

# 조광기용 MR16 안정기 호환 Flicker Free LED 구동회로 연구

김택우, 염봉호, 이강희, 이동렬, 김주래\*, 홍성수  
 국민대학교 전력전자 연구소, 삼성전기\*

## A Study on Flicker Free LED Driver for Dimming MR16 Electronic Transformer

Taek Woo Kim, Bong Ho Yeom, Kang Hee Lee, Dong Ryul Lee, Ju Rae Kim\*, Sung Soo Hong  
 Kookmin University Power Electronics Center, \*Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.\*

### ABSTRACT

LED(Light Emitting Diode)는 친환경적 특성, 긴 수명, 우수한 효율, 빠른 응답 속도 등의 장점이 있어 최근 기존의 백열전등 및 형광등을 대체하는 조명 수단으로 각광받고 있다. 기존의 LED구동회로를 조광기용 MR16안정기에 연결할 경우 안정기와 조광기의 오동작으로 인해 Flicker 현상이 발생되고 선형적인 Dimming이 불가능하다. 그러므로 본 논문에서는 MR16안정기와 조광기용 MR16안정기를 호환하는 Flicker Free LED 구동회로를 제안한다. 또한 LED구동회로의 원리와 Dimming에 따른 LED전류제어기법 원리를 설명하고 모의실험 및 시제품 제작을 통해 제안 회로의 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

전기발광효과를 이용한 반도체 소자인 LED는 조명효율이 높아 에너지 저감에 유리하고 5만 시간 이상의 긴 수명과 수을 함유하지 않은 친환경 소재로써 백열전구 형광등을 대체하는 조명소자로 크게 성장하고 있다. 기존의 MR16램프를 LED조명으로 교체하기 위해서는 건물에 설치되어 있는 MR16안정기와 백열등용 Triac 조광기를 제거하고 LED 구동회로로 교체해야하기 때문에 추가적인 시간과 인력 및 인건비가 필요하다는 단점이 있다.

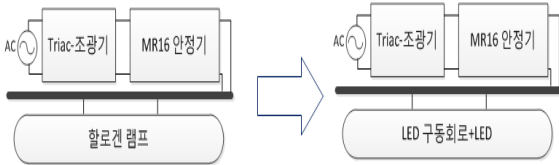


그림 1 기존 조광기용MR16방식과 제안LED구동방식

그렇기 때문에 추가적인 비용 없이 LED조명으로 교체하기 위해서는 그림 1 처럼 기존의 MR16안정기와 Triac 조광기를 제거하지 않고 이를 이용해 LED 조명을 구동할 수 있는 호환형 LED 구동회로의 연구가 필요한 실정이다. 또한 MR16조명의 경우 크기가 작기 때문에 간단한 구조의 LED구동회로가 요구된다.

따라서, 본 논문에서는 부스트 컨버터와 벡 컨버터 2단으로 구성된 전력 단을 이용하여 호환 가능한 새로운 제어방법을 제안한다.

### 2. MR16안정기 호환 LED 구동 회로

Triac 조광기와 MR16안정기는 저항성 부하의 전력 제어 목적으로 개발된 제품이기 때문에 Firing 구간 동안 조광기의 오동작을 방지하기 위해 Triac의 Holding current를 만족해야 하며, 자려식 MR16안정기의 자려발진을 위한 최소한의 전류 또한 만족해야 한다. 그러므로, 그림 2와 같이 앞단에 CCM모드로 동작하는 부스트 컨버터를 사용하는 것이 가장 일반적인 방법으로 알려져 있다. 본 논문에서는 히스테리시스 제어로 동작하는 부스트 컨버터를 사용하여 Triac 조광기와 안정기의 오동작 및 이로 인한 Flicker 현상을 제거하였다.

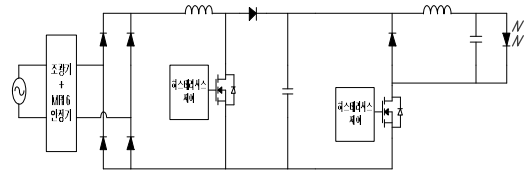


그림 2 최소전류 유지에 유리한 구조의 LED구동 2단 전력단

#### 2.1. LED 전류명령부

기존의 할로겐램프의 경우 조광기로 부하에 전달되는 전력의 양을 조절함으로써 램프의 밝기를 조절하였지만, LED의 경우 벡 컨버터에 전류명령가변을 통해 밝기를 조절해야하기 때문에 LED 전류명령발생부가 필요하게 된다.

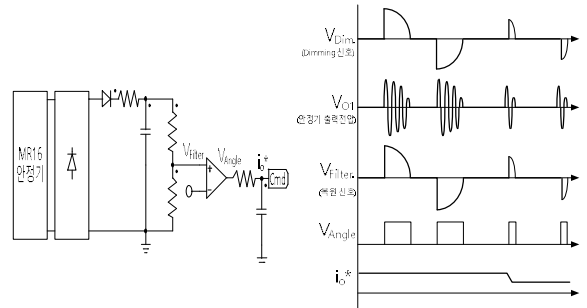


그림 3 전류명령 발생부 회로 및 파형

제안회로의 LED 전류명령발생부의 원리는 그림 3의 회로와 파형에 나와 있듯이 조광기에 의해 Cutting된 MR16의 고주파

수 출력파형을 받아 필터를 통하여 조광기의 60Hz 출력파형과 같은 형태의 파형으로 복원한 후 비교기를 이용해 Angle detection을 하고, 이를 RC필터로 평균화해서 LED전류명령을 발생시키게 된다. 그러면 벅 컨버터는 LED전류명령을 받아 Analog dimming으로 동작하게 된다. 이처럼 Angle detection을 하여 출력전류명령을 조절할 경우 선형적인 전류제어가 가능하며, 간단한 회로로 전류명령을 할 수 있다는 장점이 있다.

## 2.2. 부스트 컨버터 전압제어부

부스트 컨버터를 고정전류명령으로 동작시킬 경우 안정기 입력파위는 수식 1처럼 인가되지만 전류명령은 선형적이기 때문에 Dimming에 따른 출력 부하 변동으로 부스트 컨버터의 출력 전압이 최대부터 중간 Dimming까지는 상승하고, 중간부터 최소 Dimming까지는 하강하는 문제가 발생한다.

$$P_{IV} = \int_0^{\pi} \sin\theta - \int_0^{\theta} \sin\theta$$

$$= 1 + \cos\theta \quad (1)$$

상승할 경우 출력 콘덴서의 내압이 상승하게 되고, 하강할 경우 벅 컨버터의 출력전압보다 낮아져서 정상동작을 하지 못하기 때문에 일정 범위 이내로 부스트 컨버터의 출력전압을 제어해야 할 필요가 있다. 따라서, 본 논문에서는 그림 4와 같이 출력전압 제어기로 비례제어기를 제안한다. 제안된 제어기는 출력전압이 최대일 때 최소전류명령을 발생하고, 출력전압이 최소일 때 최대전류명령을 발생시킴으로써 출력전압을 일정 범위 내로 제어할 수 있는 가장 적합한 제어 방식이다. 한편, 비례 적분제어기의 경우 출력전압과 전류명령 사이에 위상 지연이 발생하며, 순시 적으로 출력전압 변화에 따르는 전류명령을 발생시키기가 어렵다.

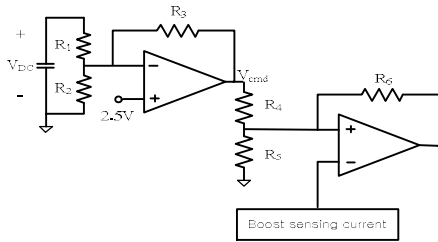
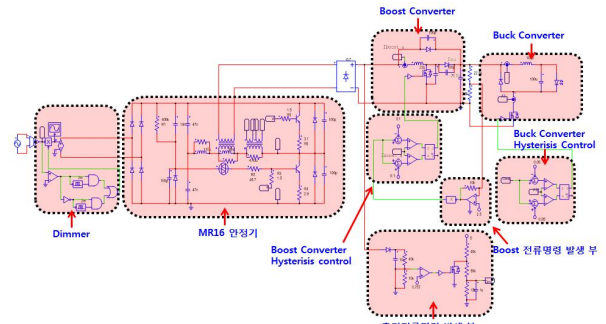


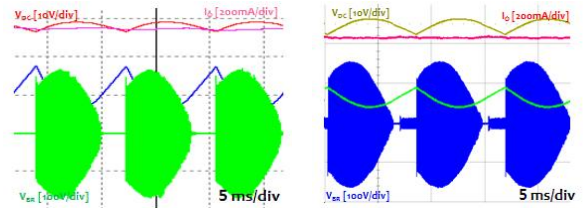
그림 4 부스트 컨버터 전압제어부

## 2.3. 실험결과

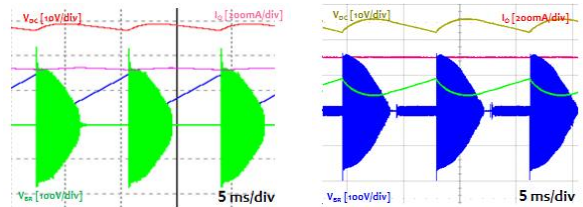
다음은 제안회로의 우수성과 타당성을 검증하기 위하여 PSIM을 이용한 시뮬레이션 파형과 시작품을 제작하여 측정한 실험결과파형이다. 그림 5에서 시뮬레이션파형과 실험결과파형을 보면 거의 같은 결과를 보여주기 때문에 시뮬레이션의 신뢰도가 높다는 것을 알 수 있다. 파형은 안정기 출력전압, 부스트 컨버터 출력전압, 부스트 컨버터 전류 명령, LED 전류를 나타내었으며, 최대, 중간, 최소 Dimming시 파형이다. 또한 앞에서 설명하였듯이 부스트 컨버터의 출력 전압이 변화함에 따라 전류명령 또한 반대로 변화하기 때문에 Dimming시에 출력전압이 일정 범위 내에서 고정된다. 그리고 전 구간 Flicker현상 없이 일정한 LED 전류가 유지됨을 확인할 수 있고, 선형적인 LED출력전류가변이 가능하다.



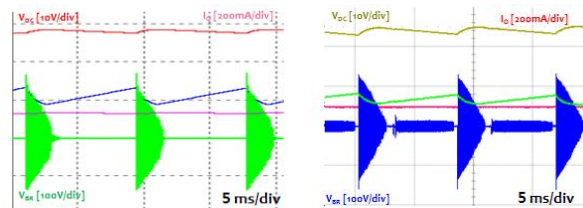
(a) 제안회로 시뮬레이션 회로도



(b) Full Dimming 시 시뮬레이션파형과 실험파형



(c) Half Dimming 시 시뮬레이션파형과 실험파형



(d) Min Dimming 시 시뮬레이션파형과 실험파형

그림 5 PSIM 회로도 및 시뮬레이션, 실험결과

## 3. 결론

본 논문에서는 조광기용 MR16안정기와 Triac 조광기를 오동작 없이 구동 가능한 LED구동회로를 제안하였다. 제안 회로는 간단한 구조로 전 구간 Flicker 현상 없이 선형적인 Dimming이 가능하며, P제어기를 통해 전류명령을 가변함으로써 링크전압을 안정적으로 유지 할 수 있었다. 또한 시뮬레이션과 시작품 제작으로 제안회로의 타당성을 증명하였다.

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

## 참고 문헌

- [1] Jirasereeamornkul, K. Boonyaroonate, I. Chamnongthai, K. "High efficiency electronic transformer for low voltage halogen lamp" Applied Circuits and Systems ISCAS International Symposium, pages III 355 358,2003.
- [2] Hua J. "Low Voltage Dimming System". Industry Applications Conference, pages 1700 1 104,1999.