation result

2.3 제안된 회로의 구조 및 동작원리

이전 절에서 조도조절을 위한 안정기의 스위칭 시 동작의 문제점을 살펴보았다. 문제점은 릴레이가 5~10msec의 일정하지 않은 동작시간을 갖기 때문에 전류의 0점에서 스위칭을 하지 못하고, 동시에 스위칭 하지 못하여 릴레이에 고전압 및 고전류의 스트레스를 가하는 것이었다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다음의 그림 6과 같은 회로를 제안하였다.

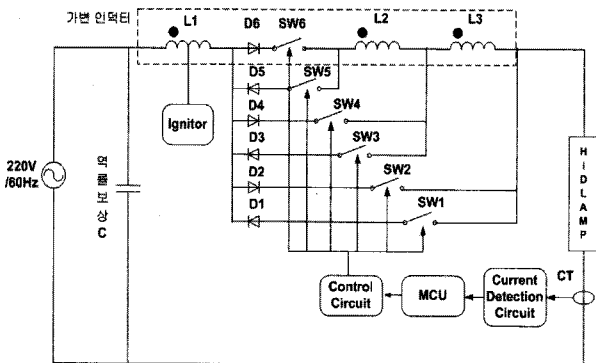


그림 6 제안된 회로
Fig. 6 The proposed circuit

그림 6의 제안된 회로는 기존의 회로에서 릴레이 및 다이오드 그리고 전류의 위상을 검출하기 위한 OP-amp로 이루어진 전류센싱 회로가 추가하였다. 제안된 회로는 릴레이의 동작시간에 크게 구속되지 않고 전류의 0점에서 스위칭을 하며, 스위칭 제어를 통하여 큰 전류가 흐르는 상황이 없다. 또한 회로가 추가되었음에도 불구하고 여전히 SSR을 사용한 안정기에 비하여 저렴한 가격으로 구현가능하다.

그림 6에 나타난 것처럼 제안된 회로는 그림 1의 구조에서 릴레이를 병렬로 연결하고, 직렬로 다이오드를 서로 반대 방향으로 연결하였다. 제안된 회로의 기본적인 동작은 각 릴레이에 전류가 다이오드에 의해 Positive 혹은 Negative 방향 한쪽으로만 입력 AC의 반주기 동안 흐르게 하고, 전류가 흐르지 않는 릴레이를 스위칭하는 것이다. 부하 전류에 따른 동작을 설명하기 위하여 그림 7에 스위칭 과정을 나타내었으며, 동작 설명의 편의를 위하여 L1과 L2 만을 놓고 100%에서 85%로 스위칭하는 것을 나타내었다.

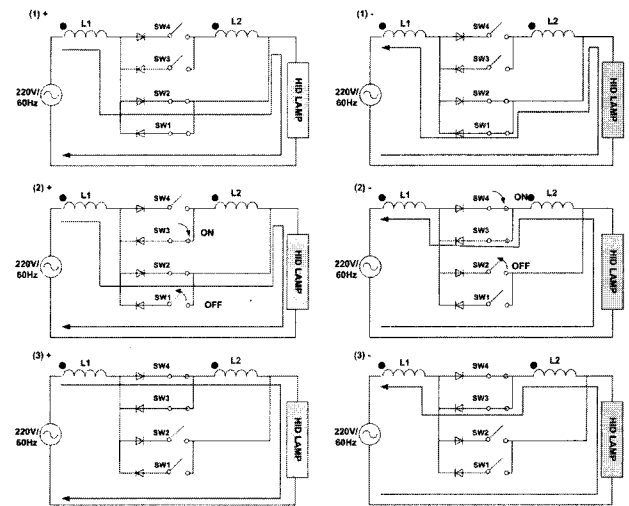


그림 7 제안된 회로의 스위칭 동작
Fig. 7 The switching process of the proposed circuit

그림 7에 모드별로 동작을 설명하였다. 모드의 +, - 기호는 부하전류의 방향을 의미하며, 각 구간은 입력 AC의 주파수 즉 60Hz의 반주기만큼의 시간 즉, 8.3msec 이다. 먼저 (1)+와 (1)- 인 구간에서는 각각 SW2와 SW1을 통하여 전류가 부하에 흐르고 있다. 여기서 전류가 L1+L2를 통해 흐르도록 하기 위하여 SW1,2는 OFF 가되고 SW3,4가 ON되도록 하여야 한다. 따라서 실제로 스위칭이 시작 하는 부분은 (2)+ 부터이다. (2)+ 구간에서는 SW2를 통하여 전류가 흐르고 있으며, 이때 전류가 흐르지 않는 SW1을 OFF 시키고 다이오드에 의해 전류가 흐를 수 없는 SW3을 ON 시킨다. 그 후 (2)- 구간이 되면 전류는 SW3을 통해 흐르게 되고 이때 나머지 전류가 흐르지 않는 SW2를 OFF 한 후 또한 다이오드에 의해 전류가 흐를 수 없는 SW4를 ON을 시킨다. 그 후 전류의 상이 바뀌어 (3)+ 구간이 되면 전류는 SW4를 통해 흐르게 되고 (3)- 구간이 되면 SW3을 통해 전류가 흐르게 되어 스위칭 동작이 완료된다.

이러한 스위칭은 전류가 흐르지 않는 구간에서 스위칭을

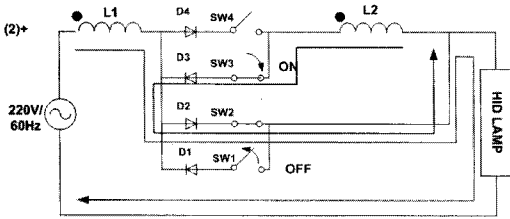


그림 8 (2)+ 구간의 문제점
Fig. 8 The problem of (2)+ period

하기 때문에 $L(di/dt)$ 에 의한 고전압이 발생하지 않는다. 또한, 스위칭은 입력 AC의 반주기동안에만 이루어지면 되므로 릴레이의 동작시간 지연의 영향이 적다.

그러나 2.2에서 언급하였듯이 릴레이의 수명 감소 요인이 하나 더 있다. 즉, 페루프가 형성되어 순간적인 과전류가 흘러 릴레이의 수명이 감소되는 것이다. 위의 그림 7의 (2)+ 구간을 살펴보면 다음의 그림 8과 같이 페루프가 형성되어 앞에서 언급한 문제점이 발생함을 알 수 있다.

그림 8을 보면 (2)+ 구간에서 SW3과 SW2를 통과하는 페루프가 형성되는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 다른 스위칭 방법을 사용하여야 하며, 그 방법을 그림 9에 나타내었다. 그림 9에서는 그림 7에서 나타내었던 스위칭 동작을 변경하였다. (2)+구간에서 그림 7에서는 SW1 이 OFF하고 SW3을 ON 하였으나, 그림 9의 (2)+ 구간에서는 SW1만을 OFF 하였다. 따라서 다음의 AC 반주기인 (2)- 구간에서는 다이오드와 릴레이 모두에 차단되어 전류가 흐를 수 없게 된다. 이 때 다이오드 때문에 전류가 흐르지 못하는 SW2, 4를 각각 OFF, ON한다. (3)+구간은 입력의 AC 전압이 Positive로 변경될 경우가 되며, 이 때 (2)- 구간 때 ON 해놓은 SW4로 전류가 흐르게 된다. 그 후 다시 전류의 상이 바뀌면 SW3으로 전류가 흐르게 되어 스위칭 동작이 완료된다. 이러한 동작은 처음에 스위칭을 positive에서 시작하는지 negative에서 시작하는지에 따라 스위칭 순서가 바뀔 수 있다.

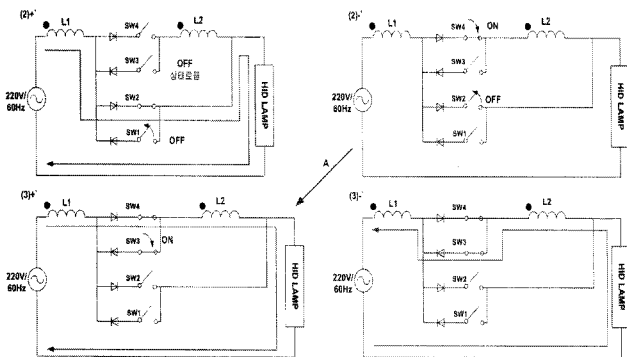


그림 9 수정된 스위칭 동작
Fig. 9 The corrected switching process

(2)- 구간에서 (3)+로 가는 시간은 AC의 반주기인 8.3msec 보다 짧다. 이것은 이전의 스위칭이 전류의 상에 의해 동작을 하고 있다가 (2)-구간에 전류가 흐르지 않게 되면, 전류가 흐르는 (3)+ 구간은 입력전압이 SW4에 직렬

연결되어있는 다이오드를 도통시킬 때 시작되기 때문이다. 즉, (3)+ 구간은 입력전압에 의해 시작된다. 구간의 시간이 바뀌는 이유는 인덕터가 인덕티브 성질을 가지고 있으므로 입력 전류의 상이 입력전압의 상보다 느리기 때문이다. 수식으로 표현하면 다음의 식4와 같다.

$$T_{periode(2)-} = \left(\frac{1}{2} T_{60Hz}\right) - T_{delay} \quad (4)$$

여기서 $T_{periode(2)-}$ 는 (2)- 구간의 시간, T_{60Hz} 는 60Hz의 주기, T_{delay} 는 인덕터에 의해 지연된 전류의 시간이다. (2)- 구간을 좀 더 자세히 설명하기 위하여 그림 10에 스위칭 시 부하전류 및 전압의 위상을 나타내었다.

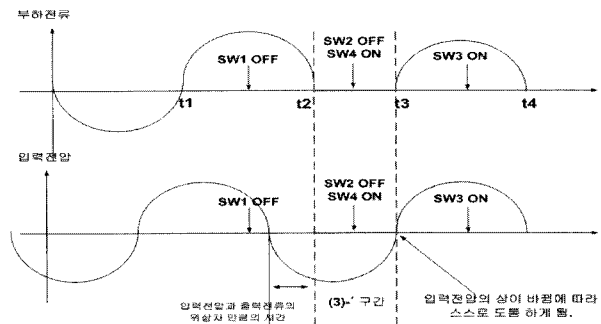


그림 10 (2)- 구간의 입력 전압 및 부하 전류의 위상
Fig. 10 The phase of Input voltage and load current at the (2)- period

그림 10에서 나타낸 것처럼 기본적으로 스위칭은 부하전류의 위상에 의해 이루어진다. 그러나 앞서 설명하였던 것 같이 페루프가 형성되는 것을 피하기 위해 부하전류가 흐르지 않는 구간($t2 \sim t3$)이 형성된다. 이 구간은 그림에서 (2)-의 구간으로 표현하였으며, 다시 부하전류가 흐르는 구간은 입력전압의 상이 바뀌는 시각($t3$)이 된다.

이러한 (2)- 구간은 부하의 전력공급이 잠시 중단되는 것을 의미하지만, 약 4~6msec 정도가 되는 시간동안 부하전류의 공급이 끊겨도 램프의 아크는 충분히 유지되므로 램프가 소등되지 않아서 부하의 동작에 문제가 없다.

2.4 Ignitor Control Circuit

이그나이터는 램프가 점등을 하도록 초기 점등 시 램프양단에 고전압을 발생시키는 역할을 한다. 그러나 2.3에서 설명한 스위칭 시 부하에 전류가 흐르지 않는 (2)-구간에서 이그나이터가 동작할 수 있으므로 점등 후에는 동작하지 않도록 하는 회로가 필요하다. 그림 11에 이그나이터의 기본 구조를 나타내었다. 이그나이터는 SCR과 인덕터의 권선비를 이용한 것이다

이그나이터는 R1과 R2의 저항분배에 의해 AC의 최대 지점에서 SCR을 도통시키게 된다. SCR이 순간적으로 도통하게 되면 순간 SCR 쪽으로 전류가 흐르게 되며, 이때 L1과 C에 의한 댐핑 전압이 형성된다. 이 전압이 L1과 L1'의 권

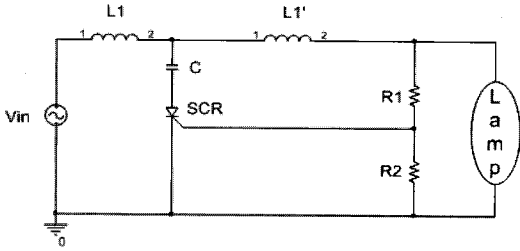


그림 11 기본적인 이그나이터 회로
Fig. 11 An Ignitor circuit

선비에 의해 램프 양단에 고전압이 발생하여 램프를 점등시킨다. 점등 후에는 램프의 전압이 R2에 걸리는 전압이 SCR을 도통시킬 만큼 크지 않기 때문에 점등전압이 형성되지 않는다. 그러나 앞서 설명하였듯이 (2)-' 구간에서 램프의 전력 공급이 중단되면, R2에 걸리는 전압이 높아져서 SCR을 도통시킨다. 따라서 초기 점등 후에 더 이상 도통시키지 않도록 추가적인 회로가 필요하며, 그 회로를 그림 12에 나타내었다.

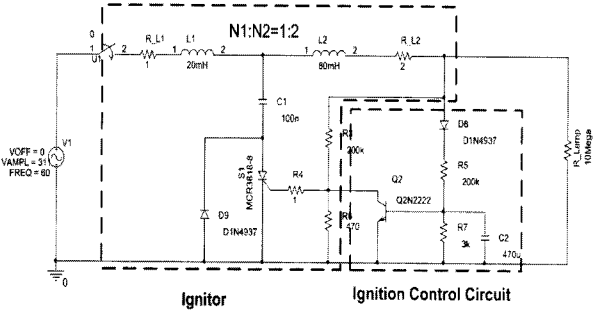


그림 12 이그니션 제어 회로
Fig. 12 An Ignition Control Circuit

이그니션 제어회로는 트랜지스터와 다이오드 및 시정수를 위한 RC 회로로 구성되어있다. 초기에 전원이 공급되면 R5와 C2의 시정수에 의해 일정시간 후 트랜지스터의 베이스를 도통시키기 위한 전압이 형성되고 트랜지스터가 도통되면 SCR의 게이트에 더 이상 도통전압이 걸리지 않도록 하여 초기 점등 후 이그니션 동작을 하지 않도록 하는 것이다. 이러한 동작은 간단한 시뮬레이션으로 확인이 가능하며 시뮬레이션 결과를 그림 13에 나타내었으며 실제 측정된 파형을 그림 14에 나타내었다. 측정 시 C2와 R5의 시정수가 달라 펄스의 개수가 다르게 측정되었다.

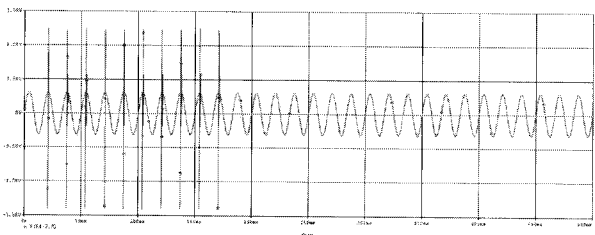


그림 13 이그니션 제어 회로의 시뮬레이션 결과
Fig. 13 The simulation result of an ignition control circuit

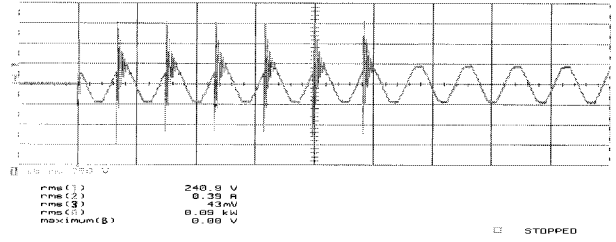


그림 14 측정된 이그니션 전압
Fig. 14 The measured ignition voltage

3. 실험 결과 및 검토사항

제안된 회로를 사용하여 스위칭 시 릴레이에 고 전압 및 고 전류가 발생하는지 확인하기 위하여 250Watt 메탈헬라이드 램프를 부하로 하여 스위칭 시 릴레이의 전압 및 전류를 측정하였다.

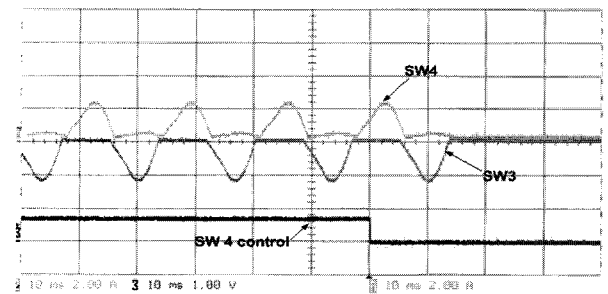


그림 15 스위칭 시 측정된 릴레이 SW3,4의 전류
Fig. 15 The measured current of SW3,4 at switching time

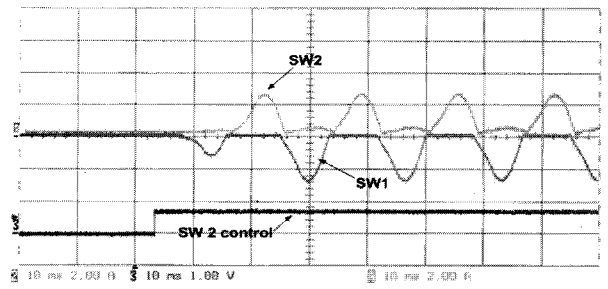


그림 16 스위칭 시 측정된 릴레이 SW1,2의 전류
Fig. 16 The measured current of SW1,2 at switching time

측정 시 스위칭 동작의 시작점이 전류가 negative로 흐를 때 시작하여 SW4 off -> SW1 on, SW3 off -> SW2 on의 순서로 동작하였다. 측정된 파형에서 아래의 파형은 릴레이 제어를 위한 신호로서 릴레이의 Turn on/off delay 때문에 신호가 주어진 후 약 8msec 후에 동작하게 된다. 측정 결과로서 스위칭 시 큰 전류가 발생하는 구간이 없는 것을 확인할 수 있으며, 측정된 파형은 2A/div, 10msec/div에서 측정되었다. 또한 그림 17은 스위칭 시 on 되는 릴레이의 양단 전압 파형이며, 그림 18은 off 되는 릴레이의 양단 전압파형이다. 측정된 결과를 살펴보면 스위칭 시 릴레이 양단에 발생하는 전압이 없음을 확인할 수 있다. 측정된 파형은 200V/div, 10ms/div에서 측정되었다.

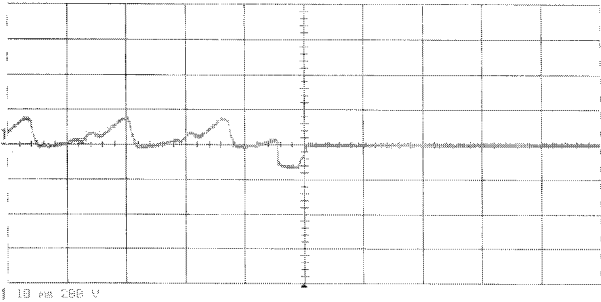


그림 17 스위칭 시 측정된 ON 되는 릴레이의 전압
 Fig. 17 The measured voltage of ON Relay at switching time

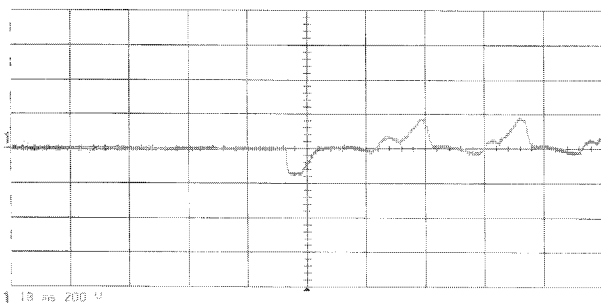


그림 18 스위칭 시 측정된 OFF 되는 릴레이의 전압
 Fig. 18 The measured voltage of OFF Relay at switching time

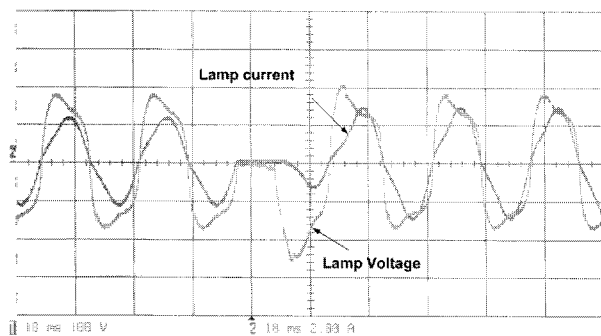


그림 19 80%→100%로 변할 시 관전압 및 관전류
 Fig. 19 Lamp voltage and current at 80%→100%

그림 19에서 나타난 것처럼 조도(전력)조절을 위한 스위칭 시 스위칭 과정에 의해서 램프의 전력공급이 중단되는 구간(그림 9의 (3)-')을 확인할 수 있다. 그러나 램프의 전력공급이 일시적으로 중단되더라도 아크가 유지되어 다음 과정이 정상적으로 진행되는 것을 확인 할 수 있다. 측정 시 관전압은 100V/div, 10msec/div 로 측정하였으며, 관전류는 2A/div, 10msec/div 로 측정하였다.

제작된 안정기로 조도(전력)조절 시 측정된 파라미터는 다음의 표 1과 같다.

표 1 측정된 파라미터

Table 1 Measured parameters

조도 (%)	입력 전압(V)	입력 전류(A)	입력 전력(W)	램프 전압(V)	램프 전류(A)	램프 조도 (Lux)
100	220	1.29	266	143	1.85	4310
85	220	1.09	218	141	1.50	3090
70	220	0.99	187	141	1.29	2240

4. 결 론

본 논문에서는 조도조절을 위한 자기식 안정기를 가변 인덕터를 사용하여 구현하고, 안정기의 수명연장을 위한 스위칭 방법 및 회로를 제안하였다. 트랜스포머에 권선을 내어 구현한 가변인덕터를 사용하는 안정기는 조도조절을 위한 스위칭 시 고전압 및 고전류가 발생할 수 있다. 이것은 AC 스위치로 사용되는 릴레이의 특성에 기인한 것이며, 릴레이 자신의 수명을 감소시켜 전체적인 안정기의 수명을 감소시키게 된다.

본 논문에서는 이러한 문제점 해결을 위하여 다이오드, 전류 센싱 회로, 추가의 릴레이들을 사용하여 회로를 구성하고 스위칭 방법을 제안하였다. 제안된 회로를 제안된 방법으로 실험하여 본 결과 조도조절을 위한 스위칭 시 문제점이 제거되었음을 확인하였다. 제안된 방법은 비록 소자가 늘어나지만 다른 소자를 이용하거나 다른 방법을 사용한 것보다 여전히 가격이 적으며, 신뢰성을 확보할 수 있다. 또한 제안된 회로 및 스위칭 방법은 다른 인덕티브 부하에서 릴레이를 사용할 시에도 적용할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과로써, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Walter Kaiser, "Hybrid Electronic Ballast Operating the HPS Lamp at Constant Power", IEEE Trans. on Industry applications, VOL. 34, NO. 2, 1998.
- [2] 박종연, 박철형, 지광현, "조도조절이 가능한 하이브리드식 안정기", 특허청, 10-2003-0007453, 2003.
- [3] 박종연, 신동식, 임병노, 이현진, "250W HID-Lamp용 자기식 조도 제어형 안정기 연구", 2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1996-1997, 2007.
- [4] Walter Kaiser, Ivan E.Chabu, Edward A.C.LourenGo, "Design of a hybrid ballast with magnetic shunts: application to control of HID lamp", Industry Applications Conference, pp.2270 - 2275, 1997
- [5] Y.K. Eric Ho, Stephen T.S. Lee, Henry Shu-Hung Chung, and S.Y. Hui, "A Comparative Study on

- dimming control methods for electronic ballast”, IEEE Trans. on Power Electronics, Vol 16, pp. 828 - 836, 2001.
- [6] 박종연, 전경준, 임병노, “Chopper 방식을 이용한 형광등의 집단조광제어 시스템 개발”, 대한 전기학회 제56권 9호, pp.1584~1588, 2007.
- [7] 박종연, 정광현, 임병노, “250W 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기의 구조에 따른 디밍특성 비교” 2006년도 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, pp.966-967, 2006.
- [8] G. Kanai, T. Inagaki, Y. Takeji and H. shibata “Technological trends and prospects of HID lamps and low pressure sodium lamps”, Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan, vol. 74, NO. 5, pp. 279~285, 1990.
- [9] P. Dong, K. W. E. Cheng, S. L. Ho, D. H. Wang, B. P. Divakar, and K. Ding, “General Discussion on Dimming Control Method Used for Discharge Lamp”, International Conference on Power Electronics Systems and Applications, pp.178-181, 2006.
- [10] STMicroelectronics, “AN319 APPLICATION NOTE - RELAY DRIVE PROTECTION”, 2004.

저 자 소 개

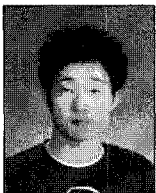


정 광 현 (鄭 光 賢)

1980년 2월 25일생. 2006년 강원대 전기전자공학과 졸업. 2008년 동 대학원 전기전자 공학과 석사 졸업 2008년~현재 동 대학원 전기전자공학과 박사과정

Tel : 033-250-6292

E-mail : randy105@kangwon.ac.kr



이 현 진 (李 炫 振)

1984년 2월 25일생. 2002년~현재 강원대 전기전자공학과 학부과정

Tel : 033-250-6292

E-mail : ziniblue@kangwon.ac.kr



박 종 연 (朴 鍾 演)

1951년 2월 23일생. 1973년 고려대 전자공학과 졸업. 1984년 경북대 대학원 졸업(공박). 1984년 ~현재 강원대 전기전자공학과 교수

Tel : 033-250-6292

E-mail : cypark@kangwon.ac.kr