



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.

6. 조명설비의 절전컨설팅

6.1 조명의 기초

6.1.1 개요

인간이 쾌적하고 원활하게 활동하려면, 알맞은 공기와 조명의 환경이 필요하다. 20~25℃의 온도, 50~70%의 상대습도, 시간당 30㎡의 환기량, 1cc중 약 1,000개 이하의 먼지가 있는 깨끗한 공기와 물체를 보기 쉬운 밝은 환경과 시각적으로 안락한 분위기를 조성함으로써 쾌적하고 건강을 지키는 알맞은 조명환경을 얻을 수 있다.

사람이 인지하는 시각은 물체의 형태, 색채, 밝음 등을 알려주며 인간이 갖게 되는 지식의 80%는 시각으로부터 얻어진다. 인류는 오랜 세월 자연계에 적응되어 왔으므로 주광조명이 가장 자연스럽고 건강에도 좋다고 할 수 있다. 따라서 인공조명은 주광이 부족할 때 보충하는 것이지만, 주광의 질과 양에 근사한 전등조명을 한다면 밝음이 심하게 변동하는 주광조명을 능가하게 될 것이며, 인공조명은 주로 백열전구로부터 형광등, LED 등으로 발전되어 높은 효율, 긴 수명, 광색의 우수한 광원을 얻고 있다. 이들 빛을 실제로 적용하는 여러 가지 조명방식이 우리 생활을 편리하고 쾌적하게 하고 있다.

가정과 사무실, 교실, 빌딩, 상가, 공장, 도로 등 사람이 생활하는 공간이라면 어디서나 사용하는 것이 조명이다. 이들 조명전력은 건물, 호텔, 식당 등에서 소비되며, 일반적으로 상업용 건물 중 조명 부분에서 소비하는 전력은 20~30W/㎡의 시설용량이 필요하나, 최적의 고효율 조명시스템을 채택할 경우에는 약 50%인 10~15W/㎡의 시설용량만으로 가능하다.

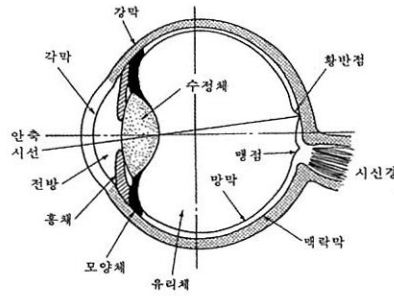
에너지 절감형 조명 제어 시스템은 램프나 반사갓 등의 효율을 높이고, 새로운 고효율 조명기구를 지속적으로 개발, 센서 등을 활용하여 제어함으로써 전기에너지를 절전할 수 있을 뿐만 아니라 전기화재예방과 온실가스의 주범인 이산화탄소(CO₂)까지 줄일 수 있기 때문이다. 이 같은 조명에 사용하는 전력을 안전하고 쾌적한 조건을 충족시키면서 효율적으로 절전할 수 있다면 정부와 세계 기후변화 그룹에서 추진하고 있는 저탄소 녹색정책은 실효를 거둘 수 있을 것이다.

6.1.2 빛의 성질

1) 빛(光, Light)

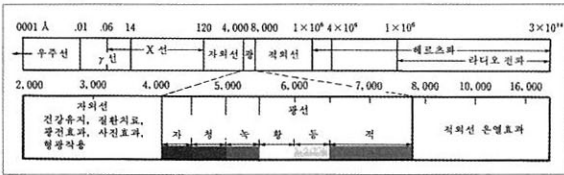
광을 발생하는 물체를 광원이라 하고, 빛으로 전달되는 에너지를 복사라 하며, 파장에 따라 각각 특유한 성질을 가지고 있다. 이를 구별하여 교류전력파, 방송파, 적외선, 광선, 자외선, X선, γ선, 우주선이라 한다. 빛의 감각을 일으키는 파장은 380~760nm의 가시

광선이다. 광선보다 파장이 짧은 자외선은 380~1nm의 방사로서 화학, 살균 및 형광작용 등을 하고, 광선보다 파장이 긴 적외선은 760~3,000nm의 범위로 온열효과를 나타낸다. 전자파란 어떤 안정된 원자에 외부로부터 에너지를 주면 원자가 가지고 있는 에너지가 증대하여 그 전자의 궤도가 바뀐다. 그러나 불안정한 상태에서 원상태로 돌아오려는 성향 때문에 흡수한 에너지를 밖으로 배출한다. 배출된 에너지는 공간에 결을 만들어 전자파가 된다.



눈	카메라
망막 (retina)	필름
수정체 (lens)	렌즈
홍채 (iris)	조리개

【그림 6.1.2】 눈의 구조와 기능 비교



【그림 6.1.1】 빛의 스펙트럼

2) 빛의 성질

- ① 빛의 속도는 진공 중에서 색(파장)에 관계없이 진공 중의 전파속도 $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ 이고, 물질 중에서는 진공 중보다 느리고 색광에 따라 다르다. 빛을 전자파로 볼 경우 주파수 $f[\text{Hz}]$, 파장 $\lambda[\text{m}]$ 의 관계는 $c = \lambda \cdot f[\text{m/s}] = 2.9979 \times 10^8 [\text{m/s}]$ 이다.
- ② 빛은 직진성을 갖고, 빛의 입자성은 광전효과로 설명할 수 있다.
- ③ 빛은 파동성과 입자성 이중의 성질을 갖고 있으며, 빛의 파동성은 밀도가 다른 물질에 닿으면 반사, 어떤 특성의 방향으로만 진동하는 빛의 파동현상인 편광, 굴절, 회절, 간섭 등이 일어난다.

6.1.3 빛과 시각

1) 눈의 구조

- ① 눈의 구조와 기능
 - 동공 면적의 변화(1:10)+망막의 감광도 변화 $\rightarrow 1:10^6$ 의 밝기 변화에 대응
 - 추상체(錐狀體: cone vision) : 보통의 빛에 반응(시력 및 색채 시각)
 - 간상체(杆狀體: rod vision) : 어두운 곳 조도가 0.03lx 이하에서 동작하고, 약한 빛에 반응(감도 높으나 색채, 물체 형태의 판별 불능)하며, 최고 감도를 나타내는 파장은 약 510nm일 때이다.

② 시각

조명의 효과를 단순한 심리적 현상으로만 파악하는 것이 아니라 인체, 시각의 구조를 파악함으로써 더욱 풍부하게 이해할 수 있을 것이다.

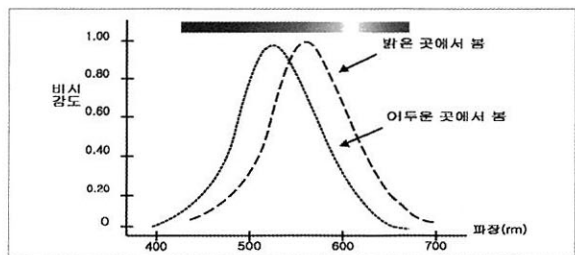
【표 6.1.1】 색과 가시광선의 파장

색	파장의 범위(Å)	색	파장의 범위(Å)
적색	7,600~6,400	녹색	5,500~4,520
등황색	6,400~5,900	청색	4,520~4,300
황색	5,900~5,500	자색	4,300~3,800

$$\times 1[\text{Å}] = 10[\text{nm}] = 10^{-10}[\text{m}]$$

2) 시각도(視感度: luminous efficiency)

눈(肉眼)에서 빛으로 느껴지는 전자파는 380~760nm의 파장 범위이며 파장 555nm에서 최대감도를 갖는다. 각 파장의 분광방사가 같은 밝음을 느끼게 하는데 요하는 에너지량의 역수를 시각도라 한다. 비등한 방사속에 대한 방사가 눈에 느끼게 하는 밝음의 비율을 말하며, 다른 파장의 시각도의 비를 비시각도(比視感度)라 한다. 일반적으로 시각도라 할 경우에는 밝은 곳의 시각도를 일컫는데, 이때 파장 555nm의 빛이 운반하는 에너지가 1W이면, 빛의 밝기가 680lm이라는 의미이다.



【그림 6.1.3】 표준비시각도 곡선



3) 시력과 밝기

밝은 곳에서는 어두운 곳에서도보다 보기에 편리한데 조도가 1,000lx까지는 조도상승에 따라 시력이 급속히 증가하다 조도가 10,000lx이상 증가하게 되면 시력은 더 이상 크게 좋아지지 않게 된다. 또한 조도가 0.03lx이하가 되면 급속하게 시력이 떨어지게 되며 이 같이 낮은 조도에서는 눈의 간상체에 의한 시력이고 그 보다 높은 조도에서는 추상체에 의한 시력이다.

4) 순응(順應: Adaptation)

색채 자극은 망막 뒤에 있는 흡여져 있는 추상체와 간상체라는 시신경 세포에 의해서 수용되며 이들은 모든 색에 대해 똑같이 반응하지 않는다. 감도의 파장 분포에 있어서 낮에는 추상체로부터 밤에는 간상체로 이동하는 현상이 일어난다. 시신경은 조명이 잘 된 조건에서는 스펙트럼의 녹색과 황색 영역에서 가장 효과적으로 반응하고, 스펙트럼의 끝 부분(청색, 보라색)에서 효과적으로 반응하지 못한다. 밤에 녹색 신호등이 빨간색 신호등보다 훨씬 더 밝은 것처럼 보이는 것과 비상등을 표시할 때 녹색을 사용하는 이유가 바로 이 때문이다. 어두운 영화관에 들어가면 처음에는 매우 어두워 좌석이 보이지 않으나 10분 정도 지나면 어두움에 익숙하게 되어 통로나 좌석이 보인다. 반대로 어두운 영화관으로부터 밝은 옥외로 나오면 수 초간 눈이 부시지만 잠시 후엔 밝음에 익숙하여진다. 이러한 현상을 순응이라 한다. 밝은 곳으로 나왔을 경우의 순응을 명순응(Light adaptation)이라 하고 감광도가 급격히 떨어져서 1~2분 정도이면 일정하게 되며, 간상체가 활동하는 밝기의 순응을 말한다. 암순응에서 눈의 최대비시감도는 510nm의 청록으로 짧은 파장 쪽으로 이동한다. 어두운 곳에서의 순응을 암순응(Dark adaptation)이라 하며 망막은 1~2만 배의 감광도를 얻게 된다. 명순응으로부터 암순응으로 되는 시간은 약 30분 정도 필요하므로 터널조명의 경우 특히 중요하다. 그리고 밝은 곳에서 같은 밝음으로 보이는 청색과 적색이 어두운 곳에서는 적색이 어둡고 청색이 더 밝게 보인다. 이 현상을 퍼킨제효과(Purkinje Effect)라 한다.

6.1.4 조명용어와 단위

1) 방사속(放射束: Radiant Flux)

파동의 형태로 공간을 이동하는 전자파의 에너지가 단위

시간에 어떤 면을 통과하는 방사에너지의 양을 방사속(Φ)이라 하고, 방사되는 에너지의 시간적 비율을 말하며, 단위는 W(watt)이다.

2) 광속(光束: Luminous Flux)

방사속 중에서 사람의 눈으로 볼 수 있는 가시광선의 범위 내의 방사속, 즉 눈의 감도를 기준으로 해서 측정된 것을 광속(F)이라 하며, 단위는[Lumen: lm]이고 파장이 380~760(mm)의 범위를 말한다. 단위시간당 통과하는 빛의 광량으로 표시하고 광속 $F = dQ/dt$, $dQ = F \cdot dt$ 가 되므로 $Q = \int_0^t F \cdot dt [lm \cdot h]$ 가 된다.

[표 6.1.2] 각종 광원의 광속

광 원	광속[lm]	광 원	광속[lm]
태양광	3.6×10^{28}	백열등 100W	1,380
컴팩트형광램프 15W	900	형광등 32W	2,800
메탈헤라이드램프 150W	13,000	고압나트륨 150W	17,000

3) 광도(光度: Luminous Intensity)

모든 광원은 크기와 넓이를 가지고 있다. 광원의 크기는 거리에 대해서 상대적인 것으로 태양과 같이 거대한 광원도 지구에서 보면 하나의 점광원으로 보인다. 일반적으로 광원 크기의 10배 이상의 거리에서는 그 광원을 점광원으로 본다. 어떤 방향에 대한 빛의 세기를 광도라 하며, 점광원에서 어느 특정 방향에 대한 광도는 그 방향의 단위 입체각에 포함되는 광속수의 밀도로 나타낸다. 광도(I)의 단위는 칸델라(candela: cd)이며, 이것은 백금 응고점의 온도에서 흑체 방사의 휘도를 60[cd/cm²]로 하여 기준을 정한 광도 단위로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$I = F/\omega [cd]$$
 여기서, F, 입체각 ω에 포함된 광속, ω 입체각이다.

만약 점광원으로부터 모든 방향으로 균등하게 광속이 발산된다면 $I = F/4\pi$ 가 된다.

[표 6.1.3] 대표적인 광원의 광도

광 원	광도[cd]	광 원	광도[cd]
태양광	2.8×10^{27}	백열등 60W	60
백색형광램프 40W	330	형광수은램프 400 W	1,800

다음호에 계속 ▶▶