
고 효율, 이중 전원 지원 교류 구동 발광 다이오드 조명 연구 장치 개발

임준형* · 김영길*

*아주대학교

A Study on AC-Driven LED Lighting System with High Efficacy,
and Heterogeneous power

Jun-hyung Lim* · Young-kil Kim*

*Ajou University

E-mail : jun8313@ajou.ac.kr

요 약

본 논문은 서로 다른 크기의 교류 전원을 인가하더라도 균일한 소비 전력과 광 효율을 나타낼 수 있는 이중 전원 지원 AC LED 구동 장치를 설계 하였다. 서로 다른 크기의 입력 전압과 편차를 설정 하여, 두 입력전압에서 전기적 광 특성이 동일함을 확인 하였다. 또한 교류 전원의 피크전압에 따라 특정 LED 구간에서 발생하는 미 점등을 개선하여, 모든 상용 교류 입력 전압에서 전 구간 LED 점등을 구현하였다.

ABSTRACT

In this paper, we designed a power supply AC LED driving device which can display uniform power consumption and light efficiency even when AC power of different size is applied. By setting input voltages and deviations of different sizes, it is confirmed that the electric light characteristics are the same at two input voltages. In addition, according to peak voltage of AC power, improper lighting caused in specific LED section is improved, and LED lighting of all sections is implemented in all commercial AC input voltage.

키워드

교류 구동 LED, 이중 전원, 조명 장치 시스템
AC LED, Heterogeneous power, Lighting system

1. 서 론

LED 조명을 SMPS 사용 없이 상용전원에 바로 연결하여 구동하는 AC LED를 구현 하였다. AC LED는 적은 부품 사용으로 저 가격과 고속 스위칭을 하지 않아 장 수명 실현이 가능 하지만 DC 구동에 비해 낮은 광 효율과 상용 교류 전원의 피크전압에 따라 소비 전력과 광 출력의 차이가 발생한다. 또한 교류 전원의 피크 값에 따라 특정 LED 구간에서 미 점등이 발생한다. [1]

현 AC LED의 문제점을 감안하여 서로 다른 크기의 교류 전원을 인가하더라도 균일한 소비 전력과 광 효율을 나타낼 수 있는 이중 전원 지원 AC LED 구동 장치를 설계 하였다.

설정 한, 두 입력 전압에서 전기적 광 특성 값을 비교 평가하여 동일 값이 출력됨을 확인 하였다. 또한 특정 LED 구간에서 발생하는 미 점등을 개선하여, 전 구간에서 LED 점등을 구현 하였다.

II. 본 론

가. AC 직결형 LED 구동

그림1은 AC LED의 구동 방식의 기본 구조 이다. 전파정류 된 교류전원의 전압 크기에 따라서 직렬로 연결된 LED를 선택적으로 점등하는 방식이다. 제어 회로는 전파 정류된 AC전원의 전압 크기에 따라서 직렬로 연결 된 LED의 일정한 구간의 스위치 소자를 순차적으로 turn-on하여 접지 시켜서 LED를 구간별로 구동 시키는 방식이다

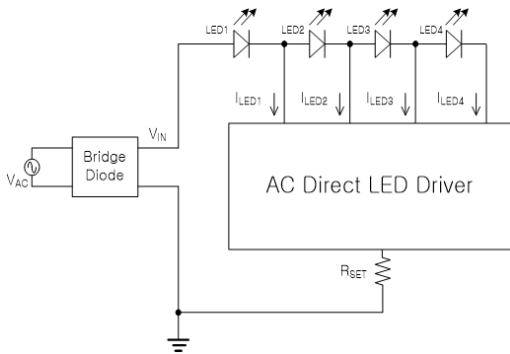


그림 1. AC 직결형 구조

순차 구동의 원리는 MosFET의 Differential 특성을 이용한다. 그림2는 MosFET의 Differential 특성의 그래프로 일정 전압 인가 시, Current Source로 동작하는 MosFET의 특성을 보여준다.

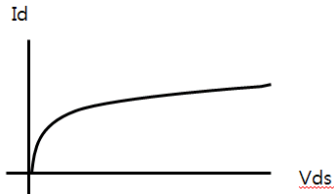


그림 2.. MosFET 특성 그래프

그림1에서 각 구간의 MosFET의 게이트 전압은 $V_{g1} < V_{g2} < V_{g3} < V_{g4}$ 로 인가 맥류전압에 따라 각 그룹의 MosFET은 Current source 특징을 가진다. 순차적으로 교류 전압 인가 시, LED1의 모듈전압 이하에서는 전류는 거의 흐르지 않고 모든 MosFET은 Short 되며, LED1은 미세하게 점등 되고, LED2~LED4는 점등 되지 않는다. 입력 전압이 LED1 전압의 이상이 되면 LED1는 점등되며, V_{g1} 은 Current source로 동작하여 MosFET의 전류는 그대로 유지 한다. LED1 전압의 이상

전압이 인가되어도 LED1의 전압은 상승 하지만 전류는 일정하게 유지 시키고, V_{LED2} 의 전압을 상승 시킨다.

첫 번째 MosFET의 정 전류는 두 번째 구간 LED2가 동작하기 전까지 유지한다. LED2의 전류는 MosFET1 + MosFET2 합이 흐르게 되고, LED1 + LED2 전압 인가 시, LED2가 점등 되면, MosFET1 + MosFET2의 전류가 V_{rm} 를 상승 시키고, 저항전압이 상승하여 V_{gs1} 을 감소 시켜 MosFET1의 Current가 감소하면서 MosFET1은 open 된다. MosFET1이 open 되면서 MosFET2의 전류는 Saturation 전류가 된다. 이와 같이 MosFET4까지 반복 되어 상용 교류 전원이 인가 되면 모든 구간의 LED는 점등 된다.

그림3은 4구간으로 나누어진 AC LED의 기본 동작에 따른 전류파형을 구간별로 보여주고 있다.

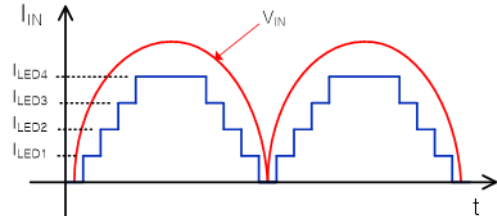


그림 3. 구간별 전류파형

나. 제안하는 이중 지원 회로

상용 교류 전원의 피크전압은 지역마다 다르다. 이때, LED를 이용한 조명장치를 서로 다른 크기의 교류 전원에 인가하는 경우 LED 밝기는 달라질 수 있으며 전력효율도 달라질 수 있다. 기존 AC 직결형 LED 구조는 교류 전원의 피크전압에 따라 특정 LED 구간에서 미 점등이 발생하며, 이로 인해 전력효율도 달라진다. 기존 AC 직결형 LED의 문제점을 개선한 이중 지원 LED 구동 회로를 제안한다.

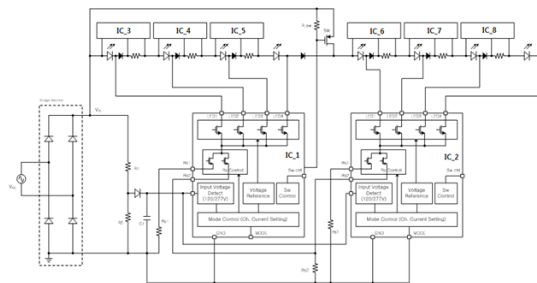


그림 4. 이중 지원 장치 구조

그림4는 제안하는 이중 지원 회로 구조이다.

입력전압의 피크 값과 전압비교부에서 미리 설정된 제어전압 값과 비교하여 제어전압(V_{con}) > 출력 피크 값(V_{peak}) 일 경우 직렬 구조, 제어전압(V_{con}) < 출력 피크 값(V_{peak}) 일 경우, 병렬 구조로 상호 전환 한다.

일반적인 제어전압(V_{con}) < 출력 피크 값(V_{peak}) 일 경우, 입력전압이 120Vac 인가 시, IC_1과 IC_2는 각각 병렬로 구동한다. 하지만 제어전압(V_{con}) > 출력 피크 값(V_{peak}) 인 경우, 입력전압이 277Vac 인가 시, IC_1과 IC_2는 직렬도 구동된다.

입력전압 V_{ch2} 에서 V_{ch3} 구간 일 때, IC_3 내부의 R_{ext} 전압이 V_{ref} 전압 보다 높아 스위치(FET)는 off상태가 되고 다음 채널의 LED와 직렬 구조로 변경되어 IC_4는 R_{ext} 전압이 V_{ref} 전압 보다 낮아 스위치는 On상태가 되고 그 다음 채널은 모두 병렬구조로 변경되어 점등한다.

그림5는 각 입력전압에 따라 직병렬 구조로 변경되는 LED 배열이다. 모든 입력전압에 대해 LED는 모두 점등상태를 유지한다.

다. 이중 지원 회로 구현

이중 전원 지원 회로 구현을 위해 그림6과 그림7과 같이 회로 구동부와 광원 부를 구성하였다.

회로 구동은 30W 기준으로 설계 하였으며, LED 광원 부는 각 IC 채널별 12직렬, 2병렬로 총 8채널로 구성 하였다. 이중 지원하는 입력 전압은 120Vac와 277Vac로 설정 하였다. 설정 값은 현재 미주에서 사용 되고 있는 상용 교류 전원 기준으로 설정 하였다. 입력 전압 및 편차는 임의로 설정 가능하다.

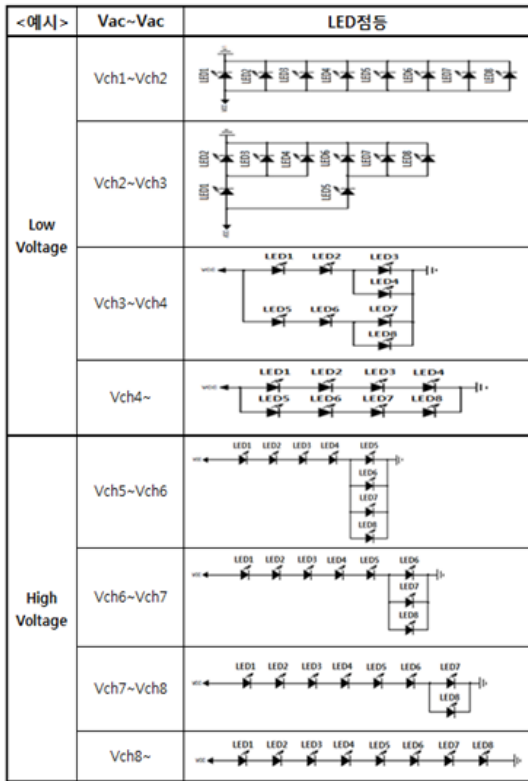


그림 5. 입력 전압에 따른 LED 배열 구조

입력전압 V_{ch1} 에서 V_{ch2} 구간 일 때, IC_3 내부의 V_{ref} 와 R_{ext} 의 전압을 비교하여 R_{ext} 전압이 V_{ref} 전압 보다 낮은 상태 일 때 스위치(FET)는 On 상태가 되고 다음 채널의 LED로 pass회로가 형성되어 모든 채널의 LED가 병렬구조로 변경되어 점등한다.

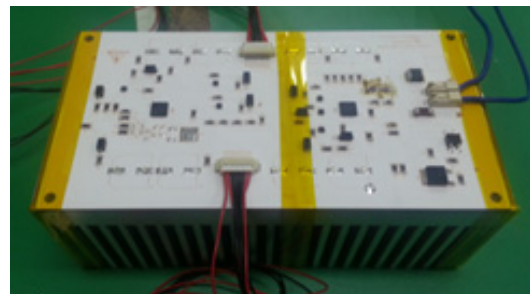


그림 6. 이중 전원 지원 회로 구동부

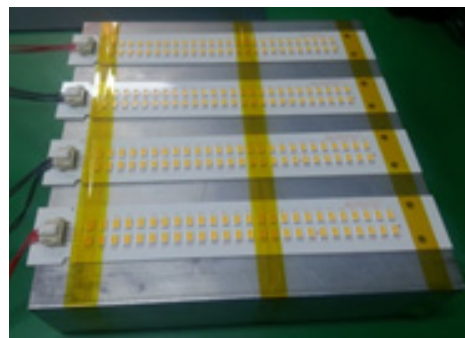


그림 7. LED 광원부

라. 이중 전원 회로 성능 평가

그림8은 120Vac 구동 시, 전류 파형 이다. IC_1과 IC_2가 병렬로 동작하여, LED 채널은 총 4채널로 구동 한다.

그림9는 277Vac 구동 시, 전류 파형이다. IC_1과 IC_2가 직렬로 동작하여, LED 채널은 총 8채널로 구동 한다.

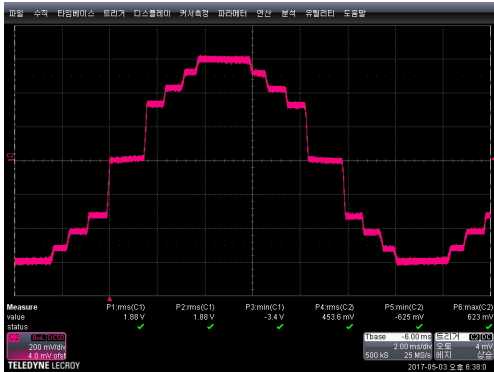


그림 8. IC 병렬 구동 시, 전류 파형

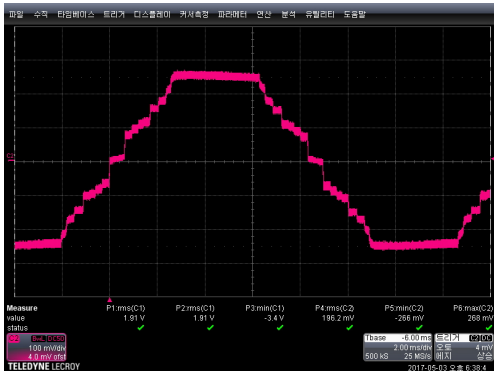


그림 9. IC 직렬 구동 시, 전류 파형

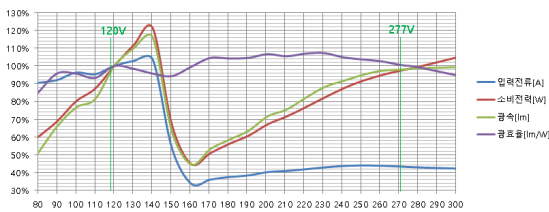


그림 10. 입력 전압에 따른 전기적 광 특성

III. 결 론

이 논문에서 이중 전원을 지원하는 AC LED 구동 회로를 검토한 결과, 입력 전압으로 설정한 120Vac와 277Vac에서 소비전력[W], 광속[lm], 광 효율[lm/W]이 1%이내 편차로 동일하게 동작 하였다.

전기적 광 특성 측정 결과, 색온도 5700K, 30W 기준, 광 효율 120lm/W, 역률 0.99, ATHD 13.7%로 DC LED 수준의 특성을 구현 하였다.[2] 또한 전류고조파는 C등급 기기 기준에 만족 하였다.[3] 기존 AC LED 구동의 문제점인 교류 전원의 피크전압에 따라 특정 LED 구간에서 발생하는 미점등을 개선하여, 모든 상용 교류 입력 전압 안가에도 전 구간 LED 점등을 구현하였다.

참고문헌

- [1] A Study on Self-Commutation, Reduced Flicker, and Maximum LED Utilization for Multiple-string Linear Drivers, Junsik Kim, February 2016
- [2] KSC7651, "컨버터 내장형 LED램프의 안전 및 성능 요구사항", 지식경제부(現 산업통상자원부) 기술표준원, 2010
- [3] IEC 61000-3-2, "Part 3: Limits-Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤16A per phase)", IEC EMC (electromagnetic compatibility) 2008