

# CCFL 및 LED 모니터 광원 효율 분석

## Analysis on the Light Source Efficiency of CCFL and LED Monitors

신희우, 유재수  
충북대학교 정보통신공학부

Hee-Woo Shin(skshin1312@nate.com), Jae-Soo Yoo(yjs@cbnu.ac.kr)

### 요약

본 논문은 최적의 모니터 효율성을 설계하기 위해 CCFL과 LED 모니터의 광효율을 비교 분석한다. LCD 디스플레이 광원으로 많이 사용이 되고 있는 냉음극관 램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)은 초기 구동 시 1,200[V]이상의 고전압과 점등 후 400 ~ 800[V]의 일정한 정상전압을 공급한다. 또한 3 ~ 6[mA]의 전류를 안정화 시킬 수 있는 전원회로가 필요하다. 고전압을 인가를 하게 되면 인버터에 무리가 많이 가고 냉음극관 램프에 많은 열이 발생을 하여 BLU(Back Light Unit)에 상당한 손상을 주어 그을리는 현상 발생, 이로 인하여 화면 출력 시 화면이 정상적인 색상을 출력을 못하고 노란색 출력, 화면 어두워짐을 확인할 수 있었다. 이러한 증상을 미연에 방지를 하고자 LCD디스플레이의 광원을 냉음극관 램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)를 대신하여 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)을 이용하면 효율을 증대할 수 있다. 결론적으로 CCFL 방식보다 LED방식의 효율이 좋다는 것을 증명한다.

■ 중심어 : | 냉음극관 램프 | LCD 디스플레이 | 발광 다이오드 | 광원 효율 | LED 모니터 |

### Abstract

In this paper, we analyze the efficiency of light sources of CCFL and LED monitors. Cold Cathode Fluorescent Lamp (CCFL), which is widely used as a light source for LCD display, supplies a high voltage of 1,200[V] or more when it is initially driven. In addition, a constant normal voltage of 400 ~ 800[V] after lighting, and 3 ~ 6 [ mA] is needed for a power circuit that can stabilize the current. Applying a high voltage causes a lot of stress on the inverter and generates a lot of heat in the cold cathode lamp, causing significant damage to the BLU (Back Light Unit), resulting in a burning phenomenon, which causes the screen to output normal colors when outputting the screen. We can not see the yellow output and the screen darkened. Therefore, in order to prevent such a symptom in advance, efficiency can be increased by using a Light Emitting Diode (LED) as the light source of the LCD display instead of a cold cathode fluorescent lamp (CCFL). As a result, it is shown that the LED method outperforms the CCFL method.

■ keyword : | Cold Cathode Fluorescent Lamp | LCD Display | Light Emitting Diode | Light Source Efficiency | LED Monitor |

\* 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2019R1A2C2084257), 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업(IITP-2020-0-01462), 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원(NRF-2020S1A5B8103910), 그리고 중소벤처기업부 '산업전문인력역량강화사업'의 재원으로 한국산학연합회(AURI)의 지원(2020년 기업연계형연구개발인력양성사업, 과제번호 : S2929950)을 받아 수행된 연구임

접수일자 : 2021년 01월 14일  
수정일자 : 2021년 03월 02일

심사완료일 : 2021년 03월 02일  
교신저자 : 유재수, e-mail : yjs@chungbuk.ac.kr

## I. 서론

LCD 디스플레이 광원으로 많이 사용이 되고 있는 냉음극관 램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)는 초기 구동 시 1,200[V]이상의 고전압과 점등 후 400 ~ 800[V]의 일정한 정상전압을 공급하고 3 ~ 6[mA]의 전류를 안정화 시킬 수 있는 전원회로가 필요하다. 고전압을 인가를 하게 되면 인버터에 무리가 많이 가고 냉음극관 램프에 많은 열이 발생을 하여 BLU(Back Light Unit)에 상당한 손상을 주어 그을리는 현상 발생, 이로 인하여 화면 출력 시 화면이 정상적인 색상을 출력을 못하고 노란색 출력, 화면 어두워짐을 확인 할 수 있었다. 때문에 이러한 증상을 미연에 방지하고자 LCD디스플레이의 광원을 냉음극관 램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)를 대신하여 발광다이오드(liquid crystal display, LED)이용 하면 효율을 증대 할 수 있다[1].

산업 현장에서 쓰이는 냉음극관 램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL) 이용하여 잔 고장 및 열 발생을 줄이고자 광다이오드(liquid crystal display, LED) 로 개조하여 모니터의 광원 효율을 분석한다. 대표적으로 PLC와 연동이 되는 HMI는 대부분의 장비가 LCD로 되어 있고 기술자들이 줄어들며 따라 다른 타 기술의 엔지니어가 조치를 취할 시 많은 어려움이 따른다. 때문에 고장이 가장 많이 나는 Backlight, 인버터, IC 소자, 패널의 고장 유형을 파악하여 부품의 개조를 통한 노후화를 느리게 만들 수 있다[1].

일반 형광램프(FL)의 경우는 필라멘트를 가열하여 산화물을방출하고, 이 산화물로부터 전자가 방출되는 원리를 가지나, CCFL에서는 관내 내면에 형광물질을 도포하고 양 전극에 고전압을 인가하면 전극으로부터 전계에 의한 전자 방출이 일어난다[2].

전자가 방출하여 수은을 여기 시키고 253.7[nm]의 자외선이 방산하며, 이 자외선을 형광체가 가시광선으로 변환하여 빛을 발생하게 된다. 램프의 초기특성 개선을 위해 형광체에는 소량의 알루미늄을 첨가하기도 한다.

필라멘트가 가열이 되어 빛을 발산하므로 인하여 BLU에 지속적인 Damage를 가한다. 연구에 대한 목적

으로는 실험을 통하여 LCD패널의 BackLight 중에서 LED, CCFL의 특성을 확인하여 직접 패널에 결합을 하여 내구성을 테스트하여 산업현장에서 장시간 사용이 가능한 신뢰성이 높은 패널을 만드는 것에 목적이 있다. 산업현장에서 사용을 하고 있는 LCD모니터를 이용하여 24시간 이상 가동을 하였을 시 BLU에 나타나는 변화 관찰 및 CCFL의 온도변화를 확인하여 LCD모니터의 고장원인에 대한 분석을 하여 열로 인한 Damage를 최소화하기 위하여 LED로 개조를 하고 난 후의 변화를 실험을 통하여 확인을 하고 이에 따른 데이터를 축적한다. 구성은 열방출률 및 휘도를 실험을 통한 측정을 기본 바탕으로 열 발생을 분석한다. 이를 통해 본 논문에서는 LCD디스플레이의 광원을 CCFL에서 LED로 변환을 하여 발생하는 열방출률, 휘도를 실험을 통한 측정을 기본 바탕으로 비교 분석한다. 이를 통해 CCFL 방식보다 LED방식의 효율이 좋다는 것을 증명한다[2].

## II. 관련연구

### 1. LED 특성

LED(Light-Emitting Diode)는 p-n접합 다이오드의 일종으로, 순방향으로 전압이 걸릴 때 단파장광(monochromatic light)이 방출되는 현상인 전기발광효과(electroluminescence)를 이용한 반도체 소자이다. 순방향 전압 인가시 n층의 전자와 p층의 정공(hole)이 결합 하면서 전도대(conduction band)와 가전대(valance band)의 높이차이(에너지 갭)에 해당하는 만큼의 에너지를 발산 하는데, 이 에너지는 주로 열이나 빛의 형태로 방출되며, 빛의 형태로 발산 되면 LED가 되는 것이다[1].

반도체를 이용한 첨단기술이 발전함에 따라 전기에너지를 빛에너지로 바꾸어주는 차세대 광원인 LED(lightemitting diode)가 개발되어 현재 여러 분야에 적용되어 지고 있다[2].

LED는 전기·전자·통신 분야의 신호용부터 광고용, 교통·손전등, 디스플레이 분야, 자동차의 브레이크등, 간판, 피난 유도등(exitsign),전광판 등 현재 광범위한 용

도로 널리 쓰이고 있으며 無수은으로 환경 친화적이고, 초경량으로 전력절감이 탁월하고 긴 수명·높은 신뢰성으로 간단한 구동회로와 R/G/B 색상제어가 용이하다는 장점이 있다. 박막(InGaN, AlGaIn, AlInGaIn 등)물질 개발 및 낮은 결합, GaN기판 성장 기술과 QD(양자점)형성 및 도핑 기술(GaN), chipdesign 및 package 기술로서 양자 효율 증대와 내열 설계 기술 등의 기술이 진보되어 powerLED의 공급전류가 수십에서 수백 mA의 큰 전류를 흘릴 수 있는 초고휘도(ultra high brightness)LED가 개발 되었으며, 형광물질을 도포한 백색 LED의 개발로 인하여 머지않아 LED가 일반조명으로 널리 쓰이게 될 것이라 기대가 한층 높아졌다. 그러나 LED를 일반 조명에 쓰기 위해서는 여러 가지 문제점이 있는데 그중 하나가 현재 개발된 LED는 일반조명으로 쓰이고 있는 형광등이나 백열전구에 비해 그 조도가 굉장히 낮은 것이다. 따라서 LED를 여러 개 array로 packaging하여서 일반 조명과 같게 만들어야 하는데 이때 LED 내부 접합부의 온도 상승으로 인하여 광특성이 변하게 되는 문제점을 안고 있다[3].

LED는 기존의 전구 필라멘트가 가열되며 얻어지는 빛과는 다른 방식으로 빛을 낸다. 전기가 직접 반도체를 통해서 빛으로 전환되므로 효율이 높으며 반도체의 종류에 따라 빛 색깔도 조절할 수 있습니다. LED에 있어 색을 결정하는 핵심 역할을 담당하는 것이 바로 칩, 반도체인데 순수 반도체는 부도체와 같이 전기가 흐르지 않는 특성을 갖고 있다. 부도체와 달리 빛이나 열, 또는 불순물 등의 외부적인 자극을 가할 경우 전기가 통하게 되며 이 전기의 흐름은 인위적으로 조절할 수 있다. 대표전인 순수 물질로는 실리콘, 게르마늄 등이 있다. 물질을 구성하는 미세 단위의 경우, 중심에 원자핵이 있고 원자핵 주변을 전자가 돌고 있습니다. 전자는 각자 궤도를 돌고 있는데 안쪽 궤도는 비교적 낮은 에너지를 가지며, 바깥 쪽 전자는 높은 에너지를 갖고 있다[4].

LED가 무 수은으로 환경 친화적이고, 초경량이며 전력 절감이 탁월하여 기존 조명기기의 대체가 가능하고 장수명, 고 신뢰성으로 간단한 구동회로와 R/G/B 색상제어가 용이하므로 앞으로 21세기 성장동력산업의 접목기술인 디지털 조명을 특징으로 한 선도 기술로 자리

매김할 것으로 생각된다. 현재 HB(High Brightness) LED를 국내, 국외에서 대량생산으로 한 원가의 절감과 LED chip 구조의 개선으로 조명용 LED를 개발하고 있다.

## 2. 냉음극 형광램프(CCFL)

흔히 말하는 광고판에 쓰이는 네온사인으로 정식명칭은 CCFL이라고 한다. 네온사인 외에 다양한 패션용 가정 제품에 쓰인다거나 조명에 쓰이고 LCD 모니터 등의 백라이트에 거의 필수로 쓰인다.

LCD Back-light의 핵심부품으로 국내최초로 개발, 국산화에 성공한 제품으로 밝기의 향상과, 높은 연색성, 낮은 소비전력, 우수한 진동 및 충격저항, 작은 크기와 경량으로 LCD Back-light 및 기타 응용제품에 가장 효과적으로 사용된다[5].

방전관의 내부에 전극이 배치되어 있으며, 고휘도, 균일한 광을 제공하며 대면적화에 유리합니다. 도광판에 빛을 공급하는 광원으로 직관, W자형, U자형, L자형의 형태가 있으며, Back Light에서는 직관형태가 고휘도, 고균일도면에서 최적이다. Lamp 외경은  $\phi 3.0 \sim \phi 1.6$ 이 사용되며, 저소비전력(1.5~3.0W)으로 광도의 효율을 향상시키는 추세이며, Lamp 수명은 일반적으로 20,000 ~ 25,000시간이 요구된다[6].

음극의 가열 없이 전자를 방출하는 음극을 이용한 방전관을 말한다. 즉 전계를 가했을 때 trap된 전자를 이용하여 고효율의 방전을 할 수 있는 구조이다. CCFL은 유리관 내벽에 형광 물질이 도포되어 있으며 관 양단에 전극이 부착되어져 있다. 또한 관내에는 혼합 희가스과 정량의 수은이 봉입되어 있다.

시동 시 전극 간에 고전압을 가해주면 관내에 존재하는 전자가 전극(양극)에 힘을 받아 고속으로 이동하고 전극에 충돌하여 2차 전자가 방출되어져 방전이 개시된다. 방전에 의해 유동하는 전자는 수은 전자와 충돌해서 자외선이 발생하고 형광 물질을 자극하여 가시광선으로 발광한다. 형광 물질을 변경함에 따라, 액정에 알맞은 발광색을 선택할 수 있다. 전극홀의 크기에 따라 압력과 전류가 변화한다. 구멍이 작을수록 전계를 인하면 Gas pressure와 전류가 증가한다. 전자가 음극에서 나와 양극으로 진행할 때 Cathode벽에 부딪히면

서 자체 증식한다. 실험 결과 충돌 후에 2차 발광을 하는데 그 밝기는 수만 cd/m<sup>2</sup> 정도로 밝아진다[7].

CCFL backlight의 가장 두드러진 특징은 전력 소모가 적다는 것과 매우 밝은 백색광을 제공한다는 것이다. 주로 두 가지 방식이 쓰이는데 Directlight 방식과 Edgelight 방식 모두 광원으로 CCFL을 사용한다[8].

Edgelight 방식은 확산판을 이용하여 디스플레이 면에 빛이 골고루 조사되며, 두께가 얇고 소비 전력이 적기 때문에 선호되고 있다.

Directlight 방식에서는 CCFL 자체의 고휘도 성질에 의한 면휘도의 비균일성과 관 고유의 DC방전에 의한 One-trans에 One-lamp를 벗어나기 힘들다. 특히 방전 시 플라스마 이온에 의한 전극의 스퍼터링에 의해 수명이 문제가 된다. 이러한 CCFL backlight 역시 인버터를 필요로 하며 수명은 30,000~40,000시간이다[9].

또한 CCFL의 발광 원리는 전극 간에 전계가 가해지면, 가속된 전자가 관내의 수은 원자를 이온화시키고 이때 발생하는 254.6nm의 자외선이 형광체를 여기시켜 에너지를 빛의 형태로 방출한다. 불활성 가스의 혼합 가스에 의해 절연이 파괴되면서 방전이 일어나고 가속 방전이 이루어진다.

혼합 가스에 의한 페닝 효과에 의해 방전 개시 전압이 낮아지고, 이에 의해 방전 특성 및 램프 수명에 영향을 미친다. 밝기나 전기 특성은 수은의 증압에 의존하며, 수은의 증기압은 온도에 민감하게 영향을 받는다. 방전이 시작되기 위해서는 전극 양단간에 약 1,000VRMS의 고전압이 필요한데, 이것을 방전 개시 전압(firing voltage = starting voltage)라고 하며, 방전이 된 후에는 전압이 내려간다[10].

### III. CCFL 및 LED 모니터 광원 효율 분석

#### 1. CCFL과 LED의 특성

LCD패널을 준비 후 기존 CCFL의 BackLight를 광원으로 사용 시 휘도와 열발생률을 측정을 하였다. 해당 이미지는 6개월 간 패널을 계속 작동을 시킨 후의 모습이다. [그림 1]과 [그림 2]는 각각 BLU 손상과

BackLight Cable의 Damage가 가해진 모습을 나타낸다.



그림 1. BLU의 손상

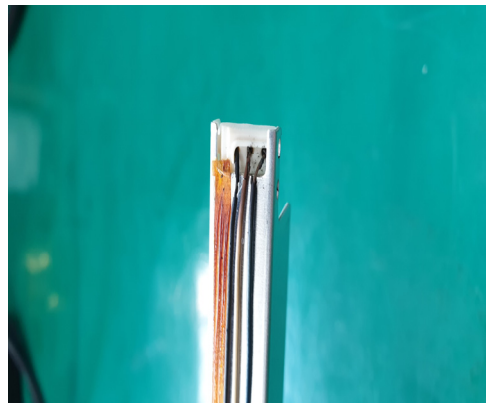


그림 2. BackLight Cable의 손상

LED 패널에서 CCFL을 광원으로 장시간 사용을 하여 열발생률이 높아 효율이 좋지 못하다. 이를 증명하는 것이 열에 의하여 BLU의 손상과 BackLight cable의 손상으로 이루어진다. 이 상황이 지속되면 BLU의 손상이 심각해져 Crack이 발생하고 균일하게 빛을 전송하지 못한다. 또한 BackLight cable의 손상이 이루어진 상태에서 [그림 3]은 CCFL의 과열 현상 측정을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 지속적으로 패널을 사용하면 케이블간의 합선이 발생하여 인버터의 손상까지 이뤄진다. 이를 방지하기 위하여 본 연구에서 CCFL의 열방출률에 대하여 측정을 하였고, 또한

이를 대비하기 위하여 LED로 전환 시 효율에 대하여 연구를 진행하였다.

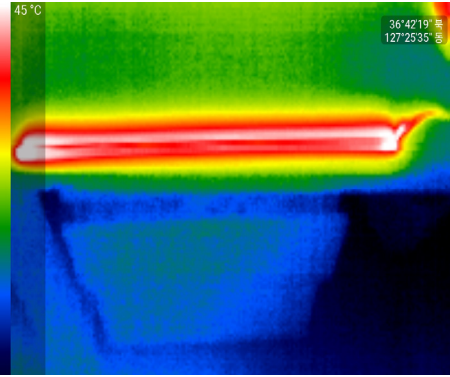


그림 3. CCFL의 과열 현상 측정

## 2. CCFL과 LED의 비교 분석

[그림 4]는 LCD 초음파센서 및 열 화상카메라로 이용한 CCFL과 LED의 열 방출 비교 이미지는 LCD패널에서 광원을 CCFL을 사용하였을 때와 LED를 사용하였을 때의 효율을 실험을 통하여 알아 본 현상을 보여 준다. 기존의 LCD 패널과 동일하게 CCFL을 사용하여 패널을 구동 시 최고 50[°C]에 이르는 온도를 확인 할 수 있었고, 반면 LED를 사용하였을 시 현저히 낮은 온도를 확인 할 수 있었다. 이를 통하여 알 수 있는 것은 LED가 열로 소비하는 에너지가 적으므로 효율이 좋다는 것이 증명이 되었다. 현재 조명용 광원의 램프 수명은 측정 샘플의 초기 광속의 70%이하로 감소되었을 때의 시간을 말하며, 지시용 광원의 램프 수명은 초기 광속의 50%이하로 감소되었을 때의 시간을 말한다. LED

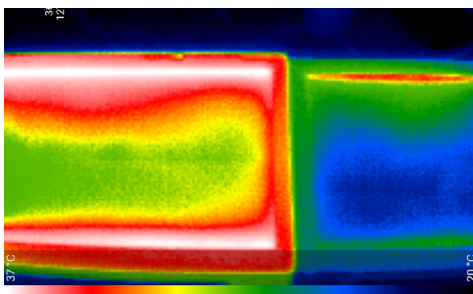


그림 4. CCFL과 LED의 열 방출 비교

는 50,000~100,000 시간 이상의 수명을 나타내고 있어서, 기존 광원의 10,000 시간 이하의 수명에 비해 월등한 성능을 나타내고 있다.

LCD 모니터의 광원인 CCFL과 LED의 열을 측정하여 LCD모니터의 고장 원인 증명 및 광원을 LED로 개조를하여 나타난 변화를 실험을 통하여 현저히 열이 적게 발생하는 것을 분석 하였으며, 기존 열로 인하여 BLU에 가해지는 Damage와 램프 홀더용 실리콘고무 재료의 손상의 문제를 개선함은 물론, 저 전력을 사용하여 LCD모니터의 효율을 극대화 하는 방안을 제시한다.

1) CCFL을 이용하여 모니터 가동 시간이 24시간을 경과 할 경우 모니터 내부 온도가 60[°C]에 도달하여 지속적으로 사용 시 BLU, 램프 홀더용 실리콘고무재료의 손상으로 인하여 CCFL의 Cable 합선이 발생한다.

2) LCD 모니터의 광원을 LED로 개조를 하여 CCFL기반의 모니터와 비교 실험을 한 결과 1 [시간]의 시간이 경과 하고 난 후 최대 온도 차이가 30[°C]에 이르는 것을 확인하여 기존 보다 장시간 사용이 가능 한 것을 실험을 통하여 확인이 가능하다. 이러한 LED를 기존 광원과 비교하면 다음과 같은 특성이 있다.

- 광변환 효율이 기존 광원 보다 높으며, 에너지 소비량이 매우 적음(백열전구의 10분의 1, 형광등의 2분의 1).
- LED크기가 소형이고 전력소비가 매우 적으며 제어 방식(DC구동)이 단순하여 복잡한 구동회로가 필요하지 않기 때문에, 광원 및 시스템의 소형화, 박형화, 경량화를 이룰 수 있음.
- 다른 광원과 달리 필라멘트나 전극이 없기 때문에 수명이 장수명이고 충격에 강하고 안정적이기에 반영구적으로 사용할 수 있음(약 10만 시간의 수명시간).
- 방전등처럼 수은이나 방전용 가스를 사용하지 않기 때문에 환경친화적임.
- 고체발광으로서 열 및 가스방전 발광이 아니기 때문에 예열시간이 필요 없으며 점·소등 속도가 매우 빠름(수 10-9초).

- 안정적인 직류 점등방식으로 소비전력이 적고 반복성 펄스 동작이 가능하며 시신경의 피로를 감소시킬 수 있음.
- 서로 다른 광색과 특성을 가진 LED를 조합하여 다양하고 다이나믹한 광원의 모양과 광색을 표현할 수 있음(인텔리전트 조명 광원으로 사용 가능).
- 높은 휘도에 의한 눈부심 발생, 주위온도 및 자체 발생에 열에 취약, 좁은 배광, 기존 광원에 5배 이상의 높은 가격이 단점이다.

LED는 각각의 종류에 따라 조금씩 다른 전압-전류 특성을 가지고 있다. [그림 4]와 같이 적색 LED(AIGaN)의 구동전압이 청색과 녹색 LED(InGaN)의 구동전압에 비하여 낮고 전압의 변화에 따른 전류변화가 청색과 녹색 LED에 비하여 크다. 또한 LED의 재료나 제조 방법에 따라 다른 특성을 갖고 있으며, 순방향전압은 적색 LED 1.9 V, 황색 LED 2.1 V, 녹색과 청색 LED 3.0~4.0V이다. 백색 LED는 청색 LED에 황색 형광체를 사용하기 때문에 보통 동작전압이 청색 LED와 유사하고, 황색 LED는 적색 LED에 형광체를 채용하여 사용하기 때문에 적색 LED와 유사하다.

LED의 광학적 특성은 전압에 대한 광출력 특성은 전류에 비례하여 광출력이 변화하기 때문에 전압-전류 곡선과 비슷하게 나타나며, 적색 LED의 광출력은 다른 광색 LED보다 동작전압의 변화에 대하여 상당히 급격하게 변화한다. 그리고 LED 동작전압에 대한 광출력은 일정전압 까지는 비례적으로 증가하지만 일정한 전압 이상이 되면 전압이 증가하여도 광출력이 감소하게 되며, 그 이상의 높은 전압이 인가되면 LED가 파괴되거나 본래의 특성이 손상된다.

일반적으로 LED는 온도가 높을수록 광출력이 저하되는 특성을 가지고 있으며, 이는 일반 방전등과 백열전구의 특성과 반대이다. 이것은 높은 주위 온도와 동작전류 에서는 반도체의 접합온도(Junction Temperature)가 증가하게 되어 전자와 정공의 재결합이 활성화되어 빛에너지가 적어지기 때문이다. 광출력의 온도의존성은 AIGaN LED(즉 청색과 녹색, 백색)보다 InGaN LED(적색과 황색)가 비교적 적게 나타난다. 따라서 요즘 일부 LED 시스템은 주위온도 변화에도 일정한 광출력을 나타낼 수 있도록 LED에 흐르는

전류를 조절하는 보상회로를 포함하고 있다.

## IV. 결론

본 논문에서는 LCD디스플레이의 광원을 CCFL에서 LED로 변환을 하여 발생하는 열방출률 및 휘도를 실험을 통하여 비교 분석하였다. LCD 모니터의 광원인 CCFL과 LED의 열을 측정하여 LCD모니터의 고장 원인 증명 및 광원을 LED로 개조를 하여 나타난 변화를 실험을 통하여 현저히 열이 적게 발생하는 것을 분석하였다. 이로 인하여 기존 열로 인하여 BLU에 가해지는 Damage와 램프홀더용 실리콘고무재료의 손상의 문제를 개선함은 물론, 저 전력을 사용하여 LCD모니터의 효율을 극대화 하는 방안을 제시하였다. 향후 산업 현장에서 쓰이는 LCD 모니터의 소요가 줄어들고 수리하는 기술자들이 줄어들어 고장 증상을 분석하여 고장이 가장 많이 발생하는 Backlight, 인버터, IC 소자, 패널의 고장 원인을 분석하여 산업 현장에서 쓰이는 LCD 모니터를 LED로 개조하여, 고장 발생률을 줄일 예정이다. 또한 LCD 모니터를 LED로 개조하여 분석 결과를 실질적인 시스템에 적용하여 활용 할 수 있도록 할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김가을, *LCD-BLU 용 CCFL 과 EEFL 측정기술*, 광운대학교 대학원, 국내석사학위논문, 2007.
- [2] 이달은, *CCFL 구동을 위한 고주파 인버터 회로의 설계 및 특성 해석에 관한 연구*, 東國大學校 大學院, 국내석사학위논문, 2004.
- [3] 김상수, 김현재, 이신두, *디스플레이 공학*, 청범 출판사, 2005.
- [4] 김원식, 최병덕, *LCD 제조 공정과 장비*, 내하 출판사, 2008.
- [5] 김재훈, 이승희, "LCD 원리 및 개발동향," 광학과 기술, 제7권, 제4호, 2003.
- [6] 황인선, 김규석, 곽희준, "LCD backlight의 기술동향," 전자공학회지, 제28권, 제4호, 2001.
- [7] LCD개발팀, *display device의 전망 및 기술소개*,

- 삼성 SDI, 2001.
- [8] 김상수, 김현재, 이신두, *디스플레이 공학*, 청범 출판사, 2005.
- [9] 박진호, 류시옥, 정재학, 전찬욱, 이승욱, *디스플레이 제작 실습*, 아진 출판사, 2007.
- [10] 김원식, 최병덕, *LCD 제조 공정과 장비*, 내하 출판, 2008.

### 저 자 소 개

신 희 우(Hee-Woo Shin)

정회원



- 2016년 2월 : 충북대학교 건설공학과(공학사)
- 2021년 2월 : 충북대학교 전자정보공학과(공학석사)

〈관심분야〉 : 데이터베이스 시스템, 빅데이터 웹 사이트 등

유 재 수(Jae-Soo Yoo)

종신회원



- 1995년 2월 : KAIST 전산학과(공학 박사)
- 1995년 2월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과 전임강사
- 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신공학부 정교수

〈관심분야〉 : 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 데이터베이스, 센서 네트워크, 바이오인포매틱스, 빅데이터 등