

MCU를 이용한 형광등과 AC LED 조명 제어 보드 설계

김상일*, 김종현**, 백주원**, 유동욱**, 김인동*
부경대학교*, 한국전기연구원**

Design of lighting Fluorescent lamp and AC LED control board using MCU

Sang-Il Kim*, Jong-Hyun Kim**, Ju-Won Baek**, Dong-Wook Yoo**, In-Dong Kim*
Pukyong National University*, KERI**

1. 서론

다양한 조명들이 있으며 각각의 조명에는 그 특성에 적합한 구동 회로가 필요하다. 구동 회로에서 조광 범위 조절은 최근 생활수준의 향상으로 인해 일반 가정 및 사무실에 각 구성원 간의 시력보호, 능률향상, 실내분위기 조성을 위하여 반드시 필요한 기능으로 부각되고 있다.^[1] 또한 에너지 절약을 위해 절전 기능을 강조함에 따라 필요한 곳에 필요한 밝기만 유지하여 주는 역할이 더욱 중요해 지고 있다. 최근에는 회로 구성이 쉽고 보호 기능 구현 및 제어가 간편한 MCU를 이용한 조명 제어가 도입되고 있다. 본 논문에서는 이러한 추세에 맞추어 기존의 형광등과 최근의 AC LED 구동용 제어 보드를 MCU를 이용하여 조광 범위 조절이 가능하게 각각 구현 하였다.

2. 제안된 형광등 안정기

2.1 제안된 형광등 안정기 회로와 동작 설명

MCU를 이용하여 형광등 안정기에 PFC(Power Factor Correction)기능을 넣어 역률을 향상시키고 조광 범위의 조절을 가능하게 하였다. 또한 MCU를 이용하여 안정기를 구성할 경우 기존 아날로그 방식에 비해 회로 보호 기능의 추가가 용이하여 안정기의 안정성이 향상 된다.

제안된 형광등 회로는 그림 1과 같이 구성 되어 있다. 안정기의 EMC(electromagnetic compatibility) 대책을 위해 안정기의 앞쪽에 EMI(electromagnetic interference) 필터를 배치하였다. PFC부는 부스트 컨버터를 기반으로 구현하고 하프 브리지 인버터와 공진회로를 이용하여 형광등을 구동하였다. 이 경우 DC링크전압은 400V이며 이 전압이 입력 전압의 변화와 상관없이 일정하게 유지되는 장점이 있다.^[2]

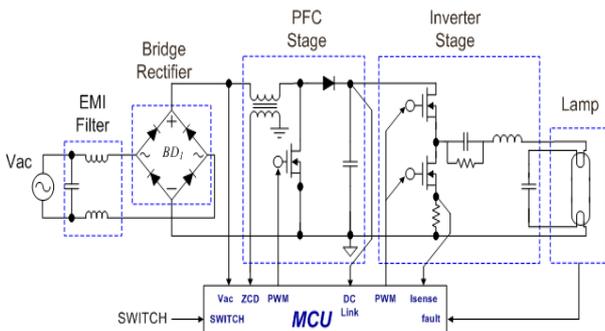


그림 1. 제안된 형광등 안정기 회로

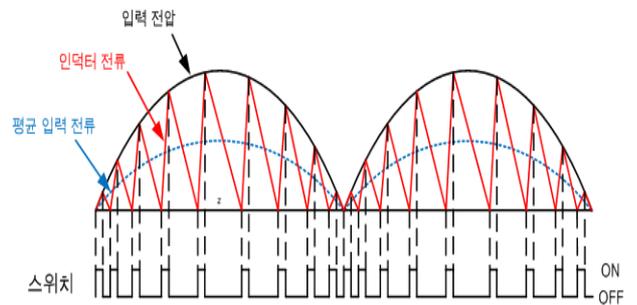


그림 2. 형광등 안정기 PFC부 동작 파형

그림 2는 형광등 안정기 PFC부의 동작 파형이다. 간단한 제어를 위해 영전류가 되는 순간 스위치를 온 시켰다. 입력 전압에 반비례하게 온 시간이 정해지고 정해진 온 시간을 일정하게 유지하였다. 전류 파형의 평균치는 입력 전압과 동상이 되어 역률이 향상된다. DC Link 전압을 센싱하여 일정한 DC Link 전압을 출력 하게 하였다.

조광 범위 조절은 형광등 안정기에서 잘 알려진 조광 방법인 인버터의 동작주파수를 조절하는 방법을 사용하였다.^[3]

2.2 실험 파형

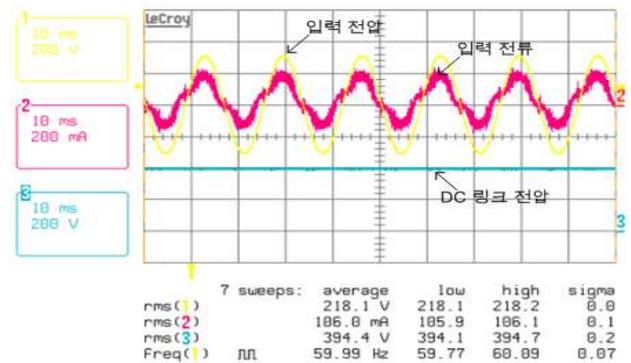


그림 3. 제안된 형광등 안정기 파형
(C1 입력 전압, C2 입력 전류, C3 DC 링크 전압)

그림 3은 18W 형광등 램프를 구동 시켰을 때 형광등 안정기 PFC 부분의 실험 파형이다. 입력 전압과 입력 전류가 동상이 됨을 확인 할 수 있다. 역률 측정 시 0.97로 PFC기능이 안정적으로 동작 하는 것을 확인 하였다. PFC DC Link 전압은 400V로 일정 하게 나오는 것을 볼 수 있다.

3. 제안된 AC LED 조광기

3.1 제안된 AC LED 디지털 조광기 회로와 동작 설명

최근 개발된 AC LED 구동에서는 AC PWM 방식을 이용하여 기존 위상 제어(phase control)방식의 조광 범위가 좁은 문제를 해결하였고 저주파와 고주파의 발생도 없어서 고주파 함유율이 작아지는 장점을 가지게 되었다.^[4] 그리고 상용 전원에 AC LED를 연결하여 사용하였을 경우 발생하였던 플리커 문제를 플리커 개선 알고리즘을 추가하여 해결하였다. 플리커 문제는 전압 변동이 심한 나라에서는 심각하게 발생하는 것으로 사용자의 눈을 피로하게 한다. 따라서 전압 변동에도 AC LED의 밝기를 유지해 주는 플리커 개선 기능이 조광기에 포함되어야 한다.

제안된 AC LED 조광기의 회로는 그림 4과 같이 구성 되어 있다. EMI필터를 배치하고 다이오드 브릿지와 MOSFET를 이용하여 전류가 양방향으로 흐를 수 있게 구성 하였다. 조광기에 플리커 개선 알고리즘을 추가하기 위해서 전류제어를 해야 되므로 MOSFET와 접지 사이에 센싱 저항(sensing resistor)을 이용하여 전류를 감지하게 하였다.

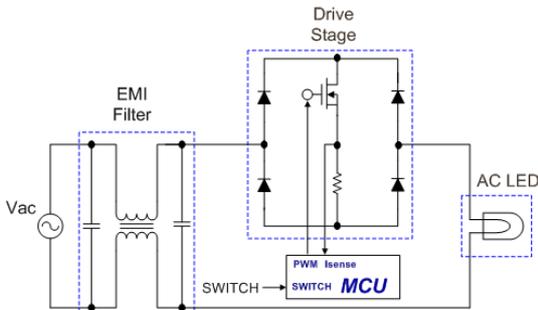


그림 4. 제안된 AC LED 조광기 회로

그림 5는 AC LED 조광기의 동작 파형이다. 입력 전압을 일정한 주기로 PWM하고 시비율을 변화 시켜서 출력 전압의 평균치를 제어 한다. 출력 전압 방정식은 다음과 같다.

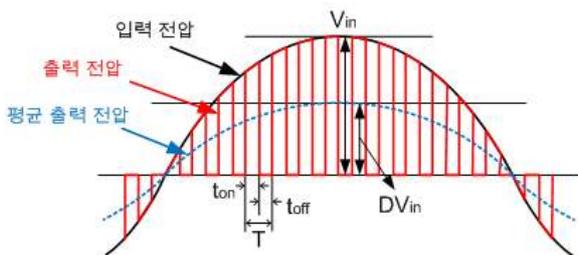


그림 5. AC LED 조광기의 동작파형

$$V_{out} = D \cdot V_{in} = \frac{t_{on}}{T} \cdot V_{in}$$

(1) V_{out} 은 조광기의 출력 전압, D 는 시비율, V_{in} 은 입력 전압을 나타낸다. 입력 전압 변동에도 AC LED의 밝기를 유지하기 위해 플리커 개선 기능을 추가하면 입력 전압이 바뀌어도 출력 전압을 일정하게 유지할 수 있다. 순간적으로 입력 전압이 증가하면 시비율을 감소시키고, 입력 전압이 감소하면 시비율을 증가시켜 플리커를 줄이게 된다.

3.2 실험 파형

그림 6는 AC LED 조광기의 출력 전압과 센싱 전류 파형이다. 출력 전압은 디지털 조광기의 스위치 온 시 입력 전압이

출력 전압이 된다. 스위치 오프 시 AC LED의 저항이 무한대로 되기 때문에 오프 시에도 전압이 인가된다. AC LED 특성상 $-160 \sim 160V$ 를 넘어선 구간에서 PWM동작이 나타난다. 이 구간에서 시비율을 조절하여 AC LED의 밝기를 조절한다.

센싱 전류파형은 MCU에 들어가기 전의 파형이다. 센싱 저항에서 받아들인 전류의 크기가 작아서 증폭하고 정류를 하였다. 센싱 전류파형은 출력 전압의 PWM동작 구간에서 나타난다.

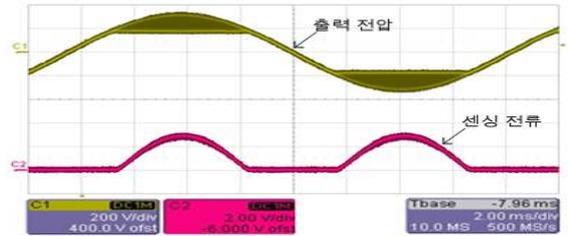


그림 6. AC LED 조광기 파형 (C1 출력 전압, C2 센싱 전류)

그림 7의 왼쪽 파형은 입력 전압을 천천히 증가, 감소 시켰을 때의 파형으로 플리커 저감 제어 기능이 없을 때 입력 전압과 출력 전압의 파형이다. 입력 전압이 바뀌므로써 출력 전압도 같이 바뀌는 것을 볼 수 있다. 이 경우 AC LED의 밝기가 바뀐다. 그림 7의 오른쪽 파형은 플리커 저감 제어 기능이 있을 때 파형으로 입력 전압이 바뀌어도 일정한 출력 전압이 출력됨을 볼 수 있다. 이 경우에는 입력 전압이 바뀌어도 출력 전압이 일정하므로 AC LED의 밝기는 일정하게 유지된다.

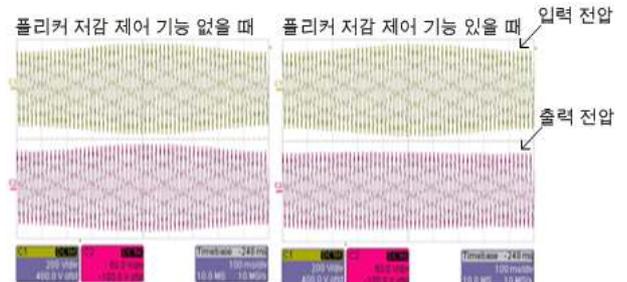


그림 7. 플리커 저감 제어 기능 실험 파형(C1입력 전압, C2출력 전압)

3. 결론

본 논문에서 MCU를 이용하여 기존의 형광등과 최근의 AC LED에 적합한 구동 회로를 구현하였다. 각각의 조광에 맞는 조광 방식을 이용하여 조광 범위 조절이 가능하게 하였다. 기존의 광원과 최근에 나오는 광원을 MCU를 이용하면 적합한 회로 구성이 가능하다는 것을 확인 할 수 있었고 기존의 아날로그 방식에 비해 회로 구성이 쉽고 보호 기능 구현 및 제어가 용이해지는 장점을 지니고 있다.

참고 문헌

- [1] 정승환, 최익, 최주엽 "디지털 디머 시스템 개발 연구" 한국조명·전기설비학회, 조명·전기설비학회 논문지 제22권 제5호, pp. 108-115, 2008년 5월.
- [2-3] 한수빈 전력전자학회, 전력전자학회지 제10권 제2호, pp. 29-35 2005년 4월.
- [4] 김중현, 백주원, 민병덕 "A PWM Dimmer Using Two Active Switches for Incandescent Lamp" 전력전자학회 하계학술대회 발표 자료, 2009년 7월.