

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.1.205>
JIIBC 2020-1-29

AC LED의 안정성과 신뢰성 향상을 위한 구동용 DRIVER 연구방안

Research Method of Driving Driver to improve Stability and Reliability of AC LED

윤용호*

Yongho Yoon*

요 약 최근 친환경 에너지에 대한 인식의 전환과 정부 시책에 힘입어 실용 수준의 발광 다이오드(LED : Light Emitting Diode) 조명기구가 등장하여 보급되고 있으며 이에 따라 매우 큰 에너지 절감효과의 영향이 나타나고 있다. 하지만 실제 LED 조명을 사용하는 것에 있어서는 개인을 위주로 하는 사용은 가능하지만, 대형 가로등이나 전체 홈 조명을 사용하는데 있어서는 효율의 문제, 안정성의 문제, 신뢰성의 문제 등 여러 가지 문제로 인해 전체 조명시스템을 구현하는 것은 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 종래의 DC LED가 가지고 있는 발열 현상 등의 안전상 문제점들을 해결하기 위해 최근 AC LED가 개발되기는 하였으나 이 또한 기존의 AC Power를 사용해서는 옥외 조명으로 사용하기 어려운 품질 안전성 및 신뢰성 등의 여러 가지 문제점이 발생한다. 이에 따라 AC LED에 적합한 Power를 개발 적용하여야 하며 이러한 LED 조명의 등장은 기존 LED 조명이 가지고 있는 한계상황을 타파함과 동시에 지속 가능한 에너지 절감을 실천할 수 있는 도구로서 그 역할을 해내게 될 것이다.

Abstract Thanks to the shift in awareness of environmentally friendly energy and government initiatives, practical light-emitting diode(LED) lighting fixtures have emerged and are being distributed, resulting in very large energy savings. However, in actual use of LED lighting, it is possible to use it as an individual, but when using a large street light or a whole home lighting, the whole lighting system is realized due to various problems such as efficiency, stability, and reliability. Doing so has several problems. Although AC-LED has been developed recently to solve safety problems such as heat generation phenomenon of the conventional DC-LED, it also has various problems such as quality safety and reliability, which are difficult to use as outdoor lighting using existing AC Power. This happens. Accordingly, the appropriate power for AC-LED should be developed and applied, and the emergence of such LED lighting will play a role as a tool that can overcome the limitations of existing LED lighting and implement sustainable energy saving.

Key Words : DC-LED, AC-LED, Power, Efficiency, Stability, Reliability

*정회원, 광주대학교 전기전자공학부
접수일자: 2019년 12월 22일, 수정완료: 2020년 1월 22일
게재확정일자: 2020년 2월 7일

Received: 22 December, 2019 / Revised: 22 January, 2020 /
Accepted: 7 February, 2020

*Corresponding Author: yhyoon@gwangju.ac.kr
School of Electrical and Electronic Engineering,
Gwangju University, Gwangju, Korea

I. 서 론

LED 시장은 연평균 성장률 30%에 이르는 차세대 유망시장이다. 세계 시장은 07년에는 140억 불이었지만 성능향상과 함께 응용 분야가 확대되면서 15년 약 1천억 불 규모의 성장을 이루었다(그림 1). 향후 LCD BLU, 자동차 및 조명용 LED 시장이 큰 폭의 성장세를 보이면서 전체 LED 산업의 성장을 주도할 전망이다. LED 시장의 선점을 위해 국가 전략적 차원에서 집중 투자를 하고 있으며 국내에서도 LED 조명기술이 급성장 중이다. 향후, UV LED를 활용한 농수산물, 의료용 LED 등 특수 LED 시장도 크게 확대될 전망이다. AC LED는 Down light 백열등, 할로젠 대체시장에 진입할 가능성이 있고, 백열등 시장 중 LED 조명 교체되는 시장은 2012년에 약 50억 불을 달성하였다.

이러한 국내의 LED 시장 동향과 함께 최근 지구 온난화 현상에 대한 대책으로 화석 에너지 사용 자제와 일본 3.11 대지진에 따른 원자력에 의한 전기 생산의 한계상황 등으로 급속하게 에너지 절감 문제가 부각이 되고 있다. 현재 지구상에서 소비되고 있는 전력은 2.5조 kWh 수준이며 이 중에서 16%를 차지하는 조명에 대한 에너지 절감이 크게 대두되고 있다. 기존의 백열등이나 형광등 기구에서는 근본적인 에너지 절감의 해결책이 없었으며 사무실이나 생산현장에서 필요한 부분까지 소등하는 일과성 대책으로 대응하여 오다가, 최근 친환경 에너지에 대한 인식의 전환과 정부 시책에 힘입어 실용 수준의 LED (Light Emitting Diode) 조명기구가 등장하여 보급되고 있으며 이에 따라 매우 큰 에너지 절감효과의 영향이 나타나고 있다.

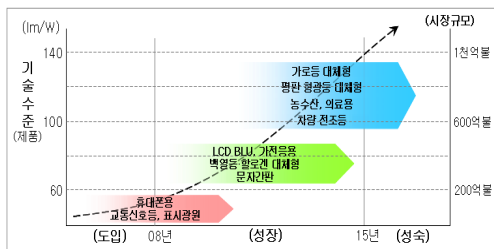


그림 1. LED 기술수준 및 시장규모
Fig. 1. LED technology level and market scale

LED 조명산업은 LED 광소자를 이용하여 조명제품을 제조하는 산업으로 백색 조명으로 생활필수품 (주거, 사무공간의 실내조명), 충전연색 색 변환 조명으로 환경조명 (예 : 건축, 경관, 도로조명 등)이 있다. 최근에는 LED

광소자의 효율 향상으로 백열전구, 할로젠 전구를 대체 및 경제성을 확보하여 형광등도 대체 될 수 있을 정도로 성장하는 분야 중의 하나이다. 하지만 실제 LED 조명을 사용하는 것에 있어서는 개인을 위주로 하는 사용은 가능하지만, 대형 가로등이나 전체 홈 조명을 사용하는데 있어서는 효율의 문제, 안정성의 문제, 신뢰성의 문제 등 여러 가지 문제로 인해 전체 조명시스템을 구현하는 것은 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

LED를 조명으로 사용하고자 하는 경우 LED에서 발생하는 열이 구동하는 전원장치에 영향을 주어 LED 조명시스템 자체에 큰 영향을 주고 있다. 기존의 DC LED가 가지고 있는 발열 현상 등의 안전상 문제점들을 해결하기 위해 AC로 직접 구동 가능한 LED가 소개되고 있으나 이 경우 상용 전원의 입력전압 변동에 따른 전압 Flicker와 IEC에서 규정하고 있는 THD (Total Harmonic Distortion, 전고조파 왜형률)를 만족하지 못하여 전기용품으로서의 안정성이 떨어지는 단점이 있다. 최근 AC LED가 개발되기는 하였으나 이 또한 기존의 AC POWER를 사용해서는 옥외 조명으로 사용하기 어려운 품질 안전성 및 신뢰성 등의 여러 가지 문제점이 발생한다.^[1] 이에 따라 AC LED에 적합한 POWER를 개발 적용하여야 하며 이러한 LED 조명의 등장은 기존 LED 조명이 가지고 있는 한계상황을 타파함과 동시에 지속 가능한 에너지 절감을 실천할 수 있는 도구로서 그 역할을 해내게 될 것이다.

II. AC LED 구동 DRIVER 문제점 및 시장 동향^[2-4]

본 논문에서 개발하고자 하는 제품은 기존의 조명시장을 대체하는 기술로서 조명시장 중에서도 DC로 구동하는 LED 조명이 신뢰성 등의 문제로 널리 보급되지 못하고 있으며 제품의 안정성 측면에서도 문제가 되어 시장 확대에 제한적 요소가 강한 옥외용 조명 (가로등, 보안등), 실내 내장용 조명에 적용하고자 하는 기술로서, DC LED의 문제점과 AC LED의 문제점을 개선하고자 한다.

1. 기존 DC LED 및 DRIVER의 문제점

LED LAMP 발열에 의한 구동용 전원의 신뢰성 DC LED는 DC 전원의 전압강하로 인해 LED 램프 바로 위에 구동장치가 놓이는 구조로 LED 램프의 발열로 인해

구동장치인 전원 온도가 상승하게 되는 문제점을 가지고 있다. 또한, 구동용 전원 자체 발열로 LED 구동용 전원은 기본적으로 Fan이 없는 구조로 대류가 일어나지 않는 옥외에 설치되는 경우 직사 열에 의한 발열에 대한 설치 환경이 열악하여 신뢰성 문제가 발생하고 있다.

결국, LED 자체가 아니라 구동장치의 신뢰성과 수명 문제로 LED 자체의 신뢰성이 문제가 되어 보급이 활성화되는 데에 근본적인 문제가 되고 있다.

2. 현재 AC LED 및 DRIVER의 문제점

DC LED의 신뢰성에 대한 문제점을 개선하기 위하여 계통의 전원을 직접 연결하여 구동하는 AC LED가 개발되어 소개되었으나, 이 AC LED는 AC LED 자체의 문제점인 계통 전원의 변동에 따른 LED의 flicker 문제를 피할 수가 없다. 이를 보완하는 DRIVER가 One Chip 화되어 소개되었으나, 효율 및 Flicker의 근본적인 문제를 해결하지 못해 많이 활성화되지는 못하고 있는 실정이다.

3. 현재 AC 직결형 DC LED 및 DRIVER의 문제점

기존 AC LED의 근본적인 문제점을 해결하기 위해 AC 직결형 DC LED가 개발되어 AC LED의 근본적인 문제점을 해결하여 소개되고 있으나, 현재 개발되어 소개되고 있는 AC 직결형 DC LED DRIVER은 대부분은 계통의 전원을 Bridge Diode로 전파 정류한 후 이를 Current Mirror로 정전류 소스 변환하여 LED를 구동하는 방식으로서 이런 경우,

- 계통의 전압이 불안정한 경우(SAG, Swell, Transient Over Voltage) 전압원을 전류원으로 변경하는 구동 IC가 과전류, 과전압에 의해 파손되는 경우가 많다.
- 계통을 그대로 정류하여 사용함으로써 기본적으로 기존 AC LED 문제점인 Flicker 문제를 근본적으로 해결할 수 없다.

따라서 기존 문제점을 해결함과 동시에 현재 Smart LED 기술의 발전으로 효율, 수명, 안전성, 응용(밝기 조절, Color, 색온도, Remote Control/Remote Monitor, Energy 절약) 등이 다양하게 고려되어 다음과 같은 내용이 대두되고 있다.

- 기존 8채널로 구동하는 LED 전광판의 경우 다양한 색온도를 표출하기 힘들어서 8채널보다 많은 색온도를 표출함으로써 인간의 감성을 자극하는 16채널 LED Module을 필요.

- 감성 LED 전광판 기술은 LED의 제어, 구동의 고급화를 통해 인간의 섬세한 감성에 미의식, 감정 순화, 편안함, 감동 등을 유도하는 기술이다. 따라서 설정된 값에 의해 주어진 영상 소스만을 구현하는 LED 전광판 기능에서, 설치된 환경에 적응하여 다양한 색온도를 표출하여 인간의 감성을 아우르는 Smart LED 전광판 필요.
- 단순 전광판에서 벗어나 주변 환경을 인지하고 인간의 감성을 고려한 지능적 전광판 구축을 위한 LED 구동 제어용 부품 수요가 증가 되는 추세.
- 감성 LED 전광판 기술을 지지하는 Y값 조정 기능, 색온도 조절기능을 내장한 다채널 컨트롤 제어 Module을 개발함으로써 글로벌 전광판 시장의 주도권 확보 필요.
- 음향, 조명, 주변 환경과 어울리는 디자인이 적용된 융/복합 제품으로 시장이 형성되어 가는 추세로 감성인식 기반의 Smart LED 전광판용 다채널 제어 패키지 Module은 필수 요소.
- 감성 전광판 기술을 위한 다채널의 제어기술을 위해서 HW/SW의 상호 보완적인 기술의 접목이 요구됨
- 감성의 변화에 적응하는 기능이 요구됨으로 다채널의 PWM Control 기능이 있는 기능성 모듈의 개발이 시급한 상황.
- 감성인식 기반의 Smart LED의 고효율화와 고풍력화에 따라 높은 소비전력을 요구하는 기존 제품을 대체하는 다채널 제어 패키지 Module 등의 개발이 절실함.

III. AC LED 구동용 DRIVER 기술현황^[5-7]

기존의 AC LED DRIVER은 일반적으로 그림 2와 같은 구조로 대부분의 특허 및 개발 관련 기술들은 정류된 교류를 Level에 따라 나누어 Dead Time을 줄이면서 LED를 최대한 구동할 것인가에 초점이 맞춰져 있다. 기본적으로 동작하는 알고리즘은 다음과 같다.

그림 3은 기존 AC 직결 LED 구동 DRIVER 동작으로 LED 도통각에 따른 효율 개선에 초점을 맞추고 있어 전압 변동에 따른 전류 변화에 대해서 완벽한 대책을 가지고 있지 못한 편이다. 일정한 전압 범위 내에서는 Current Mirror IC를 이용하여 대책을 세우고 있으나 계통 전압이 불안정한 경우 오히려 이 IC가 발열되어 파

손될 가능성이 있어 LED의 신뢰성을 나쁘게 하는 문제점을 가지고 있다.

그림 4는 기존 AC 직결 LED 구동용 DRIVER의 동작파형으로 전류 (4 Ch)의 흐름이 일정한 왜곡(total harmonic distortion)을 띄고 있어 높은 전고조파의 왜곡과 낮은 역률, 낮은 효율 등의 문제점을 보여주고 있다.

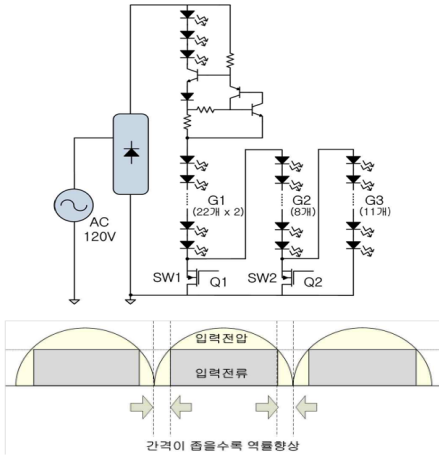


그림 2. AC LED 구동용 DRIVER 구조 및 입력전압과 입력전류
Fig. 2. Driver structure for AC LED drive and input voltage and input current

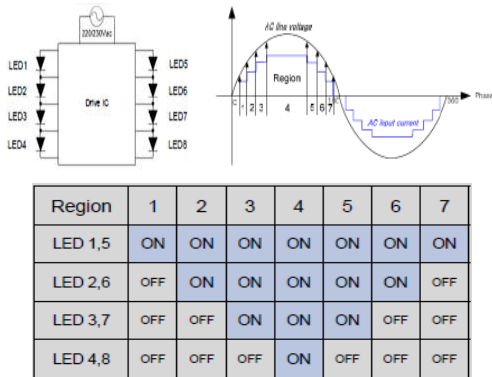


그림 3. 기존 AC 직결 LED 구동용 DRIVER 동작원리
Fig. 3. Principle of operation of existing AC direct LED driver

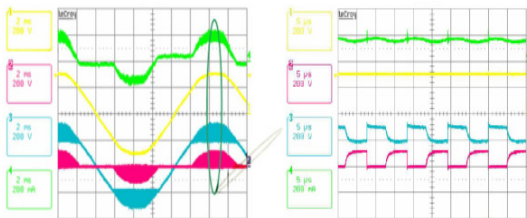


그림 4. 기존 AC 직결 LED 구동용 DRIVER 동작파형
Fig. 4. DRIVER operating waveform for existing AC direct LED driving

IV. AC 발광 다이오드(LED)에 적합한 구동용 DRIVER 연구

DC LED 조명장치의 근본적인 문제점인 발열에 의한 구동장치의 신뢰성, 보수 유지를 위한 관리의 어려움 등을 근본적으로 개선하기 위한 AC LED 조명장치로서

- 1) 전력변환 고효율에 의한 발열에 대한 근본적인 문제 해결
- 2) AC LED의 근본적인 문제로 제기되고 있는 입력전압 변동에 따른 Flicker 해결
- 3) 규격에 의해 정의되고 있는 THD 문제를 근본적으로 해결한 LED 모듈과 이를 제어할 수 있는 Controller를 포함한 조명시스템이 필요하다.

본 논문에서는 위의 내용을 기반으로 입력전압의 변동에 대해 안정된 출력전압과 정전류를 제공하는 신뢰성이 있는 AC LED (또는 AC 직결형 DC LED) 구동용 AC Power IC와 기존 형광등을 대체할 수 있는 조명시스템을 연구하고자 한다. 연구 내용은 다음과 같다.

- 1) 정전압원, 정전류원을 함께 갖는 회로 알고리즘으로 다음 두 가지 회로 방식
 - AC to AC chopping PWM Chopping 회로
 - LED 구동 효율을 최대화하는 Current Mirror 회로
 - 95% 이상의 전력 변환효율을 갖는 회로
- 2) Active 소자와 Passive 소자를 One Chip화 한 Power Module
 - AC LED 구동용 IC_20W LED Driving Power IC
 - RS232, 485 통신형 LED 조명용 컨트롤러
 - PWM duty control에 의한 dimming 제어 기능

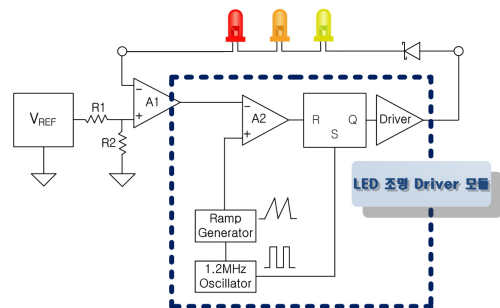


그림 5. PWM 구동회로를 포함한 AC LED 드라이버 회로
Fig. 5. AC LED driver circuit including PWM driving circuit

그림 5~8은 PWM 구동 회로를 포함한 AC LED 드라이버 회로, AC LED 드라이버 제어회로 구성, AC LED 구동용 드라이버, AC LED 구동용 드라이버 적용에 대한 각각의 내용을 보여주고 있다. 연구된 AC LED 구동용 드라이버는 입력, 출력으로부터 궤환신호를 받아 Dead time 등을 조절하여, Gate driving 신호 및 보호 동작 등의 신호를 제공한다. 또한 AC PWM Chopper 회로에서 각단에서의 신호를 인지하고 제어하는 구동 알고리즘은 Micom IC의 제어를 기반으로 제어부에서는 각각의 입, 출력단으로 받은 신호를 분석하여 필요한 PWM 신호를 발생하여 MOSFET Gate로 신호를 전달하는 방식으로 구성되어 있다.

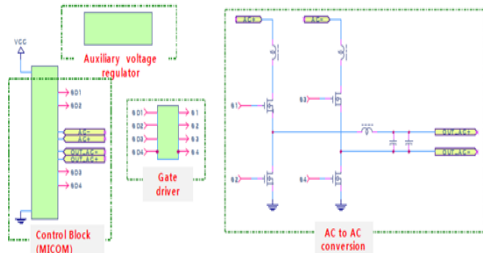


그림 6. AC LED 드라이버 제어회로 구성
 Fig. 6. AC LED driver control circuit

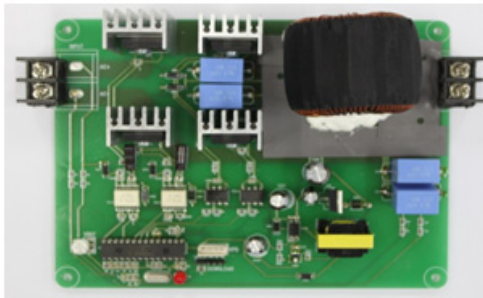


그림 7. AC LED 구동용 드라이버
 Fig. 7. Driver to drive AC LED

본 논문에서 제안하는 AC to AC Chopping 방식의 AC LED 또는 AC 직결형 DC LED 구동 전원은 기존 DC LED의 근본적인 문제점인 발열에 의한 구동장치의 신뢰성, 보수 유지를 위한 관리의 어려움 등을 근본적으로 개선하며 AC LED가 가지고 있었던 Flicker, 계통 전압 불안정성에 따른 신뢰성의 문제를 해결한 LED 구동 방식으로 다음과 같은 특징이 있다.

- 1) 기존의 DC LED가 가지고 있는 근접거리에서 전원장치의 신뢰성을 근본적으로 해결하기 위한

새로운 방식의 AC Chopping 방식의 구동 전원으로 계통 전압의 변동 ($\pm 20\%$)에 대하여 $\pm 2\%$ 의 출력전압 안정도를 갖는 교류 안정화 전원장치로서, AC to AC Chopping PWM 제어방식이다.

- 2) 교류를 직류로 변환하지 않고 직접 Chopping 하여 PWM 제어를 하는 방식으로 전력변환 효율이 97% 이상의 고효율로 발열에 대한 근본적인 문제를 해결할 수 있다.



그림 8. AC LED 구동용 드라이버 적용
 Fig. 8. Application of driver for AC LED driving

IV. 결 론

발열에 대한 문제, 입력전압 변동에 따른 Flicker 문제, 전고조파의 왜곡과 낮은 역률, 낮은 효율 등의 문제점들이 LED 조명시스템의 안정성과 신뢰성에 영향을 주고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 1) 정전압원, 정전류원을 함께 갖는 회로 알고리즘, 2) Active 소자와 Passive 소자를 One Chip화 한 Power Module에 관한 연구를 수행하였다. 연구결과를 통해 기존 LED 조명시스템의 안정성과 신뢰성 향상에 개선될 것으로 사료된다.

References

[1] M. J. Kwon, W. C. Lee "A Study on the Control Technique of LLC Resonant Converter for LED Driver with 120Hz Ripple Current", Trans. KIPE, Vol. 6, No 3, pp. 1557~1565 2019.

DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2019.68.12.1557>

- [2] C. G. In, Y. S. Oh, W. S. Oh, K. M. Cho, "Flicker Characteristics of 4-Channel Current Controlled PWM Dimming LED Illumination", 2019 Information and Control Symposium, pp. 175~177, 2019.
- [3] Ronaldo P. Coutinho, Kleber C. A de Souza, Fernando L. M. Antunes, and Edilson Mineiro Sa Jr. "Three-Phase Resonant Switched Capacitor LED Driver With Low Flicker", IEEE Trans. on IE, Vol. 64, No. 7, pp. 5828~5837, 2017.
DOI:10.1109/TIE.2017.2677305
- [4] Duy T. Nguyen, Eun S. Lee, Sonapreetha. M.R, and Chun T. Rim, "A Compact and High Efficient LED Driver Compatible with Electronic Ballast by Synchronous Voltage Doubler Rectifier", 9th International Conference on Power Electronics- ECCE Asia, pp.1090~1096, 2015.
- [5] K. H. Um, "Design of a PWM-Controlled Driving Device for Backlights of LED Systems", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 15, No. 1, pp. 245-251, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2015.15.1.245>
- [6] C. G. In, S. I. Hong, J.-U. Chang, C. H. Lin, "A New LED Light Device Lighting Control Algorithm for Optimal Energy Saving", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol. 12, No. 6, pp. 17-23, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2012.12.6.17>
- [7] I. K. Park, W. B. Lee, "Development of Current Control System Appropriate to a Big-Capacity LED Lamp using Microprocessor", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol. 15, No. 4, pp. 191-198, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2015.15.4.191>

저 자 소 개

윤 용 호(정회원)



- 성균관대학교 메카트로닉스공학과(공학박사)
- 삼성탈레스 종합연구소 전문연구원
- 현재 : 광주대학교 전기전자공학부 교수
- 주관심분야 : 전동기 제어 및 신재생에너지

※ 이 연구는 2020년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음.