



스마트 절전컨설팅

조명설비의 절전컨설팅



글_ 김 건 권 (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.

4) 조도(照度: Illumination)

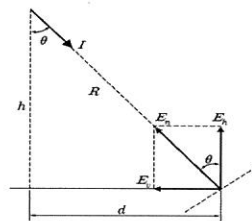
물체의 면에 광속이 입사되면 그 면은 밝게 되는데 이 밝은 정도를 나타내는데 조도(E)를 사용한다. 어떤 면의 비추어 지는 정도를 말하는 것으로 조도는 그 면에 투사되는 광속의 밀도를 말한다. 피조면의 미소면적 $dA[m^2]$ 에 투사되는 광속이 $dF[lm]$ 이면 그 면의 조도 $E=dF/dA[lm/m^2]$ 이며, 만약 입사면적 $A(m^2)$ 에 균등하게 입사 광속 $F[lm]$ 이 투사되면 그 면의 평균조도 $E=F/A[lm/m^2]$ 이고 단위는 렉스(lux: lx)이다. $1[lx]=1[lm/m^2]$.

【표 6.1.4】 조도의 예

장 소	조도[lx]	장 소	조도[lx]
직사일광 지면 위	약 100,000	맑은 날의 북쪽창가	2,000
청공광 지면 위	10,000	밝은 방	200~500
만월의 밤 지면 위	약 0.2	독서에 적당한 밝음	200~500

광도 $I[cd]$ 인 균등 점광원을 반지름 $R[m]$ 인 구의 중심에 놓을 경우, 구면 위의 모든 점의 조도 E 는 $E=F/A=(4\pi I)/(4\pi R^2)=I/R^2[lx]$ 이다.

구면 위의 조도는 광원의 광도에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. 이와 같이, 어떤 점광원의 어느 방향의 광도 $I(cd)$ 일 때 $R[m]$ 의 거리에 있는 빛의 방향에 수직 면 위의 조도는 $E = I/R^2[lx]$ 이것을 조도의 역자승의 법칙이라 한다.



법선 조도 $E_n = I/R^2$
수평면조도 $E_h = (I/R^2)\cos\theta$
수직면 조도 $E_v = (I/R^2)\sin\theta$

【그림 6.1.4】 법선, 수평면, 수직면 조도

5) 휘도(輝度: Luminance)

광원의 빛나는 정도를 말한다. 광원을 바라 볼 때 세계 빛나 보이게 되는 데, 빛나는 정도를 표시 하는 것을 휘도(L)라 하며, 어떤 방향에의 광도를 그 방향에의 투영면적(어떤 물체에 평행광선을 비추어 그 그림자가 평면위에 비추게 한 면적)으로 나눈 값으로 표시된다.

【표 6.1.5】 광원의 휘도

광 원	휘도[sb]	광 원	휘도[sb]
태양	160,000	양초	0.5
청공	0.4	달의 면	0.3
투명백열전구(100W)	600	네 온(적색)	0.08
눈부심을 느끼는 한계점	0.5	형광램프(40W)	0.35



$L=I/S$ [sb]. 여기서 I는 어느 방향의 광도, S'는 어느 방향의 투영면적. 단위는 1(stilb: sb)=1[cd/cm²], 1(nit: nt)=1[cd/m²], 1[sb]=10,000[nit]로 표시된다. 휘도를 느끼는 것은 눈으로 부터의 거리와는 무관하며 물체를 인식하고 분별하는 것은 이 휘도의 차에 의하고 휘도가 모두 균일하다면 평판으로 보이게 된다.

6) 광속발산도(光束發散度: Luminous Emittance)

어떤 단위면적으로부터 발산되는 광속의 밀도를 광속 발산도(M)라 하고, 물체의 보임이란 어떤 물체로부터 방사된 광속이 우리 눈에 들어오기 때문이며 우리가 물체를 볼 수 있는 것은 그 물체로부터 발산된 광속이 눈에 들어오기 때문이다. 물체의 밝음은 눈의 방향으로 방사되는 광속밀도에 따라 다르게 되며, 단위는 래드룩스[radlux: rlx] 또는 아포스틸브[apostilb: asb]를 사용한다. 단위는 1[rlx]=1[asb]=1[lm/m²]

광속발산도 M은 $M=F/A$ [lm/m²]가 되며 반사면이나 투과면에서 다음과 같이 정의 된다. 여기서, ρ: 반사율, τ: 투과율이다.

$M\rho=\rho(F/A)=\rho E$ [lm/m²], $M\tau=\tau(F/A)=\tau E$ [lm/m²].

7) 완전확산면(完全擴散面: Perfect Diffusion Surface)

어느 방향에서 바라보아도 휘도가 동일한 면을 완전확산면이라 한다. 완전 확산면은 실제로 존재하기 어렵지만 이에 가까운 것으로는 맑은 가을하늘의 청공, 양질의 유백색유리구 등이 이에 가깝다. 완전확산면에서의 휘도 L[cd/m²]과 광속 발산도 M[lm/m²]과의 관계는 $M=\pi L$ 이 된다.

8) 광량(光量: Quantity of Light)

광속을 시간에 대해서 적분한 것으로 단위는 lumen-hour[lm·h]이다. 조명등의 총 광량이라 하면 그 조명등의 전 수명 동안에 방사한 빛의 총량을 말하는 것으로 이는 경제적인 조명설계를 하기 위해 고려되어야 할 사항이다. 광량 $Q=\int_0^t Fdt$ [lm·h]. F는 광속이다.

9) 발광효율(發光效率: Luminous Efficiency)

광원으로부터 발산되는 전방사속 ϕ(W)과 실제 육안으로 느끼는 전 광속 F(lm)와의 비를 발광효율이라 하며 발광효율 ε는 $\epsilon=(F/\phi)$ [lm/W]이다.

10) 전등효율(電燈效率: Lamp Efficiency)

광원에서 나오는 전체에너지는 전도, 대류, 복사 등에 의한

손실을 포함한 전소비전력을 생각해야 하므로 광원으로부터 소비되는 에너지는 광원에서 발산되는 전방사속보다 많게 된다. 이를 감안한 효율을 전등효율(η)이라 하고, $\eta=(F/P)$ [lm/W]가 되므로 전등효율은 발광효율에 비해 적게 되며, 여기서 F는 전 발산광속[lm], P는 광원의 전 소비전력[W]이고 단위는 lm/W(lumen/Watt)이다.

광원으로부터 발생하는 전광속(빛의 양)과 이것을 발생시키기 위해 소비된 램프전력의 비율로써 직관형 형광램프 FL 40W(전광속 3,100lm)의 경우 전등효율은 3,100/40=77.5(lm/W)가 되며, 백열전구 100W(전광속 1,520lm)의 경우 전등효율은 1,520/100=15.2(lm/W)이다. 전등효율(lm/W)이 큰 광원일수록 밝고 경제적인 광원이라고 할 수 있다.

11) 반사율, 투과율, 흡수율

반사율 ρ: 어떤 물체에 입사하는 광속과 그 물체에서 반사되는 광속의 비

투과율 τ: 물체에 입사하는 광속 중에서 그 물체를 투과하는 광속과 의 비

흡수율 a: 물체에 입사하는 광속 중 그물체가 흡수하는 광속의 비 $\rho+\tau+a=1$ 이 된다.

12) 균제도

사무실, 학교, 연속공정의 공장 등에서는 작업용책상과 작업대와 주변의 밝기가 어느 정도 균등하도록 해야 작업자의 눈에 피로도가 적어지게 된다. 밝음과 어두움의 격차가 크지 않도록 하여야 하는데 이 비율이 3:1정도가 적당하다. 사무실, 공장 등에 적용하는 균제도는

- 최소조도/최대조도 ≥ 0.15
- 최소조도/평균조도 ≥ 0.3으로 되며 밝음과 어두움의 차이를 필요로 하는 악센트 조명등의 국부조명부위에는 적용하지 않는다.

6.1.5 조명과 색채(色彩)

1) 색채의 표시

색은 사물 자체의 특성이 아닌 빛의 특성이다. 빛에 대한 사물의 선택적 흡수가 가시 스펙트럼의 일부만을 반사 또는 투과시켜서 색을 느끼게 한다. 물체가 빨강계 보이는 것은 다른 색은 흡수하고 빨간 색만을 반사하기 때문이다. 대체적으로 검은색의 표면은 스펙트럼의 모든 색을 흡수하고 반면에

흰색의 표면은 모든 색을 반사한다. 색을 나타내는 감각적으로 다음의 3가지 속성이 있다.

- 색상(色相) : 붉고, 푸른 느낌
- 명도(明度) : 밝고, 어두운 느낌
- 채도(彩度) : 선명하고, 흐린 느낌

Red, Green, Blue의 세 가지 색깔을 백색 스크린에 투사하면 이들 색깔의 겹침으로 인한 혼합색을 볼 수 있다. 이 혼합은 혼합된 색의 명도는 혼합하려는 색의 명도보다 높아진다. R(적), G(록), B(청)의 3원색을 동시에 혼합하면 백색광이 되며 이러한 가법 혼합의 용도는 스포트라이트, 컬러TV, 기타 조명 등에 사용된다. Blue+Green+Red=White

2) 색온도(色溫度: Color Temperature)

모든 빛은 색을 지니고 있으며 이러한 빛의 색을 구별하기 위하여 고안해 낸 것이 색온도로 온도에 따라 색이 변화하는 것을 표현할 수 있다. 단위는 절대온도 K(켈빈 온도)이고 태양광의 경우 5,000~6,000K로 표시되는데 조명의 색온도가 6,000K에 가까울수록 태양광에 가까운 빛이 된다. 그러나 주광의 색온도는 태양의 위치에 따라 2,400~26,000K까지 변화가 심하다.

【표 6.1.6】 각종 광원의 색온도

광원의 종류	색온도(K)	광원의 색온도	색온도(K)
태양이 뜬 후 30분	2,400 ~2,650	가스 입 전구 60(W)	2,850
태양이 뜬 후 9~15시	5,000 ~6,000	가스 입 전구 100(W)	2,865
맑은 하늘	6,800 ~7,000	가스 입 전구 1,000(W)	2,990
태양이 뜬 정오12시	12,000 ~26,000	사진 전구 250(W)	3,475
흐린 날 하늘 달빛	4,100	형광램프 백색	4,500
촛불(양초, 파라핀)	1,925	형광램프 주광색	6,500

은색백광을 지닌 백열램프는 2,850K, 주광색 형광램프는 6,500K의 색온도를 가지고 있다. 이 개념을 이해하려면 서서히 가열되고 있는 철제 막대를 관찰해 보면 된다. 처음에 막대가 가열되기 시작하면 눈에 보이지 않는 적외선(熱)만을 방출하다가 더 가열되면서 뚜렷하지 않은 빨강색으로 변한다. 막대가 더욱 뜨거워짐에 따라 색깔은 더욱 더 오렌지 빛을 띠게 되고 그 다음에는 노란색으로 그리고 온도가 아주 높아지면 백열이 되어 흰빛이 난다. 물체색은 빛을 받아서 나타내는 색으로 색은 물체에 있는 것이 아니라 빛 속에 있으며 물체에는 색이 없다.

3) 연색성(演色性: Color Rendering)

빛에 있어서 분광특성이 색의 보임에 미치는 효과로 물체를 정확히 볼 수 있는 것을 말하며, 어떤 물체의 색이 조명에 따라 달라져 보이는 것을 광원의 연색성이라고 부른다. 조명이 자연광과 비교하여 색이 다르게 보이는 정도의 기준을 연색평가수(演色評價數: Ra)라 하여 조명 디자인할 때 적용한다. 연색평가수 100은 자연광에 충실한 조명으로 쾌적한 느낌을 주기 때문에 조명계획을 할 때 2종류 이상의 광원을 혼합하여 사용하는 것이 연색성을 좋게 하는 데 효과적이다.

국제조명위원회(CIE)에서 연색성 지표를 규정하였는데 광원들의 스펙트럼 성분을 균분하여 각 광원을 0에서 100까지 등급을 매긴 것이다. 이 지표에 의하면 숫자가 높을수록 자기의 색 온도에서의 연색성이 더욱 더 정확하다. 여러 가지 램프의 연색성을 비교할 경우 색의 온도가 같을 때에만 비교될 수 있다는 것이 중요하다.

【표 6.1.7】 연색성 평가지수

연색성 그룹	연색성평가 지수 Ra	감각 느낌	광원색의 느낌	적용예시
1	Ra ≥ 85	연색성이 좋다	서늘한	인쇄, 도장공장
			중간	상점, 병원
			따뜻한	주택, 호텔, 식당
2	70 ≤ Ra ≤ 85	연색성이 중간	서늘한	사무실, 학교, 백화점 (따뜻한 지역)
			중간	사무실, 학교, 백화점 (온난한 지역)
			따뜻한	사무실, 학교, 백화점 (추운 지방)
3	Ra	연색성이 나쁘다		연색성이 중요하지 않는 주차장, 창고 등
특별	특수한 연색성			special case의 경우

6.1.6 명시론(明視論)

실제적인 조명은 빛의 발생과 빛의 제어 및 빛과 조명이 이루어지는 3가지의 요소라 할 수 있다.

1) 물체의 보임(조명의 4요소)

- ① 밝음 ② 물체의 크기 ③ 대비(對比) ④ 시간과 속도

2) 눈부심(glare)

시야 내의 어떤 휘도(輝度)로 인하여 불쾌, 고통, 눈의 피로나 시력의 일시적인 감퇴를 초래하는 현상. 시야 내를



고르게 밝게 해서 제거할 수 있다. 눈부심을 느끼는 휘도의 한계는 다음과 같다.

- 항상 시야 내에 있는 광원 0.2[cd/cm²] 이하
 - 때때로 시야 내로 들어오는 광원의 경우 0.5[cd/cm²] 이하
형광등의 경우 휘도가 0.35[cd/cm²]로서 가끔 형광램프를 쳐다보면 괜찮으나 계속주시를 하게 되면 눈부심에 의한 시력을 저하시킬 수 있다. 눈부심의 원인은 다음과 같다.
- ① 시선부근에 노출된 고휘도 광원 ② 반사면 및 투과면
 - ③ 눈에 입사되는 과도한 광속 ④ 순응의 결핍
 - ⑤ 보려는 물체와 그 주위의 고휘도 대비
 - ⑥ 눈부심을 일으키는 광원을 오랫동안 주시할 때 등이다.

3) 밝음의 분포

시야(視野) 내의 밝음이 고를수록 시력이 좋아지고 전시야(全視野)가 거의 같은 광속발산도일 때 최고로 예민한 시각이 얻어진다. 미국의 Logan은 자연계의 조명환경을 측정 한 결과, 광속발산도의 비가 10:1을 초과하지 않으며, 인공조명의 대표적 설비에서의 광속발산도의 비가 100~1000:1로써 매우 높음을 발견하였는데 이것이 인공조명에서의 시각 피로의 주원인임을 알게 되었다. 편한 시각의 평가는 다음과 같다.

- ① 시력 : 작은 물체를 식별할 수 있는 시력은 조도가 증가할수록 시력 또한 증가 한다.
- ② 대비감도 : 휘도의 차이를 분별할 수 있는 능력인 대비감도는 조도가 증가함에 따라 대비감도도 증가 한다.
- ③ 긴장(frequency of blinking) ④ 눈을 깜박거리는 도수
- ⑤ 심장고동(heart rate) ⑥ 안구근육의 수축

4) 조도수준

밝음을 증가시켜 즉 조도를 높임으로 눈의 거의 모든 동작을 증진시키게 되어 다른 조건이 불리하더라도 조도를 높임으로서 쾌적하고 물체를 정확히 볼 수 있는 조건을 만족시킬 수가 있는 것이다. 문자의 크기, 대비, 읽기 쉬운 정도로부터 적정 조도를 구하면 일반 독서의 경우는 500lx이상, 대비가 약하고 세밀한 작업 하에서는 1,000~2,000lx, 심리적으로 정밀한 작업에서는 30,000lx정도의 조도가 필요하다.

6.2 광원(光源: Light Source)

6.2.1 개요

정상시력을 가진 사람은 빛을 적, 등황, 황, 녹, 청, 자(紫)색

으로 나누는데 이를 인공적으로 만든 것이 광원이다. 빛 에너지를 이용하는 것으로는 블랙라이트(black light), 적외선 등이 있는데 블랙라이트는 3,600Å 전후의 자외선이 물질에 투시될 때 발생하는 형광을 이용하는 것으로 무대조명에 쓰이며 적외선 등은 열에너지를 이용하는 것으로 가시광선 보다 파장이 긴 8,000~10,000Å을 이용한 것이다.

광원은 주광과 인공광원으로 분류하고, 발광원리에 따라 크게 고온의 물체로부터 광이 나오는 온도방사와 그 이외의 루미네선스(luminescence)로 나뉘며 전구에서는 온도가 올라가면 갈수록 발광효율은 증가하나 필라멘트의 증발이 심해져서 수명이 짧아진다.

1) 주광

태양광을 말하며 낮과 밤, 날씨, 계절의 영향을 받지만 가장 경제적이고 향후 인공조명과 조화를 이루어야 할 필수적인 광원이며 인간이 가장 오랜 세월을 순응해온 광원 중에서 가장 자연스러움을 느끼는 광원이다. 주광의 방사에너지는 290~35,000nm의 범위를 가지며 그중 자외선이 5%, 적외선이 45%, 빛으로 사용하는 광선이 50%가 된다.

2) 인공광원

자연광	열방사	연소발광	섬광전구 백열전구	
		백열발광	할로겐전구 크립톤램프	
	전기 루미네선스 electric luminescence	초고압 방전램프	초고압 수은램프 수은램프 형광수은램프	
		고압 방전램프	안정기내장 황수은램프 메탈할라이드램프 고압나트륨램프 크세논램프	
			저압 방전램프	형광램프 저압나트륨램프 네온램프
				전계 루미네선스 electro luminescence
			레이저발광	→

다음호에 계속 ▶▶