

초슬림 LED 면조명 기구용 교류 직결형 구동 회로 구현

조면균¹, 최효선², 윤달환^{3*}

¹세명대학교 정보통신학부, ²(주)에프디크리에이트, ³세명대학교 전자공학과

Implementation of AC Direct Driver Circuit for Ultra-slim LED Flat Light System

Myeon-gyun Cho¹, Hyo Sun Choi² and Dal Hwan Yoon^{3*}

¹School of Information and Communication Systems, Semyung University

²FD Create Ltd.

³Department of Electronic Engineering, Semyung University

요약 LED는 환경 친화적인 광원으로 에너지 절약을 위해 기존 조명등을 빠른 속도로 대체하고 있다. 최근에는 에너지 소비가 많은 빌딩의 설계와 옥·내외 광고를 제작함에 있어서 LED를 적극 채택하여 그린 빌딩 및 고효율 저비용 백라이트 도입에 박차를 가하고 있다. 특히 기존의 형광등을 이용했던 실내등과 광고판용 백라이트 분야는 전력 소비가 많을 뿐 아니라 SMPS(switched mode power supply)에 의한 부피, 무게 및 수명제한의 제약이 있었다. 그러므로 본 논문에서는 SMPS가 필요 없는 12x12 FLB(flexible LED board)와 실내등용 LED 면조명을 위한 AC 직결형 구동기를 개발하였다. 제안 시스템은 고역율의 LID-PC-R101B 칩셋을 포함하고 고효율을 위한 LED 스위치 회로들로 구성되어 있다. 정교한 시스템 디자인을 통해 고효율, 높은 안정성 및 낮은 에너지 소비의 장점을 가지게 한다. 제안된 FLB는 크기 450x450 mm, 두께 4 mm 그리고 무게 280 g의 초슬림 구조를 가진다. 최종적으로 제안시스템의 성능검증을 위해 교류 직결형 구동 회로를 채택한 FLB와 면조명의 시제품을 제작하여 실험하였다.

Abstract LEDs are becoming the most suitable candidate replacing traditional fluorescent lamps because of its eco-friendly characteristics. LEDs are also actively used to design green building system and to make outdoor billboard as a back-light system due to its high energy efficiency. In this paper, we have developed AC direct driver for 12x12 FLB(flexible LED board) and LED flat light without SMPS. It has LID-PC-R101B driver IC that can support the high power factor and be composed of LED switching circuit in group. Also, an elaborate system designs can guarantee a high luminous efficiency, a high reliability and a low power consumption. The proposed FLB has the ultra slim shape of 450 x 450 mm, width of 4 mm and weight of 280 g. In the end, we have developed a prototype of FLB for billboard and flat light for room lighting with AC direct driver iposrder to verify the performance of the proposed system.

Key Words : AC direct driver, Flexible LED board, Flat light system, Switch resistor, power factor, Reliability

1. 서론

화석연료의 고갈 및 국제적인 자원전쟁의 본격화로 인하여 에너지 절약과 대체에너지 개발을 통한 에너지 자

소비용 구조로 국가적 정책이 전환되고 있다[1]. 또한 고유가로 인한 에너지 위기와 환경오염에 대한 경각심이 커짐에 따라, 저효율 백열등과 유해물질을 사용하는 형광등의 대체 광원으로서 LED가 에너지절약 및 친환경의

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업 (No. 000462980111)의 연구수행 결과물임.

*Corresponding Author : Dal Hwan Yoon

Tel: +82-10-2369-1308 email: yoondh@semyung.ac.kr

접수일 12년 07월 24일

수정일 12년 08월 20일

계재확정일 12년 09월 06일

특징으로 주목을 받고 있다[2-3].

특히 에너지의 소비가 많은 빌딩을 설계함에 있어서 에너지 절약과 환경보전을 목표로 LED와 같은 고효율 에너지설비를 채용하는 그린 빌딩(Green building)의 개념이 범국가적으로 도입되어 사업이 진행되고 있다[4-5].

한국의 옥내외 광고 시장은 6500억 규모로 매년 10%씩 급성장하고 있으며 대규모 설치형 광고판과 지하철, 버스의 부착형 광고판이 주가 된다. 기존 광고판의 배경광(back-light)으로는 형광등이 주로 쓰였는데, 이것의 전원공급 장치인 SMPS(switched mode power supply)로 인해 두께가 두껍고 무거우며 전력소비도 크다는 단점이 있었다. 또한 기존 LED를 조명등도 현재의 교류전압(통신 220V)을 낮출 직류전압으로 변환해주는 AC/DC 컨버터를 포함하는 SMPS를 필요로 하는데, 추가적인 회로의 구성으로 구동회로가 복잡하게되고 전력소모가 크게 되어 LED의 수명을 단축시키는 원인이 되었다[6-7].

최근 LED 실내 조명등 시장에서는 기존 형광등을 대체하면서 SMPS(안정기) 없이 220V 상용 교류전원에 바로 연결할 수 있는 AC-LED와 100 lm/W급 고효율 LED 제품이 개발되어 출시되고 있다[8-9]. 추가적으로 옥내외 광고판의 배경 광으로 얇고 가벼우며 전력소비가 적은 FLB (flexible LED board)을 도입하려는 시도가 일어나고 있다[10-11]. 하지만 옥내외 광고판의 배경광으로 쓰기 위해 초박형이면서 유연하게 구부러지는 구조를 가진 FLB와 빌딩내부의 실내등을 대체하기 위한 LED 면조명 시스템(Flat Light System)과 일체가 되는 AC 직결형 구동기(AC direct driver)는 개발되지 않았으며 통합된 완제품으로 출시되지도 않았다.

본 연구에서는 고역률을 보장할 수 있는 LED 직렬형 IC를 도입하고 면조명 시스템과 일체가 되는 AC 직결형 LED 구동회로를 개발한다. 추가로 LED 그룹별 스위칭 및 구동회로 개발하여 입력 전압 변동에 관계없이 일정한 전류를 부하에 공급하는 정전류 회로 및 입력 전압 변동에 따른 출력 전력을 보상하는 교류 직결형 구동기를 설계한다. 이를 통해 복잡한 회로나 큰 용량의 인덕터나 캐패시터가 없이도 기존의 SMPS 방식의 드라이버 회로에 비해 긴 수명뿐만 아니라 고주파 잡음을 극복할 수 있음을 보인다.

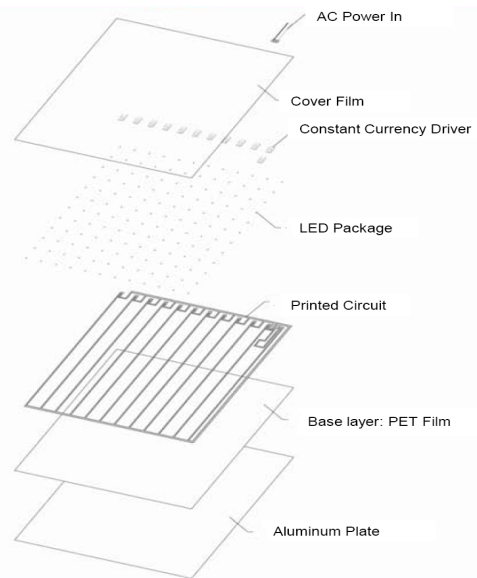
제안하는 AC 직결형 구동기를 검증하고 상용화하기 위하여 얇으면서 유연하게 구부러지는 LED FLB와 실내등용 LED 면조명 기구에 각각 AC 직결형 LED 구동회로를 일체형(sink type)으로 적용한 시제품을 제작하여 실험하였다.

2. SMPS가 필요한 DC형 LED 구동기

LED는 가정용에서부터 옥외 조명용 및 광고용 배경광으로 영역을 확장함에 따라 조명시장에서 LED 산업의 비중이 급격히 증가하였으며, 이에 따라 조명효율이 뛰어난 고효율 파워칩 기술이 상업화에 중요한 역할을 하게 되었다[12]. 조명 기술 및 제품은 자연 및 인간 친화적인 조명을 강조하고, 소형·경량화 형태의 광원을 요구하는 경향이 강하게 대두되고 있다. 등기구의 경우 눈부심 방지 및 다양한 재질의 기구물을 사용하며 고급화 경향이 뚜렷이 나타나고 있다.

2.1 병렬형 12x12 FLB 설계

LED 조명 제어시스템은 다양한 광색 표현, Ballast 및 SMPS 고 효율화와 컴팩트화를 추구하고 있으며, 정전압 방식(9V, 12V, 24V)이나 정전류 방식 (350mA, 700mA 등)으로 소비전력은 10W, 20W, 30W, 50W, 100W 등이 있다. 이러한 제품의 중요 요소는 고효율 및 제어 IC를 사용하여 콤팩트한 구동회로를 설계하는 것이다.



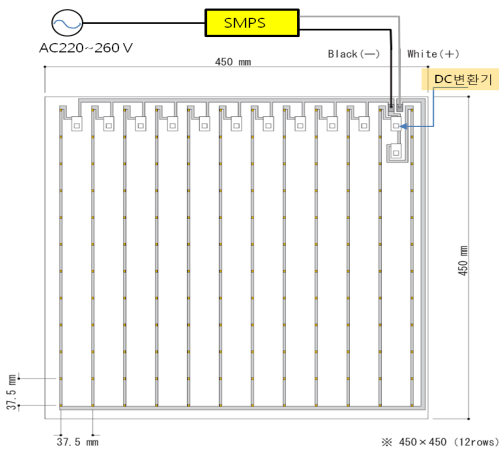
[그림 1] FLB의 LED Package 모델링
[Fig. 1] LED package modeling of FLB

그림 1은 DC전원에 4mm폭, 450×450mm 크기를 표준 사이즈로 한 LED 보드제작 형태를 나타낸다. 이외에도 450×225 mm, 450×187.5 mm, 450×150 mm 등 다양한 크기로 확장 및 축소 제작하여 사용할 수 있다. 이처럼 기존의 DC 전원을 사용할 때 단점은 220V AC 전원을 DC

로 변환하기 위한 SMPS가 추가로 필요하며 한쪽 방향으로만 직류전원이 인가되기 때문에 LED 수명이 짧아지는 단점이 나타나게 된다.

그러므로 그림 1처럼 DC를 사용하고 LED를 병렬로 연결한 구조의 경우, LED 패키징을 통하여 LED 개수에 따라 다양한 사이즈를 가진 얇고 유연한 FLS를 설계함과 동시에, 조명등의 수명 연장과 유지보수에 어려움이 있는 SMPS를 없애기 위한 노력이 필요하다. 그러므로 교류전원을 직접 사용할 수 있도록 하는 고 효율의 AC 직결형 구동기의 개발이 성공적인 시스템 구현의 주요 관건이 된다.

그림 2는 DC 전원과 LED 병렬형 FLB 회로를 나타낸다. 그림에서 보이듯이 외부에서 SMPS를 통하여 DC전원을 공급하고, FLB는 1개의 DC 인버터에 12개 LED를 직렬 연결한 회로를 12개 라인으로 병렬 구성하여 12x12 = 144 LED개를 구동하도록 한 형태이다.



[그림 2] DC용 안정기를 가진 병렬 FLB 회로
[Fig. 2] Parallel FLB circuit with DC SMPS

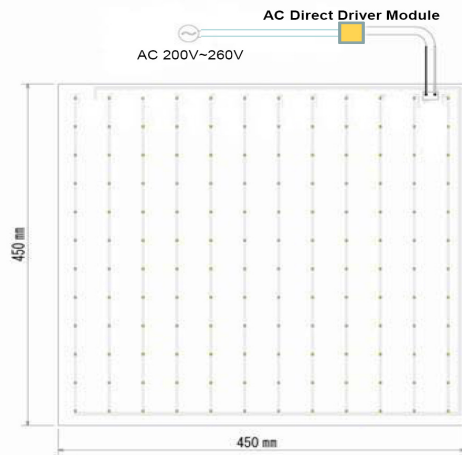
위에서 소개한 DC용 FLB 시스템의 성능향상을 위해서는 우선 필요한 형태에 따라 다양한 크기로 보드를 설계하고, AC 직결형 구동회로 개발을 통하여 LED들을 직렬로 연결한 매트릭스를 구성하면 수명이 2배로 연장 가능하며, 소형화된 일체형 AC 전원회로를 개발함으로써 기존 제품에 대비 성능우위를 점유할 수 있다.

3. SMPS가 없는 AC 직결형 LED 구동기

3.1 직렬형 12x12 FLB 설계

본 장에서는 기존 DC형 FLB의 병렬 12x12 개수의

LED를 변환시켜 직렬형 FLB로 설계하고, AC 구동 엔진 드라이버를 장착하여 교류전원을 직접 사용한다. 이때 다양한 크기로 FLB를 설계할 수 있는 알고리즘 연구를 통하여 그 성능을 평가한다. 그림 3은 AC 직결형 구동기 모듈과 12x12 (144)개의 LED를 직렬로 배열하여 구성된 FLB의 회로도도를 나타낸다. 기존의 그림 2와 비교하면 SMPS가 없이 AC 220V를 직렬로 연결된 144의 LED로 구성된 FLB에 바로 연결하였음을 알 수 있다.



[그림 3] AC 직결형 구동기를 가진 직렬 FLB 회로
[Fig. 3] Serial FLB circuit with AC direct driver module

[표 1] 12x12 직렬형 FLB의 규격
[Table 1] Spec. of serial 12x12 FLB

파라미터	12 라인	
크기(mm)	450mm	450x450
두께(mm)	4.0	
무게(g)	450mm	280
LED 패키지수	144	
입력전류(A)	0.24	
입력전압(V)	AC 220 ~ 260	
전력소모(W)	11.52	

그림 4는 450x450 mm 크기의 12x12 FLB 모형을 실제 구현한 결과를 나타낸다. 이때 세로 길이 450 mm에 12개 LED 배치를 기준으로 하고, 12 라인을 배열하여 12x12 FLB를 구성한다.

이때 FLB의 밝기가 982 lm 이므로 동일한 조도를 보장하기 위해서는 2개의 형광등을 연결하여야 하는데 각각 36W를 소비하므로 72W가 소비되고 2개의 안정기도

추가로 필요하게 된다. 반면 제안하는 AC direct driver와 연계한 FLB 시스템은 12W의 전력만을 소비하므로 기존 형광등으로 배경광을 사용하는 옥내의 광고판 대비 약 1/6의 전력만이 소요된다. 제안된 FLB의 12개 라인선은 필요에 따라 6, 5, 4, 3, 2 라인으로 줄여서 다양한 크기로 설계할 수 있다. 두께는 공통적으로 4mm를 유지 가능하다.



[그림 4] 12x12 FLB의 직렬 회로 구현
[Fig. 4] Implementation of serial FLB circuit

표 2는 각 라인수에 따라 FLB를 실험한 후 입력전류 대비 전력소모를 나타낸 표이다.

[표 2] 라인수에 따른 FLB 특성변화
[Table 2] Characteristics of FLB depending on number of lines

라인수	6	5	4	3	2
크기(mm)	225	187	150	112	75
무게(g)	140	117	94	70	47
패키지수	72	60	48	36	24
입력전류(A)	0.12	0.10	0.08	0.06	0.04
전력소모(W)	5.76	4.80	3.84	2.88	1.92

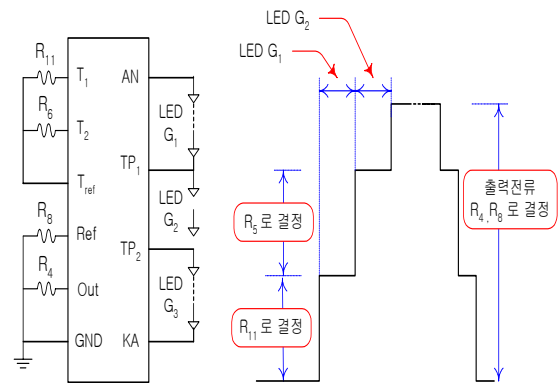
위의 표에서 알 수 있듯이 12라인의 LED FLB의 전력 소모(5.76W × 2)는 같은 밝기를 내는 기존 형광등(36 W × 2=72W) 대비 약 1/6에 불과하다.

3.2 FLB용 AC 직결형 드라이버 구현

FLB용 AC 직결형 드라이버를 설계하기 위해 전압, 전류 변화에 대해 민감하게 반응하는 광소자인 LED를 안전하고 효율적으로 구동시킬 수 있는 고역률(high power factor)의 LED 구동용 칩셋인 LID-PC-R101B를 분석해

보면 다음과 같다[13]. LID-PC-R101B는 입력 전압 변동에 관계없이 일정한 전류를 부하에 공급할 수 있는 정전류 회로 및 입력 전압 변동에 따른 출력 전력을 보상하는 회로를 포함하므로 LED의 과부하를 방지할 수 있는 특성을 갖추고 있다. 고역률을 보장할 수 있는 LED 그룹별 스위칭 회로를 구성할 수 있고, 복잡한 회로나 큰 용량의 인덕터나 캐패시터 없이도 LED AC 직결형 콘셉트로 설계가 가능하다[14].

그림 5는 구동 IC와 주변 LED 설계 그룹회로를 통하여 역률 향상을 위해 총 3개의 직렬 LED 그룹(group)과 연동시키고, 이를 2개의 탭점(Tap point)에 연결한 회로도이다. 정격 전압 220~230V 기준에서 메탈 PCB와 적절한 방열 적용 시 40W 까지, 100~120V에서는 30W 까지 사용이 가능하며, 효율은 최소 83% 이상을 보장하도록 설계한다. 탭(Tap) 제어 저항 R11, R6에 의해 전류 파형을 시험하고, LED 그룹별 개수와 R4, R8, R11, R6에 의해 파형을 결정한다.



[그림 5] LED 그룹개수와 전류 스텝 파형
[Fig. 5] LED group and current step waveform

$$N = \frac{P_{DTOT-LED}}{P_{D-LED}} \quad (1)$$

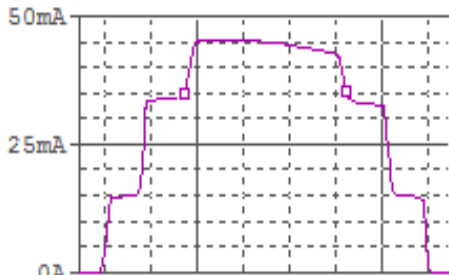
여기서 $P_{DTOT-LED}$ 는 요구 총 전력, P_{D-LED} 는 LED 1 개당 정격 소모 전력이다.

전력보상회로를 설계하기 위해 그림 5에서 연결된 R5의 값으로 보상의 정도를 조절한다. IC 내부적으로 출력 정전류원 외에 전류 미러 회로를 하나 더 두어서 고전압 인가 시 실질적으로 LED에 흐르는 전류를 일정하게 유지할 수 있도록 보상회로 측 미러 회로로 소비 전류를 우회시킴으로써 LED 보호 기능을 담당하도록 한다.

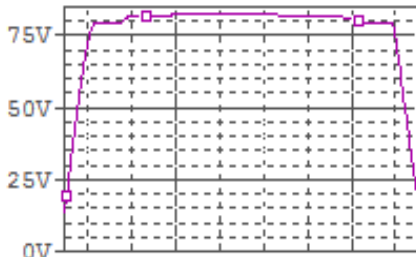
LED 출력단의 전류를 보상회로 단으로 더 많은 전류

를 우회시키고자 할 경우 R5의 값을 더 작게 설계하고, 보상회로 단으로 우회하는 전류를 줄이고 LED 출력단의 전류를 더 크게 설계하려면 R5를 더 크게 조정하면 된다. R5뿐 아니라 R6의 값을 같이 조정함으로써 보상이 이루어지는 전압레벨을 움직인다. 신뢰성 인증확보를 위해 식 (2)처럼 효율측정을 할 수 있다.

$$\text{효율}(\mu) = \frac{\text{그룹1+그룹2+그룹3의 소모전력}}{\text{입력전력}} \quad (2)$$



(a)



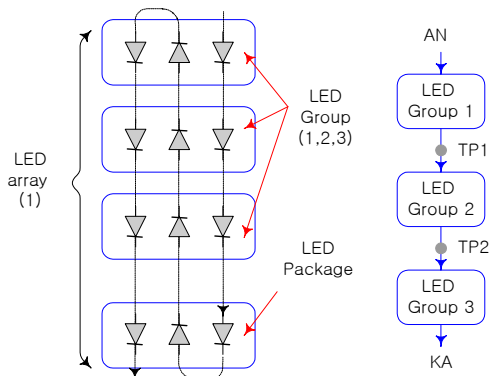
(b)

[그림 6] LED Group 1의 (a) 전류파형과 (b) 전압파형
[Fig. 6] (a) Current waveform (b) Voltage waveform of LED Group 1

그림 6은 입력전압 220V일 때, 고정 값 $R_2 = 2 M\Omega$, $R_7 = 1 M\Omega$, $R_{12} = 2 M\Omega$ 및 $C_1 = C_2 = 2.2 \mu F$ 에 따른 전류 및 전압파형을 그린 그림이다. LED 그룹 a 배열에서 전력소모는 3 W, 역률은 0.99를 얻는다.

그룹 2 > 그룹 3의 순으로 갈수록 전류와 전압파형의 가로축 폭은 작아진다. 따라서 각 그룹에서 측정된 전류와 전압파형을 곱하면, 각 그룹에서의 전력파형 평균치를 얻을 수 있다. 따라서 식(2)처럼 각 그룹의 소모전력 합을 입력전력을 나누어 효율(μ)을 계산할 수 있다.

그림 7은 LED 패키지, LED 그룹 및 LED 배열을 연결하는 방법을 나타낸다. 여기서 LED 배열 (1)은 그룹1, 그룹 2 및 그룹 3를 모두 더한 회로이다.

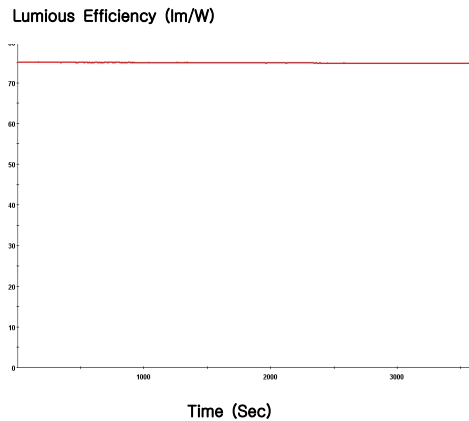


[그림 7] LED 배열 설계 개념도
[Fig. 7] Design diagram of LED array

3.3 AC 직결형 드라이버의 성능 시험

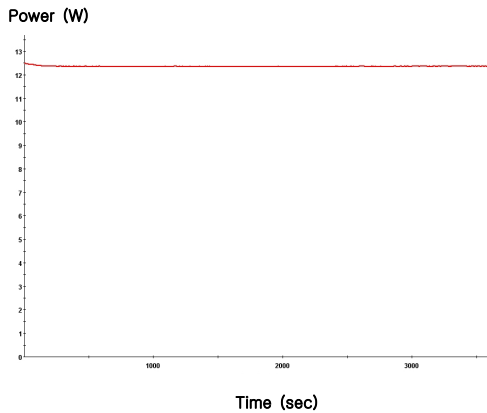
본 절에서는 12W용 FLB에 제안한 AC 직결형 구동기를 적용한 경우에 여러 가지 평가항목에 대해서 성능을 평가한 결과를 살펴본다.

그림 8은 먼저 FLB의 LED에서의 발광성능 (Luminous Efficiency)를 나타낸 그림으로, Average = 74.86 (lm/W), Max = 75.09 (lm/W), Min = 74.64 (lm/W)으로 나타났다. 일반적으로 효율이 높아 LED 조명의 조도확보용으로 쓴다.



[그림 8] LED의 발광성능 (조도 효율)
[Fig. 8] Luminous efficiency of LED

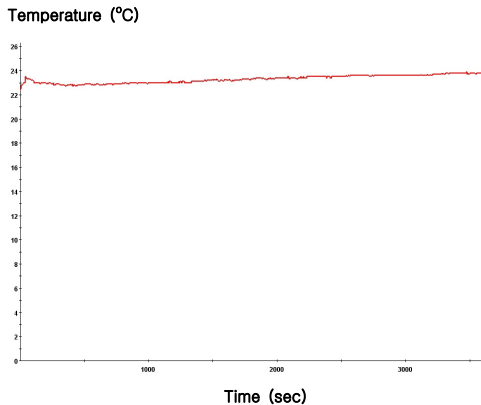
그림 9는 FLB의 평균전력(Ave. power) = 12.36 (W), Max = 12.50 (W), Min = 12.34 (W)를 나타내는 성능평가 그래프이다.



[그림 9] 전력 변화율 (전력의 안정도)
 [Fig. 9] Variation rate of power

그림 10은 FLB의 온도에 대한 안정도를 나타내는 그래프로, 평균 = 23.3 (°C), Max = 23.9 (°C), Min = 22.4 (°C)의 외부변화에 대한 온도변화가 크지 않음을 알려 준다.

위의 성능평가의 결과와 같이 제안하는 FLB용 AC 직결형 드라이버는 발광성능이 우수할 뿐 아니라, 평균적으로 12.36 W 만을 소모하여 에너지 효율적이며 주변의 상황변화에도 온도의 변화가 없어 안정적인 성능을 가짐을 알 수 있다.



[그림 10] 온도변화율 (온도의 안정도)
 [Fig. 10] Variation rate of temperature

3장에서는 제안하는 AC 직결형 구동기를 사용하는 직렬형 FLB의 구조, 특성 및 그 성능에 대해서 살펴보았다. 제안하는 AC 직결형 직렬형 FLB와 기존의 DC 변환기(SMPS)를 필요로 하는 병렬형 FLB의 특징과 성능을 비교하면 표 3과 같다.

[표 3] 제안하는 AC 직결형 직렬 FLB와 기존 DC 변환형 병렬 FLB의 특성비교

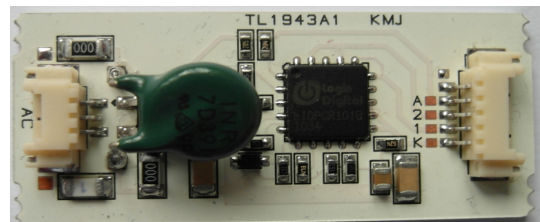
[Table 3] Comparison of proposed parallel FLB with AC direct driver and conventional serial FLB with DC transformer (SMPS)

파라미터	제안 AC FLB	기존 DC FLB
크기(mm)	450x450	450x450
두께(mm)	4.0	4.5
무게(g)	280	320
LED 패키지수	144	144
입력전류(A)	0.06	0.24
입력전압(V)	AC 220 ~ 260	DC 48
전력소모(W)	11.52	13
SMPS 유무	무	유
드라이버 내장 유무	FLB 내장가능	안정기 장착 (내장 불가)
유지보수 성능	용이	안정기 교환 요구로 불편

4. AC 직결형 구동기를 적용한 시제품 개발

4.1 AC 직결형 구동기를 적용한 직렬형 12x12 FLB 시제품 개발

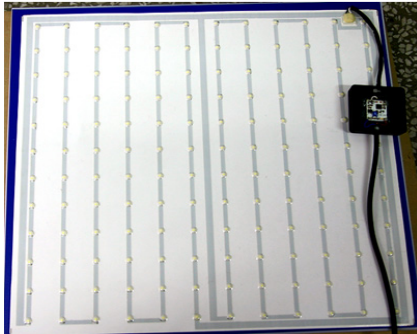
그림 11은 직렬형 FLB 구동용 AC 직결형 구동기의 PCB 회로를 나타낸다. 그림 2에서의 기존 DC용 병렬형 FLB에 비하여, SMPS가 필요 없이 AC 상용전류를 그대로 사용할 수 있도록 작고 콤팩트하게 설계하였다. 이때 FLB용 AC 직결형 드라이버는 FLB의 유연성을 유지시키기 위하여 외부 전원이 연결되는 부분에 작은 부피로 만들어 장착한다.



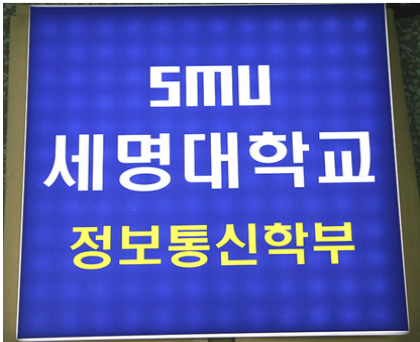
[그림 11] FLB용 AC 직결형 구동기 PCB 회로
 [Fig. 11] AC direct driver PCB for FLB

그림 12의 (a)는 그림11의 AC직결형 구동기를 적용하고 144개(12 x 12)의 LED로 구성된 FLB 시제품을 나타낸 그림이다. 시제품의 특징은 두께가 4mm, 무게가 280g

으로 자유롭게 구부러 지며 소요전력은 12W에 불과하다. 그림 12 (b)는 개발한 FLB를 이용하여 실내용 간판을 제작한 모습으로 두께가 3cm에 불과하고 가벼워서 실내의 벽에 장착이 용이하다.



(a)



(b)

[그림 12] (a) AC 직결형 구동기를 장착한 FLB 시제품
(b) FLB를 적용한 실내용 간판
[Fig. 12] (a) Prototype of FLB with AC direct driver
(b) An indoor billboard using FLB



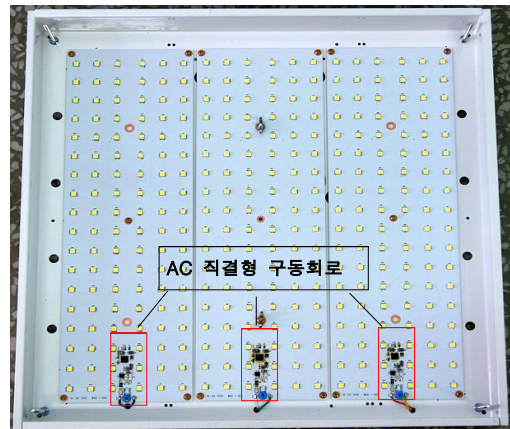
[그림 13] LED 면조명용 AC 직결형 구동기의 PCB 회로
[Fig. 13] PCB of AC driver for LED flat light

4.2 AC 직결형 구동기를 적용한 실내용 면조명등의 시제품 개발

그림 13은 SMPS가 필요 없는 LED 실내등을 구동하기 위한 AC 직결형 구동기의 PCB 회로를 나타낸다. 기존 실내등으로 쓰이던 형광등을 대체하기 위해 형광등 대신에 LED 면조명(flat light) 모듈을 쓰는데 그림 13의 AC

직결형 구동기가 그 내부에 일체형으로 장착된다.

그림 14는 그림 13의 AC직결형 구동기가 내부에 장착된 LED 면조명 모듈 3개를 형광등 대신 등기구에 장착한 모습이다. 이 시제품의 특징은 20W용의 두께 4mm, 무게 150g인 면조명 모듈 3개로 구성되어 전체 소요전력은 60W이다. 동일 밝기를 내는 형광등 3개 (36Wx3=108W)로 구성된 기존 실내등과 비교하여 약 1/2의 전력만을 사용하고, SMPS가 없어서 조명기구의 수명이 길고 유지보수에 유리하다는 장점이 있다.



[그림 14] AC 직결형 구동기를 내부에 장착한 실내용 면조명 시제품

[Fig. 14] Prototype of flat light for indoor light with AC direct driver module inside

5. 결론

LED 구동 칩셋인 LID-PC-R101B를 이용하여 입력 전압 변동에 관계없이 일정한 전류를 부하에 공급할 수 있는 정전류 회로 및 입력 전압 변동에 따른 출력 전력을 보상하는 직렬형 FLB 및 AC 직결형 구동기 회로를 개발하였다. 추가적으로 LED의 과부하를 방지할 수 있고, 고역률을 보장할 수 있는 LED 그룹별 스위칭회로를 제안하고, 복잡한 회로나 큰 용량의 인덕터나 캐패시터가 없는 LED AC 직결형 구동기를 설계하였다. 개발된 AC 직결형 LED 직렬구조의 FLB 시스템의 발광성능, 전력, 온도변화 등의 성능검사를 통하여 제품의 안정성을 검증하였다.

제안하는 AC 직결형 구동기를 FLB에 적용하면, 얇고 가벼우며 구부러지는 광고판용 배경광으로 사용할 수 있다. 특히 SMPS가 필요 없기 때문에 LED 조명의 수명을 연장시키고 유지보수비용이 적게 드는 장점이 있다. 그러

므로 개발된 FLB 및 먼조명 시제품을 바탕으로 기술력을 축적하면 미래형 광고판이나 LED 실내등 사업으로의 영역 확장을 기대해 볼 수 있다.

References

- [1] Ogunbenro O.A., Ndinechi M.C., "Design, construction and testing of multipurpose energy saving LEDs and its implications on energy crisis in Nigeria", Adaptive Science and Technology (ICAST), 2011 3rd IEEE International Conference, pp. 226-230, 2011.
- [2] Huynh T.P., Tan Y.K., Tseng K.J., "Energy-aware wireless sensor network with ambient intelligence for smart LED lighting system control", IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp. 2923-2928, 2011.
- [3] Fusheng Li, Dahua Chen, Xianjie Song, Yuming Chen, "LEDs: A Promising Energy-Saving Light Source for Road Lighting", Power and Energy Engineering Conference, 2009. APPEEC 2009. Asia-Pacific", pp. 1-3, 2009.
- [4] Yuan Zhang, Lu Nie, "The situation and prospect of Led lighting using in building illumination design", Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2011 Second International Conference on, pp. 3700-3701, 2011.
- [5] Zhenhua Jiang, Rahimi-Eichi H., "Design, modeling and simulation of a green building energy system", Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE, pp. 1 - 7, 2009.
- [6] Sang-bin Song, Woo-young Cheon, Young-녀 Yu, "Design of a LED lighting bar replacement neon sign ", Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 1671-1672, July, 2006.
- [7] Hyeon-Hui Choei, Wang-Seop Choi, Chong-Yun Park, "Design of the Electric Ballast for 70W CDM Lamp", Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 940-941, July, 2009.
- [8] B. H. Lee, H. J. Kim, B. C. Kim and C. T. Lim, "Development of the Optimum Power Driver Circuit for AC LED", Journal of the The Korean Institute of Power Electronics, pp. 426 - 427, 2010.
- [9] Sangil Kim, J. H. Kim, J. W. Back, D.W. Yu, Indong Kim, "Design of lighting Fluorescent lamp and AC LED control board using MCU", Journal of the The Korean Institute of Power Electronics, pp. 252 - 253, 2010.
- [10] Youngrok Heo, Sungho Yoo, Janghee Yun, Jeongduk Ryeom, "Characteristics of ultrasonic sensors for Flat LED Lamp lighting control", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 16-17, May, 2012.
- [11] Sung Gi Chae, Yoon Chul Lee, Dong wan Jung, Kang Ho Kim, Yong Ick Cho, "Optical Characteristic Evaluation and Simulation Analysis of LED Flat Luminaires used Dimming Function", The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 57 - 59, May, 2011.
- [12] Fathi M., Chikouche A., Abderrazak M., "Design and realization of LED Driver for solar street lighting applications", Energy procedia, Vol. 9, pp. 161 - 166, 2011.
- [13] Technical application note of Login Digital, "LID-PC -R201B Packing Specification," 2010
- [14] DS Technical Report, "High PF/AC Direct LED Driver," June 2004.

조 면 균(Myeon-gyun Cho)

[정회원]



- 1994년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업 (학사)
- 1996년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 석사 졸업 (석사)
- 1996년 3월 ~ 2008년 2월 : 삼성전자 통신연구소 책임연구원
- 2006년 9월 : 연세대학교 전기전자공학과 박사졸업 (박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 정보통신학부 조교수

<관심분야>

이동통신, 감성공학, 임베디드 시스템, Smart Grid

최 효 선(Hyo Sun Choi)

[정회원]



- 1997년 2월 : 국립충주대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2006년 2월 : 한세대학교 IT 대학원 졸업(석사)
- 2009년 2월 : 한세대학교 IT 대학원 졸업(박사)
- 2009년 11월 ~ 현재 : (주)에프디크리에이트 대표이사

<관심분야>

New IT(Arduino & Smart Phone), Ubiquitous, Capstone Design

윤 달 환(Dal Hwan Yoon)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자공학 학과 졸업 (학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 전자공학 학과 석사 졸업 (석사)
- 1987년 3월 ~ 1993년 2월 : 육군사관학교 교수
- 1994년 2월 : 한양대학교 전자공학 학과 박사 졸업 (박사)
- 1995년 2월 ~ 현재 : 세명대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

통신 신호처리, 의용신호처리, 한방 IT 융합, 전력전자