

능동 블리더 회로를 적용한 조광기 호환용 LED 구동회로에 관한 연구

염봉호, 김택우, 김주래*, 홍성수
국민대학교 전력전자 연구소, 삼성전기 (주) CDS 사업부*

A Study on LED Driver Compatible with Triac-dimmer Employing Active Bleeder

Bong Ho Yeom, Teak Woo Kim, Ju Rae Kim, Sung Soo Hong
Kookmin University Power Electronics Center, *Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

ABSTRACT

본 논문에서는 백열등 조도 조절용 조광기에 호환 가능한 LED 구동회로를 제안한다. 조광기와 일반적인 LED 구동회로를 연결할 경우 트라이악(Triac)의 오동작에 의해 플리커(Flicker) 현상이 발생하는 문제점을 지니고 있다. 트라이악의 오동작을 방지하기 위해서는 트라이악에 일정 크기 이상의 전류가 인가되어야 하며 이를 만족하기 위한 조광기 호환회로가 필수적이다. 이러한 호환회로로써 수동 블리더(Passive Bleeder)는 전 동작 구간에서 전력소모가 발생하는 단점을 지니고 있다. 본 논문의 제안회로는 역률 만족을 위해 Valley fill 회로를 적용하였으며 트라이악의 오동작 시점을 정확히 검출하여 새로운 방식의 능동 블리더(Active Bleeder)를 적용함으로써 조광기의 오동작을 방지하면서 수동 블리더에 비해 효율이 개선되는 장점을 지닌다. 또한, Valley fill과 인덕터를 적용한 1단 구성으로 효율개선 및 역률 개선의 장점과 입력 전류 리플의 감소로 인한 EMI 노이즈 저감 효과를 나타낸다. 본 논문에서는 제안된 회로의 타당성을 검증하기 위하여 13W급 조명용 LED 구동회로의 시제품 제작을 통해 그 우수성을 확인한다.

1. 서론

LED(Light Emitting Diode)는 긴 수명, 친환경적 특성, 우수한 효율 등의 장점으로 백열등, 할로젠 조명 등 기존 조명광원을 대체하고 있는 추세이다. 기존 조명 광원들 중, 조도 조절용 조광기는 백열등 및 할로젠 조명과 같은 저항성 부하의 밝기 제어를 목적으로 한 기기이므로 능동소자와 수동소자가 조합된 LED 구동회로를 연결 할 경우 호환성 문제가 발생한다.^[1] 이러한 문제로 LED 조명기기로 대체하기 위해서는 기존에 설치된 조광기 또한 교체가 요구되며, 이는 비용 측면에서 상당한 부담이 되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 Valley fill 방식의 정류기를 적용하여, 기존에 설치되어 있는 조광기와 호환 가능한 새로운 LED 구동방식을 제안하며 LED구동회로 시제품과 대표적인 조광기와의 호환성을 시험한다.

2. 조광기(Triac-dimmer)

그림 1은 Leading edge type 조광기의 내부구조이다. 내부 구조는 Daic, Triac 등으로 구성되어 있으며 조광기가 정상동작하기 위해서는 트라이악 소자의 점호전류(Latching Current) 및

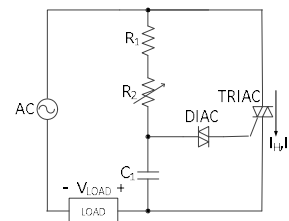


그림 1 조광기 내부 구조
Fig. 1 Internal Structure of a Triac-dimmer

유지전류(Holding current)를 만족하여야 한다. 점호전류는 트라이악의 초기동작 시 필요한 최소한의 전류이며, 유지전류는 트라이악의 정상 동작을 위해 요구되는 최소한의 전류이다. 위와 같은 2가지 조건을 만족하지 못한다면, 조광기의 오동작이 발생하게 된다. 예를 들어, 조광기와 역률 보상 기능이 없는 AC/DC 컨버터를 연결 할 경우 전류가 인가되지 않는 구간이 발생하게 되며 유지전류를 만족하지 못하여 트라이악의 정상적인 동작을 보장 할 수 없다.^[2]

3. 제안된 Valley-fill을 이용한 LED 구동회로

트라이악의 오동작을 방지하기 위한 기존 회로인 수동 블리더를 적용한 경우 유지전류 및 점호전류는 만족할 수 있지만, 전 동작 구간에서 저항으로 인한 전력소모가 발생한다. 따라서 본 논문의 제안회로는 Valley fill을 적용함으로써 트라이악의 오동작 구간이 최대 1/3로 감소하였으며, 오동작 하는 지점을 정확히 검출하여 능동 블리더를 동작시켜 전력소모를 최소화한다.

3.1 Valley-fill

그림 2는 트라이악의 오동작을 방지하기 위해 제안된 Valley fill을 이용한 LED 구동회로의 기본 블록도 및 Valley fill의 전압, 전류 파형이다. V_{BR} 이 $V_{Valley(peak)}$ 의 1/2 이상인 경우 D_1 은 도통 상태이며 부하전류로 인하여 입력전류(I_F)가 인가된다. 하지만, V_{BR} 이 $V_{Valley(peak)}$ 의 1/2 이하인 경우 D_1 은 차단 상태가 되어 입력전류(I_F)가 인가되지 못하므로 트라이악이 오동작하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 트라이악 오동작 구간에 능동 블리더를 동작시켜 유지전류 이상의 전류가 인가되도록 한다. 그러나, 입력전압 또는 트라이악 조광기의 초기동작 시점이 변화함에 따라 $V_{BR(peak)}$ 의 1/2이 되는 전압도 변하므로 트라이악의 오동작 지점을 정확히 찾을 수 있는 회로가 필요하다.

4. 실험 결과

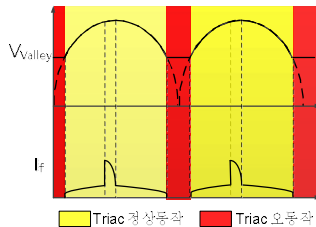
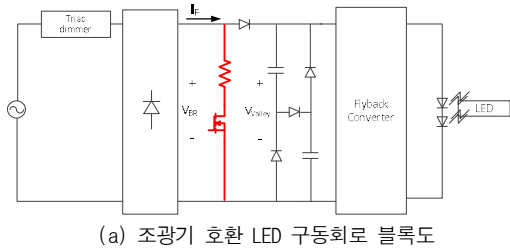
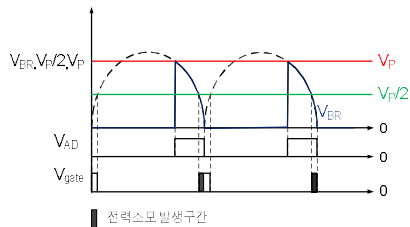
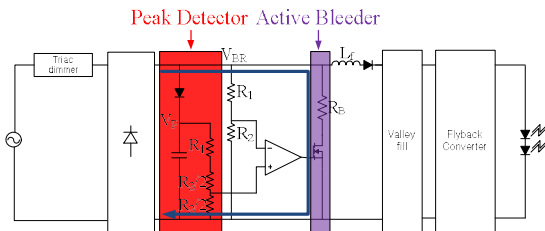


그림 2 제안 LED 구동회로 블록도 및 Valley-fill 전압, 전류파형
Fig. 2 Block Diagram of proposed LED Driver and Valley-fill voltage, current waveforms

3.2 피크 검출기(Peak Detector)

그림 3는 $V_{BR(peak)}$ 의 1/2 되는 지점을 찾을 수 있는 피크 검출기 회로이다. 정류기의 양단 전압(V_{BR})이 피크 검출기를 통해 얻은 전압(V_P)의 1/2 이하인 경우 스위치는 ‘온’ 상태가 되어 블리더 저항(R_B)을 통해 점호전류 및 유지전류를 만족시킴으로써 조광기가 오동작하는 것을 방지할 수 있다. V_{BR} 이 $V_P/2$ 보다 큰 경우 비교기에 의해 스위치는 ‘오프’ 상태가 되어 능동 블리더가 동작하지 않게 되므로 전 구간 블리더 저항으로 인해 전력소모가 발생하는 수동 블리더 보다 전력 소모가 적다. 또한, 조광기의 초기동작 시점에 따라 변하는 $V_{BR(peak)}/2$ 지점을 정확히 검출할 수 있다.



2단 Valley fill의 경우 V_{BR} 이 V_P 의 1/2 이하일 때 트라이악 오동작이 발생하지만 3단의 경우 V_{BR} 이 V_P 의 1/3 이하일 때 트라이악이 오동작이 발생하므로 2단 보다 더 넓은 범위에서 정상동작을 하며 능동 블리더의 동작구간이 적으므로 효율 상승의 장점을 지닌다.

그림 6은 제안된 13W급 조명용 LED 구동회로와 조광기 연결 시 파형측정 결과이다. LED 밝기를 100%, 50%, 25%, 3%까지 조절함에 따라 각 전압과 전류파형을 나타내었다. 트라이악의 초기 동작 시점이 증가함에 따라 출력전류(I_{LED})가 줄어드는 것을 확인하였으며 최소전류는 16mA로 최대출력전류의 약 3%까지 밝기조절이 되는 것을 확인하였다. 또한, 전 밝기조절 구간 동안 플리커 현상 없이 트라이악이 정상동작 하는 것을 확인하였다.

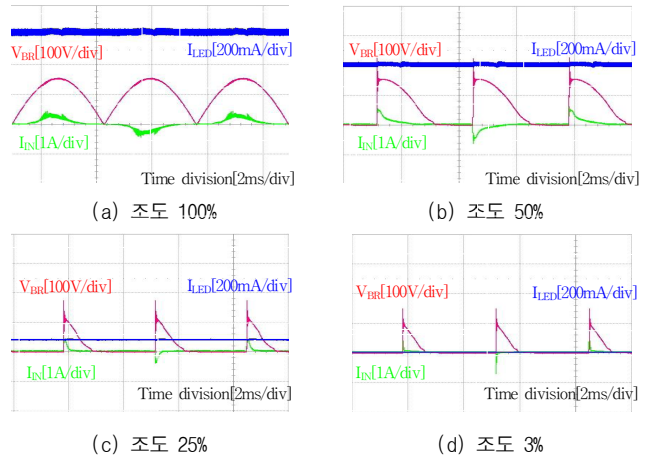


그림 6 제안 LED 구동회로의 주요 동작 파형
Fig. 6 Experimental Waveform of proposed LED Driver

5. 결론

본 논문에서는 조광기와 호환 가능한 LED 구동회로를 제안하였다. 제안회로는 역률만족 및 트라이악 오동작 구간 감소를 위해 Valley fill 회로를 적용하였으며 피크 검출기를 통해 입력전류가 인가되지 않는 시점을 정확히 검출함으로써 능동 블리더를 동작시키므로 트라이악의 오동작을 방지한다. 또한, Valley fill 회로와 인덕터를 결합함으로써 입력전류 리플 감소를 통해 EMI 노이즈 저감 및 1단 구성으로 인한 효율개선 효과가 있었다. 제안된 회로의 타당성을 검증하기 위하여 13W급 조명용 LED 구동회로의 시제품 제작을 통해 그 우수성을 확인하였다. 또한, 제안회로와 조광기의 호환성 테스트 결과 600W급 조광기 20종 모두 호환 가능함을 확인하였다.

본 연구는 삼성전기(주)의 연구비 지원과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학T연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA 2013 H0301 13 2007)

참고 문헌

- [1] Jung Nam Seo “A Study on the Reduction of Conducted Noise Emission from an Interior LED Lighting Module with TRIAC Dimming Control” KIEE, pp. 109 113, 2011
- [2] Jae Hyun Han, Young Cheol Lim, Young Gook Jung, “Single Stage Quasi Resonant Type PSR(primary Side Regulation) PWM Converter for the LED Drive in TRIAC Phase Controlled Dimmer” KIIEE, Vol.27, No.2, pp. 84 94, 2013, February.