



# 스마트 절전컨설팅

## 조명설비의 절전컨설팅



글 \_ 김 만 건 (No. 71162)  
스마트 절전 화재컨설턴트/기술사

### Contents

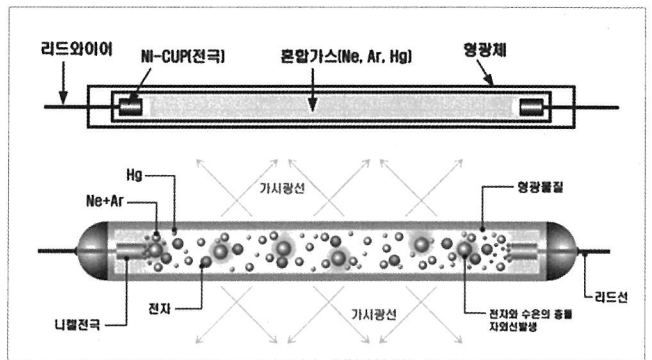
1. 스마트 절전컨설팅이란?
2. 주택(아파트세대)용 가전기기의 절전컨설팅
3. 사무용 전기기계기구의 절전컨설팅
4. 수·변전설비의 절전컨설팅
5. 동력설비의 절전컨설팅
6. 조명설비의 절전컨설팅
7. 전열설비의 절전컨설팅
8. 신재생에너지설비의 절전컨설팅

2011년도 3월호부터 연재된 내용입니다.

냉음극 형광램프는 유리관 내벽에 형광물질(Powder)로 도포되어 있고 양단에 전극이 부착 되어 있으며, 수십 Torr의 혼합가스와 소량의 수은(mercury)이 봉입 되어 있는 형광램프이다. 특징으로는 형광체의 배합으로 다양한 발광색의 연출이 가능하고 소비전력도 2~7W정도로 낮아 전력손실을 최소화 할 수 있으며 수명은 5만~7만 시간(hr) 정도이다. 또한 소형경량이기 때문에 기구도 작아 보기에에도 좋은 장점을 가지고 있다.

냉음극 형광램프(CCFL)의 동작원리는 일반 형광램프와 거의 같으며 이를 간략히 설명하면 전압인가 → 1차전자 → 전극충돌 → 2차전자 방출 → 수은과 전자충돌 → 자외선 방출 → 형광체 여기 → 가시광 방출

전극간에 고전압을 인가하면 관내 전자가 전극(+)으로 끌려서 고속 이동하고 전극에 충돌하며 이때 2차전자가 방출되면서 방전이 시작된다. 방전에 의해 유동되는 전자는 수은원자와 충돌하여 자외선을 방출하고 자외선이 형광체를 여기시켜 가시광을 발생 시킨다.



【그림 6.4.7】 CCFL(냉음극형광램프)의 구조

냉음극 형광램프는 액정표시판의 Back Light용, 유도등 발광용 등 고휘도를 필요로 하는 설비에 다양하게 사용되어지고 있으며 향후 그 수요가 매우 많아질 것으로 예측된다. 고객의 요구에 맞는 고휘도, 고연색성 실현, 다양한 관경(Ø1.8~Ø4.0)과 관장(50~1,000mm), 특수 형태(원형, L자형, ㄷ자형 등)제작, 뛰어난 내진성, 내충격성 등에 대응 가능하다.

고효율조명기기는 종래 한국전력공사에서 전력수급 관리 측면에서 사용자에게 인센티브를 제공하면서 각 기업에서 고효율 제품을 생산 하면서 적극적인 마케팅으로 실수요자가 증가하게 되었다. 고효율 조명기기는 기존의 전력 다소비 시설을 저소비전력 제품으로 교체 하는 것이 주종이었으나 최근에는 에너지와 관련된 사회적 인식과 정부의 적극적인 개입과 홍보로 신축 건물에서도 많이 적용되고 있다.

#### 4) 고효율 조명기기의 설계

고효율 조명기기의 설계는 장소에 적합한 색온도와 램프의 수명, 기기보수 등을 감안하여 적용하여야 한다. 일반적으로 백열전구류(할로겐 포함)는 국부조명이나 보조용 조명으로, 형광등 계열(일반 램프, 고출력 램프, 반사형 램프)은 낮은 천장의 전반조명이나 일부 국부조명용으로, 방전등(메탈 할라이드등, 고압나트륨등)은 옥외 작업장이나 고천장의 전반조명으로 널리 사용되고 있다. 따라서 이들을 고효율 조명기와 대체할 수 있는 품목을 선정하여야 하며 아래에 녹색에너지 설계 기준(조명분야)과 대표적인 형광 램프인 T5와 T8의 특성비교표를 제시 한다.

【표 6.3.7】 형광램프의 특성비교

항 목	T8(32 W)	T5(28 W)	효 과
램 프 규 격	FCL 32W	FH 28W	
전 광 속	2,900lm	2,900lm	
효 율	90,6lm/W	104lm/W	밝기 13% 증가
수 명	20,000hr	20,000hr	
연 색 성 지 수	80Ra	85Ra	
관 경	26mm	16mm	
길 이	1,198mm	1,149mm	49mm 짧음

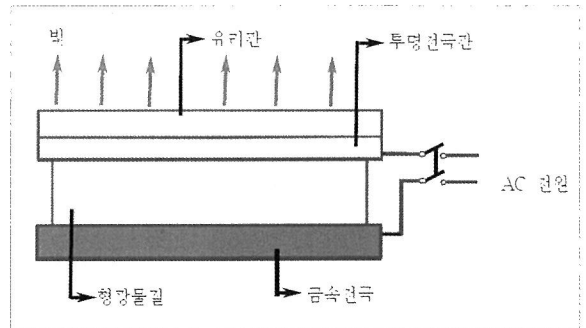
위에서 소개한 새로운 광원 외에 무수은 박막 발광에 대한 관심이 높아지면서 EL램프나 CNT(Carbon Nano Tube) 램프가 연구 개발 중이다. 특히 CNT는 탄소동위원소로서 이것을 전자발출소자로 사용하여 전극과 형광체를 도포한 전극사이에 고전계를 가하면 방출된 전자가 형광체를 여기시켜 가시광을 발광시키는데 이것은 10,000(cd/m<sup>2</sup>) 정도의 고휘도를 실험과정에서 얻은 것으로 알려지고 있다. 램프의 두께는 2~3mm 초박형이며 수은이 전혀 사용 되지 않는 장점을 지니고 있다.

CNT램프는 또 면광원과 같이 LCD용 백라이트로 사용될 수도 있으며 기존광원과 비교하여 경제성이 있게 되면 광고용이나 일반조명용으로 폭 넓게 사용 될 수 있는 광원이다. 외국에서는 연구차원에서 신호등이나 10W 직관형 형광램프에 적용하여 사용하였다는 보고가 발표되었으며 국내에서는 정부 국책과제로 연구개발 중이며 CNT powder는 국내업체가 개발한 상태이다.

##### ① EL램프(Electro luminescent Lamp)

황화아연계의 특수 형광체를 유전체에 혼합하여 박막으로 만들고 투명한 전극 사이에 두어 콘덴서로 한 것

EL램프는 전극사이에 절연체를 충전 시킨 후 교류를 공급 할 때에 발광이 일어나는 것을 응용한 것으로서 소비 전력의 감소, 초박형, 자유로운 형상의 제조가 가능하다는 장점이 있다. 무기발광재료를 사용하면 1만 시간 정도의 수명을 갖는다. 그러나 휘도가 너무 낮아 연구가 중지된 상태였으나 최근 유기발광소재(OLED)의 개발로 다시 연구가 진행 중이다. 이것은 다른 광원에 비해 3,000시간 정도의 짧은 수명이 단점이지만 초기의 특성은 그대로 유지되는 장점이 있어서 개발에 따른 응용이 주목되는 광원이다.



【그림 6.4.8】 EL(전기루미네선스: electroluminescence)램프 발광원리

위와 같이 조명설비는 에너지소비와 환경보호라는 측면에서 매우 중요한 설비이다. 선진국에서는 에너지 소비를 규제하기 위해 “조명 허용전력 설계기준”을 적용하는 나라도 있다.

한편 저전력의 광원을 개발하는 것도 중요하지만 불필요한 점등을 최소화 시키는 타임스케줄 제어나 재실자 감지센서, 공용장소에서의 조명이 필요한 경우에만 점등하는 자동화 제어와 고효율 조명기기의 사용과 더불어 신재생에너지를 활용하는 하이브리드 방식의 조명설비가 절실한 시기이다.

##### ② 고효율 조명기기의 설계에 적용 대상

- 고효율 인증 형광램프, LED램프 등
- 고효율 전자식 안정기 및 고조도 반사갓
- 무전극램프 적용[수명 10만 시간, 친환경(수은 1/5), 기존형광램프 대비 45% 절전, 장수명에 따른 유지관리 비용 절감, 고천장에 적합]

##### ③ 조명제어(lighting control)

최근에는 거의 대부분의 사무실용 건물에서 주간에도 전등을 켜는 것이 일반화되어 있어 전등전력 소모도 상당한 비중을 차지하고 있다. 또한 사용자의 무관심으로 퇴근 후에도 소등을 하지 않거나 전기 회로상의 문제로 소수의

근무자를 위하여 한 층의 전등을 모두 켜는 일이 있다.

이러한 불합리를 개선하기 위한 것이 조명제어이며, 주로 다음과 같은 제어를 한다.

### ㉓ On/Off 제어

- 외등 자동점멸 photocell
- 주광이용: 창측 photocell
- 시간대 제어(time schedule)
- 재실자 감지(occupancy sensor)
- 주간에 조명이 불필요한 곳의 등을 건물의 방향이나 구조를 고려하여 소등하거나, 조도에 따라 켜는 전등의 숫자 제한
- 건물 사용시간대 이외의 출근 전이나 퇴근 후, 휴식 시간에 소등
- 순찰이나 청소 등을 위해 꼭 필요한 전등만 순차적으로 점소등

### ㉔ 조광회로(dimming)

- ON/OFF전용으로 조명이 점등되는 시간에서의 에너지 절약 대책은 아주 미비하였다. 실질적으로 전력비용을 절감할 수 있는 Dimming control을 사용하여 전압위상 제어를 통해 형광등의 깜박거림 없이 최대 밝기의 80% 까지를 조도(Lux)에 따라 임의로 조절하여 전력절감 실현 조명제어가 효과적으로 이루어지기 위해서는 적당히 구역(Zoning)을 나누어 주어야하며, 조명 제어를 이용하면 주변의 밝기 또는 태양광의 밝기에 따른 조정으로 쾌적한 환경, 적절한 조도를 유지할 수 있을 뿐만 아니라 조명용 전력의 약 20~30%를 절약할 수 있다.

### ④ 일반 조명용 광원 개발 추이

광원	항목 크기(W)	색온도 (K)	Ra	수명(hr)	비 고
세라믹 MH	25~70	3,000 ~4,000	87~95	10,000 ~12,000	PAR30, PAR38, T6 MR-16spot, narrow
T5 FL	28, 54	3,000 ~5,000	82~85	20,000	5~80℃에서 90% 이상의 광출력
무전극	100, 150	3,000 ~5,000	80	60,000	-40℃에서도 점등

### ⑤ 조명등용 반사갓(Reflector)의 채택

조명하는 공간에 빛을 집중시키기 위해 광(光)반사율이 높은 반사갓을 사용하여 발광효율을 높이는 고효율 조명 기술로 형광등의 경우 반사등기구는 갓의 삼면으로 흡수되거나 난반사되는 빛을 어느 정도 되살릴 수 있고, 장시간

그러한 기능을 유지할 수 있는냐에 따라 효율성을 평가하며, 크게 분류하면 백색에나멜 반사갓과 알루미늄 반사갓, 은 필름 반사갓 등이 있다.

기존의 백색에나멜 제품의 경우, 도장이 쉽게 벗겨지거나 변질, 변색되어 반사율이 급격히 떨어지고 그 수명도 제한 되었으며, 알루미늄 제품도 표면에 보호막이 없어 공기나 각종 화학물에 노출될 경우, 반사율이 급격히 하락하여 유지 보수 측면에서 많은 비용이 들었다. 이에 반해 은필름 반사갓의 경우, 은을 소재로 하여 만들어진 것으로 반사 등기구의 반사율이 기존의 에나멜이나 알루미늄 제품보다 높아 흡수, 난반사 등으로 소멸되는 빛을 되살려 밝기를 배가시켜 준다. 또한, 형광등의 내구성면에 있어서도 기존의 반사갓에 비해 오랜 수명을 가진다.

기존의 반사갓을 은필름 반사갓으로 대체하여 사용할 경우, 형광등 램프의 수와 안정기수를 반으로 줄임으로써 소비전력을 50%까지 줄일 수 있고 내구성이 우수해 유지 보수 비용을 절감할 수 있는 에너지 절약형 제품이다.

### ㉕ 구조 및 원리

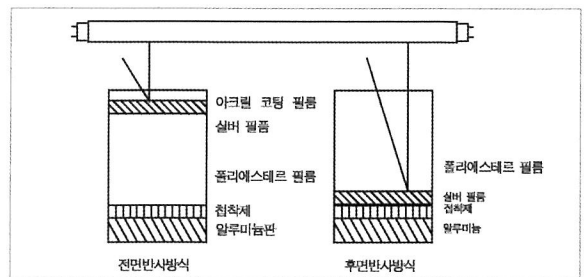
현재 사용하고 있는 은필름 반사갓의 경우 두 가지 구조로 나눌 수 있다.

#### ㉖ 전면반사방식

고감도 폴리에스테르 필름에 반사율이 뛰어난 은을 증착시키고 그 위에 아크릴수지(acrylic-resin)를 코팅한 필름이며 빛이 필름의 표면에 직접 반사하여 반사효율이 높고 자외선에 의해 노랗게 변색되는 일이 없어 반사율이 떨어지지 않는다.

#### ㉗ 후면반사방식

반사율이 높은 은을 전자기적 방법으로 가공하여 은경(Silver mirror)을 형성시켜 반사율이 높은 것은 물론 내약품성 PE film을 피복하여 염산이나 황산 등에도 변질이 되지 않는다.





㉑ 형광등 반사갓의 조명 효율

형광등의 조명 효율은 반사율 및 그 반사갓 안에서의 반사 횟수와 다음과 같은 관계가 있다.  $Y=XN$  단, Y : 조명효율 (최종적으로 도달하는 빛의 양), X : 반사갓의 반사율, n : 반사갓 안에서의 반사 횟수

최종적으로 도달하는 빛의 양(y)은 반사갓의 반사율(x)의 반사갓 안에서의 반사 횟수(n)에 대한 승수로 나타난다.

【표 6.3.8】 반사갓 안에서의 반사 횟수(n)에 따른 빛의 양

반사갓의 반사율	1회	2회	3회	4회
95%	95%	90%	86%	81%
89%	89%	79%	70%	63%
85%	85%	72%	60%	52%

형광등의 조명 효율은 반사갓의 반사율이 높으면 높을 수록, 반사갓 안에서의 반사 횟수가 적으면 적을수록 크게 나타난다. 은 필름의 고조도 반사갓은 95%의 높은 반사율을 나타낸다.

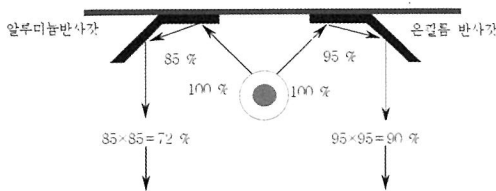
㉒ 반사갓의 반사율 비교

㉑ 백색 페인트 반사갓

형광등은 360° 전 방향으로 빛을 방출한다. 이중 형광등의 윗부분으로 방출되는 빛은 등기구 자체 내에 여러 번 반사되는 동안 거의 흡수되어 조명 효율을 떨어뜨린다.

㉒ 은필름 고조도 반사갓

은필름 고조도 반사갓은 형광등의 윗부분으로 방출되는 빛의 거의 전부(95% 이상)를 단 한 번의 반사로 작업면에 도달할 수 있게 설계하여 형광등 자체 내에서 흡수되는 빛의 양을 최소로 줄인다.



【그림 6.4.9】최초 광선의 72%      최초 광선의 90%

형광등이 방출하는 대부분의 빛을 작업 면으로 보내게 한다. 또한, 디자인에 따라서 빛이 많이 필요하거나 필요하지 않은 부분 등에 선별적으로 빛을 보낼 수 있게 하고,

광학적 굴절각에 의하여 빛의 흩어짐을 막아 효율을 높여 준다.

【표 6.3.9】반사갓 소재별 전반사율의 비교

반사갓 종류	전반사율	반사갓 종류	전반사율
철판 백색도장	60%	고조도 반사갓	85%
알루미늄 이노다이징	95%	Ag Nano Silver Cap	98%

【표 6.3.10】기대 효과

기대 효과	내 용
에너지절감 절전 1/2	전등수가 1/2로 감소 전력소비가 반 이상 절감된다. 전기요금이 반 이상 절감된다.
경비 절감 부품사용 감소 유지관리 용이	등수 절감되는 만큼 안정기, 스타터 불필요 등수가 줄어들어 이에 따른 재료비 및 유지관리 비용 절감 기존 등기구 이용 조도 개선으로 경비 절감
시력 보호	난반사가 없으므로 눈부심을 없애준다. 일정 빛살 유지로 눈의 피로감소로 시력을 보호한다.
원색감 증대 이미지 제고	원색감 선명도 97% 이상으로 진열제품의 이미지가 제고된다. 난반사가 없으므로 눈부심이 없어 근무분위기가 좋아진다.

㉓ 조명기구 효율향상에 효과적인 “고조도 반사갓”

고조도 반사갓은 램프에서 나오는 빛을 하향 분산, 반사시키는 기능을 갖고 있으며, 그 자체가 에너지를 절약하지는 않지만, 최적의 반사갓을 사용함으로써 램프에서 발산하는 빛을 필요로 하는 작업면으로 더욱 많이 보냄으로써 조명기구의 효율을 높여준다. 따라서 전력을 직접적으로 사용하는 램프 및 안정기가 설치되는 조명기구의 소요량을 축소함으로써 간접적으로 많은 전력 에너지의 절약을 가능하게 한다.

고조도 반사갓이 갖추어야 할 조건으로는 우선 높은 반사율(85%이상)을 갖는 재료를 이용하여 램프에서 나오는 빛을 조명기구 몸통 안에서의 간접 또는 계속되는 중첩반사 없이 최대한 밑으로 내려가게 하여 조명기구 효율을 극대화하는 형상설계가 중요하다. 고조도 반사갓에 사용 가능한 재료로는 총 반사율이 85~98%이상까지의 여러 종류의 원판이 사용 된다.

총 반사율(Total Reflectivity)이란 정반사율(Specular Reflectivity)과 난반사율(Diffuse Reflectivity)의 합으로써, 고조도 반사갓에 사용하기 위해서는 난반사율이 작고 정반사율이 높은 원판이 좋다. 조명기구 효율(작업 면으로 내려오는 총 lumen/램프의 총 lumen×100)의 극대화를 위해서는 램프에서 나오는 빛이 반사율이 높은 반사갓에서 잘 반사되어 작업면에 많이 내려와야 한다. 조명기구의 구조적 특성상 램프에서 나오는 총 광속 빛 중에 45%는 반사갓과 관계없이 밑으로 반사되며, 나머지 55%는 위를 향하기 때문에 한 번 이상 반사갓에 반사된다. 더욱 반사갓의 형상에 따라 램프와 반사갓 또는 램프와 램프 간에 중첩 반사되며 밑으로 내려오지 못하는 경우도 있다. 따라서 조명설비에서의 에너지 절약을 위한 고조도 반사갓은 85% 이상의 높은 반사율을 가진 내구성 있는 원판을 사용해야 한다.

중첩반사를 완전 제거한 광학형상의 반사갓을 사용하면 신축건물인 경우에는 조명기구 수를 약 30% 축소 가능하며, 개·보수인 경우에는 4등을 2~3등으로, 3등을 2등으로 교체 가능하고, 램프의 표면온도도 낮아 수명도 길어짐으로써 에너지절약 뿐만 아니라 보수유지비도 절약할 수 있다.

최적으로 설계된 고조도 반사갓의 경우 같은 실내조도를 얻기 위해서 최대 40%까지 등기구의 설치되는 숫자를 줄일 수 있다. 조명에서 전기절약을 위하여 주로 고효율램프와 고효율안정기의 개발 및 보급에 초점이 맞추어져왔으나, 이제는 고효율의 고조도 반사갓을 조명설계 시부터 반영하여 절전을 도모할 수 있다.

조명설비에 필요한 비용은, 초기투자비로서는 조명 기구 준비, 설치 및 감리비 등이 있으며, 운전비용으로는 전력 요금, 청소 및 교체비용 등이 있다. 고효율기구의 경우 추가 소요되는 초기투자비를 저렴한 운전비용으로 상환하는 개념의 투자비 회수기간은 보통의 경우에는 1~2년이 소요된다. 그러나 실제 건설현장에서 낮은 운전비용을 보장하는 고효율기구의 채택이 건설회사에게는 이익이 없으므로 잘 보급되지 않는 경향이 있다. 따라서 건물주나 건물의 사용자측에서 발주 시에 고효율기자재의 채택이 정책적으로 명시될 수 있게 하여야 한다.

## ㉔ 고조도 반사갓의 기능에 의한 분류

### ㉑ 정반사 반사갓

입사각과 반사각이 같은 정반사를 주로 하는 것으로 거울같이 반사되는 면을 가진 반사갓

### ㉒ 난반사 반사갓

일정한 입사각과 반사각을 가지지 못하고 반사가 여러 방향으로 분산되어 반사되는 반사갓

## ㉕ 고조도반사갓의 재질에 따른 분류

### ㉑ 은 필름(Silver Film) 반사갓

은(Ag)이 증착된 필름을 금속재 판에 접착한 반사면을 이용하는 정반사 반사판(재료반사율: 95~98%)

### ㉒ 알루미늄 필름(Aluminium Film) 반사갓

알루미늄(Al)이 증착된 필름을 금속재 판에 접착한 반사면을 이용하는 정반사 반사판(재료반사율: 85%)

### ㉓ 알루미늄(Aluminium) 반사갓

고광택 연마처리 및 Anodizing된 알루미늄 정반사 반사판(재료반사율: 85%)

### ㉔ 강화 알루미늄(Enhanced Aluminium) 반사갓

전해연마 및 특수코팅으로 마감 처리된 알루미늄 정반사 반사판(재료반사율: 95%)

고효율 에너지 반사갓 인증 기준에 의하면 재료반사율과 내구성 두 가지 측면의 시험을 통과할 수 있는 은 필름(Silver Film) 반사갓과 강화 알루미늄(Enhanced Aluminium) 반사갓이 고효율 에너지기자재로 인증을 받았으며, 2000년부터 적용되는 기준에는 반사갓을 이용한 등기구의 조명기구 효율, 조명기구 설치간격 및 눈부심 지수 등에 대한 기준이 추가로 적용 되었다. 현재 적용되는 각 사항의 기준안은 다음과 같다.

- 조명기구의 효율 : 90% 이상

- 조명기구 설치간격 1.5H이상(H: 등기구 설치 높이)

- 눈부심 지수 G2 이상

## ㉕ 고조도 반사갓의 절전효과

㉑ 보통 형광등(직관형, 서클라인형)에 등기구와 조합하여 쓰이며 조건에 따라 30~50%까지 절전효과가 있다.

㉒ 철판에 멜라민 수지를 도장한 것, 알루미늄 박판을 증착 시킨 것, 은제도금 필름형 등이 있으며 발광효율을 90%이상 까지 향상됨에 따라 기존의 반사갓을 은도금 필름형으로 대체하여 사용할 경우, 형광등 램프의 수와 안정기수를 반으로 줄임으로써 소비전력을 50%까지 줄일 수 있고 내구성이 우수해 유지보수 비용을 절감할 수 있는 에너지 절약형이다.

다음호에 계속 ▶▶