

---

# LED를 사용한 조명시스템의 에너지효율에 관한 연구

이연석\* · 최상의\* · 이민국\*\* · 박건필\*\*\*

\*군산대학교

Studies on the energy efficiency of lighting system using LED

Yeon Soek Lee\* · Sang-Ui Choi\* · Min-Guk Lee\*\* · Geon-Pil Park\*\*\*

\*Gunsan University

E-mail : yeonslee@kunsan.ac.kr

## 요 약

본 논문은 최근의 에너지 절감의 사회적 관심을 반영한다. LED 시장은 지속적 성장이어가고 있다. 그러나 현재 led 조명은 빛 에너지 변환율이 높지 않다. 이러한 LED 조명에 대하여 빛 변환 에너지 절감 방법을 제시하고자 한다. 현재의 LED 조명은 전력 변화를 각각의 조명에서 이루어지므로 인한 변환 손실의 누적이 발생한다. 손실 누적 발생을 최소화 하여 에너지 손실 성능 개선을 얻을 수 있도록 한다.

## ABSTRACT

Reflect the social concerns of recent energy saving in this paper. The LED market is continuing to grow continuously. But it is now high light energy conversion led lights., We propose converting the light energy-saving method for these LED lights. Generated the cumulative loss of the conversion done at each light change from the current power of the LED lights. The cumulative loss to achieve minimal energy loss resulting from the improved performance.

LED 조명, AC LED, DC LED, SMPS

LED Light, AC LED, DC LED, SMPS

## 1. 서 론

1879년 백열 조명을 발명한 후 1938년 형광등 1984년 고압 방전 조명으로 지속적인 발전을 거듭 하였다. 이러한 발전은 에너지 절감에 영향을 주었다. 그러나 에너지 절감을 위해서 현대에는 LED 조명을 적용하고 있다. LED는 1907년 탄화규소(SiC)에 직류전류를 공급하였을 때 발광하는 현상이 최초 발견되었다.[1] LED는 반도체 소자로서 전기에너지를 빛에너지의 형태로 변환하는 반도체 조명이다. 이후 LED는 표시장치 등에 사용되어 왔다. 이러한 LED 조명이 지속적인 발전을 통하여 고휘도의 LED등이 개발이 되어지고

1996년 백색 LED가 개발되어지면서 본격적으로 LED 조명을 제작할 수 있는 계기가 되었다.[2] 여기에 2000년 이후 반도체 제조 기술의 급격한 발전으로 인하여 lm/w 효율이 증가하는 방향으로 LED 기술이 발전하였다.[3] 이러한 발전에 힘입어 단순한 표시 장치에서 실생활에 사용할 수 있는 조명으로서 기능을 할 수 있게 되었다. LED 가 조명은 긴 수명과 높은 에너지 효율의 특징을 가지고 있다. 이러한 현대의 조명은 전통적인 조명시스템에서 LED 조명 시스템으로 변화하고 있다. 이러한 흐름에는 세계적으로 백열 조명에 대한 지속적 퇴출을 유도하고 있으며, 법제화하고 있는 상태이다.[4] 현실적으로 LED 조명을 사용

하지 않을 수 없게 사회적 제도가 정비 되어지고 있다. 그러나 현재 사용되는 LED 조명은 AC 전원을 DC 전원으로 변환하는 SMPS (Switching Mode Power Supply)를 내장하고 있는 구조의 조명 시스템으로 이루어져 있다. LED 조명의 긴 수명과 높은 에너지 효율의 특징을 SMPS가 가지고 있는 상대적으로 짧은 수명 낮은 에너지 변환 효율에 기인하여 기대한 만큼의 효과를 나타내지 못하는 것이 AC LED의 단점이다. 이를 개선하기 위하여 DC LED 시스템을 제안한다.

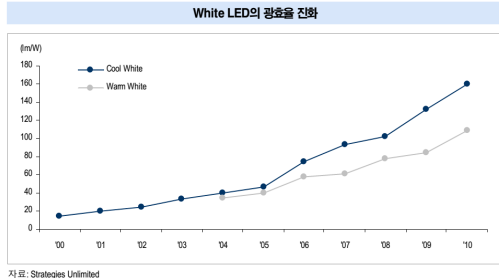


그림 1. 백색 LED 발전 현황

## II. 본 론

국내 LED 조명은 2015년까지 30%를 보급하는 계획을 가지고 있다. 현재 정부에서 LED 조명을 그린에너지 중점 분야로 육성 보급하는 것은 에너지 효율이 낮은 백열 조명을 방출하고 수은등 유해 중금속이 포함되어있는 형광등 조명을 지속적으로 감소시키기 위한 방안으로 LED 조명을 육성하는 것이다. 그러나 현재 보급되는 LED 조명은 기존 기간망으로 설치되어있는 AC 전원계통을 이용하여 보급하기 위한 방법으로 AC LED 조명 시스템으로 구성되어있다. 이러한 AC LED 조명은 LED 소자가 가지고있는 특성보다 AC → DC 전력 변환을 하기 위하여 적용되는 SMPS의 특성에 기인하게 된다. 이는 조명의 수명을 결정하는 것은 SMPS에 적용된 콘덴서의 수명으로 결정이 된다. (콘덴서 수명 계산 :  $L_s = L_r(V_s/V_r)^n \times e^{(tr-ts/a)}$ )

이는 콘덴서 사용 환경에 맞추어 일정 시간이 흐르면 용량의 변화가 발생하고 이로 인하여 SMPS의 정상적인 출력 성능을 발휘 할 수 없게 된다. AC LED의 수명은 이러한 SMPS의 콘덴서 부품의 수명에 기인 될 수 밖에 없다. 또한 LED 소자의 lm/w 효율은 100lm/w를 발휘 할 수 있는 개발 단계에 진입하여 있지만 LED 조명화 설계에 단계에서 패키징 및 AC → DC 전원 변환 등의 단계를 지나면서 효율이 저하되어진다. 여기에 AC → DC 변환에 따른 효율 저하는 약 15%~20%의 손실이 발생하게 된다. 이러한 AC LED는 LED 소자의 우수한 특성을 가지기에는 아직 기술적 발전이 더욱 필요하다. SMPS의 기술적 발전은 전력전자 분야에서 활발하게 이루

어지고 있으나 아직 LED 조명에 적용하는 부분에 있어 고효율의 SMPS를 적용하는 단계에는 이르고있지 못하다. 이는 효율을 높이기 위해서 PFC(Power Factor Correction) 회로를 적용하여야 하나 비용 부분과 공간적 부분의 제약으로 실제 제품에 적용하기에는 무리가 있다. 이러한 기술적 적용이 어려운 부분으로 인하여 AC LED를 다수 적용을 하게 되면 각각의 SMPS에서 발생하는 손실이 다수의 AC LED 조명에 의하여 중첩이 발생하게 되어 손실율이 증가하게 되는 현상이 발생한다. 이를 개선하기 위해서는 SMPS의 적용 수를 줄이는 것이 손실율을 개선하는 효과적인 방법이다. 각각의 SMPS에 PFC 회로를 적용하는 것은 비용 구조 및 제품의 공간적 제약을 회피 하기에 어려움이 있기 때문이다. AC LED 조명의 수명에 있어서도 SMPS의 고장시간 및 고장율이 AC LED 조명의 고장시간, 고장율과 일치하게 된다. 고장율이 증가하는 것 또한 AC LED에 적용되는 부품의 수가 증가하므로 인하여 불량률이 증가하게 되는 것이다. 이를 개선하는 방법으로도 SMPS의 수를 줄이게 되면 고장율을 줄이는 방법이다. [5]

구분	백열전구	아전구(내자형램프)	LED램프
에너지효율	10~15lm/W	50~80lm/W	80~100lm/W
제품수명	1,000시간	5,000~15,000시간	25,000시간**
제품가격	약 1,000원	약 3,000~5,000원	약 10,000~20,000원
교체기준	30W	10W	4W
	60W	20W	8W
	100W	30W	12W
제품사진			

그림 2. 조명 효율 비교

Part Number	Emitted Color	Vf(v) IF=350mA Min-Max	Lens-Color	Wave Length(nm)	Luminous Intensity IF=350mA
TY-HNW1-1	Cold white	3.20-3.60	Water Clear	6000-6500K	100-110LM
TY-HNW1-2	warm white	3.20-3.60	Water Clear	3000-3300K	100-110LM



그림 3. LED 소자의 효율

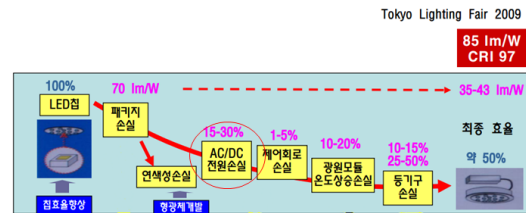
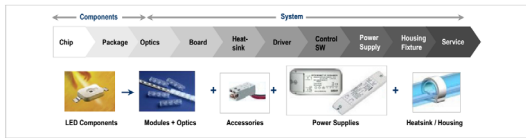


그림 4. 전원 변환 손실율

이에 AC LED의 문제점을 개선하는 방법으로 DC LED 조명 시스템을 제안한다. [6]

DC LED 조명 시스템은 조명은 LED 소자의 구동만을 위한 회로로 구성하고, 전력 공급은 1개의 SMPS를 이용하여 공급하는 구조로 설계한다.

이때 SMPS는 쌍으로 병렬 운용을 할 수 있는 구조로 설계를 한다. 이러한 구조의 DC LED 시스템은 전력 변환을 1회에 한하여 진행하게 된다. 또한 다수의 DC LED 조명을 적용할 경우에 전원 공급원은 1개의 SMPS를 사용하므로 전력 변환 손실의 누적을 방지 할 수 있다. 이는 AC LED 조명에서 나타나는 손실을 중첩을 해결 할 수 있는 방법이다. 또한 SMPS의 적용 수를 제한하므로 부품의 수를 줄여 불량률을 줄일 수 있다. SMPS를 쌍 운용을 하는 것은 신뢰성을 향상하기 위한 시스템 구성이다.



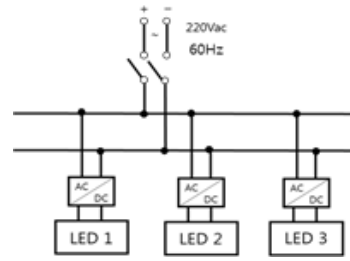
(그림5. AC LED 시스템 구조)

### III. (AC LED와 DC LED의 장단점)

AC LED의 시장 적용이 이루어지고 있는 것은 기존 건물등에 설치되어있는 전력공급용 전선을 변경 없이 이용이 가능하기 때문에 별도의 설치 시설 변경 없이 적용이 가능 부분이 있다. 이는 신규 투자가 필요없는 부분으로 매우 큰 장점을 가지고있다. 또한 AC LED는 조명기구 1개의 시스템에 전원 변환 회로와 조명 기능을 가지고 있으므로 일반 소비자가 구입 설치가 매우 용이한 장점을 가지고 있다.

이는 현재 사용중인 전통적인 조명기구인 백열 조명, 형광 조명, 할로겐 조명등의 사용성과 동일하기 때문에 거부감 없이 적용이 가능한 것이다.

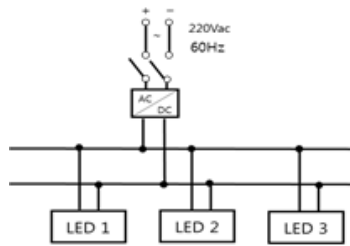
이러한 장점에도 AC LED는 보증하는 조명의 수명을 만족하지 못하는 문제점들이 나타나고 있다. 이는 소비자들로 하여 AC LED를 적용하는데 많은 문제점으로 작용한다. 그리고 모든 기능을 하나의 조명에 적용하는 구조로 이루어져있어 많은 수의 부품으로 설계 되어진다. 이는 부품의 수가 늘어남으로 인하여 고장 확률이 늘어나게 된다. 또한 AC LED 조명 개당 제조 원가가 높아지게 되는 원가구조의 문제점을 가지고 있다. 개별 제품의 원가가 높아지게 되는 부분은 시장가 형성에 영향을 미치게 되어 백열 조명, 형광 조명 등과의 가격경쟁에 불리한 구조를 가질 수 밖에 없다.



(그림6. AC LED 시스템)

이에 반해 DC LED 조명은 조명의 구조를 단순화 설계를 할 수 있는 특징을 가지고 있다. 이는 각 조명에 전원 변환 회로를 삭제할 수 있는 것이다. 이로 인하여 전원 변환 손실에 대한 중첩을 방지할 수 있다. 또한 부품 수를 줄일 수 있으며 부품 수를 줄이므로 불량률을 감소 시키며 조명의 원가를 낮출 수 있다. 이렇게 원가를 낮추게 되면 조명의 시장 판매 가격을 낮출 수 있게 되어 경쟁력을 높일 수 있게 된다.

반면 DC LED는 기존 건물에 설치되어있는 전원 선을 그대로 사용할 수 없게된다. 이는 기존 전원 공급 선은 AC 전원을 공급하게 되어있다. 이로인하여 DC LED를 적용하려면 전원 공급 선을 재 시공하여야한다. [7][8][9]



(그림7. DC LED 시스템)

### IV. (각 조명의 에너지 효율)

각 조명의 에너지 효율은 동일한 밝기의 출력을 나타내는 기준으로 AC LED 조명의 효율이 형광등 대비 14.4% 높다.

	소비전력(W)	수명(h)
<b>100W 기준</b>		
기존 백열전구	100	3,000
컨버터 내장형 LED램프	25	40,000
<b>100W 기준</b>		
기존 할로겐램프	100	5,000
컨버터 외장형 LED램프	17	50,000
<b>32W×2 등기구기준</b>		
기존 형광램프	70	10,000
LED 램프	60	40,000
LED 면발광 등기구	64	50,000

자료: 지식경제부

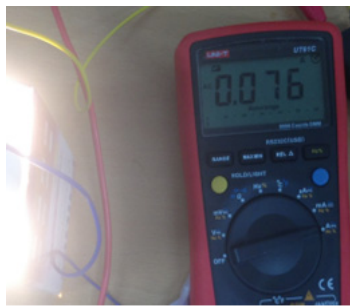
(그림8. 전통조명과 AC LED 조명 에너지비교)

LED 조명은 기타 조명 대비 동일한 성능에서

에너지 효율이 우수하게 나타나고 있다. 그러나 실제 제품에 대한 소비전력 측정을 하게 되면 약 28%의 손실이 발생함을 확인할 수 있다. 이는 전력 변환 손실이 발생하는 것을 실측으로 확인할 수 있다. 이처럼 AC LED는 이러한 손실율이 LED 조명을 다수 사용하게 되면 증가하게 된다. 이 실험에 사용한 동일 조명에 DC Power를 이용하여 전압을 공급하였을 때의 소비 전력을 확인한 경우 제품 스펙대비 약10%의 에너지 절감 결과를 얻었다. 이처럼 전원 변환에서 발생하는 손실이 큰비중을 차지 하는 것을 확인할 수 있게 되었다. [10][11][12][13]



(그림 9. 13W(백열 85W대응)LED전구)



**AC LED**  
전압 : 220Vac/전류 : 0.076  
P : 16.72W

(그림10. AC LED 전구 소비전력)



**DC LED**  
전압 : 80.8Vdc/전류 : 0.147  
P : 11.76W

(그림11. <그림10>전구에 DC 입력시 소비전력)

수 있는 수명의 단축과 에너지 손실율의 증가에 대하여 DC LED의 조명 시스템을 제안하였다. AC LED 조명은 실제 적용시 전원 변환 손실이 실제제품의 표기 사항보다 다소 높게 측정이 되었으며, 이러한 에너지 손실율이 조명을 사용하는 수 만큼 늘어나게 된다. 여기에 제안한 DC LED 조명을 적용하게 되면 높은 에너지 효율과 긴 수명을 달성 할 수 있는 시스템으로 추가적인 연구의 가치가 있다라 판단한다.

### 참고문헌

- [1] AC CHOPPER 기술을 이용한LED조명 POWER 구현 : 2012 전자공학 학회 I
- [2] 백열전구 대체용 7W급 LED 램프의 드라이버 설계 : 2010 해양환경안전학회 I
- [3] LED 조명 : 2011 키움증권 기술분석 I
- [4] 지하 역사 LED조명기구의 적용에 대한 경제성 분석 : 2010 I
- [5]플라이백 방식을 이용한 75W급 LED Converter 효율 개선에 관한 연구 : 2011 원광대 II
- [6] 태양에너지를 이용한 LED 조명제어시스템 개발 : 2011 한국컴퓨터정보학회 III
- [7] 전력IT용 디지털 부하를 위한 저전압 직류급전 시스템 연구 : 2006 전력전자학회 III
- [8] 신재생에너지 기반 바이폴라 DC 마이크로 그리드의 설계 및 동작특성 분석 : 2013 명지대 III
- [9] An LVDC Distribution System Concept : 2008 NORPIE II
- [10] Low voltage DC distribution system compared with 230 V AC : 2011 IEEE IV
- [11] Imminent Smart DC Nano-Grid for Green Buildings – A Contemplative View : Recent Advances in Energy, Environment, Biology and Ecology IV
- [12] AC vs. DC Distribution: A Loss Comparison : 2008 IEEE IV
- [13] DC power distribution favors LED lighting : www.LeDsmagazine.com IV

### V. 결 론

본 논문에서는 AC LED의 우수한 장점에도 불구하고 조명을 구성하는 구성 부분에서 발생할