

방송시스템용 80W LED 조명장비의 개발

이 동 윤*

Development of 80W LED Lighting Equipment for Broadcasting System

Dong-Yoon Lee*

요 약 많은 기업들이 사업화를 추진하고 있는 LED 조명은 대표적인 녹색에너지 기술로 현재 우수한 제품들이 비교적 많이 공급되고 있다. 그러나 방송영상용 LED조명은 일반 가로등, 광고용 또는 운송기구용 LED조명 장치들에 비해 출력이 높으면서 휴대가 간편해야한다. 따라서 방송영상 촬영 시 크기가 크고 취급 또한 불편한 할로겐등과 형광등의 대체광원으로 LED를 사용한다면 장비의 경량화를 통하여 방송영상조명 장비산업의 활성화가 될 것으로 예측된다. LED 모듈 보드는 양산성과 칩 마운터의 SMT 생산 가능 사이즈를 고려한 후 모델별 제품의 전체적인 사이즈를 고려하여 보드 사이즈를 결정하였다. 본 논문에서는 80W 보드를 제작하기위해 20W LED보드 4장을 세로로 배치하였다. 즉 모델별 LED 모듈 보드 사이즈를 공용화하여 120W, 200W의 고효율 LED 조명장비를 보드 수의 증가로 선택할 수 있다.

Abstract LED lighting, which many companies are pursuing commercialization, is a representative green energy technology. However, the LED lighting for broadcasting image should have high output and easy portability compared with general LED lighting devices for street lamps, advertisement or transportation devices. Therefore, while shooting a broadcast image if you use LEDs as a substitute light source for halogen lamps and fluorescent lamps that are large in size and uncomfortable to handle it is expected that the lightening of the equipment will activate the broadcasting image lighting equipment industry. After considering the mass production of the LED module board and the SMT production size of the chip mounter, the board size was determined considering the overall size of the product by model. In this paper, four 20W LED boards are arranged vertically in order to produce an 80W board. In other words, by sharing LED module board size by model, high power LED lighting equipments of 120W and 200W can be selected as an increase in the number of boards.

Key Words : broadcast video, green energy, high power LED, LED boards, LED lighting

1. 서론

우리나라는 현재 산업·경제적 활용가치가 높은 미래성장 동력 활성화 및 기반조성과 국가기술자산의 확보를 위한 전략 산업분야를 정하고 집중 관리 및 투자를 해오고 있는데 디지털TV/방송 산업과 광 분야 및 LED는 정보통신 8개 분야 중에 속해 있다.

LED조명의 탄생 계기는 닉 홀로니아의 가시스펙트럼 LED 발명인데 Light Emitting Diode로 빛을 발광하는 소자이다. 전류를 칼륨비소 등의 화합물에 흘리면 빛을 발산하는데, 전기에너지를 빛에너지로 바꾸어 주는 대표적인 반도체 소자이다[1]. 기존의 백열등, 할로겐등 과 형광등에 비해 긴 수명과 낮은 온도에서도 빛을 발산한다. 그러므로 소모되는 에너지의

*Corresponding Author : Dept. of Electrical & Electronic Eng., Joongbu University(dylee@jbm.ac.kr)

Received October 26, 2017

Received November 07, 2017

Received November 11, 2017

90% 이상을 빛으로 발산한다[2]. LED조명의 장점은 다른 광원에 비해 소형으로 필라멘트와 밸브형상을 필요로 하지 않으며 발광소자가 작기 때문에 점광원에 가깝다. 단일 파장의 발광, 즉 단색광으로 적색성분 또는 청색성분등과 같이 매우 한정된 파장성분을 가진다. 그리고 백열전구 1,000시간, 할로젠전구 3,000시간 그리고 형광등 6,000시간의 수명에 비해 LED는 50,000시간 이상의 긴 수명으로 내구성이 뛰어나며 빛의 밝기가 강하다[3]. LED조명 장치 중 방송영상용 기술은 국내에 비해 선진 외국의 경우 오랜 기간 기술투자를 하여 LED 소자를 직접 개발하여 LED조명장치 제조업체가 OEM공급받아 자사제품에 적용하는 경우도 있을 정도로 기술을 소유하고 있다[4]. 그러나 국내의 경우에는 일정한 색온도를 표출하거나 방열을 위해 연색지수가 높은 LED소자들을 이용하고 있다. White light LED 팩을 사용하는 방송영상용 LED 조명은 효율이 전기에너지의 약 20-30% 정도밖에 나타내지 못하기 때문에 지속적으로 input power를 상승시키면서 효율을 높여 왔다[5]. 일반적으로 500mW에서 10W 범위의 출력이 한 팩 안에 해당이 되는 고휘력(HP : High Power) LED는 Heat flux 가 70w/cm² 로 알려져 있다[6]. HP LED 조명장치에 별도의 냉각시스템이 설치되어 있지 않으면 온도가 계속상승을 하는데 input power가 상승을 하면 온도가 선형적으로 증가를 하는 것으로 알려져 있다. 온도가 상승을 함에 따라서 광속이 급격히 떨어진다[7]. 그러므로 “냉각장치인 cooling system의 설계를 어떻게 해야 하는가?” 가 HP LED의 효율성을 유지하기 위해서는 필연적이다. 방송 영상용 HP LED의 광속유지를 위한 냉각장치는 최근 많이 연구 중인 water-jacket 시스템을 적용하기는 어렵고 다양한 기존의 전자기기에 사용하는 cooling fan 등은 소음이 심하기 때문에 사용을 할 수가 없어서 자연적인 냉각시스템으로 평판방열판을 이용하는 방법이 개발되고 있다[8-9]. LED 조명의 장점은 기존 조명 사용에 비해 긴 수명으로 고장율이 적고 에너지 절감 효과가 아주 크고 유지보수 비용이 적게 소요 되지만 출력이 높아짐에 따라 LED조명에 열이 발생하고 이로 인해 수명 단축과 LED 특성이

저하되고 있다. 따라서 일반 조명등, 일반 가로등, 광고등과는 달리 별도의 방열장치가 필요한 방송영상용 LED 조명장치에서 냉각팬은 소음 때문에 적용할 수가 없다. 그러므로 HP LED 방송영상용 조명장치는 제어부와 LED소자등 열원이 있는 부분에 소음이 없는 냉각시스템을 사용하여 기능성을 최대한 살려야 한다.

2. 본론

2.1 디자인 및 기구개발

방송영상 LED 조명장치 대부분은 고휘력에 의한 발열현상으로 램프 수명단축과 광속의 현저한 저하 등이 발생한다. 즉, LED의 장점인 50,000 시간 이상의 긴 수명과 빛의 밝기가 급격히 떨어지기 때문에 이를 방지하기 위한 다양한 LED 조명장치들이 개발되고 있다. 현재 상품화 된 시스템 또는 장치들은 대부분 열의 대류와 전도에 의한 자연적인 발열방식을 채택한 냉각 시스템들이다[10]. 열전도율이 높은 다양한 금속 소재를 이용하여 Fin형태로 표면적을 넓힌 형태로 디자인된 제품이 상품화 되고 있지만 효율성과 경제성이 떨어지는 경우도 많이 있다. 제어부와 LED 모듈에서 열의 대부분이 발생되기 때문에 단일 케이스로 두 부분을 일체식으로 고정한다면 발열을 방지하는데 효율성이 떨어 질수 있다. 따라서 본 개발품의 방향은 첫째, 분리를 통해 열 발생 부위를 이원화 시킨 후 상호발열에 의한 열 상승을 방지 할 예정이다. 대류 및 전도방식의 의한 냉각효과를 상승하도록 효과적으로 분리된 모듈을 연결하는 방법을 고안한다. LED 조명의 쿨링 효과를 높이기 위하여 디자인 구성은 LED PCB와 제어부 PCB를 별도의 케이스에 장착이 되는 기구설계와 히트싱크를 부착하는 기구설계 등을 하였다. 그리고 LED 조명의 조작과 상태표시를 위한 DMX, LCD 컨트롤 등 외부기능 부품들을 검토하여 디자인에 적용하였다. LED 조명의 네트워킹 제어, 조절 및 작동을 위한 구성품들을 디자인하기 전에 검토를 하고 제품의 조명상태를 표시 하는 표시부 부품을 결정하였다. DC전원을 공급하는 잭 검토는 일반 모노 잭은 허용전류가 작고 기구

적으로 약하여 방송영상 제품에 많이 적용이 되고 있는 XLR 커넥터로 핀수는 4핀으로 적용하였다. 이 커넥터는 잠금 기능이 있어 야외에서 사용 시 장력에 의해 케이블이 쉽게 이탈이 되지 않도록 한다. 그리고 방송영상용 오디오 기기들이 XLR 3핀을 많이 사용하므로 전원잭에 실수로 장착하는 경우를 배제하기 위해 XLR 4핀으로 채택하였다. 전원 스위치는 디자인성과 허용 전류량을 고려하여 미니형이 아닌 일반 라커스위치를 채택하였다. 연결하는 커넥터는 XLR 3핀과 5핀이 주로 디지털 멀티플렉서통신으로 조명기기를 제어하기 위해 사용이 되고 있다. 그리고 노이즈 제거 효율을 높이고 호환성을 고려하여 XLR 5핀으로 채택하였다. DMX 커넥터는 LED 조명 제품으로 제어신호가 입력되는 부분과 출력되는 부분을 구분하여 압수로 구성하였다. IR 리모컨은 Stand Alone으로 사용 시 광량이나 색온도 조절이 용이하도록 리모컨을 적용하였으며 디자인은 심플한 디자인으로 채택하였다. IR 리모컨에서도 광량과 색온도 및 Hotkey를 지정하여 사용이 많은 색온도로 쉽게 전환이 되도록 하였다. AC어댑터 용량은 LED라이트 소비전력의 125%이상을 적용하였고 국내 및 해외에서 사용이 가능한 KC 및 CE, UL등 전기안전인증을 받은 제품을 채택하였다. 그리고 제어부와 백 패널을 이격하고 제어부가 틸팅 기능을 하도록 하여 방열 효과를 높이기 위한 부품으로 일자형 힌지를 채택하였고 견고성을

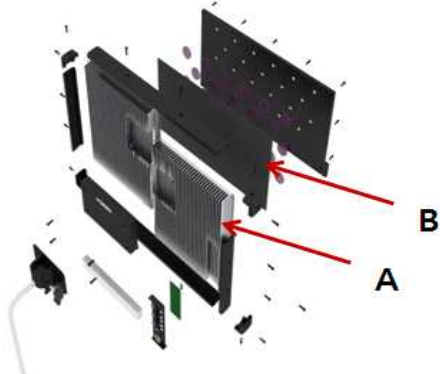


그림 1. 열원자체를 히트싱크에 부착하여 방열하는 방법 (A: 히트싱크, B: PCB)

Fig. 1. how to attach the heat source itself to the heat sink to dissipate heat (A: heat sink, B: PCB)

위해 힌지2개로 제어부 케이스를 백 패널에 고정하였다. 대출력 LED의 문제점은 LED배치할 때 LED를 근접시켜 배치하면 상당한 열이 발생할 수 있기 때문에 발열로 인해 LED를 손상시켜 정격수명을 만족시킬 수 없게 된다.

따라서 방열대책을 위한 쿨링 효과를 높이기 위해 그림 1과같이 열원을 분리하는 부분과 열원에 전도에 의해 열이 방열되도록 히트싱크를 부착하는 방법을 고안하여 기구설계들을 작성하였다.

2.2 LED 보드 설계

LED 모듈간 간격을 15mm를 설정하여 광원의 밀집도를 높였으며 LED보드를 모델별 공용화하기 위해 PCB당 출력을 20W로 설계하였다. LED 출력은 80W로 보드의 크기는 240mm * 90mm로 하였다. LED 조명은 Bi Color로서 색온도가 다른 Pure White인 3200K와 Warm White인 5600K 2가지 LED 모듈을 이용하여 Pure White에 전류가 많이 흐르면 상대적으로 Warm White에 전류가 적게 흘러 색온도를 가변할 수 있도록 PWM 제어설계를 하였으며 LED 모듈의 배치는 상호 대칭적으로 배치하여 패널라이트의 색온도가 고르게 분포되도록 하였다. 그리고 LED 모듈의 상호간격은 LED 모듈에서 발생하는 열이 상호간섭을 줄이고 열이 적게 나는 간격으로 15mm로 하고 LED 모듈 주위의 via hole을 가공하여 보드의 전면부와 후면부로 via hole을 통하여 대류에 의한 방열효과를 공기가 흐름에 따라 발생

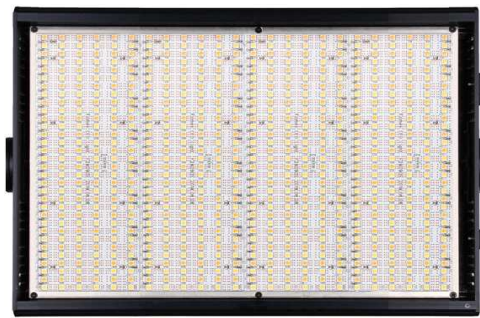


그림 2. 80W 제품으로 20W LED보드 4장이 배치된 사진

Fig. 2. Photo with four 20W LED boards in 80W

하도록 하였다.

이러한 방열시스템은 LED 모듈의 효율과 수명을 고려하여 LED 모듈이 부착된 LED 보드를 두께 3mm 알루미늄 평판사이즈에 밀착 부착하여 LED 보드의 전체적인 방열로 방열효율이 더 높도록 수정하였다. PCB당 출력을 20W로 하기 위해 0.22W의 LED를 6개를 직렬로 배치하고 16단으로 병렬 접속하여 각각 96개를 배열하였다. 그러므로 80W 제품은 그림 2와 같이 20W LED보드 4장을 세로로 4장 배치하였다. 색온도 3200K인 Warm White LED 모듈이 96개, 색온도 5600K인 Pure White LED 모듈이 96개가 배치되어 색온도를 3200K에서 5600K로 가변되도록 하였다. 그림 3에서 PCB당 출력 20W를 확인하기 위해 입력전압 DC 15V로 하여 20W LED 보드의 정격전류를 측정하였다.

정격전류가 1.46A로 측정결과를 계산하면 20W LED 보드 1장의 정격전력은 21.9W이다.

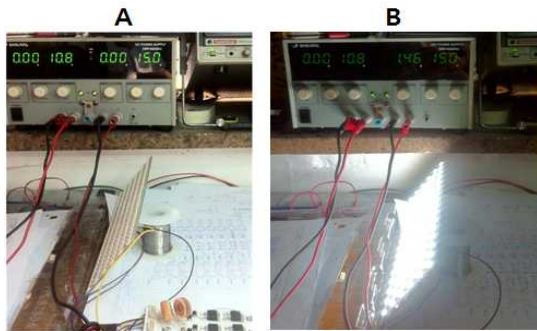


그림 3. 80W LED 보드 당 전압과 전류 표시 (A: 조절부 off, B: 조절부 on)
 Fig. 3. Display of voltage and current per 80W LED board(A: s/w off, B: s/w on)

열이 발생하는 제어부 PCB와 LED PCB를 별도의 케이스에 기구적으로 상호 분리하여 장착이 되도록 하고 열원의 간섭으로 상승되는 열의 작용을 억제하여 방열 효과를 극대화 한다. 그리고 전면부를 제외한 하부면과 측면에 다수개의 방열공을 형성했다.

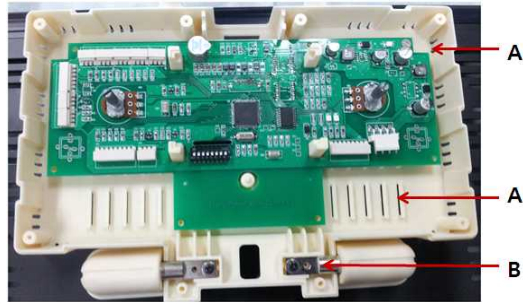


그림 4. LED PCB 케이스(A: 측면 및 하부면의 다수의 방열공 B: 케이스 고정과 틸팅을 하는 힌지)
 Fig. 4. LED PCB Case(A: a plurality of heat radiating holes in side and bottom, B: hinge for fixing and tilting the case)

즉, 그림 4와 같이 제어부 PCB 케이스의 조작부면을 제외하고 LED PCB 케이스와 부착되는 면과 측면에 관통홀과 방열공을 형성하여 자연적인 냉각이 되도록 하였다. 그림 5는 전압분배회로, 디스플레이 표시부 회로, 무선제어를 위한 IR 리모콘 제어 회로, 광량 및 색온도 제어 회로, 유선제어를 위한 DMX 제어회로, 정전압회로, 등으로 구성되어 있는 제어부 회로이다.

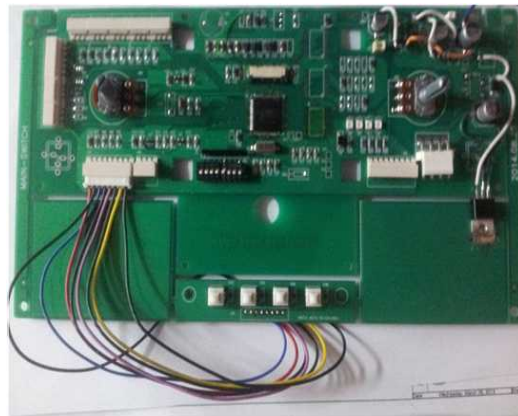


그림 5. 제어부 보드
 Fig. 5. control board

그리고 색온도와 광량을 제어하기 위해 직접 다이얼을 돌리는 방법, DMX를 통한 유선으로 다중제어를 하는 방법, IR 리모콘으로 단독으로 제품제어 하는 방법으로 설계하였다. 그리고 상태표

시를 하는 모노LCD 모듈을 적용하였고 IR 리모컨 수신부가 적용되었다. LED 조명은 Bi Color로 3200K-5600K로 색온도 가변이 가능하게 한다. 보드중앙에 MCU를 배치하고 좌우측 중앙에 색온도 조절 VR과 광량 조절 VR를 배치하고 모노LCD로 연결되는 커넥터 및 IR 수신부는 중앙 상측으로 배치를 하였다. 프로그램 인스톨 커넥터와 전원 커넥터는 우측, PWM 제어용 커넥터와 푸쉬스위치 제어부 커넥터 및 DMX 커넥터는 좌측에 배치를 하였다. 그림6과 같이 LED PCB 케이스 뒷면에 제어부 PCB 케이스가 고정되도록 2개의 힌지를 장착하여 LED PCB 케이스 뒷면에서 제어부 PCB 케이스가 내각이 0도에서 90도까지 조절되게 하는 완전 이격구조로 하고 기구적으로 분리가 됨에 따라 열원이 상호 간섭을 하여 열이 상승되는 작용을 억제하여 방열 효과를 극대화 하는 것이다.

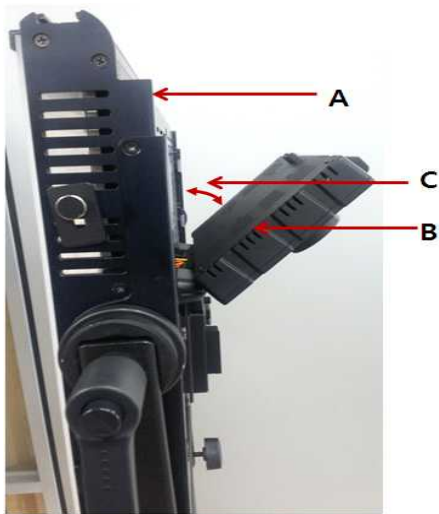


그림 6. 제어부 케이스 B와 LED PCB 케이스 A의 내각 각도 조절
 Fig. 6. adjust inner angle between control case B and PCB case A

3. 결론

본 논문에서는 사진영상용 장비인 LED 패널

라이트의 제어부와 발열부인 광원부가 일체형인 상태와 힌지를 이용한 내각각도 조절기능으로 이격된 상태에서 온도변화가 미치는 영향에 대해 검토를 하였다. 발열부가 일체형으로 상호 밀착된 상태와 각도조절로 이격된 상태에서 온도 가 변화하는 것을 나타냈다. 그림 7과 같이 제어부의 온도는 상호 밀착된 상태시 보다 틸트 기능으로 이격된 상태에서 6-8℃가 낮아져 방열효과가 발열부의 이격으로 인해 발생하였다. LED 모듈부의 온도는 이격된 상태가 밀착된 상태시 보다 1-2℃가 낮아져 발열부의 이격으로 방열효과는 미약하다. 이것은 방열시스템을 크게 하기위해서 알루미늄 3mm의 평판 히트싱크를 LED 모듈부의 보드들에 부착하여 열전도를 줄인 이유 때문이다. 즉, 평판 알루미늄 히트싱크를 LED 모듈부의 보드에 부착해서 전도에 의한 방열시스템을 적용해야 LED 모듈의 효율과 수명을 오랜 시간동안 유지할 수 있는 것이다. 사진영상용 LED 조명 시장은 특수 조명시장으로 분류되고, 그 산업규모가 점차 확대되고 있는 역사와 전통이 있는 산업분야이다. LED는 자동차, 교통신호등, 실외 및 실내조명을 비롯하여 어업, 농업 분야 등에서 기존 조명인 백열전구와 형광등을 대신하며 조명 대체율이 매우 상승해 가고 있다. 또한, 사진영상용 조명시장의 경우에도 기존조명을 LED로 대체해가는 활성화시기에 진입하고 있는 것으로 보여 진다.

REFERENCES

[1] Shin, D. I, and K. J. Park, The Design Study for LED lightning lamp heat Sink Structure. Proceedings of Korean Society of Design Science, pp. 90-91, 2010.
 [2] Morrow, Robert C, LED lighting in horticulture. HortScience, pp. 1947-1950, 43 (7), 2008.
 [3] Jun-myung Lee, Jae-hyun Kwon, Jung-won Choi, Keon-Jun Park, A Study on the LED-based Media Transmission Mechanics VLC

System Module and Efficiency, KIIECT, 6(1), pp. 51-56, March, 2013.

[4] Geun-Bin Hong, Tae-Su Jang, Yong-Kab. Kim, A Study on Receiving Characteristic Analysis of LED Visible Light Communication System based on Remote Dimming Control, KIIECT, 4(3), pp. 153-157, September, 2011.

[5] Cheng, Yuen-Kit, and K. W. E. Cheng, General study for using LED to replace traditional lighting devices, Power Electronics Systems and Applications, 2006. ICPESA'06. 2nd International Conference on. IEEE, 2006.

[6] Yadav, P. J., C. P. Joshi, and S. V. Mohari l, Two phosphor converted white LED with improved CRI, Journal of Luminescence, 136, pp. 1-4, 2013.

[7] Maweja, Kasonde, Tshikele Mukongo, and Ilunga Mutombo, Cleaning of a copper matte smelting slag from a water-jacket furnace by direct reduction of heavy metals. Journal of Hazardous Materials, 164(2), pp. 856-862, 2009.

[8] Liu, Sheng, et al, Structural optimization of a microjet based cooling system for high power LEDs. International Journal of Thermal Sciences, 47(8), pp. 1086-1095, 2008.

[9] Li, Junhui, et al, Study on a cooling system based on thermoelectric cooler for the thermal management of high-power LEDs. Microelectronics Reliability, 51(12) pp. 2210-2215, 2011.

[10] Yicang Huang, et al, Improved thermal design of fin heat sink for high-power LED lamp cooling, Electronic Packaging Technology (ICEPT), 2016 17th International Conference on IEEE, 2016.

저자약력

이 동 윤 (Dong-Yoon Lee)

[정회원]



- 1990년 2월 : 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 2002년 2월 : 원광대학교 BK21교수
- 2002년 3월 ~ 현재 : 중부대학교 전기전자공학과 교수

<관심분야>

IT융합