전압제한 AC입력 LED 드라이버에 관한 연구

김랑기, 도현락
서울과학기술대학교 산업대학원 전자공학과

Study on Voltage Limiting AC input LED Driver

Lang Ki Kim, Hyun Lark Do
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문은 전압제한 고효율 AC입력 LED 드라이버에 연구에 관한 것이다. 최근 이산화탄소 배출 저감과 고효율 LED 조명이 일반화 되면서 고효율, 장수명, 소형화에 대한 요구가 커지고 있다. LED를 구동하기 위해 SMPS (Switching Mode Power Supply)를 사용하는 경우 역률을 높이기 위해서 별도의 역률 개선부를 포함하고 있어야 하며 전해커패시터 역시 사용되어야 한다. 이 방식은 가격의 상승과 전해커패시터 사용에 의해 수명 저하라는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하여 수명 저하를 일으키는 전해커패시터와 별도의 역률 개선부 없이 LED에 정전류를 공급하고 역률을 향상시킬 수 있는 LED 드라이버 회로를 제안하고 이를 실험으로 검증한다.

1. 서론

에너지난의 심화, 세계적인 환경오염에 대한 국제적인 경각심 증대와 이산화탄소 배출 감소 노력 등에 힘입어 고효율, 친환경의 LED조명에 대한 관심이 고조되고 있다. 이는 환경문제와 고유가 시대가 현실로 닥치면서 에너지절감의 당위성이 더욱 커지고 있기 때문이다.[1][2]

조명분야의 전력소비는 전체 전력 소요량의 약 20%정도를 차지하여 에너지절감 영향력이 매우 큰 산업 분야이며, 기존 조명을 LED조명으로 대체하면 에너지소비를 1/3~1/5 수준까지 감축이 가능하다. 일반 조명시장에서 LED광원이 이미 가정 및 사무실 조명을 대체하기 시작하였고, 감성조명 등 다양한 분야에 그 활용이 급속히 증가되고 있는 추세이다.[3]

이러한 장점을 가진 LED 조명장치 구현에 있어서 안정된 전류를 흘려주는 LED용 전원공급 장치가 매우 중요한 부분을 차지하고 있어 이에 대한 구동 드라이버와 회로개발 연구가 활발하게 진행되고 있다.

본 논문에서는 수명 저하의 원인이 되는 전해콘덴서를 사용하지 않고, CRD(Current Limiting Diode)를 사용하여 역률을 개선하고, 전자파 발생을 현저히 낮추며, LED에 공급되는 피크 전압을 Vf에 맞게 제한시켜 입력 전압 변동에도 안정된 전류의 공급이 가능하도록 하였다.

2. 본론

2.1 기존 AC입력 LED 구동방식 비교

2.1.1 Resistor Drop 방식

맥류출력 DC부에 최대 출력 전압에서 LED Vf(Forward Voltage) 전압에 해당하는 저항으로 전류를 제한하는 방식으로 저항에서 소비하는 전압이 커서 효율이 낮고 열 발생이 크다.

2.1.2 Capacitor Drop 방식

AC 입력단에 마일라 커패시터를 직렬로 연결하여 전압을 낮추고 브리지 다이오드를 통해 정류한 후 직렬 저항을 삽입하여 사용하나 하모닉스가 많이 발생하고 효율이 낮다.

2.1.3 BJT방식

DC 출력단에 BJT 트랜지스터 2~3개로 부 귀환을 걸어 정전류원으로 사용하며 구현이 쉽고 저렴하나 입력 전압에 따라 출력 전류의 변동이 생기고 트랜지스터의 열 발생이 크다.

2.1.4 SMPS 방식

높은 효율을 제공하지만 회로가 복잡하고 EMI 노이즈 제거를 위한 EMI 필터가 필요하다. 따라서, 부피가 커지고 가격이 상승하게 된다.

2.2 제안하는 LED 구동회로 구현

2.2.1 전압 및 전류 제한부

그림 1과 같이 브리지 다이오드를 통해 나오는 맥류전압을 CRD에 공급하고 2단으로 직렬 연결하여 상부 전압을 제한하고 D1 CRD를 통과하면서 피크 전압이 50V 정도 낮아지고 D2 CRD를 통과하면서 LED의 Vf의 총합에 해당하는 전압으로 제한하여 LED에 인가되도록 하였다.

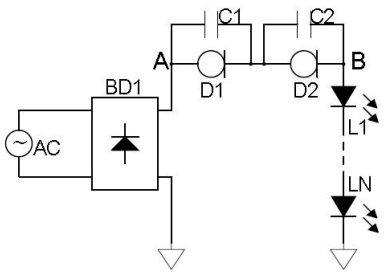

그림 1. 제안하는 LED 구동회로

일반적으로 전류 레귤레이터 다이오드는 광범위한 전압 범위에서 일정한 전류를 흘려주는 소자로 전류 증대를 위해서는 병렬로 연결하여 확장이 가능하다.

2.2.2 구동회로 구현

구동회로를 FR4 PCB보드에 설계하여 다운라이트 조명 광원으로 사용되도록 72개의 LED를 원형으로 배치하여 직렬로 연결하고 입력 전압은 AC220V를 공급하여 60mA의 전류를 흘려주는 14W급 조명장치를 그림 2와 같이 구현 하였다.

그림 2. 조명장치 구현

2.3 실험 및 고찰

2.3.1 전압과 전류 파형

구동회로 그림 1의 브리지 다이오드의 출력은 전압파형(A)와 같이 맥류(220V x 1.414 = 311V)로 출력되고 이 전압은 직렬로 연결된 CRD를 거치면서 전압이 제한되어 LED의 순방향 전압(Vf: Forward Voltage)에 맞는 전압(3.08V x 72개 = 222V)이 만들어 지고 전압파형(B) 형태의 펄스 파형을 LED에 공급하게 된다.

이는 AC구동 방식의 최대 단점인 맥류 전압 공급으로 인한 전압 편차 발생으로 LED조명의 성능 저하와 LED에 가해지는 스트레스를 줄여주어 수명이 짧아지는 문제를 해결하고 조명 품질을 향상시켜 역률은 92.7%로 개선되었다.

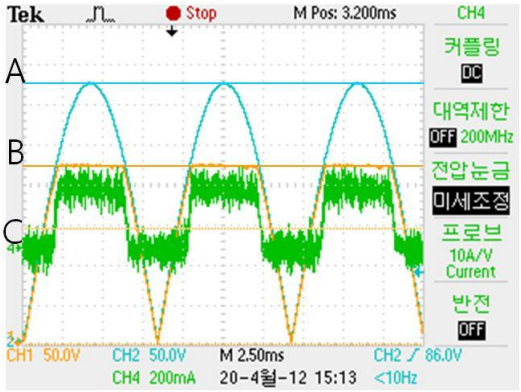

그림 3. 전압과 전류 파형

전류 파형은 그림 3의 (C)와 같이 전압파형(B)의 상부에서 최대 전류를 흘려주고 펄스 형태로 레귤레이트 된 안정된 전류가 LED에 공급되고 있음을 확인 하였다. 이는 리니어로 전압이나 전류를 인가하는 다른 방식에 비해 LED의 열 발생을 줄여 주어 히트싱크의 크기를 줄일 수 있고 메탈PCB의 사용이나 방열 기구의 추가 없이 FR4 기판만으로도 온도 상승 없이 안정된 전압과 전류로 동작이 이루어지고 있음을 확인 하였다.

2.3.2 전자파 장해 개선

전기·전자산업과 정보통신 기술이 발달함에 따라 편리함과 풍요로움을 누리는 반면 전자파장애로 인한 통신 장해와 오동작의 피해를 줄이고 불요전자파 발생을 최소화하기 위한 규제가 강화되고 있으며 전자파 장해 대책이 강구되고 있다. 대부분의 전원 공급 장치들은 스위칭 속도가 빨라서 많은 전자파 발생 요인을 가지고 있다.[4]

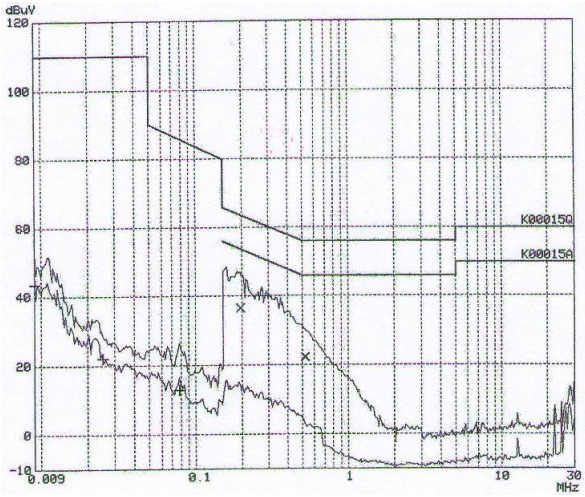

그림 4. EMC 측정 결과

구동회로의 D1과 D2의 CRD 드라이버 양단에 작은 용량의 소형 세라믹 커패시터를 부가하여 전원 입력단에 부피가 큰 필터 회로 없이 노이즈 발생을 줄일 수 있었으며, 9kHz ~ 30MHz 대역의 EMC를 측정하였더니 그림 4와 같이 전자파 발생을 현저히 낮추어 30dBμV이하의 양호한 결과를 얻었다.

3. 결론

본 논문에서는 수명 저하의 원인이 되는 전해콘덴서와 인덕터를 사용하지 않고 간단한 정전류 공급이 되는 LED 구동회로를 제안한다. 안정된 전류를 공급하여 LED 소자의 열 발생을 낮추어 조명 품질을 향상시키고, 전원 입력부의 필터 회로 없이 간단한 회로 구성으로 전자파 장해를 현저히 낮출 수 있어 제품의 크기를 줄일 수 있었다. 전류 레귤레이터 다이오드(CRD)를 다단으로 직렬 연결하여 전압 제한 회로를 구성하여 LED에 가해지는 스트레스를 줄였다. 14W급 AC입력 LED 구동회로를 설계하여 역률이 92.7%로 향상됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] 장성원, "고효율 친환경으로 각광받는 LED 조명", 삼성경제연구소, SERI경제포커스 제206호, 2008.08

[2] 윤형도, "친환경 고효율 LED 산업동향 및 향후전망", 전자부품연구원, Industry Trends, 2009.07

[3] 조미령, "LED 조명의 기술표준과 제품의 표준화 추진현황 및 동향", 한국조명기술연구소, 2009.10

[4] 권종화,박현호,최형도,이형수, "전자파장애 표준화 및 연구동향", 전자부품연구원, Industry Trends, 2001.06.