

CHƯƠNG I : CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

I/ Ánh sáng và các đặc tính vật lý và sinh học

1.1. Bức xạ, ánh sáng và màu sắc

Bảng 1.1 phân loại các sóng điện từ

Từ 3000m đến 10m	Sóng radio
Từ 10m đến 0,5m	Sóng TV,FM
Từ 500mm đến 1mm	Sóng rada
Từ 1000 μ m đến 0,78 μ m	Tia hồng ngoại
Từ 780nm đến 380nm	Ánh sáng
Từ 380nm đến 10nm	Tia cực tím
Từ 100 A · đến 0,01 A ·	Tia X
Từ 0,01 A · đến 0,001 A ·	Tia γ , tia vũ trụ

(1 μ m=10 $\downarrow^6$ m; 1nm = 10 $\downarrow^9$ m ; 1A ·=10 $\downarrow^{10}$ m)

Bảng 1.2 phân loại cảm giác màu sắc của ánh sáng theo bước sóng (theo CIE - ủy ban quốc tế về chiếu sáng).

λ , nm	380 439 498 568 592 631 780							
Màu	Cực tím	Tím	Lam	Lục	Vàng	Cam	Đỏ	Hồng ngoại
$\lambda_{\max}$, nm	tím	412	470	515	577	600	673	ngoài

Các khái niệm thường dùng trong mô tả ánh sáng :

- Ánh sáng chỉ gồm có một bước sóng gọi là ánh sáng đơn sắc , nó chỉ có một màu thuần khiết.
- Nếu ánh sáng là một tập hợp pha trộn liên tục của tất cả các bước sóng (trong phạm vi 780 - 380 nm) với liều lượng khác nhau chúng ta sẽ có một phổ ánh sáng liên tục. Sự pha trộn của tất cả các màu sắc tự nhiên tạo nên một ánh sáng không màu hay còn gọi là **ánh sáng trắng**.

1.2. Mắt người và sự cảm thụ ánh sáng , màu sắc

Mắt người là một cơ quan cảm thụ ánh sáng có khả năng chuyển đổi không tuyến tính và thay đổi theo thời gian các kích thích quang học thành các tín hiệu điện để truyền lên não và tạo nên ở đó một hiện tượng gọi là " SỰ NHÌN ".

Đặc biệt quan trọng là trên võng mạc có một điểm nhỏ nằm cạnh trục nhìn, có đường kính khoảng 1 mm (tương đương góc nhìn 2⁰)

gọi là điểm vàng. Giữa điểm vàng có một hố trung tâm, kích thước tương ứng với góc nhìn 1^0 (đủ nhìn ngôi nhà năm tầng cao 15m ở xa 1 km). Tại đây các tế bào cảm quang phân bố rất dày đặc, vì vậy hình ảnh nếu rơi vào vùng này sẽ rõ nét nhất.

Màu sắc và sự cảm nhận màu

Ngoài việc cảm nhận được hình dạng của vật, mắt người còn có khả năng cảm thụ được màu sắc của sự vật thông qua các kích thích vào các tế bào thần kinh thị giác phù hợp.

Bằng thực nghiệm người ta nhận thấy là trong mắt người có ba loại tế bào nhạy cảm với ba màu cơ bản : **ĐỎ, LỤC, LAM**. Phản ứng của ba loại tế bào này đối với ánh sáng làm cho ta có cảm giác về màu của ánh sáng đó. Ngoài ra người ta còn phát hiện ra loại tế bào thứ tư là loại nhạy cảm với cả ba màu, đó là cảm giác về độ chói.

Khi phản ứng của ba tế bào là như nhau ta có cảm giác màu *Vô sắc*, khi phản ứng không đều nhau ta có màu *Có sắc*.

II/ Các đại lượng & đơn vị đo ánh sáng

Trong phần này chỉ trình bày những đại lượng cơ bản thường dùng nhất trong kỹ thuật chiếu sáng cùng các khái niệm liên quan đến chúng.

2.1. Quang thông F, lumen (lm)

Các thực nghiệm về ánh sáng cho thấy, cùng một giá trị năng lượng nhưng bức xạ dưới các bước sóng khác nhau lại không gây hiệu quả giống nhau trong mắt chúng ta. Vì vậy cần hiệu chỉnh đơn vị đo năng lượng này theo độ nhạy cảm phổ của mắt người. Đơn vị mới này được gọi là quang thông, ký hiệu là F, được biểu diễn như sau :

$$F = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} kW_{\lambda}v_{\lambda}d\lambda$$

Trong đó : W_{λ} - phân bố phổ của năng lượng bức xạ; v_{λ} - hàm số độ nhạy cảm tương đối; k - hệ số chuyển đổi đơn vị; $v_1 = 380 \text{ nm}$; $v_2 = 780 \text{ nm}$.

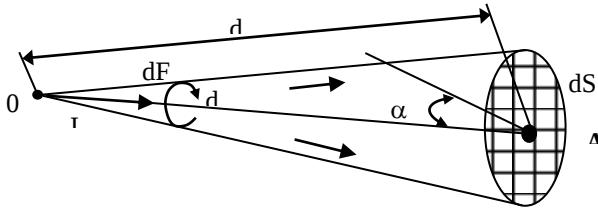
Như vậy quang thông là đơn vị đặc trưng cho công suất của một nguồn sáng. Nếu năng lượng bức xạ đo bằng Watt, quang thông bằng lumen, thì theo thực nghiệm $k = 683 \text{ lm/W}$.

2.2. Cường độ sáng I , Candela (cd)

Giả thiết một nguồn sáng O bức xạ một lượng quang thông dF tới một điểm A là tâm của một diện tích dS . Gọi $d\Omega$ là góc khối nhìn diện tích dS từ O . Chúng ta định nghĩa Cường độ sáng I là :

$$I_{OA} = \lim_{d\Omega \rightarrow 0} \frac{dF}{d\Omega}$$

Với : $d\Omega$ - là góc khối không gian tâm O , nhìn diện tích dS trên mặt phẳng làm việc. Góc khối được định nghĩa là một góc không gian có giá trị bằng tỷ số của diện tích hình cầu tâm O và bình phương bán kính hình cầu đó (hình cầu chứa diện tích dS).



Hình 1.1. Biểu diễn hình học của cường độ sáng

Cường độ sáng luôn gắn liền với một hướng đã cho, được biểu diễn bằng một vectơ mà môđun của nó được đo bằng candela (viết tắt là cd). Nói cách khác, cường độ sáng là mật độ không gian của quang thông do nguồn bức xạ.

Một trong những số liệu quan trọng nhất của một loại bóng đèn là "biểu đồ cường độ sáng" của nó, được lập bởi các giá trị của cường độ sáng theo tất cả các hướng không gian, tính từ điểm gốc là tâm quang học của nguồn. Đó là một đường cong vẽ trên nửa mặt phẳng theo tọa độ cực, trong đó cho các giá trị cường độ sáng I theo các góc γ lập với trục của mặt tròn xoay.

Chú ý rằng trong số tra cứu các loại đèn , các biểu đồ cường độ sáng được vẽ cho quang thông quy về 1000 lm (quy chuẩn).

2.3. Độ rọi E , Lux (lx)

Theo định nghĩa độ rọi là mật độ quang thông trên bề mặt được chiếu sáng (có nghĩa là lượng quang thông do nguồn sáng cung cấp cho một diện tích bề mặt được chiếu sáng). Độ rọi E được xác định theo công thức như sau :

$$E = \frac{F}{S}$$

Đơn vị độ rọi là lux (lx) , 1 lux = 1 lm/m²

Kết quả tính toán trên là *độ rọi trung bình* của bề mặt S.

Mặt khác, khi chúng ta lấy một điểm M trên bề mặt S đó. Quang thông bức xạ theo hướng tới điểm M (khi góc khối giảm dần đến không) cũng chính là cường độ sáng trên hướng này. Vậy cường độ này cho ta *độ rọi điểm* tại M (đo bằng lux). Tóm lại, mỗi một điểm M của bề mặt tồn tại một độ rọi điểm ứng với cường độ sáng tới điểm đó. Trị số trung bình của độ rọi tất cả các điểm trên bề mặt S chính là độ rọi trung bình của bề mặt này.

Chúng ta có quan hệ giữa độ rọi và cường độ sáng theo công thức sau :

$$E = I \cdot \cos\alpha / r^2$$

Với :

I – cường độ sáng theo phương hướng vào điểm M.

R – khoảng cách từ nguồn đến điểm được chiếu sáng.

α - là góc giữa pháp tuyến của mặt phẳng S và cường độ sáng

I.

2.4. Độ chói L, cd/m²

Như chúng ta biết, mắt chúng ta phân biệt được một vật khi mà ánh sáng từ môi trường chiếu đến vật đó và phản xạ vào mắt chúng ta. Người ta định nghĩa độ chói L của một bề mặt phát sáng dS theo một hướng khảo sát là tỷ số giữa cường độ sáng I_α theo hướng đó và diện tích hình bao nhìn thấy dS từ đó.

$$L_{\alpha} = \frac{I_{\alpha}}{dS \cdot \cos \alpha}$$

và suy ra độ chói theo hướng vuông góc : $L_{\perp} = \frac{I_{\perp}}{dS}$

Đơn vị độ chói là cd/m^2 .

Chú ý :

- Độ chói của một bề mặt bức xạ luôn phụ thuộc hướng quan sát bề mặt đó.
- Độ chói của một mặt bức xạ không phụ thuộc khoảng cách từ mặt đó đến điểm quan sát.

Như vậy có thể nói nhờ vào độ chói của một vật mà chúng ta mới có khả năng nhìn thấy vật đó. Khái niệm này sẽ dẫn đến một số những khái niệm mới như :

i/ Hệ số phản xạ ánh sáng, ký hiệu là ρ .

ii/ Hệ số hấp thụ ánh sáng, ký hiệu là α .

iii/ Hệ số xuyên sáng, ký hiệu là τ .

Các hệ số này thay đổi theo đặc tính quang học của bề mặt phản chiếu ánh sáng, chúng phụ thuộc vào vật liệu của bề mặt. Ví dụ như :

Bột màu trắng	$\rho = 0.8$
Gương soi	$\rho = 0.85$
Thạch cao trắng	$\rho = 0.9$
Lớp mạ bạc	$\rho = 0.93$
Kính trong suốt	$\tau = 0.8 \div 0.9$

Một bề mặt được gọi là phản xạ (hoặc xuyên sáng) khuếch tán hoàn toàn, khi được chiếu sáng sẽ cho độ chói quan sát với bất kỳ hướng nào đều như nhau. Thường là như vật liệu có bề mặt nhám mịn, như giấy trắng, bột màu và các bề mặt thạch cao trong xây dựng. Khi đó cường độ sáng của chúng phân bố theo qui luật cosin:

$$I_{\alpha} = I_{vg} \cdot \cos \alpha$$

Trong đó :

I_{α} - cường độ sáng theo phương α

I_{vg} - cường độ sáng theo hướng vuông góc với bề mặt.

Đối với những bề mặt khuếch tán hoàn toàn, chúng ta có định luật **Lambert** như sau :

$$L.\pi = \rho.E$$

Hay

$$L.\pi = \tau.E$$

III/ Một số vấn đề về sự cảm thụ ánh sáng của mắt người và tiện nghi của môi trường sáng.

3.1. Một số đặc điểm sinh lý của sự nhìn

Khả năng phân biệt của mắt người:

Xác định bằng góc (đo bằng phút) mà người quan sát có thể phân biệt được hai điểm hay hai vạch đặt gần nhau. Tối thiểu góc phân biệt phải từ một phút trở lên thì sự nhìn mới bình thường. Để đọc sách cần góc phân biệt lớn hơn từ 3 đến 5 phút. Khả năng phân biệt được xem xét khi xác định tiêu chuẩn độ rọi cho các công việc khác nhau.

Độ tương phản C :

Sự tương phản là sự phân biệt được các vật có độ chói khác nhau. CIE định nghĩa độ tương phản C như sau :

$$C = \frac{L_v - L_n}{L_n} = \frac{\Delta L}{L_n}$$

trong đó L_v và L_n - tương ứng là độ chói của vật cần nhìn và của nền trên đó đặt vật .

C có thể dương (độ tương phản của vật sáng trên nền tối) hoặc âm (độ tương phản của vật tối trên nền sáng). Độ tương phản C thay đổi từ 0 đến 1.

3.2. Sự chói lóa

Người ta phân biệt hai kiểu chói lóa.

- Chói lóa nhiều : là sự chói lóa làm giảm khả năng nhìn do làm tăng ngưỡng độ chói tương phản. Ví dụ : khi đặt cạnh bề mặt cần nhìn gồm (nền và vật) một ngọn đèn, ngọn đèn làm tăng thêm ngưỡng tương phản giữa vật và nền.
- Chói lóa mất tiện nghi : xảy ra khi có một vật có độ chói cao nằm trong trường nhìn của mắt.

Để tránh chói lóa mất tiện nghi phải bố trí độ cao đèn hợp lý, sử dụng các loại đèn có chụp chắn sáng phù hợp.

3.3. Độ rọi yêu cầu $E_{yc} \cdot lx$

Đó là độ rọi trung bình trên mặt phẳng làm việc (thường nằm ngang), cần thiết để tiến hành tốt nhất công việc. Cũng cần chú ý rằng , trong chiếu sáng , việc lựa chọn độ rọi quá cao chưa chắc đã là một giải pháp chiếu sáng tốt nhất.

Độ rọi yêu cầu được xác định bằng thực nghiệm và lập thành Tiêu chuẩn. Sau đây là **bảng 1.1** - độ rọi yêu cầu trung bình do AFE đưa ra :

Loại chiếu sáng	Độ rọi E_{yc} , lx	Tính chất công việc
Chiếu sáng chung, nơi hoạt động gián đoạn hay không cần phân biệt chi tiết	20	Tối thiểu cho lối đi bên ngoài
	30	Sân và kho
	50	Bãi xe, lối đi
	100	Bốc dỡ hàng hóa, bến xe
	150	Hành lang, cầu thang, cửa hàng
Chiếu sáng chung, nơi làm việc liên tục	200	Tối thiểu khi nhìn chi tiết
	300	Dùng đọc và viết
	500	Văn phòng, in ấn, đánh máy
	750	Phòng máy tính, phòng vẽ
	1000	Cơ khí chính xác, chạm khắc, vẽ chi tiết
Chung hoặc cục bộ	1500	Cơ khí chính xác, lắp ráp linh kiện vi điện tử.

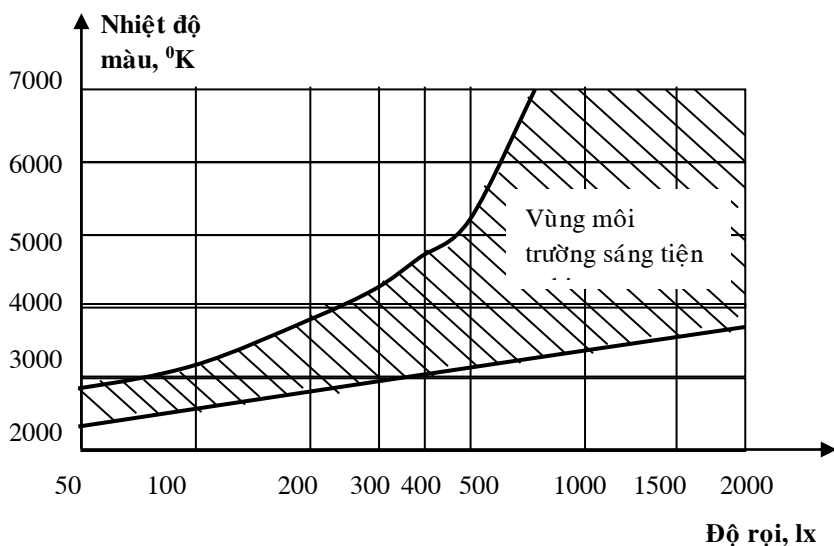
3.4. Nhiệt độ màu và tiện nghi môi trường sáng

Phổ ánh sáng trắng của nguồn sáng sẽ phụ thuộc vào nhiệt độ màu của nó mà người ta hay gọi là gam màu. Chẳng hạn như gam màu lạnh (cool light), màu nóng (warm light), màu ban ngày (day light) ...vv. Như vậy để đánh giá chính xác hơn các loại ánh sáng trắng, người ta dùng "nhiệt độ màu", ký hiệu là T_m , đơn vị là độ Kelvin ($^{\circ}K$) :

- 2500 - 3000 $^{\circ}K$: ánh sáng "nóng", khi mặt trời lặn (giàu bức xạ đỏ), thường là các loại đèn nung sáng, huỳnh quang, đèn cao áp Halogen và đèn compact loại mới.
- 4500 - 5000 $^{\circ}K$: ánh sáng ban ngày, thường là đèn huỳnh quang và đèn compact loại mới.
- 6000 - 8000 $^{\circ}K$: ánh sáng "lạnh", các loại đèn cao áp thủy ngân và đèn huỳnh quang phổ biến hiện nay.

Qua thực nghiệm cho thấy nhiệt độ màu - gam màu ảnh hưởng rất nhiều đến chất lượng và hiệu quả của chiếu sáng. Nó ảnh hưởng đến tất cả các cảm giác hấp thụ ánh sáng của mắt người. Việc lựa chọn gam của nguồn sáng màu phù hợp với độ rọi yêu cầu giúp con người cảm thấy thoải mái trong hoạt động.

Nhiệt độ màu của nguồn sáng tỉ lệ với độ rọi yêu cầu theo biểu đồ dưới đây.



Hình 1.2. Biểu đồ Kruihof

3.5. Chỉ số hoàn màu, IRC

Chất lượng của ánh sáng thể hiện ở chất lượng nhìn màu, nghĩa là khả năng phân biệt chính xác các màu sắc trong ánh sáng đó.

Để đánh giá độ trung thực về màu sắc trong môi trường chiếu sáng, người ta dùng *chỉ số hoàn màu*, ký hiệu là IRC. Chỉ số hoàn màu thay đổi từ 0 đối với ánh sáng đơn sắc, đến 100 đối với ánh sáng trắng.

Chỉ số hoàn màu càng cao thì chất lượng ánh sáng được xem là càng tốt. Trong kỹ thuật chiếu sáng người ta chia chất lượng ánh sáng theo ba mức độ như sau :

- IRC = 66 : Chất lượng kém, dùng những nơi không yêu cầu cao về sự phân biệt màu sắc.

- $IRC \geq 85$: Chất lượng trung bình.
- $IRC \geq 95$: Chất lượng ánh sáng cao, dùng cho các công việc đặc biệt.

Như vậy tóm lại : tiện nghi của môi trường sáng phải thoả mãn một cách hòa hợp những yếu tố như : độ rọi yêu cầu trung bình, nhiệt độ màu và chỉ số hoàn màu của nguồn sáng, giới hạn góc chói, ...vv. Muốn vậy trước khi đề cập đến vấn đề thiết kế chiếu sáng phải khảo sát các yếu tố vật lý, sinh lý có ảnh hưởng đến hoạt động của con người trong môi trường sử dụng ánh sáng đó. Đây chính là yêu cầu đầu tiên và quan trọng nhất trong thiết kế chiếu sáng.

Bài tập áp dụng

Cho một nguồn sáng điểm (quang thông phát đều ra theo mọi phương) là một bóng đèn tròn 100W/220V với $F = 1500 \text{ lm}$. Đèn treo tại độ cao 1.5m so với mặt bàn.

a/ Xác định góc khối Ω của nguồn sáng ra không gian.

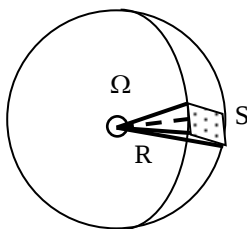
b/ Xác định độ rọi tại điểm A trên bàn, thẳng đường với trục treo đèn, và điểm B cách A một đoạn 0.5m.

c/ Tại điểm B đặt một tờ giấy trắng có $\rho = 0.7$. Hãy xác định độ chói của tờ giấy.

d/ Đặt bóng đèn vào một quả cầu thủy tinh mờ có đường kính 0.3m và hệ số xuyên sáng $\tau = 0.8$. Hãy xác định độ chói của quả cầu thủy tinh.

Bài giải

a/ Tính góc khối không gian do đèn sinh ra.



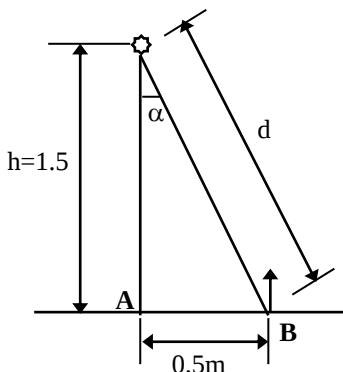
Theo công thức tính góc khối ta có :

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

Vì đèn bóng tròn tỏa ánh sáng theo mọi phương trong không gian nên góc khối do nó sinh ra là hình cầu, từ đó tính được :

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi.R^2}{R^2} = 4\pi$$

b/



Cường độ sáng của bóng đèn :

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{1500}{4\pi} = 119.5cd$$

Độ rọi tại điểm A.

$$E_A = \frac{I \cdot \cos \alpha}{h^2} = \frac{119.4}{1.5^2} = 53lx$$

Độ rọi tại điểm B

$$d^2 = OA^2 + AB^2 = 2.5$$

$$\cos \alpha = OA/d = 0.948$$

$$E_B = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} = \frac{119.4 \cdot 0.948}{2.5} = 45.27lx$$

c/ Độ chói của tờ giấy (mặt phản xạ khuếch tán hoàn toàn) được xác định theo công thức Lambert như sau :

$$L_g \cdot \pi = \rho \cdot E$$

$$L_g = \rho \cdot E_B / \pi = 0,7 \cdot 45.27 / \pi = 10.1 \text{ cd/m}^2$$

d/ Vì quả cầu có hệ số xuyên sáng là $\tau = 0.8$, có nghĩa là cường độ sáng của bóng đèn sau khi qua quả cầu giảm đi 0.8 lần. Cường độ sáng này được xem như là được phát từ quả cầu tâm O và đường kính 0.3m. Như vậy ta có độ chói tại quả cầu :

$$L_C = \frac{I_C}{S_C} = \frac{0,8.119,4}{\pi \cdot 0.15^2} = 1352 \text{ cd/m}^2$$

CHƯƠNG II : NGUỒN SÁNG NHÂN TẠO

I/ Phân loại các nguồn sáng và kiểu chiếu sáng

Ánh sáng cung cấp cho chúng ta là từ mặt trời và các loại đèn chiếu sáng khác nhau. Nếu nguồn sáng sử dụng cho chiếu sáng là mặt trời thì ta có khái niệm chiếu sáng tự nhiên, ngược lại nếu nguồn sáng là nhờ các loại đèn thì gọi là chiếu sáng nhân tạo. Chiếu sáng tự nhiên có những đặc điểm là phụ thuộc vào thời tiết, độ rọi cao nhưng lại thay đổi theo từng thời điểm trong ngày, không tiện nghi do sự chói lóa của các tia nắng mặt trời. Trong giới hạn của môn này chúng ta không xét đến ảnh hưởng của chiếu sáng tự nhiên.

Chiếu sáng nhân tạo hoàn toàn do ý muốn và có ảnh hưởng chính đến hoạt động chiếu sáng của con người. Nhờ các đèn chiếu sáng được lựa chọn phù hợp, phân bố trong không gian hợp lý, chiếu sáng nhân tạo hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu ánh sáng làm việc một cách ổn định, tiện nghi và hòa hợp với sở thích thẩm mỹ của chúng ta. Đến nay việc phát minh ra đèn chiếu sáng có ý nghĩa rất quan trọng với nền văn minh của nhân loại.

Theo mục đích sử dụng chiếu sáng có thể được chia thành các dạng chiếu sáng như sau :

- Chiếu sáng chung - Chiếu sáng toàn bộ diện tích hoặc một phần diện tích bằng cách phân bố ánh sáng đồng đều khắp phòng (dùng chiếu sáng chung đồng đều).
- Chiếu sáng cục bộ - Chỉ chiếu sáng các bề mặt làm việc, dùng đèn đặt cố định hay di động.
- Chiếu sáng hỗn hợp - Bao gồm chiếu sáng chung và chiếu sáng cục bộ kết hợp. Thường dùng ở những nơi có nhu cầu chiếu sáng đặc biệt, VD : xưởng cơ khí chính xác, xưởng lắp ráp điện tử và các thiết bị tinh vi khác.
- Ngoài ra có thể kể thêm chiếu sáng sự cố - Mục đích của chiếu sáng sự cố là để tiếp tục các chế độ sinh hoạt , làm việc khi có một nguyên nhân nào đó sự chiếu sáng làm việc bị gián đoạn , gây mất bình thường trong công tác , sinh hoạt , thậm chí có thể gây ra sự cố nguy hiểm , không an toàn ...

Theo sự phân bố ánh sáng của đèn trong không gian người ta có thể chia thành 5 kiểu chiếu sáng như sau : trực tiếp, nửa trực tiếp, nửa gián tiếp, gián tiếp, và hỗn hợp.

II – Các loại đèn chiếu sáng.

Cho đến nay có ba loại bóng đèn chính, được sử dụng rộng rãi nhất đó là bóng đèn nung sáng, bóng đèn phóng điện và bóng đèn huỳnh quang. Đèn chiếu sáng gồm hai bộ phận bóng đèn và chóa đèn (vỏ đèn). Bóng đèn là nguồn phát sáng còn chóa đèn để phân bố lượng ánh sáng đó ra không gian sử dụng theo đặc điểm sử dụng và trang trí cho đèn.

Người ta dùng các chỉ tiêu sau đây để đánh giá các loại bóng đèn và ánh sáng do chúng phát ra :

- *Hiệu suất sáng*, đo bằng tỷ số giữa quang thông do đèn phát ra và công suất điện tiêu thụ, đơn vị là (lm/W). Hiệu suất của đèn sáng càng cao, càng có lợi.
- *Nhiệt độ màu T_m* , đơn vị ($^{\circ}\text{K}$) dùng để đánh giá mức độ tiện nghi của môi trường sáng . Nhiệt độ màu càng cao, môi trường sáng càng "lạnh ", nhiệt độ màu thấp _ môi trường sáng là "nóng". Nhiệt độ màu thay đổi từ khoảng 2000 $^{\circ}\text{K}$ đến 7000 $^{\circ}\text{K}$.
- *Chỉ số hoàn màu IRC*, cho biết chất lượng ánh sáng đánh giá theo sự cảm thụ chính xác các màu sắc trong môi trường sáng.
- *Tuổi thọ của bóng đèn*, phụ thuộc vào từng loại bóng, số lần bật tắt, và chất lượng nguồn điện cung cấp. Tuổi thọ bóng đèn thường đạt được từ 1000 giờ (đèn nung sáng) đến 10000 giờ (một số đèn phóng điện).

Để đánh giá chóa đèn, người ta phân biệt các cách phân bố ánh sáng ra môi trường sáng như sau :

- Đèn chiếu trực tiếp hẹp (đèn chiếu tập trung) - cường độ sáng của đèn đạt trị số cực đại trong góc giới hạn $0^{\circ} \div 40^{\circ}$, và hầu như toàn bộ quang thông do đèn phát ra tập trung trong vùng này.
- Loại đèn phân bố ánh sáng theo dạng cosinus - cường độ sáng của đèn phân bố gần như đường kinh tuyến.
- Loại đèn phân bố sáng đồng đều - cường độ sáng của đèn đều nhau theo mọi phương.

- Loại đèn phân bố ánh sáng rộng (tán quang rộng) - cường độ sáng đạt cực đại trong khoảng $50^0 \div 90^0$.
- Hiệu suất phát sáng của đèn.
- Ngoài ra người ta còn phân biệt các loại đèn theo đặc tính chống lóa mắt, kiểu gia công (kín hay hở), đèn chống ẩm, chống nổ, ...vv.

2.1 Đèn nung sáng (Incandescent lamp)

Nguyên lý hoạt động

Bóng đèn nung sáng có cấu tạo rất đơn giản và quen thuộc với chúng ta, gồm bóng đèn thủy tinh chứa một dây tóc kim loại phát sáng khi cho dòng điện chạy qua. Bóng đèn này thường được bơm khí trơ (azot, argon,...) ở áp suất thấp để làm tăng tuổi thọ cho dây tóc.

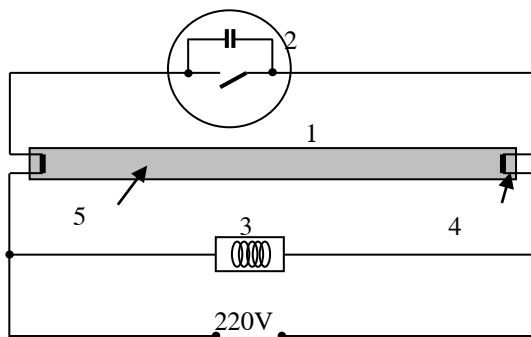
Đặc tính kỹ thuật

- Hiệu suất phát sáng thấp, khoảng 8 đến 20lm/W.
- Tuổi thọ khoảng 1000h.
- Nhiệt độ màu $2500^{\circ}\text{K} \div 3000^{\circ}\text{K}$, quang thông đèn thay đổi theo điện áp nguồn cung cấp.
- Chỉ số IRC là 100.

2.2. Đèn huỳnh quang (Fluorescent lamp)

Nguyên lý hoạt động.

Xem sơ đồ hoạt động của đèn. Đèn huỳnh quang hoạt động theo nguyên lý của đèn phóng điện.



Hình 2.1. Sơ đồ bóng đèn huỳnh quang

- | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------|
| 1 - Vỏ bóng đèn | 2 – Starter | 3 - Ballast |
| 4 - Tim đèn | 5 - Hơi argon trộn thủy ngân. | |

Đặc tính kỹ thuật

- Hiệu suất sáng cao, $40 \div 105 \text{ lm/W}$.
- Nhiệt độ màu có thể thay đổi trong một khoảng tương đối rộng, $2800^{\circ}\text{K} \div 6500^{\circ}\text{K}$.
- Chỉ số hoàn màu IRC $55 \div 92$.
- Tuổi thọ $7000\text{h} \div 10000\text{h}$ tùy theo chủng loại.

2.3. Đèn phóng điện

Là các loại đèn dùng nguyên lý phóng điện trong chất khí, gần giống nguyên lý của đèn huỳnh quang, hiện nay phổ biến trong chiếu sáng gồm các loại sau : đèn Thủy ngân cao áp (High pressure mercury-vapour lamp), đèn Natri cao áp (High pressure sodium-vapour lamp), và đèn Natri thấp áp (Low pressure sodium-vapour lamp).

Nguyên tắc hoạt động chung

Gồm một ống thủy tinh ở áp suất thấp trong đó có đặt hai điện cực và hơi kim kim loại. Khi đặt một điện thế cao giữa hai cực của bóng đèn thì lớp khí sẽ bắt đầu bị ion hóa và phóng ra dòng điện hồ quang, ánh sáng mạnh và nằm ở dải đơn sắc (thường ở vùng cực tím). Nhờ vào hơi Thủy ngân hoặc Natri mà ánh sáng sẽ được phát ra ở vùng thấy được. Muốn đèn phóng điện hoạt động được cũng cần phải có chấn lưu và stacte.

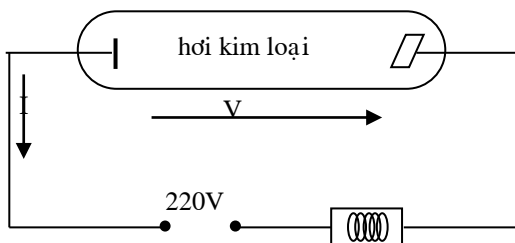
Đặc tính kỹ thuật của đèn hơi thủy ngân cao áp.

- Hiệu suất sáng : $34 \div 92 \text{ lm/W}$
- Nhiệt độ màu : $3000 \div 4500^{\circ}\text{K}$
- Chỉ số hoàn màu IRC: $40 \div 60$
- Tuổi thọ : khoảng 6000 h

Đặc tính kỹ thuật của đèn Natri cao áp (tại nhiệt độ cao phát ra ánh sáng trắng).

- Hiệu suất sáng : $70 \div 130 \text{ lm/W}$
- Nhiệt độ màu : $2000 \div 2500^{\circ}\text{K}$
- Chỉ số hoàn màu IRC: $20 \div 80$

Tuổi thọ : khoảng 10000 h



Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý của bóng đèn phóng điện

Đối với đèn Natri thấp áp, thường cho ra ánh sáng vàng-cam

- Hiệu suất sáng rất cao: $100 \div 200 \text{ lm/W}$
- Nhiệt độ màu : $2000 \div 2500 ^\circ\text{K}$
- Chỉ số hoàn màu $\text{IRC} = 0$, do ánh sáng phát ra là loại đơn sắc vàng-cam.
- Tuổi thọ : khoảng 8000 h

Như vậy ta thấy các loại đèn phóng điện có hiệu suất phát sáng rất cao, tiết kiệm năng lượng cao, hệ số công suất cao cũng hơn so với đèn huỳnh quang, thích hợp với chiếu sáng công cộng. Tuy nhiên nó cũng có nhược điểm là nguyên tắc hoạt động phức tạp, chi phí đầu tư đắt, chỉ số hoàn màu thấp và nhiệt độ phát nóng cao nên chỉ thích hợp cho chiếu sáng không dùng cho các công việc chính xác như chiếu sáng công cộng hay công xưởng (với độ cao treo đèn đủ lớn).

2.4. Các loại đèn khác

Hiện nay người ta đã phát triển những loại bóng đèn mới nhằm cải tiến chất lượng chiếu sáng. Chúng ta chỉ xem tiêu biểu ha đèn sau.

Bóng đèn Halogen

Đó là bóng đèn nung sáng chứa hơi halogen, cho phép nâng cao nhiệt độ nung sáng của dây tóc, nhờ đó nâng cao chất lượng ánh sáng mà giảm được sự bốc hơi của dây tóc tungstene làm đen dần bóng đèn. Bóng đèn Halogen có những ưu điểm so với đèn nung sáng bình thường là :

- Công suất như nhau nhưng hiệu suất sáng cao hơn, khoảng gấp đôi.
- Ánh sáng trắng hơn, nhiệt độ màu đạt $2900 ^\circ\text{K}$, chỉ số IRC cao, đạt đến 100 .
- Tuổi thọ tăng lên hai lần, đạt được 2000 - 2500 giờ.

- Kích thước nhỏ hơn, kiểu dáng cũng đẹp hơn.
- Có thể sử dụng mức điện áp khác nhỏ hơn (12V), hay dùng điện một chiều mà vẫn giữ được công suất phát sáng phù hợp.

Đèn nung sáng Halogen thích hợp cho chiếu sáng trang trí, chiếu sáng các phòng trưng bày, khán phòng, nhà hàng,...vv.

Bóng đèn compact (đèn tiết kiệm năng lượng)

Là một dạng mới của bóng đèn huỳnh quang. Nó có nguyên tắc hoạt động và tuổi thọ tương đương đèn huỳnh quang nhưng cấu trúc và hình dạng đơn giản như đèn nung sáng. Nhờ vào chuỗi đèn được chế tạo đặc biệt thay thế cho ballast điện tử tích hợp chung với bóng đèn nên nó có khả năng dùng các đuôi đèn như bóng nung sáng. Với các đặc điểm sau đây :

- Chất lượng ánh sáng cao với nhiệt độ màu đạt từ 2700 °K đến 4000 °K và chỉ số IRC khoảng 85.
- Công suất tiêu thụ thấp hơn đèn nung sáng bốn đến năm lần và nhỏ hơn so với đèn huỳnh quang thường mà vẫn đạt được quang thông tương đương.
- Hiệu suất phát sáng lên đến 85 lm/W .
- Tuổi thọ khoảng 8000 giờ .
- Khả năng sinh nhiệt thấp, ít hơn đèn nung sáng bốn lần .
- Kích thước bóng đèn nhỏ, gọn, dễ dàng lắp đặt và bảo trì.
- Hình dáng đẹp : kiểu tròn đường kính 7 - 12 cm hoặc kiểu ống dài từ 12 - 20 cm (công suất đến 26 W) hoặc đến 50 cm (công suất đến 55W).

Hiện nay đèn compact trên thị trường được gọi là đèn tiết kiệm năng lượng vì khả năng phát sáng với công suất đèn rất bé, nên lượng điện tiêu thụ cho nó rất kinh tế. Tuy nhiên đèn compact có một nhược điểm là giá thành còn rất đắt.

III- Các nguyên tắc để lựa chọn nguồn sáng

Nói chung có ba nguyên tắc lựa chọn nguồn sáng như sau : theo môi trường làm việc, theo yêu cầu thẩm mỹ và cấu trúc của tòa nhà, và theo các yêu cầu đặc biệt khác.

Theo môi trường làm việc thì ta phải xem xét đến các yếu tố như sau :

- Xác định kiểu chiếu sáng chiếu sáng : chiếu sáng chung, chiếu sáng cục bộ hay là chiếu sáng sự cố.
- Điều kiện làm việc: thời gian làm việc tại môi trường chiếu sáng thường xuyên hay không, có xét đến ảnh hưởng của chiếu sáng tự nhiên hay không, tính chất của công việc (học tập, dệt, may, lắp ráp thiết bị điện tử,...vv).
- Nhiệt độ và khả năng thông thoáng của môi trường.

Theo cấu trúc và yêu cầu thẩm mỹ của môi trường chiếu sáng:

- Diện tích cần được chiếu sáng, cao độ trần nhà, cách bố trí nội thất trong nhà,...vv
- Mục đích của chiếu sáng là gì : trang trí, làm việc, giải trí, hay trưng bày.
- Vật liệu trang trí nội thất như thế nào, hình dáng đèn và kiến trúc của nhà có tương xứng không.

Các yêu cầu khác như :

- Tiện nghi môi trường được chiếu sáng : gam màu của đèn, chỉ số hoàn màu.
- Khả năng sinh nhiệt của bóng.
- Độ chói của đèn phải ở mức chấp nhận được.
- Độ bền của bóng đèn và điều kiện bảo dưỡng thay thế.
- Chi phí đầu tư và vận hành hệ thống chiếu sáng hợp lý.

CHƯƠNG III : TÍNH TOÁN CHIẾU SÁNG NỘI THẤT

I- Các yêu cầu của tính toán thiết kế chiếu sáng

Mục đích của chiếu sáng là cung cấp một môi trường được chiếu sáng đầy đủ tiện nghi. Các tiện nghi của môi trường chiếu sáng như chương trước bao gồm :

- Không gian làm việc đạt được độ rọi yêu cầu (E_{yc}) của nội thất theo tính chất hoạt động của nó. Ví dụ : phòng học có độ rọi 300 lx, phòng máy tính có độ rọi 400 lx,..vv
- Các đèn chiếu sáng có nhiệt độ màu, chỉ số hoàn màu phù hợp tạo cảm giác nhìn tự nhiên, thoải mái, không gây cảm giác buồn tẻ hay căng thẳng quá mức. Đặc biệt, phải hạn chế được vấn đề độ chói quá cao gây khó chịu cho mắt.
- Việc bố trí và lắp đặt đèn chiếu sáng hài hòa với kiến trúc không gian, phân bố đồng đều ánh sáng đến các vị trí làm việc.
- Một số yêu cầu khác như tiết kiệm năng lượng, không làm tăng nhiệt độ phòng quá mức, kinh tế.

II- Giới thiệu các phương pháp tính toán chiếu sáng

Trong thiết kế chiếu sáng thường dùng 3 phương pháp tính toán sau :

- *Phương pháp hệ số sử dụng.*
- *Phương pháp theo đơn vị công suất.*
- *Phương pháp điểm.*

Mỗi phương pháp có đặc trưng và lĩnh vực áp dụng riêng tùy thuộc vào mục đích.

Phương pháp hệ số sử dụng dùng để xác định quang thông của các đèn trong chiếu sáng chung, đồng đều theo yêu cầu độ rọi cho trước trên mặt phẳng nằm ngang. Đặc biệt phương pháp hệ số sử dụng có tính đến các yếu tố phản xạ ánh sáng của trần, tường và bề mặt được chiếu sáng. Đây là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất.

Phương pháp theo hệ số công suất thường dùng để tính toán sơ bộ một công trình chưa có thông tin chi tiết. Thường được dùng trong

việc lập dự toán, khảo sát tính kinh tế và dự kiến trước phụ tải chiếu sáng trước khi bắt tay vào thiết kế. Đặc điểm của phương pháp này là chỉ dùng các bảng tra sẵn về trị số đơn vị công suất theo loại bóng đèn, kiểu đèn, độ rọi yêu cầu và các thông số hình học của không gian được chiếu sáng.

Phương pháp điểm dùng để xác định lượng quang thông cần thiết của các đèn nhằm tạo ra một độ rọi qui định trên mặt phẳng làm việc với cách bố trí đèn tùy ý. Phương pháp điểm là phương pháp dùng tính toán cho tất cả các dạng chiếu sáng chung, cục bộ và hỗn hợp. Kết quả tính toán là chính xác với trường hợp chiếu sáng trực tiếp còn các dạng chiếu sáng chủ yếu trên điều kiện phản xạ thì độ chính xác không cao. Nói chung đây là phương pháp tính toán phức tạp, có độ chính xác cao, thường được dùng để xây dựng các chương trình phần mềm tính toán chiếu sáng.

III- Nguyên tắc tính toán chiếu sáng nội thất.

Kỹ thuật chiếu sáng nội thất nhằm tạo ra các giải pháp để đạt được sự phân bố ánh sáng tiện nghi phù hợp với yêu cầu sử dụng của nội thất. Thiết kế chiếu sáng nội thất thường gồm hai bước :

Bước 1 : Thiết kế sơ bộ nhằm xác định các giải pháp hình học và kỹ thuật cơ bản của đồ án, như kiểu chiếu sáng, loại đèn, độ cao treo đèn, số lượng đèn cần thiết để đảm bảo sự phân bố đồng đều ánh sáng cũng như độ rọi yêu cầu trên mặt phẳng làm việc.

Bước 2 : Tính toán kiểm tra về mức độ chiếu sáng theo tiêu chuẩn quốc gia, kiểm tra mức độ tiện nghi môi trường sáng của giải pháp.

Trình tự tính toán thiết kế chiếu sáng tiến hành như sau.

3.1. Chọn mức độ chiếu sáng yêu cầu (độ rọi yêu cầu) cho nội thất .

Khi chọn độ rọi yêu cầu (E_{yc}) của nội thất, cần xem xét các vấn đề sau :

- Đặc điểm sử dụng và đặc điểm không gian của nội thất .
- Độ lớn của các chi tiết cần nhìn của công việc chính trong hoạt động của nội thất (viết , làm việc văn phòng , vẽ , cơ khí chính xác , lắp ráp điện tử ...).

- Độ tương phản giữa vật và nền.
- Sự mệt mỏi của mắt người làm việc.
- Môi trường sáng chung của nội thất .v.v.

Trị số độ rọi trung bình hướng dẫn có thể tìm trong tiêu chuẩn chiếu sáng các nước hoặc trong các kiến nghị của các hội chuyên ngành , các hãng sản xuất đèn hoặc tính toán theo công thức .

Ví dụ : Phòng học $E_{y/c} = 300 \div 400$ lx, văn phòng $E_{y/c} = 500$ lx

3.2. Chọn kiểu bóng đèn

Vấn đề đặt ra là cần chọn loại bóng đèn nào trong các loại bóng đèn đã có (nung sáng, phóng điện, huỳnh quang) để đạt được một môi trường sáng thích hợp nhất với nội thất đã cho. Muốn vậy phải xem xét các chỉ tiêu sau đây :

- Nhiệt độ màu T_m của nguồn sáng để tạo được một môi trường sáng tiện nghi.
- Chỉ số hoàn màu IRC liên quan đến chất lượng ánh sáng của nguồn.
- Nội thất được sử dụng liên tục hay gián đoạn. Ví dụ như tại công xưởng hay văn phòng làm việc với cường độ cao trong một thời gian dài thì không nên dùng bóng huỳnh quang trắng trên một pha vì mắt sẽ bị mỏi. Nếu dùng bóng huỳnh quang thì nên dùng màu “vàng ấm”, bố trí theo ba pha thích hợp.
- Màu sắc của tường, trần và nền.
- Thông số hình học của không gian, ví dụ trần thấp không nên dùng các loại đèn có nhiệt độ phát nóng và gam màu ấm như bóng đèn nung sáng, đèn halogen.
- Tuổi thọ của bóng đèn.
- Hiệu suất sáng (lm/W) của chúng.

3.3. Chọn kiểu chiếu sáng và kiểu đèn

Khi chọn kiểu chiếu sáng có thể tham khảo các hướng dẫn sau :

- Kiểu chiếu sáng trực tiếp hẹp thường dùng trong nhà có độ cao lớn. Đây là kiểu chiếu sáng đạt hiệu quả kinh tế cao nhất, nhưng khi đó khoảng không gian tường bên và trần bị tối.

- Kiểu trực tiếp rộng và nửa trực tiếp cho phép tạo ra một môi trường sáng tiện nghi hơn. Trần phòng và nhất là các tường bên đều được chiếu sáng .
- Kiểu nửa gián tiếp và gián tiếp thường ưu tiên sử dụng trong công trình công cộng có nhiều người qua lại như khán phòng, nhà ăn, nhà ga, các đại sảnh,... Nói chung có thể áp dụng cho những nơi độ rọi yêu cầu không cao mà lại mong muốn có môi trường ánh sáng tiện nghi .

Khi chọn loại đèn phải cân nhắc không chỉ về kỹ thuật chiếu sáng mà cả chất lượng thẩm mỹ nội thất. Cùng một kiểu chiếu sáng, chúng ta có một loạt các đèn, mỗi loại đèn các nhà sản xuất lại có nhiều kiểu đèn khác nhau, chúng ta có thể lựa chọn tùy ý theo sổ tra cứu đèn của họ.

Trên cơ sở các kiểu chiếu sáng nói trên, để thuận tiện trong sản xuất và lựa chọn đèn, IEC đã phân loại chi tiết thành 20 chủng loại đèn khác nhau, ký hiệu từ A (trực tiếp hẹp) đến T (gián tiếp) theo sự phân bố quang thông của chúng trong các phần khác nhau trong không gian.

Theo cách phân loại của IEC thì ta có :

- Các loại từ A đến E (năm loại) thuộc kiểu trực tiếp hẹp.
- Các loại từ F đến J (năm loại) thuộc kiểu trực tiếp rộng.
- Các loại từ K đến N (bốn loại) thuộc kiểu nửa trực tiếp.
- Các loại từ O đến S (năm loại) thuộc kiểu hỗn hợp.
- Loại T thuộc kiểu gián tiếp.

3.4. Chọn độ cao treo đèn

Độ cao treo đèn một mặt có liên quan đến sự tiện nghi của môi trường ánh sáng, mặt khác liên quan đến vấn đề kinh tế sử dụng đèn.

Ta gọi h' là khoảng cách từ đèn đến trần ;

h - độ cao của đèn so với mặt phẳng làm việc.

$(h = \text{độ cao trần} - 0.8)$

Người ta định nghĩa tỷ số treo đèn J là :

$$J = \frac{h'}{h' + h}$$

Thường $h \geq 2h'$, do đó : $0 \leq J \leq 1/3$

Tỷ số này liên quan nhiều đến các tính toán kỹ thuật về sau .

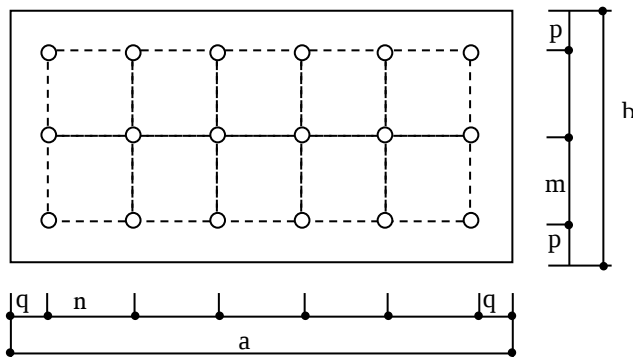
Chú ý :

Ở những nơi có trần thấp hay trần bằng những vật liệu nhẹ như thạch cao miếng, tấm xốp miếng thì thường dùng các loại đèn đặt âm trần, với $J=0$. Còn ở những nơi không cần chiếu sáng trần hay trần quá cao (thường tại các xưởng may, nhà máy) thì thường chọn $J \neq 0$ tùy loại đèn.

3.5. Bố trí đèn và xác định số lượng đèn tối thiểu đảm bảo độ đồng đều ánh sáng trên mặt phẳng làm việc .

Độ đồng đều ánh sáng(độ rọi) trên mặt phẳng làm việc là một trong các chỉ tiêu chất lượng quan trọng và nó phụ thuộc vào:

- Loại đèn (một trong 20 loại đã biết).
- Độ cao treo đèn.
- Khoảng cách giữa các đèn.
- Hệ số phản xạ của các tường bên và trần, chúng đóng vai trò như những nguồn sáng thứ cấp. Đặc biệt nếu dùng các loại đèn kiểu chiếu sáng hỗn hợp hoặc gián tiếp thì vai trò ánh sáng phản xạ lại càng quan trọng .



Hình 3.1. Mặt phẳng trần và phân bố đèn

Các hình đồng dạng trên hình cho thấy độ đồng đều ánh sáng chỉ phụ thuộc vào tỷ số n/h . Nếu thay đổi các thông số bố trí đèn sao

cho tỷ số n/h giữ cố định thì độ đồng đều ánh sáng trên mặt phẳng làm việc được giữ nguyên.

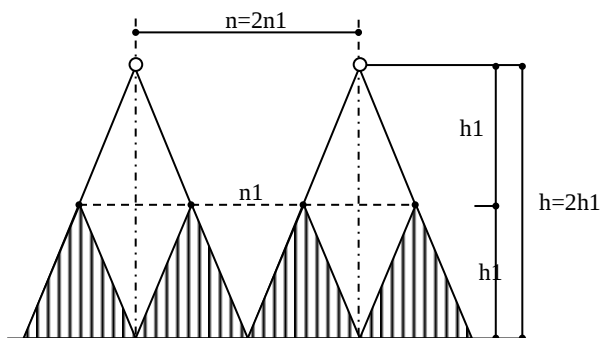
Tỷ số n/h phụ thuộc loại đèn. Để đảm bảo độ đồng đều ánh sáng yêu cầu trên mặt phẳng làm việc, khi bố trí đèn phải giữ được tỷ số n/h không được vượt các trị số $(n/h)_{\max}$ trong Phụ lục V.

Các hãng sản xuất đèn cũng có thể cung cấp các trị số $(n/h)_{\max}$ tương ứng với các loại đèn do họ chế tạo, có thể khác ít nhiều so với số liệu trong bảng trên.

Ngoài ra, khoảng cách từ các đèn biên tới tường bên cũng phải tuân theo điều kiện sau :

$$\frac{n}{3} \leq q \leq \frac{n}{2} \left(\text{hay } \frac{m}{3} \leq p \leq \frac{m}{2} \right)$$

Sau khi bố trí đèn theo các điều kiện trên chúng ta dễ dàng xác định được số lượng đèn trong phòng. Đó chính là *số lượng đèn tối thiểu* để đảm độ đồng đều độ rọi trên mặt phẳng làm việc.



Hình 3.2. Độ đồng đều ánh sáng phụ thuộc tỷ số (n/h)

Khi dùng đèn bóng huỳnh quang để chiếu sáng, cần bố trí thành dãy sáng song song với tường có cửa sổ. Tức là khi đó ta tính toán chiếu sáng với dãy đèn huỳnh quang chứ không phải một bóng.

3.6. Xác định tổng quang thông của các đèn trong phòng (phương pháp hệ số sử dụng)

Quang thông tổng cộng của các đèn trong phòng phải đủ bảo đảm độ rọi yêu cầu trên mặt phẳng làm việc, và được xác định theo công thức sau :

$$F_t = \frac{E_{yc} S \delta}{\eta U}$$

trong đó :

S - diện tích mặt phẳng làm việc , m²

E_{yc} - độ rọi yêu cầu trên mặt phẳng làm việc , lux

η - hiệu suất của đèn

U - hệ số lợi dụng quang thông, xác định theo bảng lập sẵn của nhà sản xuất đèn. Xem trong phụ lục V.

δ - hệ số dự trữ của đèn. Phụ lục VI.

Để tính toán quang thông tổng cần dùng theo công thức trên, chúng ta xác định các hệ số theo sau đây.

Hệ số lợi dụng quang thông U

Hệ số lợi dụng quang thông là tỷ số giữa quang thông rơi xuống mặt làm việc và toàn bộ lượng quang thông thoát ra khỏi đèn. Nó cho biết tỷ lệ quang thông thoát khỏi đèn được trực tiếp chiếu sáng mặt phẳng làm việc, và phụ thuộc vào:

- Loại đèn (từ A đến T).
- Hệ số phản xạ của các bề mặt trong phòng bao gồm hệ số phản xạ của trần (ρ_{tr}), của tường (ρ_t) và của mặt phẳng làm việc (thường lấy như hệ số phản xạ của sàn ρ_s)
- Kích thước hình học của phòng, đặc trưng bằng " hệ số không gian k" xác định theo công thức :

$$k = \frac{ab}{h(a+b)}$$

(Hệ số k thay đổi trong phạm vi từ 0,6 đến 5).

- Tỷ số treo đèn J, thường xem xét tại hai giá trị J = 0 và J = 1/3 .

Các hệ số phản xạ của tường và trần phụ thuộc màu sắc của chúng, có thể lấy gần đúng như sau :

Trắng sáng , thạch cao trắng

0,8

Màu sáng, màu nhạt	0,7
Vàng, lục sáng, xi măng	0,5
Màu rực rỡ, gạch đỏ	0,3
Màu tối, kính trong	0,1
Hệ số phản xạ của sàn lấy gần đúng bằng 0,1 hoặc 0,3 :	
Sàn màu tối, bê tông xỉn	0,1
Sàn trải plastic, gạch bông	0,3

Hệ số lợi dụng quang thông U có thể tìm được theo bảng cho sẵn của các hãng sản xuất đèn, hay theo bảng phụ lục V.

Hệ số dự trữ δ

Sau một thời gian sử dụng quang thông của đèn sẽ giảm dần do các nguyên nhân sau đây :

- Sự già đi của bóng đèn.
- Sự suy giảm dần chất lượng của các bộ phận của đèn.
- Sự bám bụi trên bóng đèn và các chi tiết của đèn.

Chúng ta tra hệ số dự trữ này trong phụ lục VI (của hãng MAZDA).

Hiệu suất chiếu sáng của bộ đèn

Không phải toàn bộ lượng quang thông do bóng đèn tạo ra đều thoát ra khỏi đèn và tán xạ vào không gian mà một phần của nó bị giữ lại trong các chi tiết của đèn.

$$\eta = \frac{F_d}{F_b} \cdot 100\%$$

Trong đó : F_b – quang thông bức xạ của bóng đèn.

F_d – quang thông thoát ra khỏi đèn.

η thay đổi từ 40 ÷ 80% tùy theo cấu tạo, vật liệu của chóa đèn và được cho trong catalogue của nhà sản xuất.

3.7. Xác định số lượng đèn

Số lượng đèn cần thiết để đảm bảo độ rọi yêu cầu trên mặt phẳng làm việc N , xác định theo công thức :

$$N = \frac{F_t}{F_d}$$

trong đó F_t - tổng quang thông cần thiết.

F_d - quang thông do một bộ đèn sinh ra.

- Nếu $N \geq N_{\min}$ (lượng đèn tối thiểu đảm bảo đồng đều độ rọi), thì nó chính là số lượng đèn cần lắp đặt và theo nguyên tắc bố trí đèn đã nói ở trên để bố trí lại đèn cho phù hợp với số lượng mới.
- Nếu $N \leq N_{\min}$, thì phải dùng số lượng đèn tối thiểu lắp đặt. Khi đó quang thông của các bóng đèn có thể giảm nhỏ hơn loại bóng đèn đã được chọn ở mục 3, nghĩa là xác định lại quang thông của bóng đèn theo công thức :

$$F_d = \frac{F_t}{N_{\min}}$$

Với kết quả tính toán theo công thức này chúng ta chọn lại loại đèn thích hợp theo catalogue (công suất).

Trường hợp chúng ta dùng bóng đèn huỳnh quang đặt thành từng dãy thì số lượng bộ đèn trong một dãy N_{dd} được tính theo công thức sau:

$$N_{dd} = \frac{F_t}{d.g.F_d}$$

Trong đó

F_t – tổng quang thông cần thiết.

F_d – quang thông do một bóng đèn huỳnh quang tạo ra.

d – số dãy đèn được bố trí để đạt được độ đồng đều (từ phần 5).

g – số bóng huỳnh quang trong một bộ đèn.

Từ đó chúng ta tính toán ra tổng chiều dài của các bộ đèn trong một dãy L_{dd} , ví dụ như : có 5 bộ đèn dùng bóng 1.2m nghĩa là tổng chiều dài của chúng là $L_d = 1.2 \times 5 = 6m$. Sau đó biện luận

- Nếu : $L_{dd} < a$ (hay b) thì kết quả tính toán N_{dd} là đúng.

- Nếu : $L_{dd} \geq a$ (hay b) thì kết quả tính toán N_{dd} chưa hợp lý, chúng ta phân bố lại vị trí của các dây đèn hay tăng thêm số lượng bóng trong một bộ đèn lên, nhằm giảm bớt chiều dài của dây đèn.

IV – Nghệ thuật chiếu sáng nội thất

Một thiết kế chiếu sáng nội thất hoàn hảo phải giải quyết tốt ba vấn đề cơ bản sau :

- Bài toán công năng - nhằm đảm bảo đủ độ sáng cho công việc cụ thể, phù hợp với chức năng của nội thất.
- Bài toán mỹ thuật kiến trúc - nhằm tạo được ấn tượng thẩm mỹ của nghệ thuật kiến trúc hay các vật được trưng bày.
- Bài toán kinh tế - nhằm xác định phương án tối ưu của giải pháp chiếu sáng nhằm thỏa mãn cả công năng và nghệ thuật kiến trúc.
- Theo công năng phải đảm bảo tiêu chuẩn độ rọi yêu cầu trên mặt phẳng ngang (mặt phẳng làm việc). Đó là bài toán nghiêng về kỹ thuật chiếu sáng mà chúng ta vừa trình bày.
- Bài toán nghệ thuật kiến trúc nội thất đòi hỏi người thiết kế phải kết hợp khéo léo ánh sáng với không gian, hình dạng trang trí điêu khắc và màu sắc nội thất. Đây là bài toán sáng tạo hết sức phong phú và đa dạng theo tư tưởng của người thiết kế. Người thiết kế chiếu sáng giỏi phải biến chiếu sáng thành một nghệ thuật không thể tách rời với kiến trúc nội thất.

Bài tập áp dụng

Tính toán thiết kế chiếu sáng cho một văn phòng có các thông số hình học sau:

- Kích thước $12 \times 9 \text{ m}^2$, cao 2,4 m.
- Trần bằng tấm xốp trắng: 1.2×0.6 .
- Tường bằng thạch cao, sơn màu sáng .
- Nền trải thảm.

Bài giải

CHƯƠNG 4 : TÍNH TOÁN LƯỚI ĐIỆN CHIẾU SÁNG TRONG CÔNG TRÌNH .

I/ Nguyên tắc lựa chọn nguồn sáng và điện áp cung cấp.

1.1. Nguồn cung cấp cho lưới điện chiếu sáng.

Nguồn sáng cho chiếu sáng được lựa chọn phụ thuộc vào :

- Tính chất quan trọng của phụ tải chiếu sáng.
- Mục đích của chiếu sáng.
- Sự sẵn sàng của nguồn cung cấp.

Trong đó chúng ta phải xem xét mục đích và tính chất quan trọng của hệ thống chiếu sáng. Nếu chiếu sáng bình thường ở những phụ tải loại 2 hay 3 thì nguồn cung cấp là nguồn bình thường, là nguồn lấy điện từ hạ thế máy biến áp và được cung cấp bằng những đường dây chung. Còn nếu hệ thống chiếu sáng của chúng ta dùng cho những mục đích chiếu sáng đặc biệt hay chiếu sáng sự cố thì phải dùng nguồn ưu tiên. Nguồn ưu tiên được lấy điện từ một đường dây độc lập, từ máy phát hay từ nguồn một chiều. Trong trường hợp nguồn sự cố thì có thể dùng các khóa chuyển mạch tự động để kết hợp các nguồn.

1.2. Chọn điện áp.

Xét về mặt kinh tế kỹ thuật, nếu chọn mạng điện có điện áp 220/127V để chiếu sáng thường đắt hơn so với cấp điện áp 380/220V. Lý do là khi đó dòng điện trên dây tăng cao do điện áp thấp hơn. Điều này làm cho chi phí đầu tư và phí tổn làm việc khi dùng cấp 220/127V cao hơn.

Trường hợp đòi hỏi yêu cầu cao về an toàn cung cấp điện, tốt nhất nên dùng lưới điện 3 pha 3 dây, có trung tính cách ly, điện áp dây 380V/220V.

Đối với các thiết bị đèn hay máy móc đặc biệt (nhất là loại công suất lớn), khi cần thiết có thể dùng nguồn cung cấp điện 3 pha hay 2 pha, với điện áp trên hai cực của thiết bị lên đến 380V, nhưng phải chú ý các điểm sau :

- Dây đấu vào đèn hoặc thiết bị điều khiển việc khởi động phải dùng loại lõi bằng đồng, có lớp cách điện không nhỏ hơn 500V.

- Trên các dây pha đấu vào đèn phải có thiết bị đóng ngắt.
- Trong các phòng có thể dễ xảy ra nguy hiểm hay đặc biệt nguy hiểm do điện, thì ở các đèn dùng điện áp 380V phải đánh dấu đặc biệt để dễ phân biệt. Nhất là ở những vị trí có độ cao khá lớn so với mặt đất.

Đối với những khu vực được chiếu sáng có điều kiện môi trường xấu (ví dụ như: ẩm, nóng,...) và chiều cao treo đèn nhỏ hơn 2,5m, hiện nay có xu hướng dùng các loại đèn có điện áp thấp < 42V cung cấp cho các đèn chiếu sáng chung. Việc cung cấp điện cho các đèn dùng điện áp < 42V, thông thường phải dùng các máy biến áp hạ áp một pha, hay ba pha đấu vào các đường dây cung cấp điện chiếu sáng hoặc điện lực.

Trong quá trình tính toán chọn điện áp hệ thống cần tính đến mức tổn thất điện áp của lưới điện nhằm đảm bảo sao cho trong điều kiện làm việc bình thường, các phụ tải không bị tăng hoặc giảm điện áp quá nhiều so với điện áp định mức.

Thông thường đối với nhà ở, tổn thất điện áp trên lưới điện nên duy trì trong phạm vi $\pm 5\%$ giá trị định mức. Riêng với các đèn chiếu sáng cần phải bảo đảm cho điện áp của mỗi đèn không bị tụt hoặc tăng quá giới hạn cần thiết. Trong đó phải chú ý rằng, đối với các loại bóng đèn phóng điện trong chất khí chỉ cho phép điện áp giảm không quá 90% trị số điện áp định mức.

II/ Các công thức tính toán phụ tải, sụt áp và tổn thất công suất

2.1. Xác định phụ tải

Phụ tải tính toán của lưới điện chiếu sáng đối với công trình là một phần công suất mà hệ thống lưới điện phải cung cấp cho công trình đó. Muốn xác định phụ tải tác dụng tính toán của lưới điện chiếu sáng, dùng công thức :

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^n K_{yc(i)} \cdot P_{d(i)}$$

$$S_{tt} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{tt(i)}}{\cos \varphi(i)}$$

Trong đó :

P_{tt} , S_{tt} - Phụ tải tính toán của lưới điện chiếu sáng.

P_d , S_{tt} - Công suất đặt của các thiết bị chiếu sáng được chọn qua quá trình tính toán theo kỹ thuật chiếu sáng .

K_{yc} - Hệ số yêu cầu hay hệ số đồng thời. Khi tính toán lưới điện nhóm (chiếu sáng), hệ số yêu cầu thường bằng 1.

$\cos \varphi$ - hệ số công suất của các loại đèn.

Đối với các công trình, các phòng dùng bóng đèn phóng điện trong chất khí, khi xác định công suất đặt của đèn cần phải tính đến công suất tổn hao qua bộ điều khiển khởi động đèn (hộp chấn lưu ...), với bóng huỳnh quang ($\cos \varphi = 0.4 \div 0.6$ đối với ballast điện từ) tổn hao chiếm 20%. Còn đối với đèn thủy ngân áp lực cao (ЛР) bằng 100% công suất bóng đèn. Như vậy tính toán được :

$$P_d = P + P_{t/h}$$

Với : $P_{t/h}$ —công suất tổn thất; P – công suất tiêu thụ của đèn.

2.2. Các công thức tính toán dòng điện, sụt áp và tổn thất trong mạch điện.

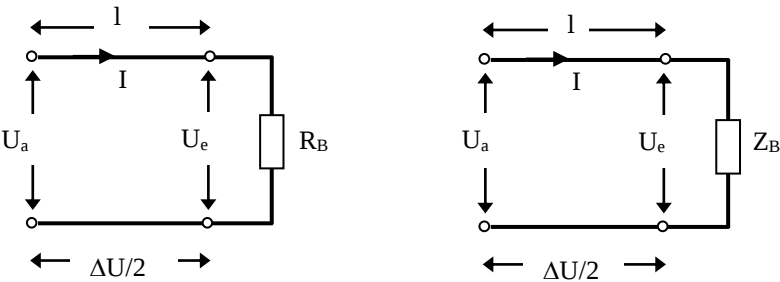
Dòng điện và tiết diện dây dẫn được tính toán theo :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

$$q[mm^2] = \frac{I[A]}{J[A/mm^2]}$$

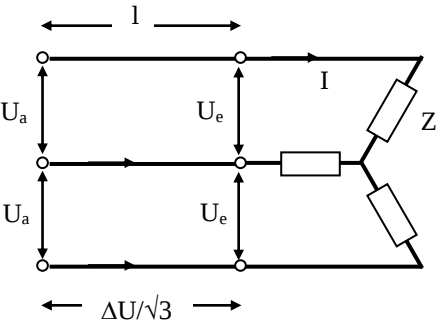
Để tính toán sụt áp và tổn thất trên đường dây ta có các công thức sau.

Trường hợp một nhánh với một tải



Hình 4.6. Mạch điện DC & Mạch điện AC một pha.

Mạch điện DC		
Công suất tải	Điện áp rơi [V]	Tổn thất công suất [kW]
$P = I \times U$ $P = I^2 \times R_B \times 10^{-3}$	$\Delta U = 2 \times l \times R_{dc} \times I$	$\Delta P = 2 \times l \times I^2 \times R_{dc} \times 10^{-3}$
Mạch điện AC (1 pha)		
Công suất tải	Điện áp rơi [V]	Tổn thất công suất [kW]
$S = I \times U$ $S = I^2 \times Z_B \times 10^{-3}$ $P = I \times U \times \cos \varphi$ $Q = I \times U \times \sin \varphi$	$\Delta U = 2 \times l \times I \times f(q)$	$\Delta P = 2 \times l \times I^2 \times R_{ac} \times 10^{-3}$



Hình 4.7. Mạch điện xoay chiều ba pha

Công suất tải	Điện áp rơi [V]	Tổn thất công suất [kW]
$S = \sqrt{3} \times I \times U$ $S = 3 \times I^2 \times Z_B \times 10^{-3}$ $P = \sqrt{3} \times I \times U \times \cos\varphi$ $Q = \sqrt{3} \times I \times U \times \sin\varphi$	$\Delta U = \sqrt{3} \times l \times I \times f(q)$	$\Delta P = 3 \times l \times I^2 \times R_{ac} \times 10^{-3}$

Trong đó :

P, Q, S – là các công suất tác dụng, phản kháng và hiệu dụng.

U – điện áp lưới (đây) ; U_a – điện áp đầu nguồn; U_e – điện áp cuối đường dây.

l – chiều dài đường dây.

I – dòng điện chạy trên dây.

R_{dc} – điện trở DC của đường dây [Ω/km]

R_{ac} – điện trở AC của đường dây; X_L – điện kháng của đường dây; R_B , B – điện trở và tổng trở của tải.

$\cos \varphi$, $\sin \varphi$ - các hệ số công suất của tải.

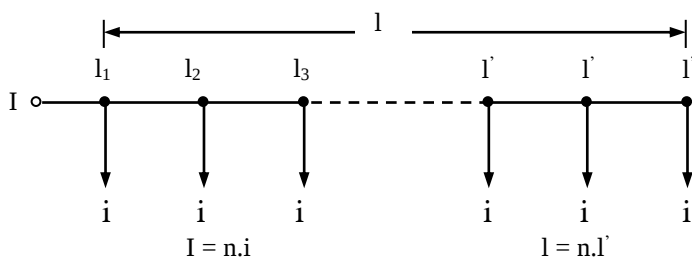
$f(q) = R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi$

Mạch rã một đầu nguồn

Chú ý : các công thức cho mạch phân bố rã trên tính cho mạch ba pha, trong trường hợp tính toán cho mạch một pha hoặc DC chúng ta hiệu chỉnh như sau :

ΔU : nhân vế phải của phương trình với $2/\sqrt{3}$.

ΔP : nhân vế phải của phương trình với $2/\sqrt{3}$.



Hình 4.8. Mạch rã cung cấp từ một nguồn

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot n(n+1)}{2} i \cdot l' \cdot f(q) = \frac{\sqrt{3} \cdot (n+1)}{2n} I \cdot l \cdot f(q)$$

$$\Delta P = \frac{n(n+1)(2n+1)}{2} i^2 \cdot l' \cdot R_{ac} \cdot 10^{-3}$$

$$= \frac{(n+1)(2n+1)}{2n^2} I^2 \cdot l \cdot R_{ac} \cdot 10^{-3}$$

Nếu số n rất lớn ta có công thức gần đúng :

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot n^2}{2} i \cdot l' \cdot f(q) = \frac{\sqrt{3}}{2} I \cdot l \cdot f(q)$$

$$\Delta P = n^3 \cdot i^2 l' \cdot R_w \cdot 10^{-3} = I^2 \cdot l \cdot R_w \cdot 10^{-3}$$

III/ Những nguyên tắc lắp đặt thiết bị bảo vệ và điều khiển trong lưới chiếu sáng

3.1. Các thiết bị bảo vệ trong mạch điện chiếu sáng

Trong mạng điện hạ áp nói chung và mạng điện chiếu sáng nói riêng, có hai yêu cầu bảo vệ cần quan tâm là bảo vệ chống ngắn mạch và bảo vệ chống dòng rò.

Để bảo vệ chống ngắn mạch trong mạch điện chiếu sáng người ta dùng cầu chì và/hoặc thiết bị ngắt mạch tự động (MCB). Cả hai thiết bị này đều hoạt động trên nguyên tắc bảo vệ quá dòng điện. Khi dòng điện trên mạch vượt quá giá trị ngưỡng trong một thời gian xác định cầu chì và/hoặc MCB sẽ cắt mạch. Tuy nhiên chúng có những đặc điểm khác nhau như sau :

- Cầu chì chỉ sử dụng được một lần duy nhất, sau khi cắt mạch thì dây chì đã bị chảy, cần thay mới.
- Đặc tuyến bảo vệ của cầu chì dốc hơn và không chính xác bằng đặc tuyến của MCB.

- MCB sử dụng đóng cắt được nhiều lần theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất.
- Đặc tuyến bảo vệ (Ampe-Time) của MCB có độ chính xác cao hơn.

Cả cầu chì và MCB cần được lựa chọn và lắp đặt phù hợp mới đạt được yêu cầu bảo vệ mạch thích hợp, ví dụ : phải được lựa chọn dòng cắt phù hợp với mạch, lắp đặt trên dây pha,...vv. Để lựa chọn thiết bị bảo vệ chống ngắn mạch chúng ta phải quan tâm đến các thông số :

- Điện áp định mức.
- Dòng điện định mức của thiết bị.
- Dòng cắt của thiết bị (đặc tuyến bảo vệ) nếu có.
- Dòng cắt ngắn mạch cho phép.

Để bảo vệ chống dòng rò trên mạch người ta thường sử dụng ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker). Nguyên tắc của các thiết bị chống dòng rò là so sánh giữa các dòng điện trên dây pha và dây trung tính. Khi có hiện tượng rò điện từ thiết bị xuống đất hay giật điện ELCB sẽ nhanh chóng cắt nguồn ra khỏi mạch đảm bảo an toàn cho người sử dụng. Để lựa chọn thiết bị bảo vệ chống dòng rò chúng ta phải quan tâm đến các thông số :

- Điện áp định mức.
- Dòng điện định mức của thiết bị.
- Trị số độ nhạy (30mA, 100mA, hay 1000mA) .
- Dòng cắt ngắn mạch cho phép.

3.2. Các thiết bị điều khiển

Các thiết bị điều khiển có nhiệm vụ đóng/cắt mạch cung cấp nguồn cho các đèn theo yêu cầu. Chúng ta có hai kiểu điều khiển Manual (bằng tay) hay Auto (tự động). Tiêu biểu cho kiểu điều khiển mạch bằng tay chúng ta có : công tắc (Switch), aptomat (Contactor), và Dimmer. Trong đó :

- Công tắc là thiết bị đóng/cắt mạch đèn chiếu sáng phổ biến nhất hiện nay. Nó đơn giản là những bộ tiếp điểm hai trạng thái đóng/mở bằng tay.

- Aptomat là thiết bị đóng cắt có các tiếp điểm được điều khiển bằng cuộn dây. Thường được áp dụng cho mạch tải lớn hay điều khiển từ xa.
- Dimmer là thiết bị điều chỉnh độ sáng của đèn bằng cách thay đổi điện áp đầu vào cung cấp cho đèn. Có hai loại Dimmer trên thị trường hiện nay, loại dùng biến áp từ (transformer) và loại dùng Thyristor.

Điều khiển hệ thống chiếu sáng một cách tự động thì có các loại Timer (bộ điều khiển định giờ), Sensor hay một số thiết bị chuyên dụng khác.

- Timer được dùng để điều khiển mạch đóng/cắt theo thời gian định sẵn. Thường được sử dụng trong chiếu sáng ngoài trời hay chiếu sáng trong công nghiệp.
- Sensor (cảm biến), có nhiều loại theo nhiều nguyên tắc hoạt động, ví dụ như : cảm biến ánh sáng, cảm biến hồng ngoại. Các cảm biến được dùng để điều khiển tự động các hệ thống chiếu sáng đặc biệt.

Để lựa chọn thiết bị điều khiển chúng ta phải quan tâm đến các thông số :

- Điện áp định mức.
- Dòng điện định mức của thiết bị.

Phụ lục IV hiệu suất

Loại đèn	Kiểu chiếu sáng	Quang thông phân bố trong các phần không gian							
		F1		F2		F3		F4	
		Giới hạn	Trung bình	Giới hạn	Trung bình	Giới hạn	Trung bình	Giới hạn	Trung bình
<i>A</i>	Trực tiếp hẹp	900	830-970	967	900-1000	1000	930-1000	1000	930-1000
<i>B</i>		767	700-830	933	870-1000	1000	930-1000	1000	930-1000
<i>C</i>		633	570-700	900	830-970	967	900-1000	1000	930-1000
<i>D</i>		533	470-600	834	770-900	867	900-1000	1000	930-1000
<i>E</i>		433	370-500	767	700-830	967	900-1000	1000	930-1000
<i>F</i>	Trực tiếp rộng	400	330-470	867	800-930	1000	930-1000	1000	930-1000
<i>G</i>		367	300-430	667	600-730	900	830-970	1000	930-1000
<i>H</i>		333	270-400	600	530-670	833	770-900	1000	930-1000
<i>I</i>		267	200-330	667	600-730	933	870-1000	1000	930-1000
<i>J</i>		233	170-300	500	430-570	767	670-800	1000	930-1000
<i>K</i>	Nửa trực tiếp	367	300-430	600	530-670	733	670-800	800	730-870
<i>L</i>		300	230-370	500	430-570	633	570-700	700	630-770
<i>M</i>		233	170-300	433	370-500	567	500-630	633	570-700
<i>M</i>		333	270-400	500	430-570	567	500-630	633	570-700
<i>O</i>	Hỗn hợp	267	200-660	433	370-500	533	470-600	600	530-670
<i>P</i>		200	130-570	333	270-400	433	370-500	500	430-570
<i>Q</i>		100	30-170	233	170-300	367	300-430	500	430-570
<i>R</i>		67	0-130	200	130-270	334	270-400	500	430-570
<i>S</i>		133	70-200	267	200-330	367	300-430	400	330-470
<i>T</i>	Gián tiếp	0	0-70	0	0-70	0	0-70	0	0-70

HỆ SỐ LỢI DỤNG QUANG THÔNG (THEO %)

LOẠI ĐÈN A															
$n_{\max} \leq h$															
HỆ SỐ PHẢN XẠ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	88	81	87	81	78	74	70	67	74	70	67	70	66
		0,80	95	87	94	86	85	80	76	73	79	75	72	75	71
		1,00	101	91	99	90	91	85	81	78	84	81	78	80	76
		1,25	107	95	104	94	96	89	86	83	88	85	82	84	80
		1,50	110	97	107	96	100	92	89	86	91	88	86	87	83
		2,00	116	101	113	100	107	97	94	92	95	93	91	92	89
		2,50	119	103	116	102	111	100	98	96	98	96	95	95	92
		3,00	122	104	118	103	114	102	100	99	100	99	98	97	95
		4,00	125	106	121	105	118	104	103	102	102	101	100	100	97
		5,00	126	107	122	106	120	105	104	103	103	102	102	101	98
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	85	79	84	79	76	73	69	67	73	69	67	69	66
		0,80	91	85	90	84	82	78	76	72	78	75	72	74	71
		1,00	97	89	96	89	88	84	80	78	83	80	77	80	76
		1,25	103	93	101	92	93	88	84	82	87	84	82	84	80
		1,50	106	96	104	95	97	91	88	86	90	87	85	87	83
		2,00	112	100	110	99	103	95	93	91	94	92	90	91	89
		2,50	116	102	113	101	108	99	96	95	97	96	94	95	92
		3,00	119	104	116	103	111	101	99	98	99	98	97	97	95
		4,00	122	105	119	104	115	103	102	101	101	100	99	99	97
		5,00	124	106	121	105	117	104	103	102	103	102	101	101	98

LOẠI ĐÈN B															
$n_{\max} \leq 1,1h$															
HỆ SỐ PHÂN XÁ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	80	74	78	73	68	65	60	56	64	59	56	59	54
		0,80	89	81	87	80	76	72	67	63	71	66	63	66	61
		1,00	96	86	93	86	84	78	73	70	77	73	69	72	67
		1,25	102	90	99	89	90	83	79	75	82	78	75	77	73
		1,50	106	94	103	92	95	87	83	80	86	82	79	81	77
		2,00	113	98	109	97	102	93	90	87	91	88	86	87	83
		2,50	117	101	113	99	107	96	94	91	95	92	90	91	87
		3,00	120	102	116	101	111	99	97	95	97	95	94	94	90
		4,00	123	104	119	103	115	101	100	98	100	98	97	97	93
		5,00	125	105	121	104	117	103	102	101	101	100	99	98	95
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	76	71	75	71	66	63	59	56	63	59	56	59	54
		0,80	84	78	83	78	73	70	66	63	70	66	62	65	61
		1,00	91	84	90	83	80	77	72	69	76	72	69	72	67
		1,25	98	88	96	88	87	82	78	75	81	77	74	77	73
		1,50	102	92	100	91	92	86	82	79	85	81	79	81	77
		2,00	109	97	107	96	99	92	88	86	90	88	85	87	83
		2,50	113	100	111	99	104	95	93	90	94	92	90	91	87
		3,00	117	102	114	101	108	98	96	94	96	94	93	93	90
		4,00	120	104	117	103	112	101	99	97	99	98	96	88	93
		5,00	123	105	119	104	115	102	101	100	101	99	98	98	95

LOẠI ĐÈN C																
$n_{\max} \leq 1,3 h$																
HỆ SỐ PHẢN XẠ		Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0
		Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0
		Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	71	66	70	65	58	55	49	44	54	48	44	48	44	42
		0,80	82	74	80	73	68	64	58	53	63	57	53	57	53	51
		1,00	90	81	87	79	76	71	65	61	70	64	60	64	60	58
		1,25	97	86	94	85	84	77	72	68	76	71	67	70	67	65
		1,50	102	90	99	88	89	82	77	73	80	76	72	75	72	70
		2,00	109	95	105	93	97	88	84	80	86	83	80	82	79	77
		2,50	113	98	79	96	103	92	88	85	90	84	84	86	83	81
		3,00	116	100	112	98	106	95	92	89	93	90	88	89	87	84
		4,00	120	102	116	100	111	98	95	93	96	93	91	92	90	88
		5,00	122	103	118	102	113	99	97	95	97	95	94	94	92	90
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	67	63	66	62	55	53	48	44	53	48	44	48	44	42
		0,80	77	71	76	71	65	62	57	53	62	56	52	56	52	51
		1,00	85	78	84	77	73	69	64	60	69	64	60	63	60	58
		1,25	92	84	90	83	80	76	71	67	75	70	67	70	66	65
		1,50	98	88	95	87	86	80	75	72	79	75	71	74	71	70
		2,00	105	93	102	92	94	87	83	80	86	82	79	81	78	77
		2,50	110	96	107	95	99	91	87	84	89	86	84	85	83	81
		3,00	113	99	110	97	103	94	90	88	92	89	87	88	86	84
		4,00	117	101	114	100	108	97	94	92	95	93	91	91	90	88
		5,00	120	102	116	101	111	99	96	94	97	95	93	93	92	90

LOẠI ĐÈN D																
$n_{\max} \leq 1,6h$																
HỆ SỐ PHÂN XÁ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	66	61	64	60	51	49	42	37	48	42	37	41	37	35
		0,80	77	70	75	68	62	58	51	46	57	51	46	50	46	44
		1,00	85	76	82	75	70	66	59	54	64	58	53	57	53	51
		1,25	93	82	90	81	78	72	66	61	71	65	61	64	60	58
		1,50	98	86	95	85	84	77	72	67	76	70	66	69	66	63
		2,00	106	92	102	91	93	85	80	75	83	78	75	77	74	72
		2,50	111	96	107	94	99	89	85	81	87	83	80	82	79	77
		3,00	114	98	110	96	104	92	89	85	90	87	84	86	83	81
		4,00	118	101	114	99	109	96	93	90	94	91	89	90	88	85
		5,00	121	102	117	101	112	98	96	93	96	94	92	92	91	88
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	62	58	61	57	49	47	41	37	47	41	37	41	37	35
		0,80	72	67	71	66	59	56	50	45	56	50	45	49	45	44
		1,00	80	74	79	73	67	64	58	53	63	57	53	57	53	51
		1,25	88	80	86	79	75	71	65	60	70	64	60	64	60	58
		1,50	94	84	91	83	81	76	70	66	74	69	66	69	65	63
		2,00	102	90	99	89	90	83	78	74	82	77	74	77	73	72
		2,50	107	94	104	93	96	88	84	80	86	83	80	82	79	77
		3,00	111	97	108	96	100	91	87	84	89	86	83	85	83	81
		4,00	116	100	112	99	106	95	92	89	93	91	88	89	87	85
		5,00	119	102	115	100	110	97	95	93	96	93	91	92	90	88

LOẠI ĐÈN E																
$n_{\max} \leq 1,9h$																
HỆ SỐ PHÂN XÁ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	61	56	59	55	45	43	35	30	42	35	30	34	30	28
		0,80	72	65	70	64	56	52	45	39	51	44	39	43	68	36
		1,00	80	72	78	71	64	60	53	47	58	52	46	51	46	44
		1,25	88	79	85	77	73	67	60	55	66	59	54	58	54	51
		1,50	94	83	91	81	80	73	66	61	71	65	60	64	60	57
		2,00	103	89	99	88	89	81	75	70	79	74	70	73	69	66
		2,50	108	93	104	92	96	86	81	77	84	80	76	78	75	73
		3,00	112	94	108	95	101	90	86	82	88	84	81	82	80	77
		4,00	117	99	113	98	107	94	91	88	92	89	87	88	85	83
		5,00	120	101	116	100	111	97	94	92	95	92	90	91	89	86
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	56	52	55	52	43	41	34	30	41	34	30	34	30	28
		0,80	67	62	66	61	53	50	43	38	50	43	38	43	38	36
		1,00	75	69	74	68	61	58	51	46	57	51	46	50	46	44
		1,25	84	76	82	75	70	65	59	54	64	58	54	58	53	51
		1,50	90	81	88	80	76	71	65	60	70	64	60	64	60	57
		2,00	99	88	96	86	86	79	74	69	78	73	69	72	68	66
		2,50	105	92	102	91	93	85	80	76	83	79	75	78	75	73
		3,00	109	95	106	94	98	89	84	81	87	83	80	82	79	77
		4,00	114	99	111	97	104	96	90	87	91	88	86	87	85	83
		5,00	118	101	114	99	108	96	93	91	94	92	90	90	88	86

LOẠI ĐÈN F																
$n_{\max} \leq 1,9 h$																
HỆ SỐ PHÂN XÁ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	57	52	55	51	40	38	30	24	37	30	24	29	24	22
		0,80	70	64	68	62	53	50	42	36	49	42	36	41	36	34
		1,00	80	72	77	70	64	60	52	46	58	51	46	50	45	43
		1,25	89	79	86	77	74	68	61	56	66	60	55	59	55	52
		1,50	96	84	92	83	81	74	68	63	72	67	62	66	62	59
		2,00	104	91	101	89	91	83	77	73	81	76	72	75	71	69
		2,50	110	95	106	93	98	88	83	79	86	82	78	80	77	75
		3,00	113	97	109	96	102	91	87	84	89	83	83	84	82	79
		4,00	118	100	114	99	108	95	92	89	93	90	88	89	87	84
	5,00	120	102	116	100	111	97	95	92	95	93	91	91	90	87	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	52	48	51	48	37	36	29	24	36	29	24	29	24	22
		0,80	65	60	64	59	50	48	41	36	48	41	36	41	36	34
		1,00	75	69	73	68	60	58	51	45	57	50	45	50	45	43
		1,25	84	76	82	75	70	66	60	55	65	59	55	59	54	52
		1,50	91	82	89	81	77	73	67	62	71	66	62	65	61	59
		2,00	100	89	96	88	88	81	76	72	80	75	72	74	71	69
		2,50	106	93	103	92	95	86	82	78	85	81	78	80	77	75
		3,00	110	96	107	95	99	90	83	83	88	85	82	84	81	79
		4,00	115	99	112	98	105	94	91	88	92	90	87	88	86	84
	5,00	118	101	114	100	109	97	94	91	95	92	90	91	89	87	

LOẠI ĐÈN G																
$n_{\max} \leq 2h$																
HỆ SỐ PHẢN XẠ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	58	53	56	52	42	40	32	26	39	31	26	31	26	24
		0,80	68	62	66	60	51	48	40	34	47	39	34	39	33	31
		1,00	76	69	74	67	59	56	47	41	54	46	41	45	40	38
		1,25	84	75	81	73	68	62	54	48	61	53	48	52	47	45
		1,50	90	79	87	78	74	68	60	54	66	59	54	58	53	50
		2,00	99	86	95	84	84	76	69	63	74	68	63	66	62	59
		2,50	104	90	100	88	91	81	75	70	79	74	69	72	68	66
		3,00	108	93	104	91	96	85	80	75	83	78	74	77	73	70
		4,00	114	97	109	95	102	90	86	82	88	84	81	82	79	76
		5,00	117	99	112	97	106	93	90	86	91	88	85	86	83	80
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	53	50	52	49	39	38	31	26	37	30	26	30	26	24
		0,80	63	58	62	58	48	46	39	33	45	28	33	88	33	31
		1,00	71	65	70	64	56	53	46	40	52	45	40	45	40	38
		1,25	79	72	77	71	64	60	53	47	59	52	47	52	47	45
		1,50	85	77	83	75	70	65	59	53	64	58	53	57	53	50
		2,00	95	84	92	82	80	74	68	63	73	67	62	66	62	59
		2,50	101	88	98	87	87	80	74	69	78	73	68	72	68	66
		3,00	105	92	102	90	92	84	79	74	82	77	73	76	73	70
		4,00	111	96	107	94	99	89	85	81	87	83	80	82	79	76
		5,00	115	98	111	97	104	92	89	85	90	87	84	86	83	80

LOẠI ĐÈN H																
$n_{\max} \leq 1,9h$																
HỆ SỐ PHẢN XẠ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	56	52	55	51	40	38	30	24	37	29	24	29	24	22
		0,80	66	60	64	59	49	46	37	31	45	37	31	36	31	28
		1,00	74	67	71	65	56	53	44	37	51	43	37	42	37	34
		1,25	82	73	78	71	64	59	51	44	57	50	44	49	43	41
		1,50	87	77	84	75	70	64	56	49	62	55	49	54	48	46
		2,00	96	83	92	81	80	72	65	58	70	63	58	62	57	54
		2,50	101	87	97	85	86	77	71	65	75	69	64	68	63	60
		3,00	105	90	101	88	91	81	75	70	79	74	69	72	68	65
		4,00	111	94	106	92	98	86	81	76	84	79	75	78	74	71
		5,00	114	97	110	95	102	90	85	81	87	83	80	81	78	75
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	51	48	51	48	37	36	29	24	36	29	24	28	24	22
		0,80	61	57	60	56	46	44	36	31	43	36	30	36	30	28
		1,00	69	63	67	62	53	50	43	37	50	42	37	42	36	34
		1,25	77	69	74	68	61	57	49	43	56	49	43	48	43	41
		1,50	83	74	80	73	67	62	55	49	61	54	48	53	48	46
		2,00	91	81	89	80	76	70	63	57	69	62	57	61	57	54
		2,50	98	86	94	84	83	76	69	64	74	68	63	67	63	60
		3,00	102	89	99	87	88	80	74	69	78	73	68	71	67	65
		4,00	108	93	104	91	95	85	80	76	83	79	75	77	74	71
		5,00	112	96	108	94	100	89	84	80	87	83	79	81	78	75

LOẠI ĐÈN I																
$n_{\max} \leq 2,3h$																
HỆ SỐ PHẢN XẠ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	51	47	50	46	34	32	24	17	31	23	17	22	17	15
		0,80	63	58	61	56	45	43	33	27	41	33	27	32	26	24
		1,00	73	65	70	63	54	51	42	35	49	41	35	40	34	32
		1,25	81	72	78	70	64	59	50	44	58	50	43	48	43	40
		1,50	88	77	85	76	71	65	57	51	63	56	50	55	50	47
		2,00	97	85	94	83	82	74	67	61	72	66	61	64	60	57
		2,50	104	89	99	87	89	80	74	69	78	72	68	71	67	64
		3,00	108	92	104	91	95	84	79	74	82	77	73	76	72	69
		4,00	113	96	109	95	102	90	85	81	87	84	80	82	79	76
		5,00	117	99	112	97	106	93	90	86	91	88	85	86	83	80
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	46	43	45	43	31	30	22	17	30	22	17	22	17	15
		0,80	58	54	57	53	42	40	32	26	40	32	26	32	26	24
		1,00	67	62	65	60	51	48	40	34	48	40	34	39	34	32
		1,25	76	69	74	68	60	57	49	43	56	48	43	48	42	40
		1,50	83	75	81	73	67	63	56	50	62	55	49	54	49	47
		2,00	93	83	90	81	78	72	66	60	71	65	60	64	59	5
		2,50	100	88	97	86	86	79	73	68	77	72	67	71	66	64
		3,00	105	91	101	90	92	83	78	73	81	77	72	75	72	69
		4,00	111	95	107	94	99	89	84	81	87	83	80	82	79	76
		5,00	115	98	111	97	104	92	89	85	90	87	84	86	83	80

LOẠI ĐÈN J																
$n_{\max} \leq 2,3h$																
HỆ SỐ PHÂN XẠ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	51	47	49	45	33	32	23	17	30	22	16	22	16	14
		0,80	61	55	58	54	42	40	30	23	38	29	23	29	23	20
		1,00	69	62	66	60	50	46	37	29	44	36	29	35	29	26
		1,25	76	68	73	66	57	53	43	35	51	42	35	41	35	32
		1,50	82	72	78	70	63	58	48	41	55	47	40	46	40	37
		2,00	90	78	86	76	72	66	57	49	63	55	49	54	48	45
		2,50	93	83	92	80	79	71	63	55	68	61	55	59	54	51
		3,00	100	86	96	84	84	75	67	60	72	65	60	64	58	55
		4,00	106	90	101	88	91	80	73	67	77	72	66	70	65	62
		5,00	109	93	105	91	96	84	78	72	81	76	71	74	70	66
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	46	43	45	42	31	30	22	16	29	21	16	21	16	14
		0,80	55	51	54	50	39	37	29	23	37	29	23	28	23	20
		1,00	63	58	61	57	46	44	35	29	43	35	28	34	28	26
		1,25	71	64	69	63	53	50	41	35	49	41	35	40	34	32
		1,50	77	69	74	67	59	56	47	40	54	46	40	45	39	37
		2,00	86	76	83	74	69	63	55	48	62	54	48	53	47	45
		2,50	92	81	89	79	75	69	61	55	67	60	54	59	53	51
		3,00	97	84	93	82	81	73	66	59	71	64	59	63	58	55
		4,00	103	89	99	87	88	79	72	66	77	71	66	69	65	62
		5,00	107	92	103	90	93	83	77	71	80	75	70	73	69	66

LOẠI ĐÈN T																
$n_{\max} \leq 6h$																
HỆ SỐ PHÂN XÁ	Trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	0	
	Tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1	0	
	Sàn	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=0	Hệ số không gian k	0,60	47	43	40	37	30	29	23	19	20	16	14	10	8	0
		0,80	56	51	48	44	38	35	30	26	25	21	18	12	11	0
		1,00	63	57	53	48	44	41	35	32	28	25	22	15	13	0
		1,25	69	62	59	53	50	46	41	36	32	28	26	17	15	0
		1,50	74	65	63	56	54	50	45	41	34	31	29	18	17	0
		2,00	81	70	68	60	61	55	54	47	38	35	33	21	20	0
		2,50	85	73	72	63	65	58	55	51	41	38	36	22	21	0
		3,00	88	75	74	65	68	61	57	54	42	40	38	24	23	0
		4,00	92	78	77	67	73	64	61	59	45	44	41	25	24	0
		5,00	94	80	79	69	76	66	64	62	46	45	43	26	26	0
TỶ SỐ TREO ĐÈN J=1/3	Hệ số không gian k	0,60	28	26	25	23	14	14	9	6	11	6	4	4	2	0
		0,80	37	34	33	30	20	20	13	9	15	10	6	6	4	0
		1,00	45	41	39	36	26	25	18	13	18	14	9	8	6	0
		1,25	52	47	45	41	32	30	23	18	22	17	12	11	7	0
		1,50	58	52	50	45	37	35	28	22	25	20	15	12	9	0
		2,00	67	59	57	51	45	42	35	29	30	25	20	15	12	0
		2,50	73	64	62	55	51	47	40	35	33	28	24	17	14	0
		3,00	77	67	66	58	56	51	44	39	36	31	27	19	16	0
		4,00	83	72	71	62	62	56	50	46	39	35	32	21	19	0
		5,00	87	75	74	64	67	59	54	50	42	38	35	23	21	0

Hệ số dự trữ:

Bụi môi trường	Bảo dưỡng	Bóng đèn nung sáng		Bóng đèn huỳnh quang				Bóng NATRI cao áp		Bóng NATRI hạ áp	IODUA kim loại	
		Thường	Halo-gen	TFP	HFP	Com-pacte	Bóng tròn	MAC	SA-TINA	SIO	MAIH	MTIL
Ít	Tốt Không tốt	1,15	1,05	1,25	1,20	1,25	1,20	1,15	1,20	1,20	1,25	1,30
		1,72	1,57	1,87	1,80	1,87	1,80	1,72	1,80	1,80	1,87	1,95
Trung bình	Tốt Không tốt	1,25	1,15	1,35	1,30	1,35	1,30	1,25	1,30	1,30	1,35	1,40
		1,87	1,70	2	1,95	2	1,95	1,87	1,95	1,95	2	2,1
Nhiều	Tốt Không tốt	1,35	1,25	1,45	1,40	1,45	1,40	1,35	1,40	1,40	1,45	1,50
		2	1,83	2,17	2,1	2,17	2,1	2,1	2,1	2,1	2,17	2,25