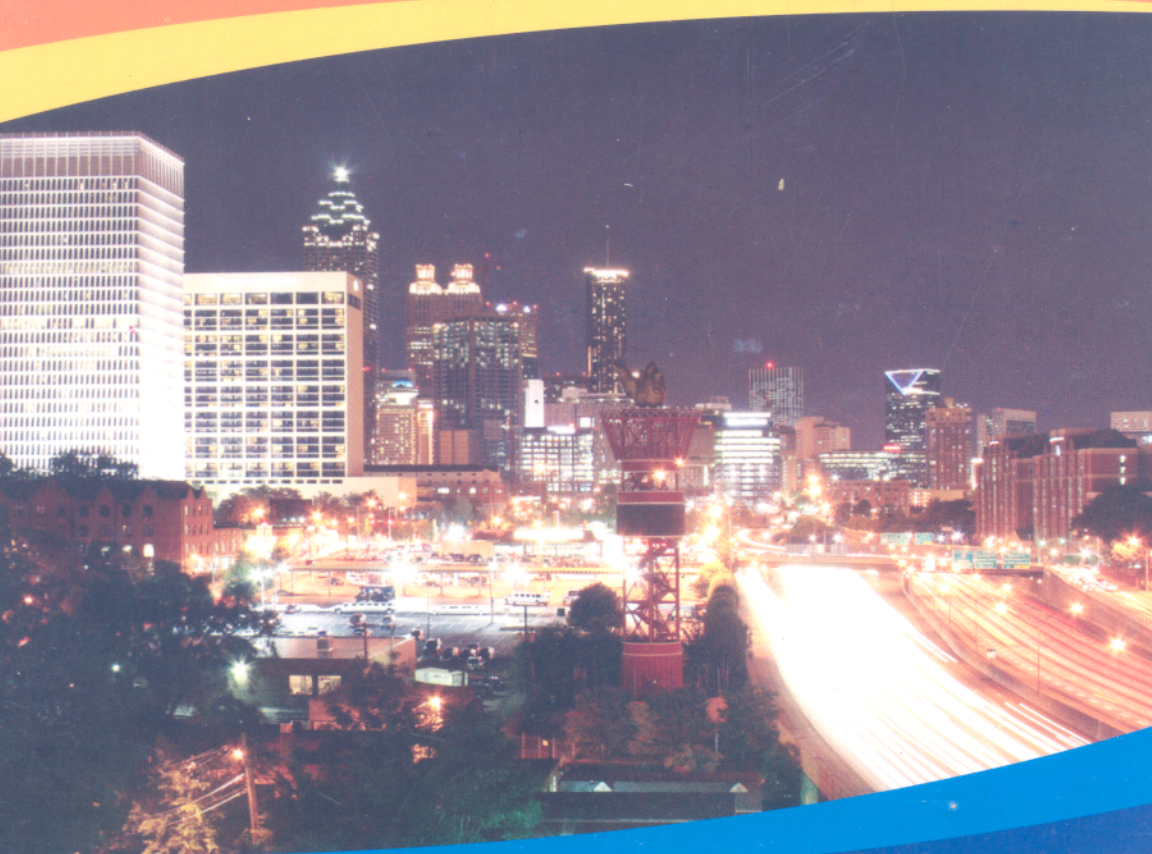


PGS. TS. ĐẶNG VĂN ĐÀO (Chủ biên) - PGS. TS. LÊ VĂN DOANH
TS. NGUYỄN NGỌC MỸ

THIỆT BỊ VÀ HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

PGS.TS. ĐẶNG VĂN ĐÀO (chủ biên) - PGS.TS. LÊ VĂN DOANH
TS. NGUYỄN NGỌC MỸ

THIẾT BỊ VÀ HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG

Khái niệm cơ bản – Thiết kế – Điều khiển
Quản lý và bảo dưỡng hệ thống chiếu sáng

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục

113-2008/CXB/77-175/GD

Mã số : 7K737Y8-DAI

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học và công nghệ, các thiết bị chiếu sáng ngày càng được cải tiến và có nhiều chủng loại mới với hiệu suất cao và chất lượng ánh sáng tốt. Các hệ thống chiếu sáng được thiết kế với hiệu quả cao nhờ áp dụng kỹ thuật điều khiển hiện đại, kiểm soát và quản lý theo chương trình trên máy tính. Hệ thống chiếu sáng đã tạo được môi trường ánh sáng tiện nghi cho người sử dụng, thỏa mãn điều kiện lao động tốt nhất, đồng thời tiết kiệm điện.

Cuốn "Thiết bị và hệ thống chiếu sáng" trình bày những kiến thức cơ bản và cập nhật về thiết bị và kỹ thuật chiếu sáng, thiết kế, điều khiển, quản lý và bảo dưỡng hệ thống chiếu sáng. Cuốn sách được viết trên cơ sở đề cương và bài giảng của các tác giả tại khoa Điện - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, khoa Kỹ thuật và Công nghệ - Trường Đại học Quy Nhơn và một số trường cao đẳng và trung cấp chuyên nghiệp.

Cuốn sách được sử dụng cho sinh viên khoa Điện, khoa Kỹ thuật và Công nghệ, chuyên ngành chiếu sáng của các trường đại học, cao đẳng và trung cấp chuyên nghiệp cũng như các cán bộ kỹ thuật làm việc trong lĩnh vực thiết kế chế tạo thiết bị chiếu sáng, thiết kế và quản lý hệ thống chiếu sáng.

Các tác giả chân thành cảm ơn Ban biên tập sách Đại học - Dạy nghề - Nhà xuất bản Giáo dục, các thầy cô giáo khoa Điện - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, khoa Kỹ thuật và Công nghệ - Trường Đại học Quy Nhơn đã giúp đỡ và động viên để cuốn sách được hoàn thành, đáp ứng kịp thời nhu cầu của độc giả.

Chúng tôi rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Thư góp ý xin gửi về địa chỉ: Công ty Cổ phần Sách Đại học - Dạy nghề - Nhà xuất bản Giáo dục, Khoa Điện - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội hoặc Khoa Kỹ thuật và Công nghệ - Trường Đại học Quy Nhơn.

CÁC TÁC GIẢ

Chương 1

ÁNH SÁNG - CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO ÁNH SÁNG

1.1. Ánh sáng

1.1.1. Bước sóng của ánh sáng

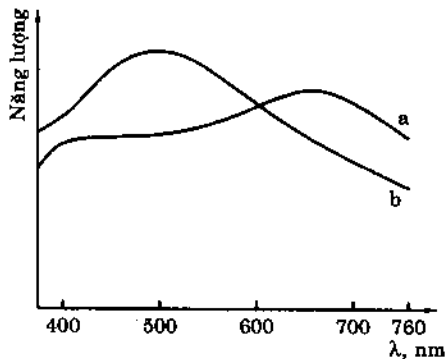
Ánh sáng là bức xạ điện từ có bước sóng từ 380nm đến 780nm (nm- nanomet = 10^{-9} mét) mà mắt con người có thể cảm nhận được trực tiếp.

Ánh sáng vừa có tính chất sóng vừa có tính chất hạt, có vận tốc truyền trong chân không là 3.10^8 m/s.

Màu của ánh sáng phụ thuộc vào bước sóng. Ủy ban quốc tế về chiếu sáng (CIE) đã đưa ra các bước sóng giới hạn và bước sóng cực đại (max) của các màu cơ bản như sau:

Giới hạn	380nm 439nm 498nm 568nm 592nm 631nm 780nm							
Bước sóng cực đại (max)	Tử ngoại (cực tím)	Tím	Xanh da trời	Xanh lá cây	Vàng	Da cam	Đỏ	Hồng ngoại
		412	470	515	577	600	673	

Ánh sáng trắng ban ngày là phổ liên tục các bước sóng từ 380nm đến 780nm. Phụ thuộc vào thời điểm và bầu trời quang hay mây mù, phổ ánh sáng trắng sẽ khác nhau (hình 1.1).



Hình 1.1. Phổ ánh sáng trắng

a) Ánh sáng ban ngày giữa trưa trời quang; b) Ánh sáng ban ngày khi trời đầy mây.

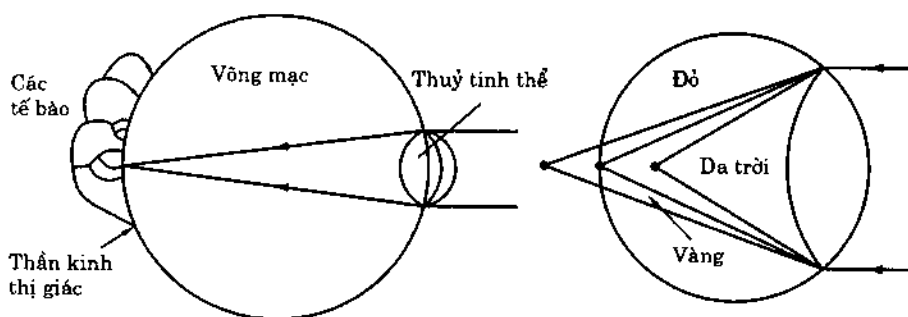
1.1.2. Mắt người và sự cảm nhận ánh sáng

Giác mạc và nhất là thủy tinh thể tạo nên một hệ thống quang học, cho phép hình ảnh được tạo nên trên võng mạc. Võng mạc bao gồm rất nhiều tế bào thần kinh thị giác (hình 1.2). Có 2 loại tế bào:

- Tế bào hình nón có khoảng 7 triệu tế bào, nằm giữa võng mạc cho ta phân biệt màu sắc của ánh sáng.

- Tế bào hình que có khoảng 120 triệu tế bào, chúng bao phủ phần còn lại của võng mạc cho ta phân biệt màu đen trắng của ánh sáng.

- Tế bào thần kinh thị giác thực chất là các tế bào quang điện, liên hệ với bộ não người dưới dạng luồng tín hiệu thần kinh ăn nhịp với ánh sáng kích thích vào nó, nhạy cảm màu đi từ màu tím đến màu đỏ. Ánh sáng màu tím tụ tiêu trước võng mạc một ít, ánh sáng màu đỏ tụ tiêu sau võng mạc một ít, ánh sáng vàng có bước sóng $\lambda = 555\text{nm}$ tụ tiêu đúng trên võng mạc, do đó mắt người cảm nhận màu vàng tốt nhất.

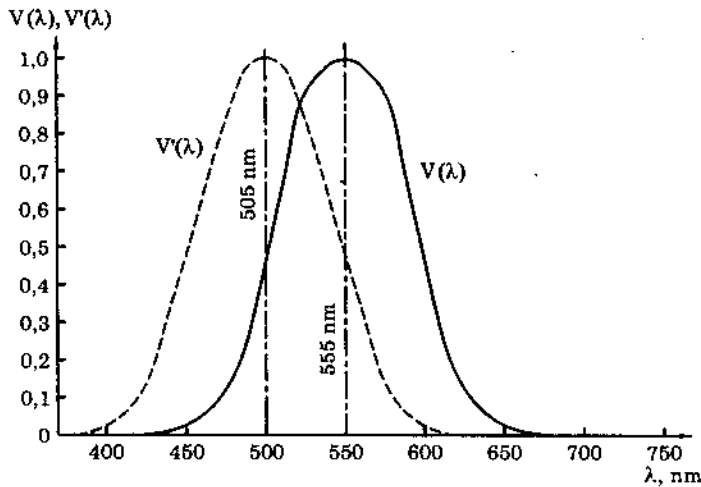


Hình 1.2. Mắt người và sự cảm nhận ánh sáng

1.1.3. Độ nhạy ánh sáng tương đối của mắt

Như ở hình 1.2, thấy rằng mắt người nhạy cảm không đồng đều đối với ánh sáng có bước sóng khác nhau. ánh sáng vàng có bước sóng $\lambda = 555\text{nm}$, mắt thường nhìn rõ nhất vào ban ngày. Ánh sáng màu xanh lá cây có bước sóng $\lambda = 505\text{nm}$, mắt thường nhìn rõ nhất vào ban đêm.

Trên hình 1.3, $V(\lambda)$ là đường cong độ nhạy ánh sáng tương đối với thị giác ban ngày và $V'(\lambda)$ với thị giác ban đêm.



Hình 1.3. Đường cong độ nhạy ánh sáng tương đối của mắt

1.2. Các đại lượng và đơn vị đo ánh sáng

1.2.1. Quang thông Φ - lumen (lm)

Quang thông Φ là công suất chuyển thành ánh sáng của các bức xạ có bước sóng từ $\lambda_1 = 380\text{nm}$ đến bước sóng $\lambda_2 = 780\text{nm}$ do nguồn sáng phát ra

$$\Phi = \int_{\lambda_1=380\text{nm}}^{\lambda_2=780\text{nm}} W(\lambda)V(\lambda)d\lambda \quad (1.1)$$

Trong đó:

$W(\lambda)$ là phân bố phổ năng lượng của bức xạ.

$V(\lambda)$ là độ nhạy ánh sáng tương đối của mắt.

Đơn vị của quang thông là lumen (lm)

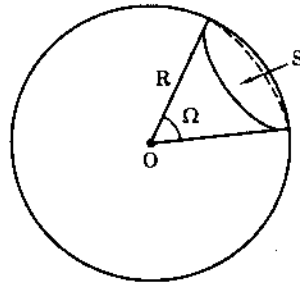
$$1\text{lumen} = \frac{1}{683} \text{ oát ánh sáng}$$

Quang thông của một số đèn thông dụng:

Loại đèn	Quang thông (lm)
Đèn sợi đốt 40W	430
Đèn compac huỳnh quang 7W	400
Đèn ống huỳnh quang 36W	3350
Đèn cao áp Natri 50W	4000

1.2.2. Cường độ sáng I – Candela (cd)

Cường độ sáng đặc trưng khả năng phát xạ của nguồn sáng theo một phương cho trước. Trước tiên ta nhắc lại khái niệm góc khối Ω , là góc không gian được sử dụng trong tính toán chiếu sáng. Hình 1.4 biểu diễn góc khối Ω có đỉnh tại O cắt mặt cầu bán kính R diện tích S.



Hình 1.4. Biểu diễn góc khối

Góc khối Ω được định nghĩa bằng tỷ số diện tích S trên bình phương bán kính hình cầu.

$$\Omega = \frac{S}{R^2} \quad (1.2)$$

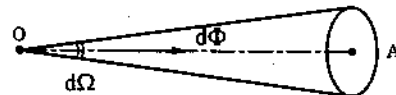
Đơn vị đo góc khối là steradian (sr).

Góc khối Ω tại điểm O cực đại khi S là toàn bộ diện tích mặt cầu:

$$\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \quad (\text{sr})$$

Ta xét cường độ sáng của nguồn O tới điểm A:

Giả thiết nguồn sáng phát lượng quang thông $d\Phi$ trong góc khối $d\Omega$ hướng tới A (hình 1.5).



Hình 1.5. Định nghĩa cường độ sáng

Cường độ sáng của nguồn tới điểm A được định nghĩa là:

$$I_{OA} = \lim_{d\Omega \rightarrow 0} \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (1.3)$$

Đơn vị đo cường độ sáng là candela (cd).

Dưới đây đưa ra cường độ sáng của một số nguồn sáng thường gặp.

Ngon nến: 0,8cd theo mọi hướng

Đèn sợi đốt 40W – 220V: 35cd theo mọi hướng

Mặt trời giữa trưa: $26,1 \cdot 10^{26}$ cd

1.2.3. Độ rọi E – lux (lx)

Độ rọi là đại lượng đặc trưng cho mức được chiếu sáng cao hay thấp của bề mặt.

– Độ rọi trung bình

Độ rọi trung bình E là mật độ quang thông trên bề mặt được chiếu sáng, được tính là:

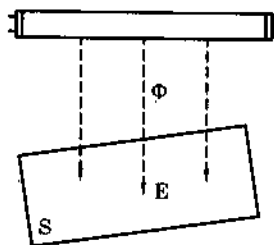
$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1.4)$$

Trong đó: Φ là quang thông bề mặt nhận được (hình 1.6).

S là diện tích bề mặt.

Đơn vị của độ rọi là lux (lx).

Độ rọi trung bình được cho trong Tiêu chuẩn nhà nước (quốc tế) để sử dụng khi thiết kế.



Hình 1.6. Độ rọi trung bình

– Độ rọi điểm

Độ rọi điểm là độ rọi tại một điểm trên bề mặt được chiếu sáng.

Ta xét nguồn sáng điểm O phát cường độ sáng I tới điểm A .

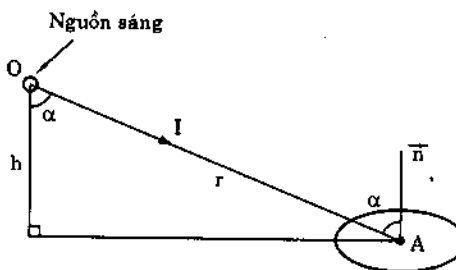
Độ rọi tại điểm A được tính là:

$$E_A = \frac{I \cos \alpha}{r^2} = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (1.5)$$

α là góc hợp bởi pháp tuyến $\vec{n}$ của dS với phương cường độ sáng I (hình 1.7).

Độ rọi điểm thay đổi với độ nghiêng tương đối của bề mặt và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách h .

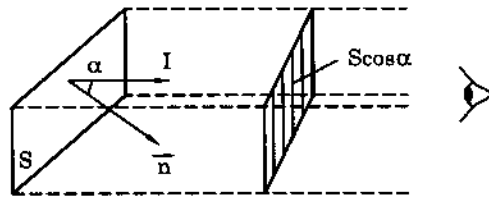
Khi tia sáng vuông góc với bề mặt ($\alpha = 0$) sẽ có độ rọi lớn nhất bằng $\frac{I}{h^2}$.



Hình 1.7. Độ rọi điểm

1.2.4. Độ chói L (cd/m^2)

Khi nhìn nguồn (hoặc bề mặt phát sáng), mắt người trực tiếp thu nhận cường độ sáng, gây ra cảm giác chói sáng. Cảm giác ấy được đánh giá bằng độ chói L .



Hình 1.8. Độ chói khi nhìn mặt phát sáng

– Độ chói L khi nhìn diện tích mặt phát sáng S (hình 1.8) được tính là:

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha} \quad (1.6)$$

Trong đó: I là cường độ sáng của mặt S hướng tới mắt người quan sát.

α là góc giữa pháp tuyến $\vec{n}$ của mặt S và hướng nhìn.

$S \cos \alpha$ được gọi là bề mặt biểu kiến khi nhìn mặt phát sáng S .

Đơn vị của độ chói là candela trên mét vuông (cd/m^2).

Độ chói ảnh hưởng đến khả năng và tiện nghi nhìn của mắt, nếu độ chói quá nhỏ mắt không nhìn thấy, nếu độ chói lớn quá sẽ làm cho mắt khó chịu, gây chói lóa. Độ chói nhỏ nhất để mắt nhìn thấy là 10^{-5} cd/m^2 và bắt đầu gây khó chịu lóa mắt ở 5000 cd/m^2 .

Công thức (1.6) cho thấy độ chói khi nhìn mặt phát sáng phụ thuộc vào hướng nhìn bề mặt, không phụ thuộc vào khoảng cách từ mặt đó tới điểm quan sát.

Một vài trị số độ chói thường gặp:

– Bề mặt của mặt trời	:	165.10^7 cd/m^2
– Bề mặt của mặt trăng	:	2.500 cd/m^2
– Đèn sợi đốt 100W/220V bóng sáng	:	6.10^6 cd/m^2
– Đèn ống huỳnh quang 1,2m	:	$5000 \div 8000 \text{ cd/m}^2$

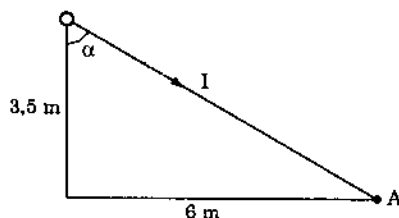
Ví dụ 1.1. Một bóng đèn tròn có số liệu sau: $P = 100\text{W}$; $U = 220\text{V}$; $\Phi = 2100\text{lm}$ phát sáng trong không gian vô hạn. Tính cường độ sáng I của bóng đèn phát ra theo mọi hướng.

Lời giải:

Đèn phát cường độ đồng đều theo mọi hướng được tính theo công thức :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} = \frac{2100}{4\pi} = 167,1 \text{ (cd)}$$

Ví dụ 1.2. Một đèn chiếu sáng vườn hoa hình cầu đường kính cầu 0,2m (hình 1.9). Đèn phát sáng cường độ đồng đều theo mọi hướng $I = 210\text{cd}$. Cột đèn cao 3,5m.



Hình 1.9. Cho ví dụ 1.2

a) Tìm độ rọi tại điểm A trên mặt đất, cách chân cột 6m.

b) Tính độ chói khi nhìn đèn.

Lời giải:

a) Độ rọi tại A được tính là

$$E_A = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{210 \cdot 0,5^3}{(3,5)^2} = 2,14(\text{lx})$$

Trong đó:

$$\cos \alpha = \frac{3,5}{\sqrt{(3,5)^2 + 6^2}} = 0,5$$

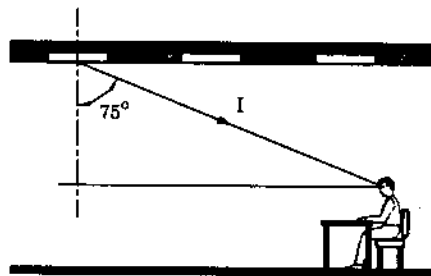
b) Độ chói khi nhìn đèn được tính là

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha} = \frac{210}{0,031416} = 6684,49(\text{cd}/\text{m}^2)$$

$S \cos \alpha$ là diện tích biểu kiến chính là diện tích hình tròn lớn của quả cầu bằng $\frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} = 0,031416(\text{m}^2)$.

Để giảm độ chói ta chọn cầu có đường kính tăng lên.

Ví dụ 1.3. Một bộ đèn huỳnh quang đặt âm trần (chôn vào trần). Bề mặt phát quang của bộ đèn đặt ở trần là hình chữ nhật có diện tích $S = 0,27 \times 1,3 \text{m}^2 = 0,351 \text{m}^2$. Tính độ chói khi nhìn bộ đèn dưới góc 75° (hình 1.10), biết rằng cường độ sáng của bộ đèn theo hướng này $I_{75^\circ} = 67 \text{cd}$.



Hình 1.10. Cho ví dụ 1.3

Lời giải:

Độ chói nhìn đèn dưới góc 75° là:

$$L = \frac{I_{75^\circ}}{S \cos \alpha} = \frac{67}{0,351 \cdot \cos 75^\circ} = 737,5 (\text{cd/m}^2)$$

1.3. Sự phản xạ, hấp thụ và thấu xạ

Khi ánh sáng đập vào một vật, ánh sáng có thể phản xạ, bị hấp thụ hoặc truyền qua (thấu xạ). Đặc trưng cho các hiện tượng trên người ta đưa ra hệ số phản xạ ρ , hệ số hấp thụ γ và hệ số thấu xạ τ .

1.3.1. Hệ số phản xạ (ρ)

Hệ số phản xạ được định nghĩa là tỷ số giữa quang thông phản xạ Φ_p và quang thông tới Φ_t . Hệ số phản xạ ký hiệu là ρ có công thức:

$$\rho = \frac{\Phi_p}{\Phi_t} \quad (1.7)$$

Hệ số phản xạ ρ của một số vật liệu, màu:

Vật liệu, màu	Hệ số phản xạ %
Thạch cao trắng, màu trắng sáng	80
Sơn trắng	75 – 85
Giấy trắng	70 – 80
Men sứ trắng	70 ~ 80
Các màu trắng nhạt	70
Màu vàng, xanh lá cây sáng, màu xi măng	50
Các màu rực rỡ, gạch	30
Các màu tối, kính	10
Giấy đen	5
Vải đen	1

1.3.2. Hệ số hấp thụ (γ)

Hệ số hấp thụ γ là tỷ số giữa quang thông bị hấp thụ Φ_γ và quang thông tới Φ_t , được ký hiệu là γ :

$$\gamma = \frac{\Phi_\gamma}{\Phi_t} \quad (1.8)$$

Hệ số hấp thụ γ của một số vật liệu:

Vật liệu	Hệ số hấp thụ %
Bóng pha lê trong	5 – 12
Bóng thủy tinh sáng	10 – 20
Bóng nhựa sáng	20 – 40
Bóng thủy tinh mờ	20 – 30
Bóng thủy tinh vàng	40 – 60

1.3.3. Hệ số thấu xạ (truyền sáng)

Hệ số thấu xạ là tỷ số giữa quang thông được truyền qua vật liệu Φ_t và quang thông tới Φ_i , được ký hiệu là τ :

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i} \quad (1.9)$$

Vì tổng các quang thông phản xạ Φ_p , quang thông bị hấp thụ Φ_γ và quang thông truyền qua Φ_t bằng quang thông tới bề mặt, nên ta có:

$$\rho + \gamma + \tau = 1 \quad (1.10)$$

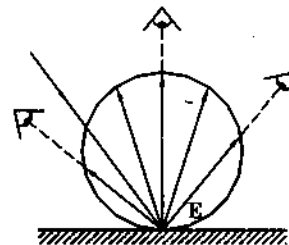
Các hệ số ρ , γ , τ phụ thuộc vào bản chất và màu sắc vật liệu.

1.4. Định luật Lambert

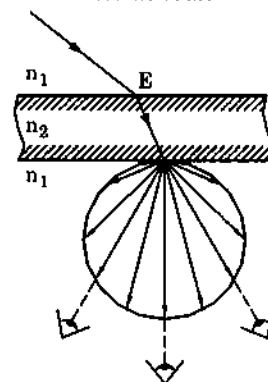
Đối với các vật liệu mịn, có màu như giấy, bàn, tường, trần ... thường gặp trong nội thất, khi có ánh sáng tới sẽ có hiện tượng phản xạ khuếch tán hoàn toàn (hình 1.11).

Đối với các vật liệu như thủy tinh màu trắng sữa, kính khi ánh sáng truyền qua sẽ có hiện tượng thấu xạ khuếch tán hoàn toàn (hình 1.12).

Trong trường hợp phản xạ hoặc thấu xạ khuếch tán hoàn toàn, độ chói khi nhìn vào bề mặt theo các hướng khác nhau đều bằng nhau và được tính theo định luật Lambert như sau:



Hình 1.11. Phản xạ khuếch tán hoàn toàn



Hình 1.12. Thấu xạ khuếch tán hoàn toàn

Phản xạ khuếch tán hoàn toàn:

$$L\pi = \rho E \quad (1.11)$$

Thấu xạ khuếch tán hoàn toàn:

$$L\pi = \tau E \quad (1.12)$$

Trong đó: E là độ rọi tại bề mặt tới.

ρ là hệ số phản xạ của bề mặt.

τ là hệ số thấu xạ.

L là độ chói, bằng nhau theo mọi hướng nhìn.

Ví dụ 1.4. Một bức tường màu sơn trắng có hệ số phản xạ $\rho = 0,8$. Độ rọi trên tường bằng 150 lx. Tính độ chói khi nhìn tường.

Lời giải:

Độ chói khi nhìn tường có hệ số phản xạ $\rho = 0,8$ được tính theo định luật Lambert (công thức 1.11)

$$L = \frac{\rho E}{\pi} = \frac{0,8 \cdot 150}{\pi} = 38,2 \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

Ví dụ 1.5. Mặt trước của một vật thể bằng thủy tinh trắng sữa nhận ánh sáng có độ rọi $E = 250$ lx. Xác định độ chói khi nhìn mặt đối diện. Hệ số thấu xạ của vật thể $\tau = 0,6$.

Lời giải:

Độ chói L khi nhìn tia thấu xạ phía mặt đối diện được tính theo định luật Lambert (công thức 1.12)

$$L = \frac{\tau E}{\pi} = \frac{0,6 \cdot 250}{\pi} = 47,74 \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

1.5. Độ tương phản C

Độ tương phản C khi mắt người quan sát một vật có độ chói L_0 trên nền có độ chói L_f được định nghĩa là:

$$C = \frac{L_0 - L_f}{L_f} \quad (1.13)$$

Mắt người chỉ phân biệt được vật và nền ở mức chiếu sáng vừa đủ nếu:

$$|C| \geq 0,01$$

Trên cơ sở đó người ta đưa ra độ rọi E tối thiểu đối với các loại địa điểm và công việc.

Ví dụ 1.6. Trên tường có độ rọi $E = 150 \text{ lx}$ trong ví dụ 1.4 ta dán một tờ giấy màu xám có hệ số phản xạ $\rho = 0,5$. Xác định độ tương phản khi nhìn tờ giấy trên tường.

Lời giải:

Độ chói của tờ giấy L_0 :

$$L_0 = \frac{\rho E}{\pi} = \frac{0,5 \cdot 150}{\pi} = 23,87 (\text{cd/m}^2)$$

Độ chói của tường L_f :

$$L_f = \frac{\rho E}{\pi} = \frac{0,8 \cdot 150}{\pi} = 38,2 (\text{cd/m}^2)$$

Độ tương phản C :

$$C = \frac{L_0 - L_f}{L_f} = \frac{23,87 - 38,2}{38,2} = -0,375$$

Vì $|C| \geq 0,01$ nên ta phân biệt tốt tờ giấy và tường.

Ví dụ 1.7. Dùng một đèn chiếu sáng vào tờ giấy trong ví dụ 1.6 với độ rọi trên tờ giấy bằng 240 lx . Xác định độ tương phản C khi nhìn tờ giấy trên tường.

Lời giải:

Độ chói của tờ giấy:

$$L_0 = \frac{\rho E}{\pi} = \frac{0,5 \cdot 240}{\pi} = 38,2 (\text{cd/m}^2)$$

Độ tương phản C :

$$C = \frac{L_0 - L_f}{L_f} = \frac{38,2 - 38,2}{38,2} = 0$$

Vì $C = 0$ nên ta không phân biệt được tờ giấy và tường, nghĩa là không nhìn thấy tờ giấy trên tường.

1.6. Đặc tính màu của ánh sáng

1.6.1. Nhiệt độ màu T đơn vị là Kelvin (K)

Để diễn tả chính xác màu của ánh sáng ta dùng “nhiệt độ màu” ký hiệu là T , đơn vị đo là độ Kelvin (K).

Người ta so sánh màu của ánh sáng của nguồn quan sát với ánh sáng của vật đen tuyệt đối ở cùng nhiệt độ T (Kelvin) phát ra và đưa ra định nghĩa:

Nhiệt độ màu T (Kelvin) của ánh sáng (của nguồn sáng bất kỳ) là nhiệt độ (Kelvin) của vật đen tuyệt đối, khi đốt nóng ở nhiệt độ đó, vật đen phát ra ánh sáng có cùng màu với ánh sáng của nguồn quan sát.

Nguồn sáng	Nhiệt độ màu T (K)
Ngon nến	1800
Đèn sợi đốt thông thường	2500
Đèn sợi đốt Halogen	2950
Đèn huỳnh quang ánh sáng trắng ấm	3000
Đèn huỳnh quang ánh sáng trắng trung tính	3500 – 5500
Đèn huỳnh quang ánh sáng trắng lạnh	> 6000
Ánh sáng ban ngày trời mây	6000 + 8000

Khi nói nhiệt độ màu của ánh sáng đèn huỳnh quang 4000K không có nghĩa nhiệt độ thực của bóng đèn là 4000K (nhiệt độ thực của bóng đèn vào khoảng 45°C).

1.6.2. Chỉ số thể hiện màu CRI (hoặc Ra)

Cùng một màu nhưng khi quan sát dưới ánh sáng của các nguồn khác nhau sẽ có cảm nhận màu không giống nhau.

Chỉ số thể hiện màu CRI đánh giá độ sai lệch về màu khi quan sát dưới ánh sáng (của nguồn sáng nào đó) so với quan sát dưới ánh sáng của nguồn sáng chuẩn (của vật đen tuyệt đối, ánh sáng trắng ban ngày) cùng nhiệt độ màu.

Người ta quy ước chỉ số CRI có trị số trong khoảng 0 – 100.

Ánh sáng đơn sắc có chỉ số CRI = 0. Ánh sáng đèn sợi đốt có CRI $\approx$ 100.

Khi quan sát dưới ánh sáng có:

CRI = 0 màu hoàn toàn bị biến đổi.

CRI < 50 màu bị biến đổi nhiều.

50 < CRI < 70 màu bị biến đổi.

70 < CRI < 85 màu ít bị biến đổi.

CRI > 85 sự thể hiện màu tốt.

Trong môi trường chiếu sáng thông thường có thể chọn nguồn có CRI trong khoảng 70 – 85. Trong môi trường chiếu sáng chất lượng cao như công nghiệp màu, công trình văn hóa thể thao cần chọn nguồn có CRI > 85.

Chương 2

THIẾT BỊ CHIẾU SÁNG

2.1. Nguồn sáng điện (đèn điện)

Nguồn sáng điện biến đổi điện năng thành quang năng, tạo ra ánh sáng nhân tạo.

2.1.1. Những cách tạo ra ánh sáng nhân tạo

Để tạo ra ánh sáng, hiện nay người ta sử dụng 3 nguyên lý sau:

- Đốt sợi kim loại (vonfram) ở nhiệt độ cao.
- Sử dụng hiện tượng huỳnh quang phát sáng.
- Phóng điện hồ quang giữa 2 điện cực.

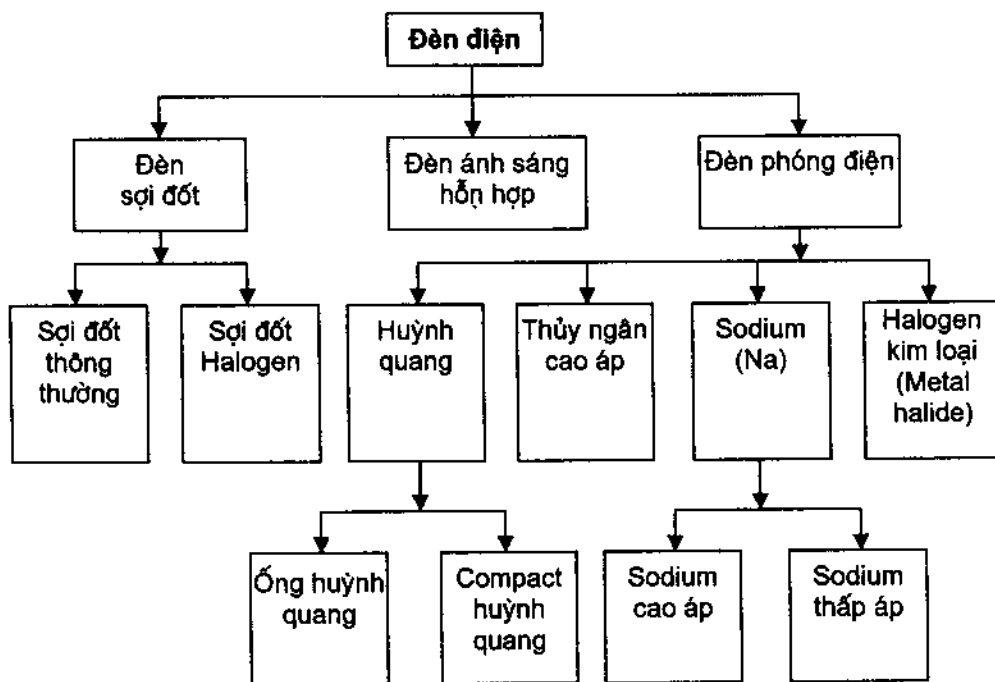
2.1.2. Sự phát triển của đèn điện

Sự phát triển của đèn điện được đánh dấu bằng các mốc thời gian ra đời sau:

- Năm 1879: Nhà bác học người Mỹ Thomas Edison đã phát minh ra đèn sợi đốt, dây tóc làm bằng than cacbon, phát minh này đã mở ra một kỷ nguyên mới về nguồn sáng nhân tạo. Ngày nay sợi đốt làm bằng vonfram.
- Năm 1923: đèn Natri (Sodium) áp suất thấp ra đời.
- Năm 1930: đèn cao áp thủy ngân ra đời.
- Năm 1938: đèn ống huỳnh quang ra đời.
- Năm 1958: đèn sợi đốt Halogen ra đời.
- Năm 1960: đèn Halogen kim loại ra đời.
- Năm 1962: đèn cao áp natri ra đời.
- Năm 1992: đèn compact huỳnh quang ra đời.

2.1.3. Phân loại các đèn điện

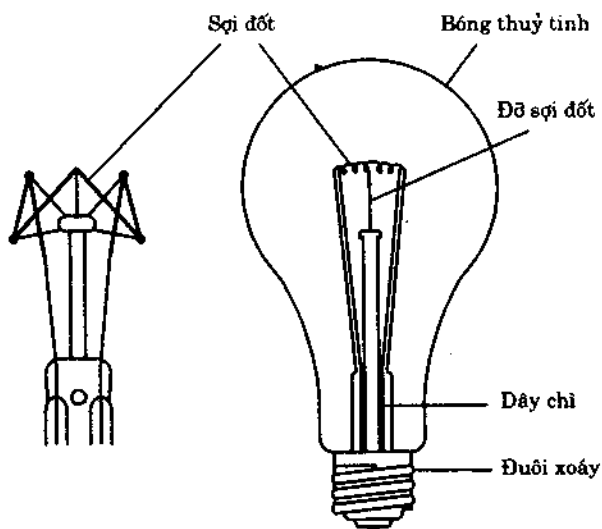
Dựa vào nguyên lý hoạt động có thể phân loại đèn điện như sau:



2.2. Đèn sợi đốt

2.2.1. Đèn sợi đốt thông thường

Cấu tạo đèn sợi đốt thông thường trên hình 2.1



Hình 2.1. Cấu tạo đèn sợi đốt thông thường

Sợi đốt làm bằng dây vonfram. Vonfram nóng chảy ở nhiệt độ cao 3650K và có các chỉ tiêu tốt về điện trở, tính kéo dãn, khả năng phát xạ và độ bền về cơ học.

Cho dòng điện chạy qua sợi đốt, dây vonfram bị nung nóng phát ra các bức xạ phần lớn trong miền hồng ngoại. Khi nhiệt độ tăng thì phổ của các bức xạ càng dịch chuyển về miền ánh sáng nhìn thấy.

Đặc tính kỹ thuật:

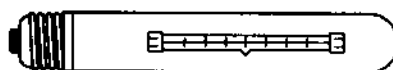
- Hiệu suất phát quang thấp : $(13 \div 20)$ lm/W
- Tuổi thọ trung bình thấp : 1000 giờ
- Chỉ số màu : CRI = 100
- Nhiệt độ màu T : 2500K
- Giá thành hạ.
- Khởi động tức thời.

Đèn sợi đốt có nhược điểm là hiệu suất phát quang thấp, tuổi thọ thấp. Sử dụng đèn sợi đốt để chiếu sáng không tiết kiệm điện năng, phát nóng (95% điện năng đèn tiêu thụ phát nhiệt) nên chỉ sử dụng đèn sợi đốt ở nơi yêu cầu độ rọi thấp.

2.2.2. Đèn sợi đốt Halogen

Ở đèn sợi đốt thông thường vonfram dễ bị bay hơi ở nhiệt độ cao, do đó bị mòn dần nên sợi đốt dễ bị đứt. Ở đèn sợi đốt Halogen người ta cho các chất họ Halogen vào bóng đèn làm hạn chế sợi đốt bay hơi, tăng nhiệt độ sợi đốt. Do đó đặc tính tốt hơn.

Cấu tạo đèn sợi đốt Halogen trên hình 2.2.



Hình 2.2. Đèn sợi đốt Halogen

Đặc tính kỹ thuật:

- Hiệu suất phát quang : $19 \div 25$ lm/W
- Tuổi thọ trung bình : 2000 giờ.
- Không còn hiện tượng sợi đốt bị bay hơi làm đen bầu đèn.
- Giá thành cao hơn đèn sợi đốt thông thường.

Ưu điểm so với đèn sợi đốt thông thường:

- Giảm sự bay hơi, do đó tuổi thọ cao hơn, hạn chế suy giảm quang thông.

- Nhiệt độ làm việc của đèn cao hơn do đó làm tăng nhiệt độ màu $T = 2800K \div 3200K$.
- Chỉ số CRI = 100.
- Giảm kích thước, tăng hiệu suất phát quang.

Đèn sợi đốt Halogen được sử dụng trong chiếu sáng chất lượng cao.

Thông số đèn sợi đốt và đèn sợi đốt Halogen cho ở bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thông số đèn sợi đốt

Đèn sợi đốt thông thường

Công suất P (W)	Quang thông Φ (lm)
15	120
25	220
40	430
60	740
75	970
100	1390
150	2200
200	3000
300	5000
500	8700
1000	18700
1500	27700

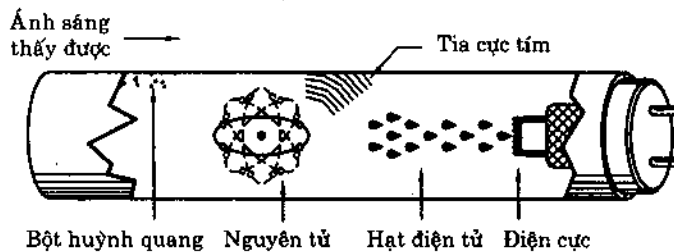
Đèn Halogen sợi đốt

Công suất P (W)	Quang thông Φ (lm)
100	2100
300	6300
500	10500
1000	22000 – 26000
1500	33000
2000	44000 – 54000

2.3. Đèn phóng điện

2.3.1. Đèn ống huỳnh quang

Cấu tạo của đèn ống huỳnh quang trên hình 2.3



Hình 2.3. Đèn ống huỳnh quang

Dựa vào nguyên lý phóng điện ở áp suất thấp. Khi đặt điện áp U vào hai điện cực sẽ gây ra hiện tượng phóng điện làm ion hóa. Bên trong ống có một ít thủy ngân, để khi phóng điện hơi thủy ngân kích thích tạo các tia sơ cấp chủ yếu là tử ngoại. Các tia tử ngoại này đập vào lớp bột huỳnh quang ở bề mặt ống sinh ra các tia nhìn thấy có bước sóng $\lambda = 400 \div 700\text{nm}$.

Đặc tính kỹ thuật:

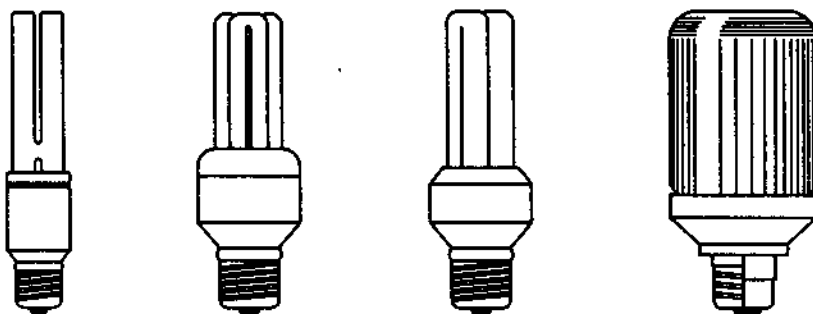
- Hiệu suất phát quang : $55 \div 95 \text{ lm/W}$
- Tuổi thọ trung bình : $8000 \div 10.000 \text{ giờ}$
- Rất nhạy cảm với môi trường, khó khởi động ở nhiệt độ thấp.
- Loại đèn T5 đường kính ống 16mm là sản phẩm mới hiệu suất phát quang tăng 7%.
- Có hiệu ứng nhấp nháy gây mỏi mắt.
- Khó khởi động khi nhiệt độ môi trường thấp.
- Chỉ số thể hiện màu tương đối cao: $\text{CRI} = 85 \div 95$.
- Nhiệt độ màu $T = 3000 \div 6500\text{K}$.

Đèn ống huỳnh quang có hiệu suất phát quang và tuổi thọ cao, chất lượng ánh sáng tốt, nên được sử dụng nhiều trong chiếu sáng nội thất.

2.3.2. Đèn compact huỳnh quang

Cấu tạo đèn compact huỳnh quang được thiết kế với kích thước thu nhỏ, các thiết bị kèm theo như chấn lưu (ballast), tắcte thường được gắn liền với đèn (hình 2.4) hoặc tách riêng. Đèn huỳnh quang compact có thể được sử

dùng để thay trực tiếp đèn sợi đốt vì có hiệu suất phát quang cao hơn đèn sợi đốt (tiết kiệm điện năng), lắp đặt thuận tiện, tuổi thọ cao.



Hình 2.4. Đèn compact huỳnh quang

Đặc tính kỹ thuật:

- Hiệu suất phát quang : 50 ÷ 60 lm/W
- Tuổi thọ trung bình : 10.000 giờ
- Độ bền cơ học cao.
- Màu ánh sáng: trắng trung tính, trắng ấm có chất lượng cao.
- Nhạy cảm với thay đổi nhiệt độ môi trường.

Thông số của đèn ống huỳnh quang và đèn compact huỳnh quang cho ở bảng 2.2.

Bảng 2.2. Thông số đèn ống huỳnh quang T8

Công suất P (W)	Quang thông Φ (lm)	T (K)	CRI	Đường kính ống (mm)
18 Dài 0,6m	1400	2700	85	26mm
	1450	3000	85	
	1450	4000	85	
	1350	6000	85	
36 Dài 1,2m	3250	2700	85	26mm
	3350	3000	85	
	3450	4000	85	
	3200	6000	85	
58 Dài 1,5m	5300	2700	85	26mm
	5400	3000	85	
	5450	4000	85	
	5250	6000	85	

Thông số đèn compact huỳnh quang

P (W)	Φ (lm)	T (K)	CRI
5	250	2700 – 4000	85
7	400	2700 – 4000	85
9	600	2700 – 4000	85
11	900	2700 – 4000	85
15	1000	2700 – 4000	85
20	1400	2700 – 4000	85
23	1800	2700 – 4000	85

2.3.3. Đèn thủy ngân cao áp

Cấu tạo đèn thủy ngân cao áp trên hình 2.5.

Đây là loại đèn làm việc theo nguyên lý phóng điện trong bóng có hơi thủy ngân ở áp suất cao. Loại này còn gọi là đèn huỳnh quang cao áp.

Đặc tính kỹ thuật:

– Hiệu suất phát quang:

$$45 \div 60 \text{ lm/W}$$

– Tuổi thọ trung bình:

$$2.500 \text{ giờ} \div 4.000 \text{ giờ}$$

– Thời gian khởi động:

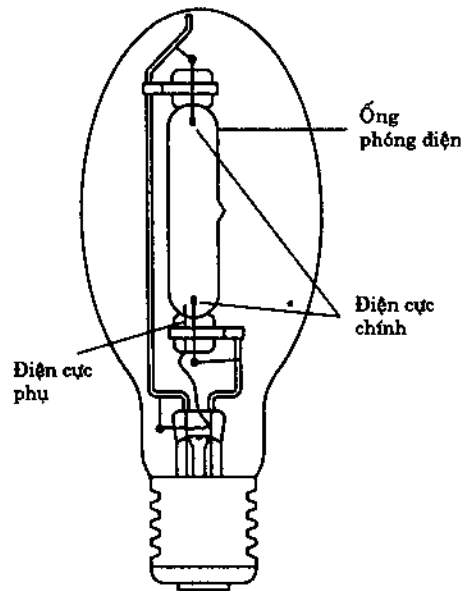
$$5 \div 7 \text{ phút}$$

– Nhiệt độ màu T:

$$3.800 \div 4.300\text{K}$$

– Chỉ số thể hiện màu CRI:

$$40 \div 60$$



Hình 2.5. Đèn thủy ngân cao áp

Do hiệu suất phát quang thấp, tuổi thọ thấp so với đèn Natri cao áp nên loại đèn này càng ngày càng ít sử dụng để chiếu sáng đường giao thông.

2.3.4. Đèn Halogen kim loại (Metal halide)

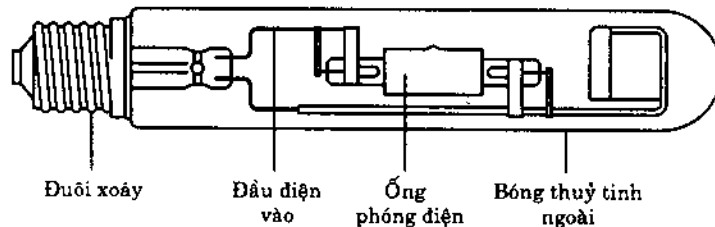
Đây là loại đèn làm việc theo nguyên lý phóng điện trong hỗn hợp hơi thủy ngân và halogen (iodua natri, iodua tali) ở áp suất cao.

Đặc tính kỹ thuật:

- Công suất : $70 \div 2.000$ W
- Tuổi thọ trung bình : 4.000 giờ
- Hiệu suất phát quang : $80 \div 95$ lm/W
- Chỉ số màu cao : CRI = 85 ÷ 95
- Nhiệt độ màu : 5.500K (trắng ban ngày)
- Thời gian khởi động : 3 ÷ 5 phút

Đèn được sử dụng chiếu sáng chủ yếu các công trình văn hóa thể thao những nơi yêu cầu chất lượng ánh sáng cao rất tốt cho truyền hình màu.

Cấu tạo đèn Halogen kim loại trên hình 2.6.



Hình 2.6. Đèn Halogen kim loại

2.3.5. Đèn Natri (Sodium) cao áp

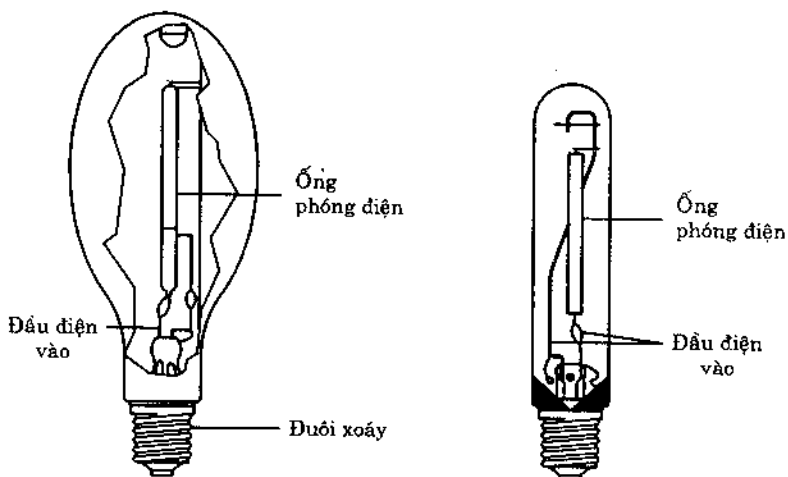
Đây là loại đèn làm việc theo nguyên lý phóng điện ở áp suất cao, trong bóng có hơi natri.

Đặc tính kỹ thuật:

- Hiệu suất phát quang : $65 \div 130$ lm/W
- Tuổi thọ trung bình : 8.000 giờ
- Thời gian khởi động : 2 ÷ 3 phút
- Nhiệt độ màu T : 2.300K (trắng vàng)
- Hình dạng : có 2 loại hình ống và hình ôvan.
- Chỉ số màu CRI thấp : CRI = 20 ÷ 65

Đèn Natri cao áp được sử dụng nhiều trong chiếu sáng đường phố và công cộng.

Cấu tạo đèn Natri cao áp trên hình 2.7



Hình 2.7. Đèn Natri cao áp

2.3.6. Đèn Natri (sodium) thấp áp

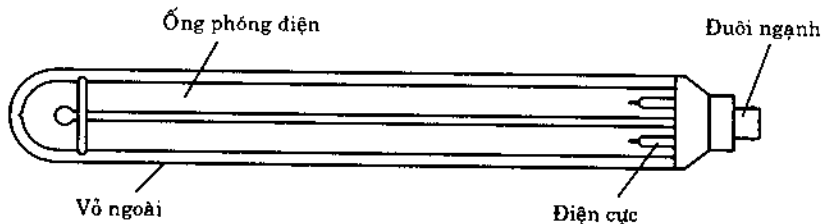
Đây là loại đèn làm việc theo nguyên lý phóng điện ở áp suất thấp trong bóng có hơi Na.

Đặc tính kỹ thuật:

- Hiệu suất phát quang : $100 \div 195 \text{ lm/W}$
- Tuổi thọ trung bình : $8.000 \text{ giờ} \div 12.000 \text{ giờ}$
- Thời gian khởi động : $6 \div 10 \text{ phút}$
- Nhiệt độ màu T : 2.100K (trắng vàng nghệ)
- Hình dạng : có 2 loại hình ống và hình ôvan
- Chỉ số màu CRI xấp xỉ 0 (ánh sáng đơn sắc).

Đèn Natri thấp áp có hiệu suất phát quang cao, tiết kiệm điện năng, song chất lượng ánh sáng thấp nên được sử dụng chiếu sáng đường, bãi đỗ xe ở những nơi không yêu cầu chất lượng cao.

Cấu tạo đèn Natri thấp áp trên hình 2.8



Hình 2.8. Đèn Natri thấp áp

2.3.7. Đèn ánh sáng hỗn hợp

Đây là loại đèn kết hợp đèn thủy ngân cao áp với đèn sợi đốt. Trong bóng ta mắc nối tiếp ống phóng điện với một sợi đốt vonfram phát sáng khi đốt nóng.

Đặc tính kỹ thuật:

- Không cần chấn lưu, đấu trực tiếp vào lưới điện như đèn sợi đốt.
- Hiệu suất phát quang : 20 ÷ 65 lm/W
- Thời gian khởi động : Do có sợi đốt nên bật sáng ngay
- Nhạy cảm hơn với thay đổi điện áp so với đèn thủy ngân cao áp.
- Tuổi thọ : 6.000 giờ
- Nhiệt độ màu : 3.800 K (màu trắng đục)

Thông số các đèn phóng điện cho ở bảng 2.3.

Bảng 2.3. Thông số bóng đèn phóng điện
Thông số đèn cao áp thủy ngân (bóng huỳnh quang cao áp)

Công suất đèn P (W)	Công suất chấn lưu P _{cl} (W)	Quang thông Φ (lm)
50	10	2000
80	10	3800 – 3850
125	11	6300 – 6500
250	15	13500 – 14000
400	20	23000 – 24000
700	28	42000
1000	30	60000
2000	40	125000

Thông số đèn Halogen kim loại (Metal halide)

P (W)	P _{cl} (W)	Φ (lm)
35	10	2400
70	10	5000
150	15	11200
250	15	17000
400	30	325000
1000	30	93000
2000	50	185000

Thông số đèn Natri cao áp

P (W)	P_{CL}(W)	Φ (lm)
50	13	3300 – 4000
70	13	5800 – 6500
100	13	10000
150	20	14000 – 15500
210	20	18000
250	25	25000 – 27000
350	25	34000
400	40	47000 – 48000
1000	60	120000 – 125000

Thông số đèn Natri thấp áp

P (W)	P_{CL}(W)	Φ (lm)
18	10	1800
35	20	4800
55	20	8000
90	20	13500
135	30	22500
180	30	33000

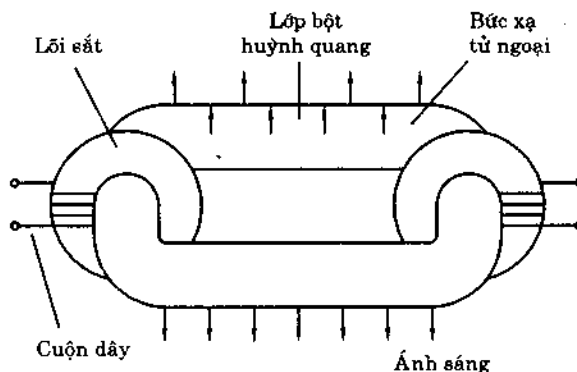
Thông số đèn ánh sáng hỗn hợp

P (W)	Φ (lm)
160	3150
250	5700
500	14800

2.4. Các nguồn sáng mới

2.4.1. Đèn cảm ứng không điện cực

Cấu tạo đèn cảm ứng không điện cực vẽ trên hình 2.9.



Hình 2.9. Đèn cảm ứng không điện cực

Nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng trong đèn.

Đặc tính kỹ thuật:

- Hiệu suất phát quang : $60 \div 80 \text{ lm/W}$
- Tuổi thọ trung bình cao : $60.000 \div 100.000$ giờ
- Nhiệt độ màu T : $2.700 \div 4.000 \text{ K}$
- Chỉ số màu CRI : 85

Loại đèn này được dùng trong chiếu sáng cửa hàng, thư viện, đường hầm, công xưởng nơi mà chi phí bảo dưỡng hàng hoá là quan trọng.

2.4.2. Đèn LED (điốt phát sáng)

Nguyên lý làm việc dựa vào sự chuyển đổi trực tiếp dòng điện thành bức xạ ánh sáng trong cấu trúc tinh thể của chất bán dẫn.

Đặc tính kỹ thuật:

- Hiệu suất phát quang : $20 \div 25 \text{ lm/W}$
- Loại mới LED cực sáng có hiệu suất phát quang: 115 lm/W
- Tuổi thọ cao : $50.000 \div 100.000$ giờ
- Màu sắc : Đa dạng, đỏ, vàng, xanh, trắng.

Đèn LED được sử dụng làm đèn tín hiệu và chiếu sáng trang trí với chất lượng thẩm mỹ cao.

2.4.3. Đèn Sulfur

Đây là đèn không điện cực, ánh sáng phát ra do bức xạ của các nguyên tử sulfur trong môi trường khí argon, khi bị kích thích bằng vi sóng.

Đặc tính kỹ thuật:

- Hiệu suất phát quang : 100 lm/W
- Thời gian khởi động rất ngắn
- Nhiệt độ màu T : 6.000K
- Chỉ số màu CRI : 80

Được sử dụng để chiếu sáng nội thất, ngoài trời, các công trình văn hóa thể thao.

2.4.4. Đèn Laser

Phát ra ánh sáng đơn sắc dựa trên hiện tượng khuếch đại ánh sáng bằng bức xạ kích thích.

Đèn Laser được sử dụng trong chiếu sáng trang trí, lễ hội và quảng cáo.

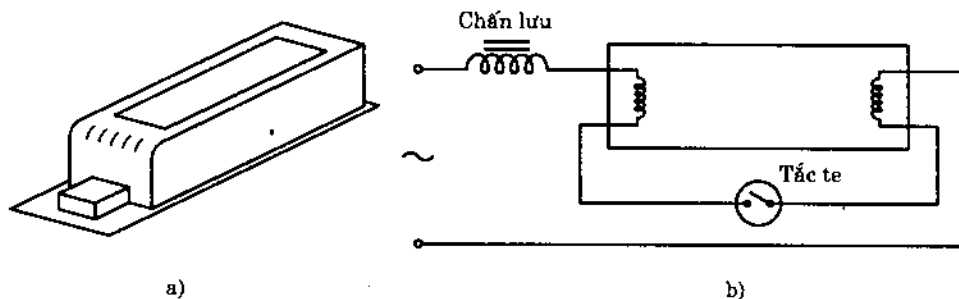
2.5. Chấn lưu (ballast)

Loại đèn phóng điện cần có chấn lưu để khởi động đèn và duy trì ổn định dòng phóng điện trong đèn khi làm việc.

Có hai loại chấn lưu: chấn lưu từ và chấn lưu điện tử.

2.5.1. Chấn lưu từ (chấn lưu điện cảm)

Loại đơn giản thường gặp là một cuộn dây quấn trên một lõi thép kỹ thuật điện (hình 2.10).



Hình 2.10. a) Chấn lưu điện cảm; b) Mạch điện đèn ống huỳnh quang

– Ưu điểm:

- + Hạn chế dòng điện khi làm việc.
- + Tạo ra quá điện áp để mỗi đèn phóng điện.
- + Cấu tạo đơn giản, độ bền cao.

- + Tuổi thọ cao.
- Nhược điểm:
 - + Gây nhiễu điện từ và tiếng ồn.
 - + Tiêu thụ điện năng lớn trên chấn lưu (20% ÷ 25% công suất đèn).
 - + Khó điều chỉnh quang thông đèn bằng giảm điện áp.
 - + Hệ số $\cos\varphi$ thấp (0,4 ÷ 0,5) do đó ta nên mắc thêm tụ điện bù để nâng cao $\cos\varphi$ cho mạch điện.

2.5.2. Chấn lưu điện tử

Là bộ biến tần để biến đổi tần số từ 50Hz lên khoảng 20kHz đến 40kHz.

- Ưu điểm:
 - + Loại trừ được hiện tượng ánh sáng nhấp nháy do tần số thấp.
 - + Tổn hao trên chấn lưu thấp, khoảng 5% ÷ 10% công suất đèn.
 - + Hệ số $\cos\varphi$ cao ($\cos\varphi \approx 0,96$).
 - + Kích thước nhỏ.
 - + Điều chỉnh quang thông của đèn thuận lợi bằng cách giảm điện áp.
 - + Hiệu suất phát quang của đèn tăng (10 ÷ 20) % so với sử dụng chấn lưu điện cảm.

Thông số kỹ thuật của các chấn lưu cho ở bảng 2.4.

Bảng 2.4. Thông số kỹ thuật của các loại chấn lưu

Chấn lưu sắt từ Rạng Đông

Chủng loại	Công suất đèn (W)	Tổn hao chấn lưu (W)	$\cos\varphi$
IBH – A18 – FL	18	6	0,3
IBH – A20 – FL	20	6	0,32
IBH – A36 – FL	36	6	0,45
IBH – A40 – FL	40	6	0,52
IBH – A20 – FL	20	9,5	0,52

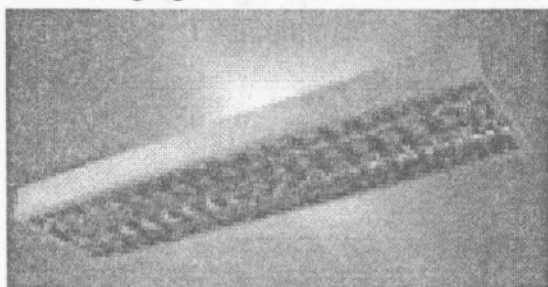
Chủng loại	Sử dụng với đèn (W)	cosφ
EBH – A18– 1 – FL	T8 – 18W	0,98
EBH – A20– 1 – FL	T10 – 20W	0,98
EBH – A36– 1 – FL	T8 – 36W	0,98
EBH – A40– 1 – FL	T10 – 40W	0,98
EBH – A32– 1 – FL	T8 – 32W	0,98

Thông số trung bình

Loại chấn lưu	Tổn hao chấn lưu (W)	cosφ
Chấn lưu sắt từ	6 – 12	Không tự bù 0,3 ÷ 0,55 Có tự bù 0,85 ÷ 0,95
Chấn lưu điện tử	2 – 4	0,95 ÷ 0,98

2.6. Bộ đèn

Trên hình 2.11 đưa ra một số kiểu bộ đèn dùng cho chiếu sáng nội thất và chiếu sáng ngoài trời.



Hình 2.11. Một số bộ đèn

Bộ đèn là một tập hợp các thiết bị quang – điện – cơ nhằm thực hiện một hoặc toàn bộ các chức năng: cung cấp điện vào bóng đèn, bảo vệ và phân bố ánh sáng. Bộ đèn phải đáp ứng được các yêu cầu sau:

- + Tạo ra phân bố ánh sáng thích hợp, tăng hệ số sử dụng quang thông.
- + Kiểm soát độ chói, tránh gây khó chịu cho người sử dụng.
- + Bảo vệ bóng đèn.

+ Đảm bảo an toàn cho người sử dụng và bảo dưỡng duy trì quang thông.

2.6.1. Cấu tạo của bộ đèn

a) Bộ phận quang học

Nó có chức năng tạo ra phân bố lại ánh sáng của bóng đèn theo mục đích sử dụng, bộ phận này bao gồm các thiết bị phản xạ, khúc xạ, khuếch tán.

b) Đui đèn

Có nhiệm vụ cấp điện vào bóng đèn và giữ cho bóng đèn cố định ở vị trí cần thiết. Các tiếp điểm phải ổn định trong trường hợp va chạm, rung động.

Trong một bộ đèn có thể có một hay nhiều bóng đèn. Trong trường hợp có nhiều bóng đèn, bộ phận quang học vẫn phải đảm bảo phân bố ánh sáng theo yêu cầu.

c) Thân đèn

Thân đèn có thể cấu tạo thành một khối liền hoặc từ nhiều chi tiết hợp thành. Phần quang thường được tách rời khỏi thân đèn nhưng cũng có trường hợp thân đèn đóng vai trò phần quang. Hình dạng, kích thước các bộ phận cấu thành phải phù hợp với công suất của đèn và đáp ứng các yêu cầu sau:

- Thuận tiện trong thao tác lắp đặt, bảo dưỡng.
- Bảo vệ nguồn sáng và các thiết bị điện.
- Chống ăn mòn, va chạm, khả năng tỏa nhiệt tốt.
- Đảm bảo tính thẩm mỹ của bộ đèn.

d) Bộ phận cố định đèn vào giá đỡ

e) Bộ phận điều chỉnh

Mục đích:

- Thay đổi vị trí của nguồn sáng so với phần quang.
- Thay đổi vị trí của phần quang so với nguồn sáng.
- Giảm bớt độ chói theo một hướng nhất định.

f) Các thiết bị phụ kiện khác

- Chấn lưu.
- Tụ điện.
- Bộ mối.

g) Chóa đèn có và không có kính bảo vệ

Chóa đèn có mục đích:

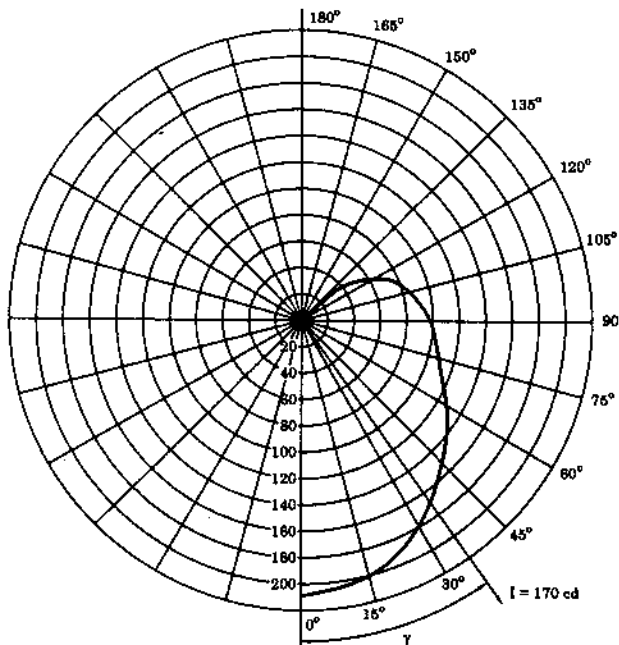
- Chống ô nhiễm, bụi bẩn làm giảm hệ số phản xạ của bộ phản quang.
- Tham gia vào cấu thành của hệ thống quang, nhằm tạo ra phân bố ánh sáng như mong muốn.
- Giữ cho nhiệt độ xung quanh thích hợp với điều kiện làm việc của nguồn sáng.
- Tăng cường vẻ đẹp thẩm mỹ của bộ đèn.

2.6.2. Thông số điện của bộ đèn

- **Điện áp U (V):** là điện áp làm việc của bộ đèn.
- **Công suất P (W):** là tổng công suất của bộ đèn bao gồm công suất bóng đèn và tổn hao công suất trên ballast $P_{\text{bộ đèn}} = (1,1 \div 1,2)P_{\text{đèn}}$.

2.6.3. Đường cong cường độ sáng (đường cong trắc quang)

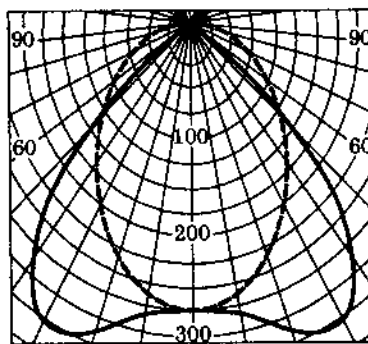
Là đặc tính quan trọng nhất của bộ đèn, nhờ đặc tính này ta xác định cường độ sáng I theo một hướng nào đó, từ đó xác định được độ rọi, độ chói, và xác định được sự phân bố ánh sáng của bộ đèn trong không gian.



Hình 2.12. Đường cong trắc quang của bộ đèn có trục đối xứng qua tâm

Khi đèn đối xứng qua trục thẳng đứng qua tâm của bóng đèn ta chỉ cần vẽ đường cong trắc quang trên tọa độ cực I (γ) trong một mặt phẳng hoặc nửa mặt phẳng, trong đó γ là góc giữa trục và phương của cường độ sáng (hình 2.12).

Đối với các đèn có dạng ống đường cong trắc quang được vẽ trên hai mặt phẳng vuông góc theo phương dọc và phương ngang (hình 2.13), nét liền đối với phân bố ngang, nét đứt với phân bố dọc.



Hình 2.13. Đường cong trắc quang của bộ đèn ống huỳnh quang

Đường cong trắc quang do nhà chế tạo bộ đèn cung cấp được vẽ với nguồn sáng 1.000lm.

2.6.4. Hiệu suất của bộ đèn

Từ đường cong trắc quang đối với nguồn 1000lm, dùng phương pháp tích phân số của Tchebycheff xác định hoặc đo thực nghiệm quang thông phát ra trong các vùng khác nhau của không gian (hình 2.14).

F_1 : quang thông trong hình nón góc khối $\frac{\pi}{2}$.

F_2 : quang thông trong góc khối giữa hình nón $\frac{\pi}{2}$ và π .

F_3 : quang thông trong góc khối giữa hình nón π và $\frac{3\pi}{2}$.

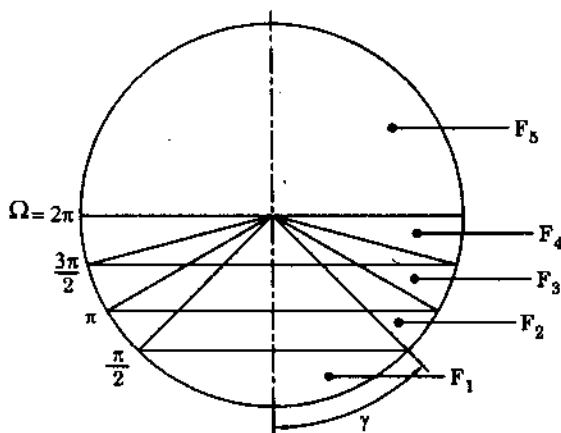
F_4 : quang thông trong góc khối giữa hình nón $\frac{3\pi}{2}$ và 2π .

F_5 : quang thông trong bán cầu trên.

Trong đó F_1, F_2, F_3, F_4 là quang thông hướng xuống dưới gọi là quang thông trực tiếp, F_5 là quang thông hướng lên trên gọi là quang thông gián tiếp.

Hiệu suất của bộ đèn:

$$\eta = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}{1000} \quad (2.1)$$



Hình 2.14. Phân bố quang thông các vùng trong không gian

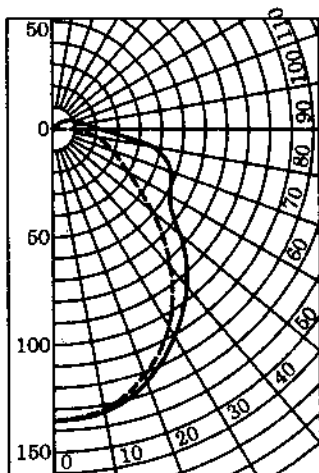
Trong đó hiệu suất trực tiếp là:

$$\eta_d = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}{1000} \quad (2.2)$$

Hiệu suất gián tiếp là:

$$\eta_{li} = \frac{F_5}{1000} \quad (2.3)$$

Ví dụ 2.1. Trên hình 2.15 là đường cong trắc quang và phân bố quang thông của bộ đèn 2 ống huỳnh quang chiếu sáng nội thất. Xác định hiệu suất của bộ đèn.



F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
168	101	66	36	29

Hình 2.15. Cho ví dụ 2.1

Lời giải:

Hiệu suất trực tiếp:

$$\eta_d = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}{1000} = \frac{168 + 101 + 66 + 36}{1000} = 0,371$$

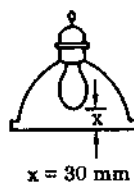
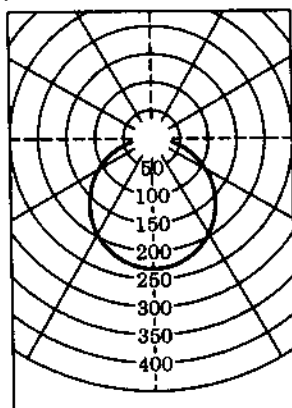
Hiệu suất gián tiếp:

$$\eta_i = \frac{F_5}{1000} = \frac{29}{1000} = 0,029$$

Hiệu suất bộ đèn:

$$\eta = \eta_d + \eta_i = 0,4$$

Ví dụ 2.2. Trên hình 2.16 là đường cong trắc quang và phân bố quang thông của bộ đèn chiếu sáng cho phân xưởng. Xác định hiệu suất của bộ đèn.



$x = 30 \text{ mm}$

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
350	260	127	20	0

Hình 2.16. Cho ví dụ 2.2

Lời giải:

Hiệu suất trực tiếp :

$$\eta_d = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}{1000} = \frac{350 + 260 + 127 + 20}{1000} = 0,757$$

Hiệu suất gián tiếp :

$$\eta_i = \frac{F_5}{1000} = 0$$

Hiệu suất của bộ đèn:

$$\eta = \eta_d + \eta_i = 0,757 + 0 = 0,757$$

Ví dụ 2.3. Người ta lắp vào bộ đèn (ví dụ 2.2) bóng cao áp thủy ngân công suất $P = 125\text{W}$, $\Phi = 6500\text{lm}$.

a) Tính độ rọi A trên bề mặt làm việc (điểm A nằm trên trục đối xứng cách tâm đèn 4m).

b) Tính độ chói khi nhìn đèn ở góc $\gamma = 60^\circ$ biết $D = 400\text{ mm}$.

Lời giải:

a) Điểm A nằm trên trục đối xứng, góc $\gamma = 0$; từ đó tra đường cong trắc quang được $I = 240\text{cd}$ với nguồn 1000lm . Cường độ sáng tới A do nguồn 6500lm :

$$I = \frac{240.6500}{1000} = 1560 \text{ (cd)}$$

Độ rọi tại A :

$$E_A = \frac{I \cos^3 \gamma}{h^2} = \frac{1560.1}{4^2} = 97,5 \text{ (lx)}$$

b) Tra đường cong trắc quang với góc $\gamma = 60^\circ$ ta được $I = 125\text{cd}$, $\gamma = 60^\circ$ vậy cường độ sáng ứng với nguồn 6500lm là:

$$I_{\gamma=60} = \frac{125.6500}{1000} = 812,5 \text{ (cd)}$$

Độ chói khi nhìn đèn dưới góc $\gamma = 60^\circ$ được tính:

$$L = \frac{I_{\gamma=60}}{S \cos 60^\circ} = \frac{812,5}{0,126.0,5} = 12897 \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

Trong đó:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi.0,4^2}{4} = 0,126 \text{ (m}^2\text{)}$$

2.6.5. Phương pháp chiếu sáng và cấp bộ đèn

a) Các phương pháp chiếu sáng

Có các phương pháp chiếu sáng sau:

PP chiếu sáng	Đặc điểm	áp dụng
Trực tiếp – rộng – hẹp	– Từ 90 đến 100% ánh sáng được chiếu xuống mặt làm việc. Hiệu quả chiếu sáng cao nhất: – Dễ gây chói lóa, sắp bóng – Quang thông tập trung vào mặt phẳng làm việc, tường bên bị tối. – Quang thông phân bố rộng trong nửa không gian phía dưới, tường bên được chiếu sáng.	– Chiếu sáng văn phòng, lớp học, cửa hàng lớn, nhà xưởng. – Địa điểm có độ cao lớn.
Bán trực tiếp	– Từ 60 đến 90% ánh sáng được chiếu xuống không gian. – Từ 10 đến 40% ánh sáng được chiếu lên trần. Môi trường được cải thiện, cả tường và trần được chiếu sáng.	Văn phòng, phòng khách, phòng trà, nhà ăn.
Gián tiếp	– Từ 90 đến 100% ánh sáng được chiếu lên trần và phản xạ xuống. – Đây là phương pháp chiếu sáng có hiệu quả sáng thấp nhất. – Tiện nghi nhìn được cải thiện, không gây chói lóa, sắp bóng.	Phòng khán giả, nhà hàng.
Bán gián tiếp	– Từ 60 đến 90% ánh sáng hắt lên. – Các tường và trần được chiếu sáng. – Tạo ấn tượng dễ chịu. – Không gây chói lóa, sắp bóng.	Văn phòng, nhà ở.
Hỗn hợp	– 40 đến 60% ánh sáng chiếu hắt lên. – Phối hợp ưu điểm của chiếu sáng trực tiếp và gián tiếp.	Địa điểm có tường và trần phản xạ mạnh.
Chiếu sáng chung	– Hệ thống chiếu sáng thông dụng nhất. – Đèn được bố trí theo mạng lưới. – Tạo nên độ rọi tương đối đều.	Thương mại, công nghiệp, văn phòng, nhà ở, ...
Chiếu sáng làm việc	– Ánh sáng trực tiếp đến mặt làm việc. – Bổ sung cho chiếu sáng chung.	Thương mại, công nghiệp, nhà ở, ...
Chiếu sáng nền	– Tạo khoảng 1/3 độ rọi chiếu sáng chung, phần còn lại do hệ thống chiếu sáng làm việc đảm nhiệm.	Các phòng tiếp tân, triển lãm, địa điểm rộng.

b) Cấp bộ đèn

Là thông số cho biết sự phân bố ánh sáng của bộ đèn đáp ứng các phương pháp chiếu sáng, được ký hiệu bằng các chữ cái A, B, ..., J và T.

Bộ đèn cấp A, B, C chiếu sáng trực tiếp tăng cường.

Bộ đèn cấp D, ..., J chiếu sáng trực tiếp rộng.

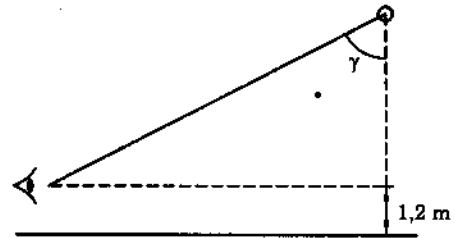
Bộ đèn cấp T chiếu sáng gián tiếp.

Một bộ đèn ký hiệu $0,54E + 0,12T$ được hiểu là bộ đèn vừa cung cấp ánh sáng trực tiếp (cấp E, hiệu suất trực tiếp $\eta_d = 0,54$) và ánh sáng gián tiếp (cấp T, hiệu suất gián tiếp $\eta_i = 0,12$).

2.6.6. Sự chói lóa – Góc nhìn

Trong nhiều trường hợp tuy chưa bị lóa mắt nhưng việc mất khả năng thị giác do độ tương phản đột ngột tăng quá lớn xuất hiện trong thị trường có thể tạo nên sự lóa mắt khó chịu.

Các nghiên cứu sinh lý và thống kê đã chỉ ra rằng độ chói của một đèn sáng gây cảm giác khó chịu phụ thuộc vào góc nhìn γ (hình 2.17). Đối với người lao động nhìn ngang, cảm giác khó chịu nhiều khi $\gamma = 90^\circ$. Khi $\gamma < 45^\circ$ sự khó chịu không đáng kể.



Hình 2.17. Góc nhìn γ

Đối với đa số các khu vực công nghiệp, thể thao, chiếu sáng bằng đèn pha có bộ phản xạ quang thông tương đối tập trung, bắt buộc góc nhìn của đèn không được vượt quá 60° .

2.6.7. Cấp bảo vệ bộ đèn

a) Cấp bảo vệ điện

Các thiết bị điện nói chung (kể cả thiết bị chiếu sáng) được phân thành 4 nhóm cấp bảo vệ điện.

- Class 0: không có biện pháp bảo vệ nối đất.
- Class I: bảo vệ bằng phương pháp nối đất.
- Class II: bề mặt tiếp xúc của thiết bị điện không dẫn điện. Không có bảo vệ bằng phương pháp nối đất.
- Class III: làm việc an toàn ở điện áp thấp.

b) Cấp bảo vệ IP (Index of protection)

Cho ta biết khả năng làm việc của thiết bị ở các môi trường khác nhau được đánh giá bằng hai chỉ số IP, XX.

- Chỉ số thứ nhất: Khả năng bảo vệ chống lại sự xâm nhập của bụi và các vật rắn vào đèn. Từ cấp 1 (bảo vệ chống vật rắn có đường kính lớn hơn 50mm)... – đến cấp 6 (bảo vệ tuyệt đối chống bụi).
- Chỉ số thứ 2: Khả năng bảo vệ chống lại sự xâm nhập của nước. Từ cấp 1 (bảo vệ chống những giọt nước rơi thẳng)... đến cấp 8 (bảo vệ chống ngâm kéo dài dưới áp lực).

Ví dụ:

IP34 : Chỉ số 3 : bảo vệ chống vật rắn có đường kính lớn hơn 2,5mm.

Chỉ số 4 : bảo vệ chống tia nước phun từ mọi hướng.

Chương 3

THIẾT KẾ CHIẾU SÁNG NỘI THẤT

Chiếu sáng nội thất nghiên cứu các giải pháp thiết kế và lắp đặt hệ thống chiếu sáng trong nhà cho các công trình nhằm:

- Đảm bảo độ rọi yêu cầu E cho mỗi công việc phù hợp với yêu cầu và mục đích sử dụng.
- Tạo môi trường ánh sáng tiện nghi, không gây loá mắt khó chịu cho người sử dụng.

Ngoài ra, cần chú ý đến tính thẩm mỹ cho công trình và tiết kiệm điện năng.

Thiết kế chiếu sáng nội thất gồm thiết kế sơ bộ và kiểm tra thiết kế.

3.1. Thiết kế sơ bộ

Công việc thiết kế sơ bộ được tiến hành theo các bước dưới đây:

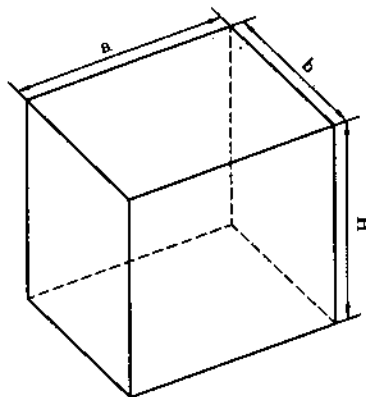
Bước 1: Các dữ liệu của địa điểm chiếu sáng

Để thiết kế chiếu sáng nội thất, cần có các dữ liệu sau:

- Kích thước hình học và đặc điểm kiến trúc của địa điểm chiếu sáng. Các kích thước hình học cơ bản là chiều dài a, chiều rộng b và chiều cao H từ trần đến nền (hình 3.1).

Các đặc điểm kiến trúc như cổ trần, trần giả, các dầm bê tông, các cấu trúc kim loại của mái, đường dẫn cầu trục hoạt động...

- Đặc tính quang học của không gian chiếu sáng, hệ số phản xạ của trần ρ_1 , của tường ρ_3 , của nền ρ_4 .



Hình 3.1. Các kích thước hình học của địa điểm chiếu sáng

– Đặc điểm sử dụng của địa điểm chiếu sáng, các công việc, công nghệ thực hiện trong địa điểm chiếu sáng.

– Khả năng sử dụng ánh sáng tự nhiên.

– Các yêu cầu về thẩm mỹ.

– Các yêu cầu về điều khiển hệ thống chiếu sáng.

– Đặc điểm của nguồn cung cấp điện.

– Khả năng tài chính và khấu hao của công trình.

Bước 2: Chọn độ rọi cho địa điểm chiếu sáng

Độ rọi là yêu cầu đầu tiên của chiếu sáng nội thất. Khi lựa chọn độ rọi cần lưu ý các điểm sau:

– Đặc điểm sử dụng và đặc điểm không gian chiếu sáng của địa điểm.

– Độ lớn của các chi tiết cần nhìn theo yêu cầu của công việc. Công việc đòi hỏi chính xác cao hay bình thường.

– Do thị lực giảm dần theo tuổi, do đó cần quan tâm đến tuổi của người sử dụng.

– Sự thích ứng của mắt khi chuyển từ các mức độ rọi của các khu vực khác nhau, tránh thay đổi đột ngột buộc mắt phải điều tiết liên tục.

– Tính chất linh hoạt của chiếu sáng, theo thời gian trong ngày, mùa và điều kiện thời tiết. Chú ý yếu tố này để điều chỉnh độ rọi phù hợp nhằm tiết kiệm điện năng.

Chọn độ rọi theo bảng tiêu chuẩn độ rọi của mỗi quốc gia hoặc Ủy ban quốc tế về chiếu sáng (C.I.E).

Dựa vào phân loại địa điểm chiếu sáng (các phòng họp; giảng đường và lớp học; văn phòng công sở; nhà xưởng, v.v...) và phân loại công việc (A, B, C, D, E) để chọn độ rọi.

- Loại A: Chất lượng rất cao, công việc có yêu cầu thị giác chính xác rất cao.
- Loại B: Chất lượng cao, công việc yêu cầu thị giác chính xác cao.
- Loại C: Chất lượng trung bình, công việc yêu cầu thị giác bình thường.
- Loại D: Chất lượng thấp, công việc yêu cầu thị giác ở mức độ tập trung thấp.

- Loại E: Chất lượng rất thấp, các phòng làm việc người lao động không làm việc tại một vị trí nhất định và công việc yêu cầu thị giác thấp.

Bảng 3.1. Độ rọi yêu cầu cho chiếu sáng nội thất

Loại phòng, công việc, hoạt động	E (lux)	Phân loại công việc
<i>Các khu vực chung trong công trình:</i>		
Lối đi lại, hành lang	50 - 100 - 150	D - E
Cầu thang, thang máy	100 - 150 - 200	C - D
Phòng để áo khoác ngoài, nhà vệ sinh	100 - 150 - 200	C - D
Nhà kho và buồng kho	100 - 150 - 200	D - F
<i>Giảng đường:</i>		
Chiếu sáng chung	300 - 500 - 750	A - B
Trên mặt bàn	500 - 750 - 1000	A - B
Phòng trưng bày	500 - 750 - 1000	A - B
Phòng thí nghiệm	300 - 500 - 750	A - B
Phòng trưng bày nghệ thuật	300 - 500 - 750	B - C
Xưởng thực nghiệm	300 - 500 - 750	B - C
Đại sảnh	150 - 200 - 300	C - D
<i>Lớp học:</i>		
Chiếu sáng chung	300 - 500 - 750	A - B
Trên mặt bàn	300 - 500 - 750	A - B
<i>Văn phòng, công sở:</i>		
Các phòng chung, đánh máy, vi tính.	300 - 500 - 750	A - B
Phòng kế hoạch chuyên sâu	500 - 750 - 1000	A - B
Phòng đồ họa	500 - 750 - 1000	A - B
Phòng họp	300 - 500 - 1000	A - B
<i>Bệnh viện:</i>		
Chiếu sáng chung	50 - 100 - 150	A - B
Phòng khám	200 - 300 - 500	A - B
Phòng hội chẩn, chẩn đoán	150 - 200 - 300	A - B

Phòng phẫu thuật:		
Chiếu sáng chung	500 - 750 - 1000	A - B
Chiếu sáng tại chỗ	5000-10000-100000	A - B
Phòng tư vấn:		
Chiếu sáng chung	300 - 750 - 1000	A - B
Các phòng khám:		
Chiếu sáng chung	300 - 500 - 750	A - B
Khám khu trú	750 - 1000 - 1500	A - B
Nơi làm việc của y tá trực	200 - 300 - 500	A - B
Các cửa hàng:		
Chiếu sáng chung ở các cửa hàng	500 - 750	
Các trung tâm buôn bán lớn	500 - 750	B - C
Các cửa hàng nhỏ	300 - 500	B - C
Siêu thị	500 - 750	B - C
Nhà xưởng lắp ráp:		
Công việc thô, lắp ráp máy nặng	200 - 300 - 500	C - D
Công việc vừa, lắp ráp đầu máy, thân xe	300 - 500 - 750	B - C
Công việc chính xác, lắp ráp máy văn phòng và điện tử	500 - 750 - 1000	A - B
Công việc rất chính xác, lắp ráp dụng cụ	1000 - 1500 - 2000	A - B
Các công việc hoá chất:		
Các quá trình tự động	50 - 100 - 150	D - E
Khu vực chung thuộc gian máy	200 - 300 - 500	C - D
Phòng kiểm nghiệm, phòng thí nghiệm	300 - 500 - 750	C - D
Bào chế dược phẩm	300 - 500 - 750	A - B
OTK	500 - 750 - 1000	A - B
So màu	750 - 1000 - 1500	A - B
Sản xuất cao su	300 - 500 - 750	C - D
Công nghiệp may mặc:		
Phân xưởng may	500 - 750 - 1000	A - B
Bộ phận OTK	750 - 1000 - 1500	A - B
Công đoạn là	300 - 500 - 750	A - B

Công nghiệp điện:		
Phân xưởng sản xuất cáp	200 - 300 - 500	B - C
Lắp ráp mạng điện thoại	300 - 500 - 750	B - C
Lắp đặt dây quần	500 - 750 - 1000	A - B
Lắp ráp máy thu thanh và thu hình	750 - 1000 - 1500	A - B
Lắp ráp các bộ phận siêu chính xác, linh kiện điện tử	1000 - 1500 - 2000	A - B
Công nghiệp thực phẩm:		
Các vùng làm việc chung	200 - 300 - 500	C - D
Các quá trình tự động	150 - 200 - 300	D - E
Trang điểm bằng tay, OTK	300 - 500 - 750	A - B
Công nghiệp gốm sứ:		
Lò nấu thủy tinh	100 - 150 - 200	D - E
Phòng trộn, tạo đồ gốm, khuôn đúc, lò nung	200 - 300 - 500	C - D
Hoàn thiện, vẽ, lên men, tráng men	300 - 500 - 750	B - C
Vẽ màu, trang trí	500 - 750 - 1000	A - B
Mài kính, thấu kính và đồ thủy tinh pha lê, công việc chính xác	750 - 1000 - 1500	A - B
Công nghiệp gang thép:		
Máy móc sản xuất không yêu cầu làm bằng tay	50 - 100 - 150	B - C
Chỗ làm việc thường xuyên trên máy sản xuất	100 - 150 - 200	A - B
Sàn điều khiển và OTK	300 - 500 - 750	A - B
Công nghiệp da:		
Vùng làm việc chung	200 - 300 - 500	B - C
Dập, cắt, may, sản xuất giấy	500 - 750 - 1000	A - B
Phân loại, so sánh, kiểm tra chất lượng	750 - 1000 - 1500	A - B
Xưởng chế tạo và lắp ráp máy:		
Công việc không cố định	150 - 200 - 300	D - E
Làm việc thô, bằng máy, hàn	200 - 300 - 500	C - D

Làm bằng máy, có máy tự động	300 - 500 - 750	B - C
Công việc chính xác bằng máy, máy chính xác, thử nghiệm máy	500 - 750 - 1000	A - B
Công việc rất chính xác, đo đạc và kiểm tra các chi tiết chính xác và phức tạp	500 - 750 - 1000	A - B
Sơn và phun màu:		
Nhúng và phun sơn khô	200 - 300 - 500	D - E
Sơn thông thường, phun hoàn thiện	500 - 750 - 1000	C - E
Sơn tinh, phun sơn và hoàn thiện	750 - 1000 - 1500	A - B
Công nghiệp giấy:		
Làm giấy và bia	200 - 300 - 500	C - D
Làm tự động	150 - 200 - 300	D - E
OTK, phân loại	300 - 500 - 750	A - B
In ấn và đóng sách:		
Phòng máy in	300 - 500 - 750	C - D
Phòng lên khuôn, đọc thử	500 - 750 - 1000	A - B
Thử chính xác, sửa lại, khắc acid	750 - 1000 - 1500	A - B
Chế bản màu và in	1000 - 1500 - 2000	A - B
Khắc thép và đồng	1500 - 2000 - 3000	A - B
Đóng sách	300 - 500 - 750	A - B
Xén sách, dập nổi	500 - 750 - 1000	A - B
Công nghệ dệt :		
Dỡ bông, chải (cùi), kéo sợi	200 - 300 - 500	D - E
Xe sợi, cuộn, đánh ống, chải, nhuộm	300 - 500 - 750	C - D
Đầu sợi, dệt	500 - 750 - 1000	A - B
May, gỡ nút chỉ, OTK	750 - 1000 - 1500	A - B
Phân xưởng mộc và xí nghiệp đồ gỗ :		
Xưởng cửa	150 - 200 - 300	D - E
Làm trên bàn mộc	200 - 300 - 500	C - D
So, chọn gỗ	300 - 500 - 750	B - C
Hoàn thiện, OTK	500 - 750 - 1000	A - B

***Chú ý :**

Giá trị độ rọi cao nhất được áp dụng trong các tình huống sau:

- Khi độ phản xạ hoặc độ tương phản của đối tượng quan sát rất thấp.
- Khi những sai sót trong thực hiện nhiệm vụ sẽ gây tổn thất lớn.
- Khi thực hiện công việc, thị giác có yêu cầu nghiêm ngặt.
- Khi độ chính xác hoặc năng suất cao là rất quan trọng.
- Khi thị lực của người lao động yêu cầu phải tăng độ rọi.

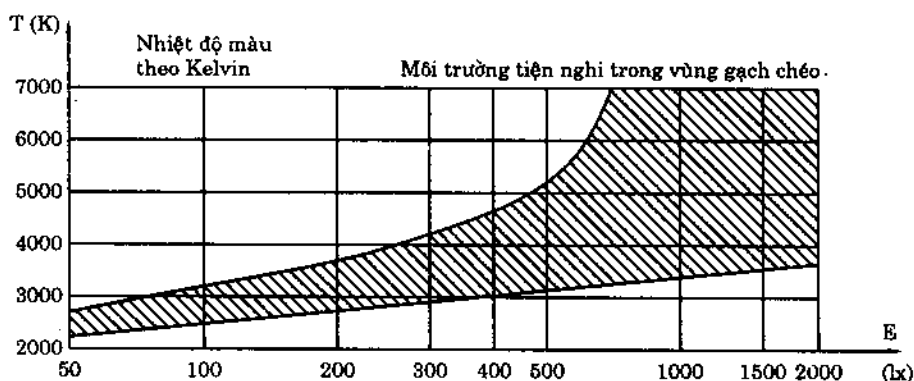
Giá trị độ rọi thấp được áp dụng trong các tình huống sau:

- Khi độ phản xạ hoặc độ tương phản của đối tượng quan sát cao
- Khi tốc độ hoặc độ chính xác không quan trọng.
- Khi làm việc không thường xuyên.
- Khi có ánh sáng tự nhiên tốt.

Bước 3: Chọn loại đèn

Việc lựa chọn loại đèn thích hợp nhất, trước hết cần quan tâm đến tính chất và mục đích sử dụng của địa điểm chiếu sáng và dựa vào các tiêu chuẩn sau:

- Hiệu suất phát quang (lm/W) của đèn. Nên chọn đèn có hiệu suất phát quang cao để tiết kiệm điện năng.
- Nhiệt độ màu T phù hợp với độ rọi E đã chọn theo biểu đồ Kruithof (hình 3.2).



Hình 3.2. Biểu đồ Kruithof

- Chỉ số thể hiện màu CRI (xem mục 1.6.2)
- Tuổi thọ của đèn (giờ).
- Mỹ quan của công trình chiếu sáng.

Để chiếu sáng nội thất thường dùng đèn ống huỳnh quang, có hiệu suất phát quang cao ($80 \div 83 \text{ lm/W}$), $\text{CRI} = 65 \div 90$, tuổi thọ $8000 \div 12000$ giờ.

Đèn compact huỳnh quang cũng được sử dụng cho chiếu sáng nội thất ở những nơi yêu cầu độ rọi thấp, hoặc nơi cần chiếu sáng nhấn.

Đèn Halogen kim loại (Metal halide) sử dụng ở những nơi cần chiếu sáng bổ sung như cửa hàng, phòng tranh, phòng triển lãm, biểu diễn, $\text{CRI} = 70 \div 95$, hiệu suất phát quang $50 \div 100 \text{ lm/W}$.

Đèn sợi đốt có $\text{CRI} = 100$, rẻ tiền, nối trực tiếp vào lưới điện, song hiệu suất phát quang thấp (15 lm/W), tuổi thọ ngắn (1000 giờ) nên ngày nay ít được sử dụng vì không tiết kiệm điện năng và được thay thế bằng đèn compact huỳnh quang để chiếu sáng những nơi yêu cầu mức độ rọi thấp.

Đèn Halogen sợi đốt có $\text{CRI} = 100$, hiệu suất phát quang 27 lm/W , tuổi thọ 2000 giờ được lựa chọn ưu tiên cho chiếu sáng chất lượng cao như chiếu sáng phòng tranh, viện bảo tàng, chiếu sáng trang trí...

Bước 4: Chọn phương pháp chiếu sáng và bộ đèn

Chọn phương pháp chiếu sáng và bộ đèn phụ thuộc vào mục đích chiếu sáng và đặc điểm của đối tượng được chiếu sáng (xem mục 2.6.5 chương 2).

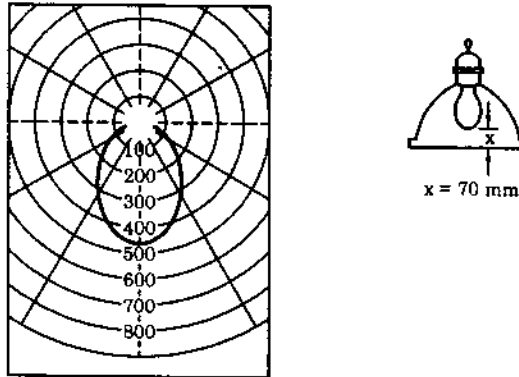
Thường gặp nhất là phương pháp chiếu sáng trực tiếp và bán trực tiếp. Không chọn kiểu chiếu sáng hỗn hợp hoặc bán gián tiếp khi cần lấy ánh sáng cổ trần bằng thủy tinh. Các địa điểm có chiều cao lớn, chọn chiếu sáng trực tiếp tăng cường (hẹp) kinh tế hơn chiếu sáng trực tiếp mở rộng. Kiểu chiếu sáng gián tiếp tốn kém hơn.

Dựa vào cataloge của nhà chế tạo để chọn bộ đèn phù hợp. Cần chú ý các thông số sau: đường cong trắc quang, cấp bộ đèn, hiệu suất phân bố quang thông, công suất, kích thước, số bóng đèn trong bộ đèn.

Dưới đây đưa ra một số bộ đèn chiếu sáng nội thất:

Phụ lục 3-1

Bộ đèn MBF có bộ phản xạ PRE 510 sáng.



Hình 3.3. Bộ đèn MBF – PRE 510

Thông số: một bóng sợi đốt, halogen, compact huỳnh quang, cao áp Hg, Na.

Phân bố quang thông:

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
528	200	25	3	0

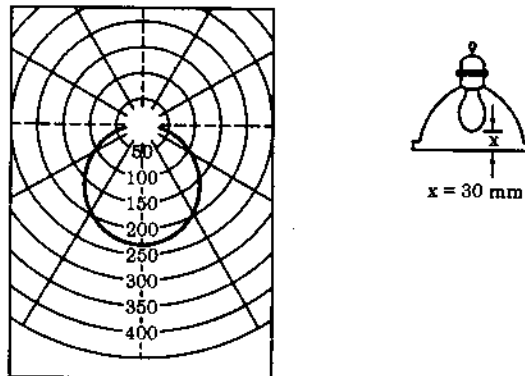
Hiệu suất và cấp bộ đèn 0,756C.

Hiệu suất trực tiếp $\eta_d = 0,75C$.

Cấp trực tiếp C.

Phụ lục 3-2

Bộ đèn MBF bộ phản xạ bằng tôn PKSI 550.



Hình 3.4. Bộ đèn MBF – PKSI 550

Thông số: một bóng sợi đốt, halogen, compact huỳnh quang, cao áp Hg, Na.

Phân bố quang thông.

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
350	260	127	20	0

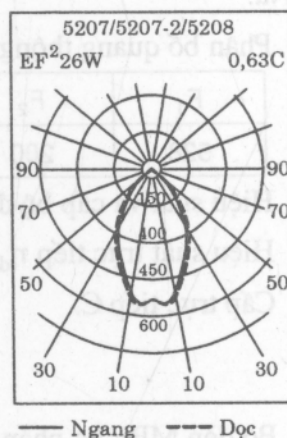
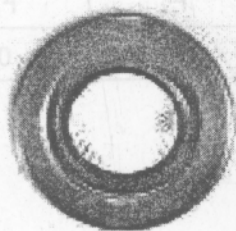
Hiệu suất và cấp bộ đèn 0,757E.

Hiệu suất trực tiếp $\eta_d = 0,757C$.

Cấp trực tiếp E.

Phụ lục 3-3

Bộ đèn âm trần chiếu sáng nội thất OLYMPIA 5207-2 (MAZDA).



Hình 3.5. Bộ đèn OLYMPIA 5207-2

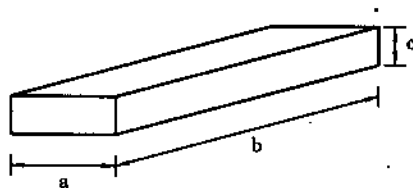
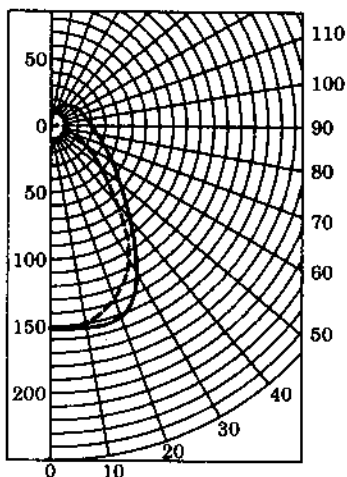
Thông số: bóng sợi đốt, halogen sợi đốt, compact huỳnh quang.

Hiệu suất và cấp bộ đèn 0,63C.

Lắp đặt: âm trần.

Phụ lục 3-4

Bộ đèn chiếu sáng nội thất dương trần DF 336.



$a = 266 \text{ mm}$
 $b = 1280 \text{ mm}$
 $c = 106 \text{ mm}$

Hình 3.6. Bộ đèn DF 336 VASQUE DIAMANT

Thông số: ba ống huỳnh quang 1,2m - 36W.

Phân bố quang thông:

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
185	96	49	36	88

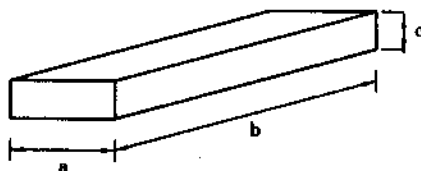
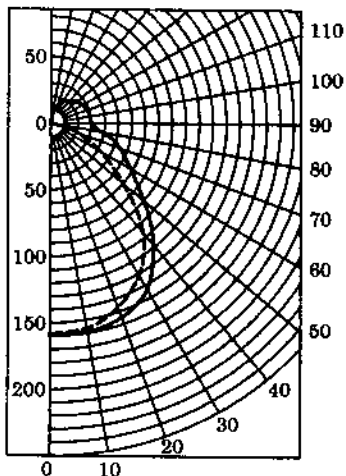
Hiệu suất và cấp bộ đèn 0,366D + 0,088T.

Kiểu chiếu sáng bán trực tiếp.

Lắp đặt: dương trần.

Phụ lục 3-5

Bộ đèn DF 236 VASQUE DIAMANT



$a = 206 \text{ mm}$
 $b = 1280 \text{ mm}$
 $a = 106 \text{ mm}$

Hình 3.7. Bộ đèn DF 236 VASQUE DIAMANT

Thông số: 2 ống huỳnh quang 1,2m – 36W.

Phân bố quang thông:

F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
235	134	71	45	109

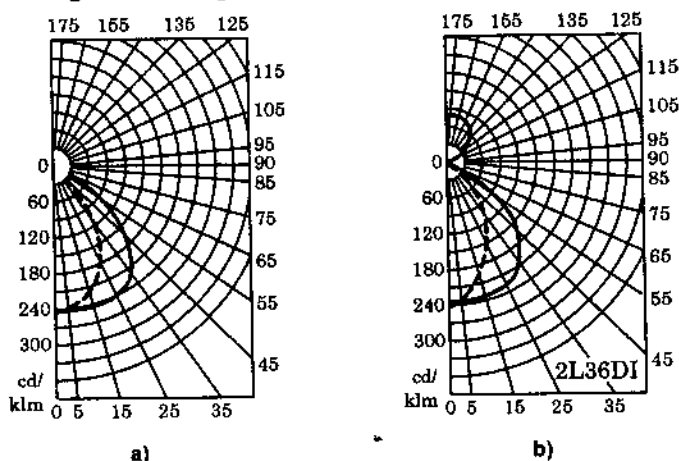
Hiệu suất và cấp bộ đèn 0,485E + 0,109T.

Kiểu chiếu sáng bán trực tiếp.

Lắp đặt: dương trần.

Phụ lục 3-6

Bộ đèn dùng cho trường học (OSRAM) miệng loa không đối xứng.



Hình 3.8. Đặc tính cường độ sáng bộ đèn trường học

a) Bộ đèn 2L36 và 2L58; b) Bộ đèn DI2L36 và DI2L58

Thông số:

Bộ đèn 2L36 – 0,54Đ : 2 ống huỳnh quang 1,2m – 36W.

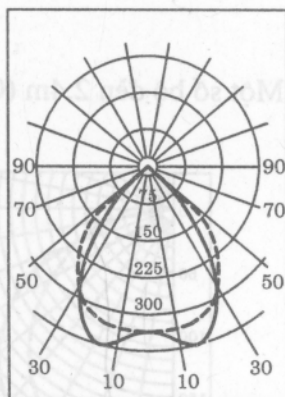
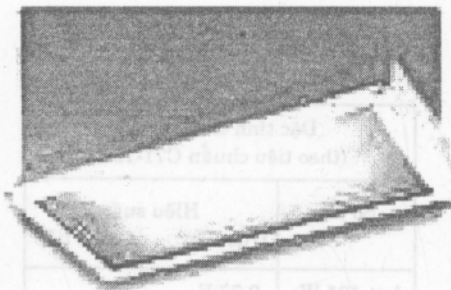
Bộ đèn 2L58 – 0,59Đ : 2 ống huỳnh quang 1,5m – 58W.

Bộ đèn DI2L36 – 0,54Đ + 0,24T: 2 ống huỳnh quang 1,2m – 36W.

Bộ đèn DI2L38 – 0,53Đ + 0,16T: 2 ống huỳnh quang 1,5m – 58W.

Phụ lục 3-7

Bộ đèn chiếu sáng nội thất GALIA – 236DPB (MAZDA)



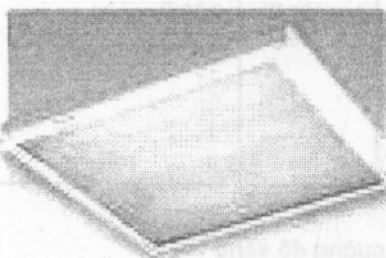
Hình 3.9. Bộ đèn GALIA – 236 DPB (MAZDA)

Thông số: 2 ống huỳnh quang 1,2m – 36W.

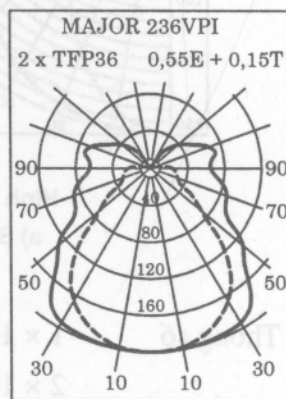
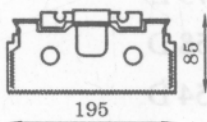
Cấp và hiệu suất bộ đèn 0,62B chiếu sáng trực tiếp hẹp.

Phụ lục 3-8

Bộ đèn chiếu sáng nội thất MAJOR VPI (MAZDA)



OF-20403



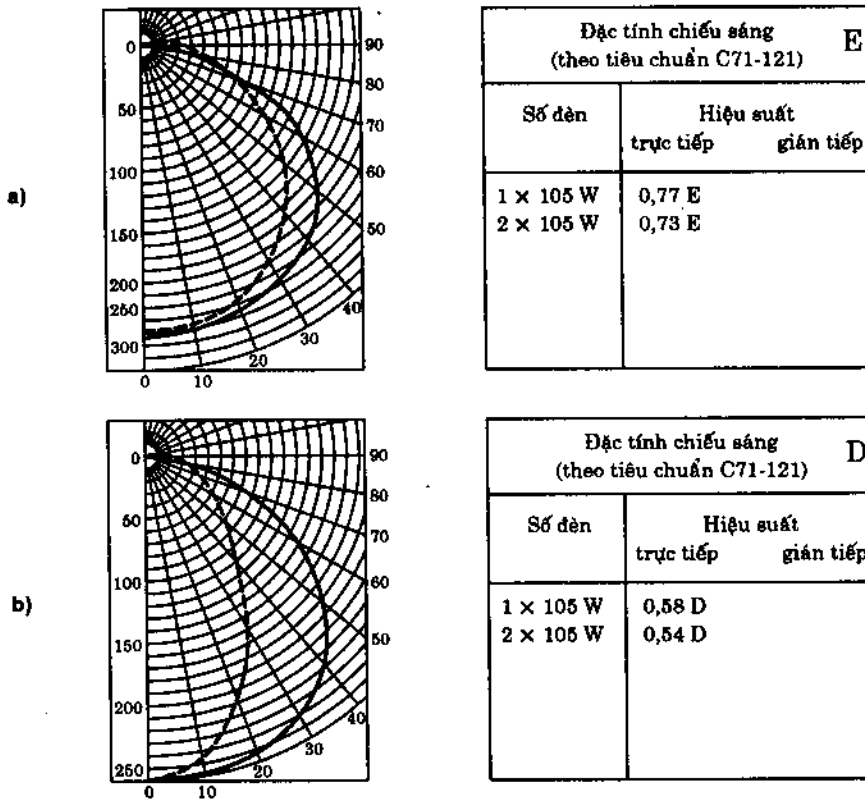
Hình 3.10. Bộ đèn MAJOR VPI (MAZDA)

Thông số: 2 ống huỳnh quang 1,2m – 36W.

Cấp và hiệu suất bộ đèn 0,55E + 0,15T chiếu sáng bán trực tiếp.

Phụ lục 3-9

Một số bộ đèn 2,4m (CLAUDE)



Hình 3.11. Đặc tính cường độ sáng

a) Bộ đèn cấp E; b) Bộ đèn cấp D

Thông số	1 × 105 W	0,77 E
	2 × 105 W	0,73 E
	1 × 105 W	0,58 D
	2 × 105 W	0,54 D

Để thỏa mãn điều kiện không bị chói lóa khi chọn cấp bộ đèn ống huỳnh quang, nên tham khảo phụ lục 3-10 dưới đây.

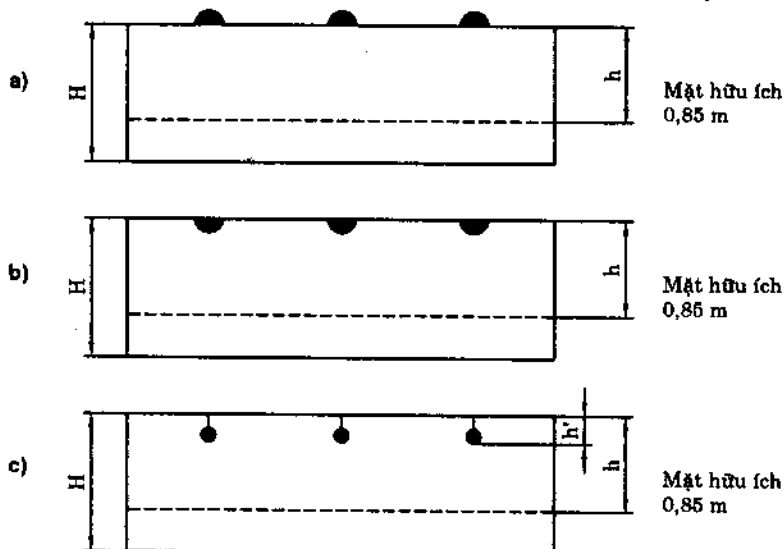
Phụ lục 3-10

Chọn cấp bộ đèn ống huỳnh quang

Độ rọi yêu cầu (lx)	Văn phòng			Phân xưởng		
	36 W 1,2 m	58 W 1,5 m	105 W 2,4 m	36 W 1,2 m	58 W 1,5 m	105 W 2,4 m
Dưới 200				G	G	
Dưới 400				F	F	
Dưới 600	E	E		E	E	
Dưới 800	D	D		D	D	C
Dưới 1000	C	C		D	D	C
Dưới 1200	C	C		C	C	C

Bước 5: Chọn chiều cao treo bộ đèn

Tùy theo độ cao H của phòng ta bố trí bộ đèn như hình 3.12. Khi độ cao trần thấp, ta nên bố trí âm trần (bộ đèn đặt ngấm trong trần, hình 3.12a) hoặc sát trần (hình 3.12b). Khi trần quá cao, các bộ đèn treo dưới trần (hình 3.12c).



Hình 3.12. Chiều cao treo bộ đèn

H – chiều cao phòng; h' – khoảng cách từ bộ đèn đến trần;

h – khoảng cách từ bộ đèn đến bề mặt hữu ích.

Khoảng cách từ bề mặt hữu ích đến nền (sàn) thường khoảng 0,85m.

Giá trị h cực đại có ưu điểm sau:

- + Các đèn càng xa với thị trường của mắt, làm giảm nguy cơ gây lóa mắt.
- + Các đèn có công suất lớn hơn sẽ có hiệu suất phát quang lớn hơn.
- + Các bộ đèn có thể đặt xa nhau, do đó làm giảm số bộ đèn, giảm chi phí lắp đặt.

Bước 6: Xác định hệ số sử dụng quang thông u

Hệ số sử dụng u là tỷ số giữa quang thông Φ_u nhận được ở bề mặt hữu ích trên quang thông tổng Φ_t của tất cả các bóng đèn trong phòng:

$$U = \frac{\Phi_u}{\Phi_t} = \eta_d U_d + \eta_i U_i \quad (3.1)$$

Trong đó:

η_d, η_i – hiệu suất trực tiếp, gián tiếp của bộ đèn.

U_d, U_i – hệ số quang thông có ích trực tiếp, gián tiếp của bộ đèn (bảng 3.2 và bảng 3.3).

Hệ số quang thông có ích của bộ đèn U là tỷ số giữa quang thông nhận được ở bề mặt hữu ích trên quang thông đi ra khỏi bộ đèn.

Trong catalogue của bộ đèn nhà chế tạo cho giá trị hệ số sử dụng U.

Nếu nhà chế tạo chỉ cho hiệu suất và cấp bộ đèn, ta tính hệ số sử dụng bằng:

$$\eta_d U_d + \eta_i U_i$$

Hệ số sử dụng phụ thuộc vào cấp bộ đèn, chỉ số địa điểm K và chỉ số treo j:

Chỉ số địa điểm K:

$$K = \frac{ab}{h(a+b)} \quad (3.2)$$

Bảng 3.2: Hệ số $U_d\%$ của bộ đèn chiếu sáng trực tiếp

$j = 0$	0,6	82	75	80	74	70	67	62	58	66	61	58	61	58
	0,8	92	83	90	82	80	76	71	68	75	71	67	70	67
	1,0	98	88	96	87	87	81	77	74	80	76	73	76	73
	1,25	104	92	101	91	93	86	82	79	84	81	78	80	78
	1,5	108	95	105	94	97	89	85	82	87	84	82	83	81
	2,0	113	98	110	99	103	93	90	88	92	89	87	88	86
	2,5	116	100	113	99	107	96	93	91	94	92	90	91	89
	3,0	119	102	115	101	110	98	96	94	96	94	93	93	92
	4,0	122	104	118	101	114	101	99	97	99	97	96	96	95
	5,0	124	105	120	104	117	102	101	100	100	99	98	98	97
	K	$U_d\%$ bộ đèn cấp A										$k_m = 0,5 = 2k_n$		
$j = \frac{1}{3}$	0,6	78	73	77	72	68	65	61	58	65	61	58	61	58
	0,8	88	81	87	81	77	74	70	67	74	70	67	70	67
	1,0	94	86	93	85	84	80	76	73	79	75	73	75	72
	1,25	100	90	98	98	89	84	81	78	84	80	78	80	77
	1,5	104	93	102	92	94	88	84	81	87	84	81	83	81
	2,0	109	97	107	96	100	92	89	87	91	88	86	87	86
	2,5	113	99	110	98	104	95	92	90	94	91	89	90	89
	3,0	116	101	113	100	107	97	95	93	97	94	92	92	91
	4,0	120	103	116	102	112	100	98	97	98	97	96	96	94
	5,0	122	104	118	103	115	102	100	99	100	99	98	97	96

ρ trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3
ρ tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1
ρ mặt hữu ích	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

$j = 0$	0,6	81	75	80	74	69	66	61	58	65	61	58	60	57
	0,8	91	82	89	81	79	75	70	68	73	69	66	69	66
	1,0	97	87	95	86	85	80	75	72	79	74	72	74	71
	1,25	103	92	100	90	92	85	81	78	84	80	77	79	77
	1,5	107	94	104	93	96	88	84	81	86	83	80	82	80
	2,0	112	97	109	98	102	92	89	86	91	88	86	87	85
	2,5	116	100	112	99	106	95	92	90	94	91	89	90	88
	3,0	118	101	115	100	109	97	95	93	95	94	92	92	91
	4,0	122	103	117	102	114	100	98	96	98	97	95	95	94
	5,0	124	104	119	103	116	102	100	99	100	99	97	97	96
	K	$U_d\%$ bộ đèn cấp B										$k_m = 1 = 2k_n$		
$j = \frac{1}{3}$	0,6	77	72	77	72	67	65	60	57	65	60	57	60	57
	0,8	86	80	85	80	76	73	69	66	73	69	66	68	66
	1,0	93	85	91	84	82	78	74	71	78	74	71	73	71
	1,25	99	90	97	89	88	83	80	77	83	79	77	79	76
	1,5	103	92	101	91	92	86	83	80	85	82	79	82	79
	2,0	109	96	106	95	99	91	88	85	90	87	85	86	84
	2,5	113	99	110	98	103	94	91	89	93	90	88	89	88
	3,0	115	100	112	99	106	96	94	92	95	93	91	92	90
	4,0	119	103	116	102	111	99	97	96	98	96	94	95	93
	5,0	122	104	118	103	114	101	99	98	99	98	97	97	96

$j = 0$	0,6	72	66	70	65	58	56	50	46	55	49	45	49	45
	0,8	83	76	81	74	70	66	60	55	64	59	55	59	55
	1,0	91	81	88	80	77	72	66	62	71	66	62	65	61
	1,25	98	87	95	85	85	79	73	69	77	73	69	72	68
	1,5	102	90	99	88	90	82	77	73	81	76	73	75	72
	2,0	108	94	105	94	97	88	83	80	86	82	79	81	78
	2,5	112	97	109	95	102	91	87	84	89	86	83	85	82
	3,0	115	99	111	97	105	93	90	87	91	89	86	87	85
	4,0	119	101	114	99	109	96	94	91	94	92	90	90	89
	5,0	121	102	118	101	112	98	96	94	96	94	92	92	91
	K	$U_a\%$ bộ đèn cấp C										$k_m = 1 = 2k_p$		
$j = \frac{1}{3}$	0,6	68	63	67	63	56	54	49	45	54	49	45	49	45
	0,8	79	73	77	72	67	64	59	55	63	58	55	58	55
	1,0	86	79	85	78	74	70	65	61	70	65	61	64	61
	1,25	93	85	91	84	81	77	72	68	76	72	68	71	68
	1,5	98	88	96	87	86	81	76	72	80	75	72	75	72
	2,0	105	93	102	92	93	86	82	79	85	81	78	81	78
	2,5	109	96	106	94	98	90	86	83	88	85	82	84	82
	3,0	112	97	109	96	102	92	89	86	91	88	85	87	84
	4,0	116	100	113	99	107	96	93	90	94	91	89	90	88
	5,0	119	101	115	100	110	97	95	93	96	93	92	92	90

ρ trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3
ρ tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1
ρ mặt hữu ích	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

$j = 0$	0,6	66	61	65	60	52	49	43	38	48	42	38	42	37
	0,8	77	70	75	69	63	59	52	47	58	52	47	51	47
	1,0	89	80	87	79	76	71	65	61	69	64	60	64	60
	1,25	95	85	92	83	82	76	70	65	74	69	65	68	65
	1,5	101	89	98	87	88	81	76	72	79	75	71	74	70
	2,0	107	93	104	93	95	86	82	78	84	81	77	79	76
	2,5	111	96	108	95	100	90	86	83	88	84	81	83	81
	3,0	114	98	111	97	104	93	89	86	91	88	85	86	84
	4,0	118	101	114	99	109	96	93	91	94	91	89	90	88
	5,0	121	102	116	101	112	98	96	93	96	94	92	92	91
	K	$U_a\%$ bộ đèn cấp D										$k_m = 1,5 = 2k_p$		
$j = \frac{1}{3}$	0,6	62	58	61	57	49	48	42	37	47	41	37	41	37
	0,8	73	67	72	67	60	57	51	47	57	51	47	51	47
	1,0	85	78	83	77	73	69	64	60	68	63	60	63	59
	1,25	91	82	89	81	78	74	69	65	73	68	64	68	64
	1,5	97	87	94	86	85	79	74	71	78	74	70	73	70
	2,0	104	92	101	91	92	85	81	77	84	80	77	79	76
	2,5	108	95	105	93	97	89	85	81	87	84	81	83	80
	3,0	111	97	108	96	101	92	88	85	90	87	84	86	84
	4,0	116	100	112	99	106	95	92	90	93	91	89	90	88
	5,0	119	101	115	100	110	97	95	92	95	93	93	92	90

$j = 0$	0,6	61	56	59	55	45	43	36	30	42	35	30	35	30
	0,8	72	66	70	64	56	53	45	40	52	45	39	44	39
	1,0	84	75	81	74	69	64	57	52	63	56	52	56	51
	1,25	90	80	88	79	76	70	63	58	68	62	58	61	57
	1,5	97	85	93	83	82	76	69	64	74	68	64	67	63
	2,0	101	90	100	90	91	82	77	73	80	76	72	74	71
	2,5	109	94	105	92	97	87	82	78	85	81	77	79	76
	3,0	112	96	108	95	101	90	86	82	88	85	81	83	80
	4,0	117	99	111	98	107	94	91	88	92	89	87	88	85
	5,0	120	101	115	100	110	97	94	91	94	92	90	90	89
	K	$U_a\%$ bộ đèn cấp E							$k_m = 1,5 = 2k_p$					
$j = \frac{1}{3}$	0,6	56	53	55	52	43	41	35	30	41	34	30	34	30
	0,8	67	62	66	61	53	51	44	39	50	44	39	44	39
	1,0	79	72	77	71	65	62	56	51	61	55	51	55	51
	1,25	86	78	84	77	72	68	62	57	67	61	57	61	57
	1,5	92	83	90	82	79	74	68	64	73	67	63	67	63
	2,0	100	89	97	87	87	81	76	72	79	75	71	74	71
	2,5	105	92	102	91	93	85	81	77	84	80	76	79	76
	3,0	109	95	106	94	98	89	85	81	87	84	81	82	80
	4,0	114	98	111	97	104	93	90	87	91	88	86	87	85
	5,0	118	100	114	99	108	96	93	91	94	91	89	90	88

ρ trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3
ρ tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1
ρ mặt hữu ích	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

$j = 0$	0,6	56	52	54	51	40	38	30	24	37	29	24	29	24
	0,8	70	64	68	62	54	51	43	37	49	42	37	41	36
	1,0	89	80	87	79	75	71	65	60	69	64	60	63	59
	1,25	96	95	93	84	83	77	71	67	75	71	67	70	66
	1,5	102	90	99	88	89	82	77	73	80	76	72	75	72
	2,0	109	95	105	95	97	88	84	81	86	83	80	82	79
	2,5	113	98	110	96	103	92	89	86	91	88	85	86	84
	3,0	116	99	112	98	106	94	81	88	92	90	87	88	86
	4,0	119	101	115	100	110	97	95	92	95	93	91	91	90
	5,0	121	103	117	101	113	99	97	95	97	95	93	93	92
	K	$U_a\%$ bộ đèn cấp F							$k_m = 2 = 2k_p$					
$j = \frac{1}{3}$	0,6	51	48	51	48	37	36	29	24	36	29	24	28	24
	0,8	65	60	64	60	51	49	41	36	48	41	36	41	36
	1,0	85	77	83	77	72	69	63	59	68	63	59	63	59
	1,25	92	83	90	82	80	75	70	66	74	70	66	69	66
	1,5	98	88	95	87	86	80	76	72	79	75	72	74	71
	2,0	105	93	102	92	94	87	83	80	85	82	79	81	79
	2,5	110	97	107	95	100	91	88	85	90	87	84	86	84
	3,0	113	98	110	97	103	93	90	97	92	89	86	88	86
	4,0	117	101	113	99	107	96	94	91	95	92	90	91	89
	5,0	119	102	116	101	111	98	96	94	96	94	93	93	91

j = 0	0,6	58	54	56	52	42	40	32	26	39	31	26	31	26
	0,8	69	62	66	61	52	49	40	35	47	40	34	39	34
	1,0	79	71	76	69	63	59	51	45	57	50	45	49	44
	1,25	86	76	83	74	70	64	57	51	63	56	50	55	50
	1,5	92	81	89	79	76	70	63	57	68	62	56	60	56
	2,0	99	87	96	86	85	77	71	65	75	69	64	68	64
	2,5	105	90	101	88	91	82	76	71	79	74	70	73	69
	3,0	108	93	104	91	96	85	80	76	83	79	75	77	74
	4,0	113	96	109	95	102	90	86	82	88	84	81	82	79
	5,0	117	99	112	97	106	93	89	86	90	87	84	86	83
	K	U ₄ % bộ đèn cấp G							k _m = 1,5 = 2k _p					
j = $\frac{1}{3}$	0,6	53	50	52	49	39	38	31	26	38	31	26	31	26
	0,8	63	59	62	58	49	47	39	34	46	39	34	39	34
	1,0	74	68	73	67	60	57	50	44	56	49	44	49	44
	1,25	81	73	79	72	66	62	55	50	61	55	50	54	50
	1,5	87	78	85	77	71	68	61	56	67	61	56	60	55
	2,0	96	85	93	83	81	75	69	64	74	68	64	67	63
	2,5	101	89	98	87	88	80	74	70	78	73	69	72	69
	3,0	105	92	102	90	93	84	79	75	82	78	74	76	73
	4,0	111	95	117	94	99	89	85	81	87	83	80	82	79
	5,0	114	98	110	96	104	92	88	85	90	87	84	85	83

p trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3
p tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1
p mặt hữu ích	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

j = 0	0,6	57	52	55	51	40	38	30	25	37	30	24	29	24
	0,8	66	60	64	59	49	46	38	32	45	37	31	36	31
	1,0	77	69	74	67	60	56	47	41	54	46	41	46	41
	1,25	83	74	80	72	66	61	53	46	59	52	46	51	46
	1,5	89	78	85	76	72	66	58	52	64	57	52	56	51
	2,0	96	84	93	83	81	73	66	60	71	65	59	61	58
	2,5	101	87	97	86	87	78	71	66	75	70	65	68	64
	3,0	105	90	101	88	91	81	75	70	79	74	69	72	68
	4,0	111	94	106	92	98	86	81	76	84	79	75	78	74
	5,0	119	96	109	94	102	89	85	81	87	83	79	81	78
	K	U ₄ % bộ đèn cấp H							k _m = 1,5 = 2k _p					
j = $\frac{1}{3}$	0,6	52	48	51	48	38	36	29	24	36	29	24	29	24
	0,8	61	57	60	56	46	44	36	31	44	36	31	36	31
	1,0	71	65	70	64	56	53	46	41	53	46	40	45	40
	1,25	78	71	76	69	62	59	51	46	58	51	45	50	45
	1,5	84	76	82	74	69	64	57	51	63	56	51	56	51
	2,0	92	82	89	80	77	71	65	59	70	63	58	63	58
	2,5	98	86	95	84	83	76	70	64	74	69	64	68	63
	3,0	102	89	99	87	88	80	74	69	78	73	68	72	68
	4,0	108	93	104	91	95	85	80	76	83	79	75	77	74
	5,0	112	95	108	94	100	89	84	80	86	82	79	81	78

$j = 0$	0,6	51	47	49	46	34	32	23	17	31	23	17	22	17
	0,8	63	57	61	56	45	43	33	27	41	33	26	32	26
	1,0	78	70	75	68	61	57	49	43	55	48	42	47	42
	1,25	85	76	82	74	69	64	56	50	62	55	50	54	50
	1,5	91	80	88	78	75	69	61	55	67	60	55	59	54
	2,0	100	87	96	87	86	78	71	66	75	70	65	69	64
	2,5	106	91	102	90	93	83	78	73	81	76	72	75	71
	3,0	109	94	105	92	97	86	81	77	84	80	76	78	75
	4,0	114	96	110	96	103	91	87	83	89	85	82	84	81
	5,0	118	99	113	98	108	94	91	88	92	89	86	87	85
	K	$U_a\%$ bộ đèn cấp I								$k_m = 2 = 2k_n$				
$j = \frac{1}{3}$	0,6	46	43	45	43	31	30	22	17	30	22	17	22	17
	0,8	58	54	56	53	42	40	32	26	40	32	26	32	26
	1,0	73	67	71	65	58	55	48	42	54	47	42	47	42
	1,25	81	73	79	72	66	62	55	50	61	54	49	54	49
	1,5	86	78	84	76	71	67	60	55	65	59	54	59	54
	2,0	96	85	93	84	82	76	70	65	74	69	65	68	64
	2,5	102	90	99	88	90	82	76	72	80	75	71	74	71
	3,0	106	92	103	91	84	85	80	76	83	79	75	78	75
	4,0	112	96	108	94	101	90	86	83	88	85	82	83	81
	5,0	115	99	112	97	105	93	90	87	91	88	86	87	85

ρ trần	8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3
ρ tường	7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1
ρ mặt hữu ích	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

$j = 0$	0,6	51	47	49	45	33	31	23	16	30	22	16	21	16
	0,8	61	55	58	53	42	40	30	23	38	30	23	29	23
	1,0	73	65	70	63	55	51	42	35	49	41	35	40	35
	1,25	79	70	76	69	61	57	48	41	55	47	40	45	40
	1,5	84	74	80	71	66	60	51	44	58	50	43	49	43
	2,0	92	80	88	79	75	68	60	53	65	58	52	57	51
	2,5	97	84	93	82	81	73	65	59	70	63	58	62	57
	3,0	101	86	97	84	85	76	69	62	73	67	61	65	60
	4,0	106	90	102	88	92	81	75	69	78	73	68	71	66
	5,0	110	93	105	91	96	84	79	73	82	77	72	75	71
	K	$U_a\%$ bộ đèn cấp J								$k_m = 2 = 2k_n$				
$j = \frac{1}{3}$	0,6	46	43	45	42	30	29	21	16	29	21	16	21	16
	0,8	55	51	54	50	39	37	29	23	37	29	23	28	23
	1,0	67	62	66	60	51	49	41	35	48	40	34	40	34
	1,25	74	67	72	66	58	54	46	40	53	45	40	45	39
	1,5	79	71	76	69	62	58	50	43	56	49	43	48	42
	2,0	88	78	85	76	71	66	58	52	64	57	51	56	51
	2,5	94	82	90	80	78	71	64	57	69	62	57	61	56
	3,0	98	85	94	83	82	74	67	61	72	66	61	65	60
	4,0	103	89	99	87	89	80	73	68	77	72	67	70	66
	5,0	107	92	103	90	94	83	77	72	81	76	71	74	70

Bảng 3.3. Hệ số $U_i\%$ của bộ đèn chiếu sáng gián tiếp

p trần		8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3
p tường		7	7	7	7	5	5	3	1	5	3	1	3	1
p mặt hữu ích		3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
$j = 0$	0,6	47	43	40	37	29	28	23	19	19	16	13	9	8
	0,8	56	51	47	43	37	35	29	25	24	21	18	12	10
	1,0	63	56	53	48	43	40	35	31	28	24	22	14	13
	1,25	69	61	58	52	49	45	40	36	31	28	25	16	15
	1,5	74	65	62	56	54	49	44	40	34	31	28	18	17
	2,0	80	70	68	60	60	55	50	47	38	35	33	20	19
	2,5	85	73	71	63	65	58	54	51	40	38	36	22	21
	3,0	88	75	74	64	68	61	57	54	42	40	38	23	22
	4,0	92	78	77	67	72	64	61	59	44	43	41	25	24
	5,0	94	79	79	68	75	66	64	61	46	44	43	26	25
	K	$U_i\%$ bộ đèn cấp T								$k_m = 1 = 2k_p$				
$j = \frac{1}{3}$	0,6	28	26	24	23	14	13	8	5	10	6	3	4	2
	0,8	37	34	32	30	20	19	13	9	14	9	6	6	4
	1,0	44	41	38	35	26	24	17	13	18	13	9	8	5
	1,25	52	47	45	41	32	30	23	17	22	16	12	10	7
	1,5	58	52	50	45	37	35	27	22	25	19	15	12	9
	2,0	66	59	57	51	45	42	34	29	30	24	20	15	12
	2,5	73	64	62	55	51	47	40	34	33	28	24	17	14
	3,0	77	67	65	58	55	50	44	39	36	31	27	19	16
	4,0	83	71	70	62	62	55	50	45	39	35	31	21	18
	5,0	87	74	73	64	66	59	54	50	41	38	35	23	20

Chỉ số treo j :

$$j = \frac{h'}{h + h'} \quad (3.3)$$

Với $h \geq 2h'$ và $0 \leq j \leq \frac{1}{3}$.

Bước 7: Tính quang thông tổng của các đèn

Quang thông tổng Φ_t của tất cả các đèn trong phòng được tính như sau:

$$\Phi_t = \frac{E.S.\delta}{U} \quad (3.4)$$

Trong đó: $S = a.b$ – diện tích của mặt hữu ích.

E – độ rọi yêu cầu của mặt hữu ích.

δ – hệ số bù suy giảm quang thông.

Hệ số bù suy giảm quang thông được tính là:

$$\delta = \frac{1}{V_1 V_2} = 1,2 + 1,6$$

V_1 – suy giảm quang thông của đèn theo thời gian hoạt động

Thời gian hoạt động	Giá trị V_1			
	Natri cao áp	Ống huỳnh quang	Hg cao áp	Natri thấp áp
3000 giờ	0,95	0,90	0,85	0,85
8000 giờ	0,90	0,85	0,80	0,80
9000 giờ	0,85	0,80	0,75	

V_2 – suy giảm quang thông do bụi bám (môi trường ô nhiễm).

Giá trị V_2 được lấy như sau:

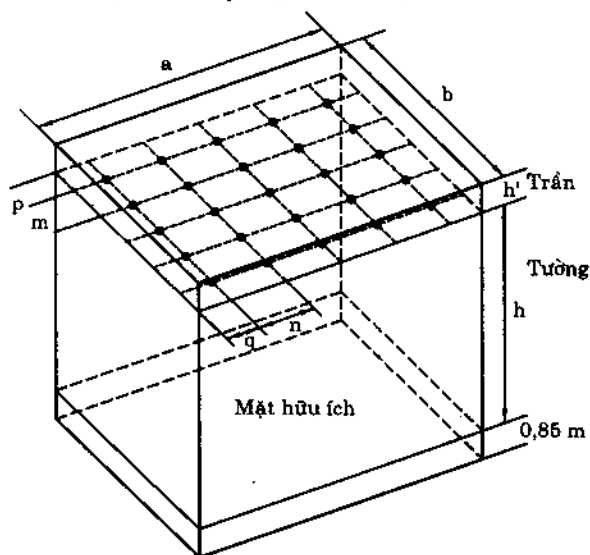
Địa điểm sạch (văn phòng, lớp học....)	0,9
Địa điểm công nghiệp	0,8
Môi trường ô nhiễm (công trường)	0,7

U – hệ số sử dụng quang thông.

Sau khi tính được Φ_1 , ta xác định quang thông bóng đèn, bộ đèn và số bộ đèn.

Bước 8: Xác định lưới bố trí các bộ đèn

Bộ đèn được bố trí thành lưới chữ nhật trong mặt phẳng cách bề mặt hữu ích một khoảng h (hình 3.13).



m – khoảng cách giữa tâm 2 bộ đèn phía cạnh b .

n – khoảng cách giữa tâm 2 bộ đèn phía cạnh a .

p – khoảng cách giữa tường cạnh a và hàng đèn gần tường cạnh a .

q – khoảng cách giữa tường cạnh b và hàng đèn gần tường cạnh b .

Hình 3.13. Lưới bố trí bộ đèn

Để đảm bảo đồng đều độ rọi trên bề mặt hữu ích cần đảm bảo giá trị m , n nhỏ hơn giá trị cực đại $n_{\max}$ dưới đây:

Cấp bộ đèn	A	B	C	D	E, F, G, H	I, J	A...J+T	T
$n_{\max}$	0,6h	0,8h	h	1,2h	1,5h	1,7h	1,5	$\frac{n}{h'} \leq 6$

Từ đó xác định được số bộ đèn tối thiểu cạnh a, cạnh b:

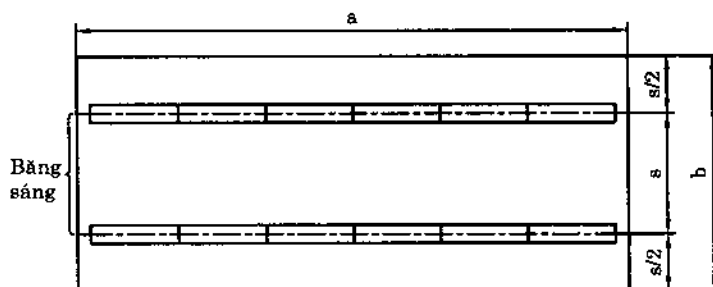
$$N_a = \frac{a}{n_{\max}} \quad \text{quy tròn}$$

$$N_b = \frac{b}{n_{\max}} \quad \text{quy tròn}$$

Số bộ đèn tối thiểu của địa điểm là $N_a \cdot N_b$.

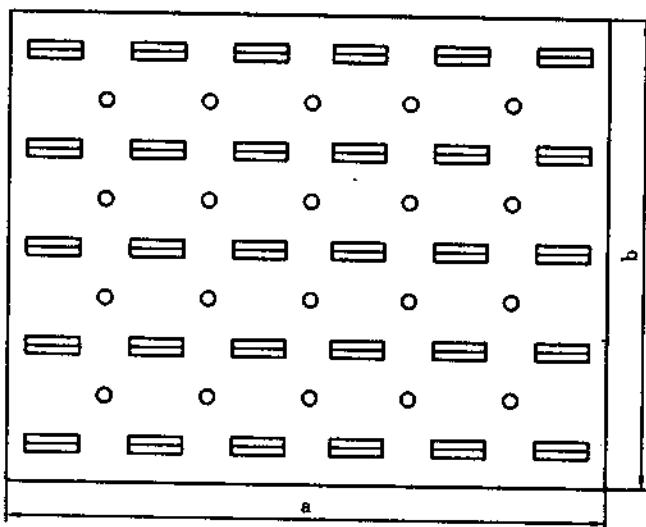
Số bộ đèn của địa điểm N sẽ là $N \geq N_a \cdot N_b$

Trong trường hợp bố trí bộ đèn ống huỳnh quang, nếu số bộ đèn nhiều, do đó khoảng cách giữa các bộ đèn theo chiều dọc nhỏ, ta nên bố trí hàng đèn thành băng sáng (hình 3.14).



Hình 3.14. Bố trí các đèn thành băng sáng

Trong trường hợp thiết kế nhiều mức độ rọi cho phòng, thường mức độ rọi thấp (khoảng 150lx) ta sử dụng đèn compact huỳnh quang, mức độ rọi cao (khoảng 500 – 600lx) ta sử dụng đèn ống huỳnh quang. Ta bố trí hai lưới đèn riêng rẽ (lưới compact O; lưới đèn ống huỳnh quang $\Rightarrow$) đan xen vào nhau như hình 3.15.



Hình 3.15. Bố trí lưới đèn hai mức độ rọi

Ví dụ 3.1. Thiết kế chiếu sáng xưởng cưa:

Kích thước $a = 13\text{m}$; $b = 7\text{m}$; $H = 3,88\text{m}$

Bộ phản xạ 531 ($\rho_1 = 0,5$; $\rho_3 = 0,3$; $\rho_4 = 0,1$)

Lời giải

Chọn độ rọi theo bảng 3.1: $E = 200\text{lx}$

Theo đường cong Kruithof (hình 3.2) ta có: $T = 2700 \div 3700\text{ K}$

Chọn đèn Natri cao áp bóng sáng, bộ đèn MBF bộ phản xạ bằng tôn PKSI 550; 0,757E (phụ lục 3-2), chiếu sáng trực tiếp; 0,757C.

Bộ đèn treo sát trần $h' = 0$

Chiều cao hữu ích h :

$$h = H - h' - 0,85 = 3,88 - 0,85 = 3,03\text{m}$$

Khoảng cách 2 bộ đèn liên tiếp cực đại:

$$n_{\max} = 1,5h = 1,5 \cdot 3,03 = 4,545\text{m}$$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh a :

$$N_a = \frac{a}{n_{\max}} = \frac{13}{4,545} = 2,86 \rightarrow 3$$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh b :

$$N_b = \frac{b}{n_{\max}} = \frac{7}{4,545} = 1,54 \rightarrow 2$$

Số bộ đèn tối thiểu: $N_a \cdot N_b = 3 \cdot 2 = 6$

Chỉ số địa điểm K: $K = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{13,7}{3,03(13+7)} = 1,5$

Chỉ số treo j: $j = \frac{h'}{h+h'} = 0$

Tra bảng 3.2 hệ số $U_d\%$ với bộ đèn cấp E, các chỉ số $K = 1,5$; $j = 0$; bộ phản xạ $p = 531$ ta được $U_d = 0,68$.

Hệ số bù quang thông $\delta = 1,4$.

Quang thông tổng của tất cả bóng đèn:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot a \cdot b \cdot \delta}{\eta_d U_d} = \frac{200 \cdot 13,7 \cdot 1,4}{0,757 \cdot 0,68} = 49498(\text{lx})$$

Dựa vào số bộ đèn tối thiểu 6, quang thông bóng đèn sẽ trong khoảng:

$$\Phi_d = \frac{\Phi_t}{6} = \frac{49498}{6} = 8249(\text{lm})$$

Bóng đèn Na cao áp có quang thông gần với 8249lm là bóng:

$$P = 70\text{W}, \Phi_d = 6500\text{lm}; T = 2700\text{K}; IRC = 70$$

Số lượng bộ đèn N:

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_d} = \frac{49498}{6500} = 7,61 \rightarrow 8$$

Chọn 8 bộ đèn, độ rọi dự kiến đạt được:

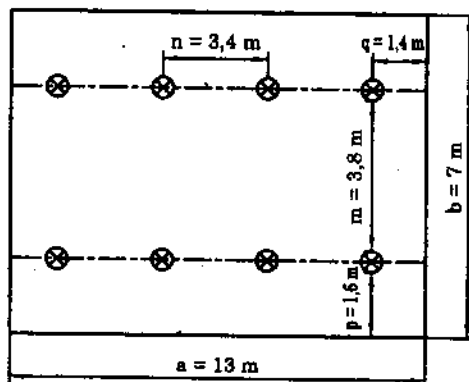
$$E = \frac{8 \cdot 6500 \cdot 0,68 \cdot 0,757}{13,7 \cdot 1,4} = 210(\text{lx})$$

4 bộ đèn, các khoảng cách là:

$$n = 3,4\text{m}; q = 1,4\text{m}; m = 3,8\text{m}; p = 1,6\text{m}$$

$$\frac{3,4}{3} \leq q = 1,4 \leq \frac{3,4}{2}; \frac{3,8}{3} \leq p = 1,6 \leq \frac{3,8}{2}$$

Đảm bảo đồng đều độ rọi, bố trí các bộ đèn trên trần được vẽ trên hình 3.16:



Hình 3.16. Bố trí các bộ đèn ví dụ 3.1

Ví dụ 3.2. Thiết kế chiếu sáng lớp học

Kích thước $a = 12,5\text{m}$; $b = 8,5\text{m}$; $H = 3,45\text{m}$

Bộ phản xạ 753 ($\rho_1 = 0,7$; $\rho_3 = 0,5$; $\rho_4 = 0,3$)

Lời giải:

Chọn độ rọi $E = 350\text{lx}$.

Theo đường cong Kruithof nhiệt độ màu $T = 3000 \div 4500\text{K}$.

Chọn đèn ống huỳnh quang.

Chọn bộ đèn DI2L36 - 0,54D + 0,24T (phụ lục 3-6) chiếu sáng bán trực tiếp, $\eta_d = 0,54$; $\eta_i = 0,24$.

Bộ đèn treo sát trần $h' = 0$.

Chiều cao hữu ích h :

$$h = H - h' - 0,85 = 3,45 - 0,85 = 2,6\text{m}$$

Khoảng cách 2 bộ đèn liên tiếp cực đại:

$$n_{\max} = 1,5h = 1,5 \cdot 2,6 = 3,9\text{m}$$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh a :

$$N_a = \frac{a}{n_{\max}} = \frac{12,5}{3,9} = 3,2 \rightarrow 4$$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh b :

$$N_b = \frac{b}{n_{\max}} = \frac{8,5}{3,9} = 2,18 \rightarrow 3$$

Số bộ đèn tối thiểu là: $N_a \cdot N_b = 4.3 = 12$ bộ

Chỉ số địa điểm K:
$$K = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{12,5 \cdot 8,5}{2,6(12,5+8,5)} = 1,94$$

Chỉ số treo j:
$$j = \frac{h'}{h+h} = 0$$

Tra bảng 3.2, hệ số $U_d\%$ với bộ đèn cấp D, chỉ số j = 0, bộ phản xạ 753:

$$U_{dK=1,5} = 0,88; U_{dK=2} = 0,95$$

$$U_{dK=1,94} = 0,88 + \frac{(0,95 - 0,88)(1,94 - 1,5)}{(2 - 1,5)} = 0,94$$

Tra bảng 3.3, hệ số $U_i\%$ với bộ đèn cấp T, chỉ số j = 0; bộ phản xạ 753:

$$U_{iK=1,5} = 0,54; U_{iK=2} = 0,6$$

$$U_{iK=1,94} = 0,54 + \frac{(0,6 - 0,54)(1,94 - 1,5)}{(2 - 1,5)} = 0,59$$

Hệ số bù quang thông $\delta = 1,35$.

Quang thông tổng Φ_t của tất cả bóng đèn:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot a \cdot b \cdot \delta}{\eta_d U_d + \eta_i U_i} = \frac{350 \cdot 12,5 \cdot 8,5 \cdot 1,35}{0,54 \cdot 0,94 + 0,24 \cdot 0,59} = 77330(\text{lm})$$

Số bộ đèn N:

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_d} = \frac{77330}{2.3350} = 11,54 \rightarrow 12 \text{ bộ}$$

Chọn 12 bộ đèn, độ rọi dự kiến đạt được:

$$E = \frac{12 \cdot 2.3350(0,54 \cdot 0,94 + 0,24 \cdot 0,59)}{12,5 \cdot 8,5 \cdot 1,35} = 364(\text{lx})$$

Đảm bảo độ rọi yêu cầu.

Bố trí các bộ đèn thành 3 hàng, mỗi hàng có 4 bộ đèn, các khoảng cách là:

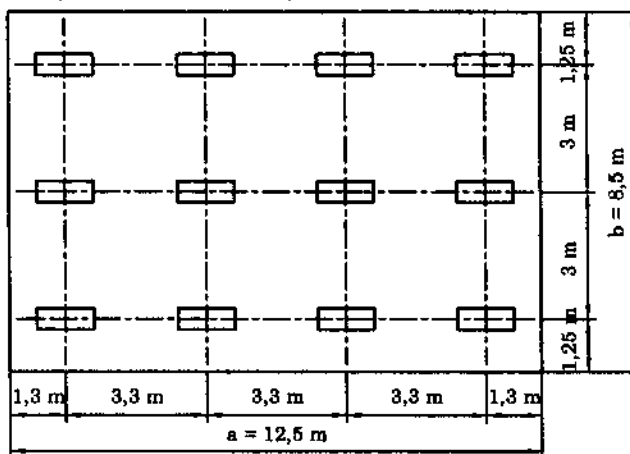
$$n = 3,3\text{m}; q = 1,3\text{m}; m = 3\text{m}; p = 1,25\text{m}.$$

$$\frac{3,3}{3} \leq q = 1,3 \leq \frac{3,3}{2};$$

$$\frac{3}{3} \leq p = 1,25 \leq \frac{3}{2}.$$

Thỏa mãn đồng đều độ rọi.

Bố trí các bộ đèn trên trần được vẽ trên hình 3.17.



Hình 3.17. Bố trí các bộ đèn ví dụ 3.2

Ngoài ra trên bảng bố trí 2 bộ đèn chiếu sáng tăng cường đạt độ rọi khoảng 500lx.

Ví dụ 3.3. Chiếu sáng quán cà phê:

$$\text{Kích thước: } a = 14\text{m}; b = 14\text{m}; H = 3,35\text{m}.$$

$$\text{Hệ số phản xạ: } \rho_1 = 0,7; \rho_3 = 0,5; \rho_4 = 0,1.$$

Lời giải:

– Chọn độ rọi: Theo bảng 3.1, chọn $E = 150\text{lx}$.

– Chọn nhiệt độ màu T:

Theo đường Kruithof hình 3-2: $T = 2600 \div 3500\text{K}$.

– Chọn chỉ số thể hiện màu $\text{CRI} \leq 85$.

- Chọn loại đèn:

Với độ rọi thấp, có thể chọn đèn sợi đốt, Halogen sợi đốt, compact huỳnh quang. Chọn đèn compact huỳnh quang có hiệu suất phát quang cao hơn, sẽ tiết kiệm điện năng.

- Chọn bộ đèn âm trần, 1 bóng compact (hình 3.5) cấp C, hiệu suất trực tiếp $\eta_d = 0,63$.

- Chiều cao treo đèn $h' = 0$, chỉ số treo $j = \frac{h'}{h' + h} = 0$.

- Chỉ số địa điểm:

$$K = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{14.14}{2,5(14+14)} = 2,8$$

Trong đó: $h = H - h' - 0,85 = 3,35 - 0,85 = 2,5m$

- Hệ số sử dụng u: $U = \eta_d U_d$

Tra bảng $U_d\%$ (bảng 3.2) với bộ đèn cấp C; $j = 0$ ta có:

K	2,5	3
U_d	0,91	0,93

$$U_{d_{K=2,8}} = 0,91 + \frac{(0,93 - 0,91)(2,8 - 2,5)}{3 - 2,5} = 0,922$$

$$U = 0,63.0,922 = 0,58086$$

Quang thông tổng của các bóng đèn:

$$\Phi_t = \frac{E.a.b.\delta}{U} = \frac{150.14.14.1,3}{0,58086} = 65799(lm)$$

Trong đó: $\delta = \frac{1}{V_1} \cdot \frac{1}{V_2} = \frac{1}{0,85} \cdot \frac{1}{0,9} = 1,3$

Đảm bảo đồng đều độ rọi, với đèn cấp C: $\frac{n_{max}}{h} = 1$; từ đó:

$$n_{max} = m_{max} = h = 2,5m.$$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh a: $N_a = \frac{a}{n_{max}} = \frac{14}{2,5} = 5,6 \rightarrow 6$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh b: $N_b = \frac{b}{m_{\max}} = \frac{14}{2,5} = 5,6 \rightarrow 6$

Số bộ đèn tối thiểu: $N_{\min} = N_a \cdot N_b = 6 \cdot 6 = 36$ bộ đèn

Với số bộ đèn tối thiểu, quang thông của bóng đèn trong bộ đèn là:

$$\frac{\Phi_i}{N_{\min}} = \frac{65799}{36} = 1827(\text{lm})$$

Dựa vào bảng 3.2 chọn đèn compact huỳnh quang có quang thông gần bằng 1827lm.

Chọn: $P = 23\text{W}$; $\Phi_{\text{đèn}} = 1800\text{lm}$; $T = 2700\text{K}$; $\text{CRI} = 85$.

Số lượng bộ đèn:

$$N = \frac{\Phi_i}{\Phi_d} = \frac{65799}{1800} = 36,5$$

Chọn 36 bộ đèn, phân bố như sau: 6 hàng đèn, mỗi hàng 6 bộ đèn

$$a = 14\text{m}; n = 2,4\text{m}; q = 1\text{m}$$

$$b = 14\text{m}; m = 2,4\text{m}; p = 1\text{m}$$

$$\frac{n}{3} < q < \frac{n}{2}; \frac{m}{3} < p < \frac{m}{2}$$

Ví dụ 3.4. Thiết kế bảng sáng cho phân xưởng.

Một phân xưởng lắp ráp cơ khí có $a = 65\text{m}$; $b = 28\text{m}$; $H = 7,85\text{m}$

Hệ số phản xạ:

$$\text{Trần có lỗ sáng} \quad \rho_1 = 0,3$$

$$\text{Tường gạch} \quad \rho_3 = 0,3$$

$$\text{Sàn bê tông thô} \quad \rho_4 = 0,1$$

Có cấu trúc hoạt động, bố trí đèn ở trần $j = 0$.

Lời giải:

– Chọn độ rọi $E = 300\text{lx}$.

– Nhiệt độ màu $T = 2900\text{K} \div 4300\text{K}$.

– Chỉ số màu $\text{CRI} \leq 85$

– Chọn loại đèn ống huỳnh quang 2,4m 105W – 4300K – $\text{CRI} = 65$.

– Chọn bộ đèn 0,73E, cấp E có $\eta_d = 0,73$ (hình 3.11a), 2 ống huỳnh quang.

– Chỉ số địa điểm:

$$K = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{65.28}{7(65+28)} = 2,8$$

– Hệ số sử dụng quang thông U: $U = \eta_d U_d$

Tra bảng 3.2, xác định U_d với $K = 2,5$ và $K = 3$, $j = 0$ bộ đèn cấp E, $\rho = 331$.

K	2,5	3
U_d	0,79	0,83

$$U_{d_{K=2,8}} = 0,79 + \frac{(0,83 - 0,79)(2,8 - 2,5)}{3 - 2,5} = 0,814$$

$$U = \eta_d U_d = 0,73.0,814 = 0,59422$$

– Quang thông tổng của tất cả bóng đèn:

$$\Phi_t = \frac{E.a.b.\delta}{U} = \frac{300.65.28.1,4}{0,59422} = 1286392(\text{lm})$$

Trong đó: $\delta = 1,4$

– Khoảng cách cực đại giữa các băng sáng:

$$m_{\max} = 1,5h = 1,5.7 = 10,5\text{m}$$

– Số băng sáng tối thiểu song song với cạnh a bằng:

$$\frac{b}{m_{\max}} = \frac{28}{10,5} = 2,66 \rightarrow 3$$

– Quang thông của mỗi băng sáng bằng $\frac{\Phi_t}{3} = \frac{1286392}{3} = 428797(\text{lm})$.

– Số bộ đèn mỗi băng sáng: $N = \frac{428797}{2.8900} = 24$ bộ đèn.

– Chiều dài mỗi băng sáng bằng $2,5 \times 24 = 60\text{m}$.

Các kích thước bố trí băng sáng:

$$a = 65\text{m}; q = 2,5\text{m}; b = 28\text{m}; m = 9,4\text{m}; p = 4,6\text{m}.$$

Đèn ống huỳnh quang ngày càng được chế tạo với hiệu suất phát quang cao, nên bố trí bằng sáng tuy có hơi tốn kém song tiết kiệm điện năng và tiện nghi hơn.

Ví dụ 3.5. Thiết kế chiếu sáng xưởng họa.

Kích thước: $a = 15\text{m}$; $b = 5,7\text{m}$; $H = 3,35\text{m}$.

Hệ số phản xạ: $\rho_1 = 0,7$; $\rho_3 = 0,5$; $\rho_4 = 0,3$.

Yêu cầu mức chiếu sáng cao.

Lời giải:

- Chọn độ rọi $E = 1000\text{lx}$.
- Nhiệt độ màu $T = 3300 \div 7000\text{K}$.
- Chỉ số màu $\text{CRI} = 92$.
- Chọn đèn ống huỳnh quang $1,5\text{m} - 58\text{W} - 5250\text{lm}$, 6000K , $\text{CRI} = 92$.

Để tiết kiệm điện năng, bộ đèn treo cách trần $h' = 0,5\text{m}$.

$$h = H - h' - 0,85 = 3,35 - 0,5 - 0,85 = 2\text{m}$$

- Chỉ số treo:
$$j = \frac{h'}{h + h'} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2$$

- Chỉ số địa điểm:
$$K = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{15 \cdot 7,5}{2(15+7,5)} = 2,5$$

- Chọn bộ đèn DI2L58 (hình 3.8b): $0,53\text{D} + 0,16\text{T}$

- Xác định U_d , đèn cấp D với $K = 2,5$

j	0	1/3
U_d	1	0,97

$$U_{d_{j=0,2}} = 1 + \frac{(0,97-1)}{\frac{1}{3}-0}(0,2-0) = 0,982$$

- Xác định U_i , đèn cấp T với $K = 2,5$

j	0	1/3
U_i	0,65	0,51

$$U_{i_{j=0,2}} = 0,65 + \frac{(0,51-65)}{\frac{1}{3}-0}(0,2-0) = 0,566$$

Quang thông tổng của các bóng đèn:

$$\Phi_t = \frac{E.a.b.\delta}{\eta_d U_d + \eta_i U_i} = \frac{1000.15.7,5.1,2}{0,53.0,982 + 0,16.0,566} = 220942(\text{lm})$$

$$n_{\max} = 1,5h = 1,5.2 = 3\text{m}$$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh a: $N_a = \frac{15}{3} = 5$

Số bộ đèn tối thiểu theo cạnh b: $N_b = \frac{7,5}{3} = 2,5 \rightarrow 3$

Số bộ đèn tối thiểu: $N_{\min} = 5.3 = 15$ bộ đèn

Số bộ đèn cần có: $N = \frac{\Phi_t}{2 \cdot 5250} = \frac{220942}{2 \cdot 5250} = 21$ bộ đèn

Bố trí bộ đèn thành 3 hàng mỗi hàng 7 bộ đèn:

$$a = 15\text{m}; n = 2,2\text{m}; q = 0,9\text{m}$$

$$b = 7,5\text{m}; m = 2,5\text{m}; p = 1,25\text{m}$$

3.2. Kiểm tra thiết kế chiếu sáng nội thất

Sau khi thiết kế sơ bộ, đã được số lượng bộ đèn N, chiều cao treo đèn h, lưới bố trí đèn m, n, p, q, các chỉ số treo j, chỉ số địa điểm K. Trên cơ sở này tiến hành kiểm tra độ rọi và tiện nghi chiếu sáng.

3.2.1. Kiểm tra độ rọi

Trước hết tính các chỉ số sau:

Chỉ số lưới k_m : $k_m = \frac{2.m.n}{h(m+n)}$

Chỉ số gần (tường) k_p : $k_p = \frac{a.p+b.q}{h(a+b)}$

Tính độ rọi trung bình trên trần (E_1) trên tường (E_3) và trên bề mặt hữu ích (E_4) theo công thức sau:

$$E_i = \frac{N.F.\eta}{1000.a.b.\delta} (R_i F'_u + S_i) \quad (3.5)$$

Trong đó: i = 1, 3, 4 tương ứng với độ rọi E_1 , E_3 , E_4 .

N: tổng số bộ đèn.

F: tổng quang thông của các bóng đèn trong 1 bộ đèn.

F'_u : quang thông tương đối riêng phần trên bề mặt hữu ích.

**Bảng 3.4. Các giá trị quang thông tương đối riêng phần trên mặt hữu ích F'_u ,
bố trí chuẩn có chỉ số địa điểm $K = 1,5$**

Cấp bộ đèn	CHỈ SỐ LƯỚI k_m											
	0,5			1			1,5			2		
	Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p		
	0	0,25	0,5	0	0,5	1	0	0,75	1,5	0	1	2
A	668	789	894	544	852	960	433	922	967	327	943	
B	627	740	828	521	783	900	425	844	927	323	874	
C	580	676	758	493	707	838	411	760	889	314	807	
D	536	619	691	463	643	765	392	688	819	305	727	
E	493	562	624	432	580	693	374	616	750	297	647	
F	522	589	659	467	600	753	409	637	844	319	703	
G	435	493	546	384	510	603	334	539	651	269	559	
H	395	447	494	349	462	514	304	489	585	246	503	
I	418	464	512	380	471	577	341	494	645	277	523	
J	324	361	398	292	370	443	259	389	485	212	404	
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Các giá trị quang thông tương đối riêng phần trên mặt hữu ích F'_u ,
bố trí chuẩn chỉ số địa điểm $K = 2$**

Cấp bộ đèn	CHỈ SỐ LƯỚI k_m											
	0,5			1			1,5			2		
	Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p		
	0	0,25	0,5	0	0,5	1	0	0,75	1,5	0	1	2
A	735	845	921	625	886	967	525	939	973	483	966	966
B	701	799	872	605	832	927	517	878	946	435	912	956
C	657	743	813	576	767	877	499	806	912	423	849	937
D	620	696	761	549	715	823	483	748	861	415	788	895
E	584	650	708	523	664	769	467	691	811	406	728	855
F	615	682	749	557	691	831	500	717	893	433	773	952
G	523	580	630	471	593	682	423	615	719	371	646	760
H	478	529	574	430	541	620	388	561	652	341	588	688
I	515	564	614	472	571	676	433	587	726	383	624	784
J	400	439	476	366	446	518	335	461	552	296	486	587
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Các giá trị quang thông tương đối riêng phần trên mặt hữu ích F'_u
bố trí chuẩn chỉ số địa điểm K = 2,5**

Cấp bộ đèn	CHỈ SỐ LƯỚI k_m											
	0,5			1			1,5			2		
	Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p		
	0	0,25	0,5	0	0,5	1	0	0,75	1,5	0	1	2
A	782	877	939	686	909	975	594	944	980	497	972	977
B	753	839	900	665	865	944	584	895	959	494	930	970
C	709	786	846	634	805	899	563	832	923	478	874	945
D	679	748	805	612	763	857	548	787	885	471	827	918
E	649	710	763	590	722	816	534	741	848	465	780	890
F	678	740	801	621	748	873	564	768	914	487	823	966
G	588	642	689	537	653	735	489	668	764	429	701	805
H	540	589	630	483	598	672	450	613	698	396	641	734
I	586	635	682	542	640	737	499	652	776	442	692	832
J	460	498	533	425	503	571	392	515	598	347	541	633
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Các giá trị quang thông tương đối riêng phần trên mặt hữu ích F'_u
bố trí chuẩn chỉ số địa điểm K = 3**

Cấp bộ đèn	CHỈ SỐ LƯỚI k_m											
	0,5			1			1,5			2		
	Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p			Chỉ số gần k_p		
	0	0,25	0,5	0	0,5	1	0	0,75	1,5	0	1	2
A	816	899	953	727	927	983	637	963	967	561	982	985
B	790	866	920	710	889	957	629	920	973	558	943	980
C	747	815	868	678	831	913	606	859	939	539	887	952
D	721	784	835	659	797	881	595	821	913	534	848	933
E	696	753	803	641	764	849	585	783	887	529	809	913
F	721	779	835	668	786	894	611	806	945	550	843	975
G	638	688	731	589	694	773	589	713	808	491	734	834
H	588	634	673	544	642	710	499	656	742	455	676	766
I	638	685	731	596	690	780	552	702	827	505	728	862
J	507	543	577	492	548	611	437	558	642	402	577	666
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bảng 3.5. Các giá trị hệ số R và S

Chỉ số treo	Chỉ số địa điểm	Hệ số phản xạ			CÁC HỆ SỐ TRONG CÔNG THỨC TÍNH TOÁN ĐỘ RƠI TRUNG BÌNH TRÊN:										
					Trần			Tường			Mặt hữu ích				
					$E_1 = \frac{NF\eta}{1000ab\delta} (R_1 F'_u + S_1)$			$E_3 = \frac{NF\eta}{1000ab\delta} (R_3 F'_u + S_3)$			$E_4 = \frac{NF\eta}{1000ab\delta} (R_4 F'_u + S_4)$				
j	K	ρ_1	ρ_3	ρ_4	R_1	S_1		R_3	S_3		R_4	S_4			
						Cấp			Cấp			Cấp			
						A-J	T		A-J	T		A-J	T		
0	2,5	8	7	3	-0,204	523	1306	-1,481	1770	596	0,566	673	851		
		8	7	1	-0,308	400	1150	-1,575	1659	457	0,488	580	734		
		7	7	3	-0,196	504	1258	-1,467	1732	504	0,587	619	717		
		7	7	1	-0,302	393	1129	-1,558	1636	392	0,516	544	630		
		7	5	3	-0,044	324	1205	-1,321	1560	454	0,774	398	653		
		7	5	1	-0,174	257	1096	-1,432	1503	360	0,694	358	586		
		7	3	1	-0,065	143	1069	-1,324	1390	333	0,846	198	547		
		7	1	1	0,029	44	1045	-1,232	1293	310	0,976	62	515		
		5	5	1	-0,169	251	1067	-1,414	1478	251	0,723	315	407		
		5	3	1	-0,063	140	1048	-1,319	1378	234	0,856	176	383		
		5	1	1	0,029	44	1032	-1,235	1290	219	0,972	55	363		
		3	3	1	-0,062	137	1028	-1,313	1364	137	0,865	156	226		
		3	1	1	0,028	43	1019	-1,237	1286	130	0,968	49	215		
		0	3	8	7	3	-0,204	534	1308	-1,739	2037	610	0,555	694	881
				8	7	1	-0,308	402	1141	-1,834	1918	460	0,476	595	755
7	7			3	-0,196	514	1259	-1,724	1998	514	0,577	638	742		
7	7			1	-0,303	396	1122	-1,816	1836	396	0,505	558	649		
7	5			3	-0,042	335	1213	-1,575	1825	470	0,768	416	685		
7	5			1	-0,176	263	1094	-1,689	1763	368	0,684	370	610		
7	3			1	-0,065	148	1070	-1,578	1648	344	0,840	208	576		
7	1			1	0,032	46	1049	-1,481	1546	323	0,977	65	546		
5	5			1	-0,171	256	1065	-1,671	1736	256	0,714	325	424		
5	3			1	-0,064	145	1049	-1,572	1633	241	0,851	184	404		
5	1			1	0,032	45	1034	-1,484	1542	227	0,972	58	385		
3	3			1	-0,063	142	1029	-1,566	1620	142	0,861	161	237		
3	1			1	0,031	45	1020	-1,487	1538	135	0,967	51	228		

Trị số F'_u tra ở bảng 3.4 theo chỉ số địa điểm K, chỉ số lưới k_m , chỉ số gần k_p và cấp bộ đèn.

Các hệ số R_i , S_i tra ở bảng 3.5 theo K, j, ρ_1 , ρ_3 , ρ_4 và cấp bộ đèn.

Cần chú ý rằng khi tính độ rọi trực tiếp theo công thức (3.5) phải lấy giá trị η_d và hệ số R, S trực tiếp (A – J), khi tính độ rọi gián tiếp cần lấy giá trị η_i , hệ số R, S gián tiếp (T) và $F'_u = 0$.

Độ rọi trên bề mặt là tổng độ rọi trực tiếp và gián tiếp.

3.2.2. Kiểm tra tiện nghi chiếu sáng

Việc bố trí các đèn phải đảm bảo nhìn nhanh chóng chính xác và không gây lóa mắt khó chịu.

a) Kiểm tra nhiệt độ màu T và chỉ số màu IRC của đèn

b) Kiểm tra độ chói của tường

Đối với người quan sát với mỗi chuyển động của đầu, mắt nhìn tường, yêu cầu độ chói của tường không quá nhỏ cũng không quá lớn so với độ chói trên bề mặt làm việc.

Nói chung chấp nhận được khi $0,5 < \frac{E_3}{E_4} < 0,8$. Đối với một người lao động nhìn tập trung vào một mảng nhìn có hệ số phản xạ ρ_{mn} , do đó con mắt quen với độ chói $L_{mn} = \frac{\rho_{mn} E_4}{\pi}$; khi chuyển động đầu, mắt nhìn lên tường, yêu cầu độ chói nhìn tường không quá nhỏ hoặc quá lớn so với độ chói đã quen L_{mn} .

Nếu giá trị ρ_{mn} khác 0,8 độ chói giảm đi, và trị số E_3 phải nhân với $\frac{\rho_{mn}}{0,8}$.

c) Kiểm tra tương phản bộ đèn - trần

Sự cảm nhận tiện nghi liên quan đến công việc và cân bằng các độ chói trong thị trường. Người ta định nghĩa tỷ số độ chói r như sau:

$$r = \frac{\text{Độ chói bộ đèn quan sát dưới góc } \gamma = 75^\circ}{\text{Độ chói trung bình của trần}}$$

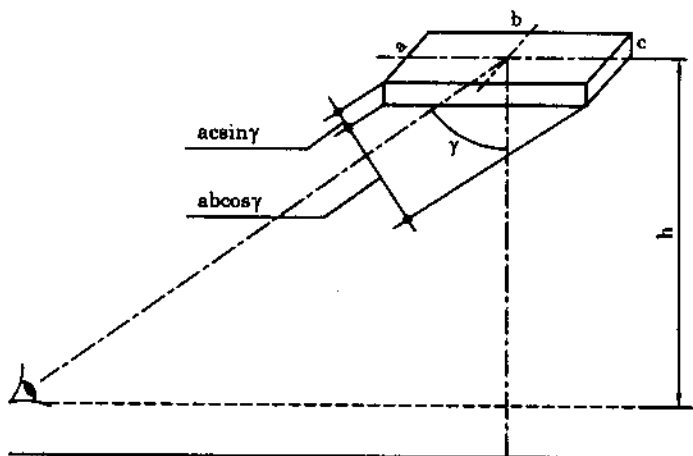
Nói chung chấp nhận r nhỏ hơn 20 đối với công việc tinh xảo (công việc mức 2) và nhỏ hơn 50 đối với công việc bình thường (công việc mức 1).

Đối với bộ đèn ống huỳnh quang cần xác định độ chói nhìn ngang bộ đèn dưới góc $\gamma = 75^\circ$.

$$L_{\text{bộ đèn } \gamma=75^\circ} = \frac{I_{\text{bộ đèn } \gamma=75^\circ}}{S_{bk}}$$

S_{bk} là diện tích biểu kiến nhìn ngang bộ đèn dưới góc $\gamma = 75^\circ$ (hình 3.18).

$$S_{bk} = ab \cos \gamma + ac \sin \gamma$$



Hình 3.18. Nhìn ngang bộ đèn ống huỳnh quang

Độ chói trung bình của trần được tính:

$$L_{\text{trần}} = \frac{\rho E_1}{\pi}$$

Ví dụ 3.6. Kiểm tra thiết kế chiếu sáng lớp học ở ví dụ 3.2.

Bài giải:

Các kết quả ở ví dụ 3.2:

$$a = 12,5\text{m}; b = 8,5\text{m}; n = 3,3\text{m}$$

$$q = 1,3\text{m}; m = 3\text{m}; p = 1,25\text{m}$$

$$K = 1,94; j = 0; \text{cấp bộ đèn } 0,54D + 0,24T; \delta = 1,35$$

Tính các chỉ số:

$$k_m = \frac{2.mn}{h(m+n)} = \frac{2.3.3,3}{2,6(3+3,3)} = 1,208$$

$$k_p = \frac{ap + bq}{h(a + b)} = \frac{12,5 \cdot 1,25 + 8,5 \cdot 1,3}{2,6(12,5 + 8,5)} = 0,488$$

$$\frac{k_p}{k_m} = \frac{0,488}{1,208} = 0,404$$

$$k_p = 0,404k_m$$

Tra bảng F'_u và thực hiện nội suy k_p , k_m , K :

– Với $K = 1,5$

$$k_m = 1$$

$$k_p = 0,404k_m = 0,404. \text{ Nội suy } k_p:$$

k_p	0	0,5
F'_u	463	643

$$F'_{u_{k_p=0,404}} = 463 + \frac{(643 - 463)(0,404 - 0)}{(0,5 - 0)} = 608,44$$

$$k_m = 1,5$$

$$k_p = 0,404 \cdot 1,5 = 0,606$$

k_p	0	0,75
F'_u	392	688

$$F'_{u_{k_p=0,606}} = 392 + \frac{(688 - 392)(0,606 - 0)}{(0,75 - 0)} = 631,17$$

Nội suy k_m :

$$F'_{u_{k_p=0,488}} = 608,44 + \frac{(631,17 - 608,44)(1,208 - 1)}{1,5 - 1} = 617,89$$

– Với $K = 2$

$$k_m = 1$$

$$k_p = 0,404$$

k_p	0	0,5
F'_u	549	715

$$F'_{u_{k_p=0,404}} = 549 + \frac{(715 - 549)(0,404 - 0)}{0,5 - 0} = 683,13$$

$$k_m = 1,5$$

$$k_p = 0,606$$

k_p	0	0,75
F'_u	483	748

$$F'_{u_{k_p=0,606}} = 483 + \frac{(748 - 483)(0,606 - 0)}{0,75 - 0} = 697,12$$

Nội suy k_m :

$$F'_{u_{k_p=0,488}} = 683,13 + \frac{(697,12 - 683,13)(1,208 - 1)}{1,5 - 1} = 688,95$$

Nội suy K:

$$F'_{u_{k_p=0,488}} = 617,89 + \frac{(688,95 - 617,89)(1,94 - 1,5)}{2 - 1,5} = 680,42$$

Xác định các hệ số R, S.

Tra bảng 3.5 theo K, j, ρ_1 , ρ_3 , ρ_4 và tiến hành nội suy theo K ta có:

K	R_1	S_{1d}	S_{1T}	R_3	S_{3d}	S_{3T}	R_4	S_{4d}	S_{4T}
2,5	-0,044	324	1205	-1,321	1560	454	0,774	398	653
3	-0,042	335	1213	-1,575	1825	470	0,768	416	685
1,94	-0,04624	311,68	1196,04	-1,0365	1263,2	436,08	0,7807	377,84	617,16

Độ rọi trực tiếp trên bề mặt hữu ích:

$$E_{4d} = \frac{NF\eta_d(R_4F'_u + S_{4d})}{1000ab\delta} = \frac{12.2.3350.0,54(0,7807.680,42 + 377,84)}{1000.12,5.8,5.1,35} = 275,15(\text{lx})$$

Độ rọi gián tiếp trên bề mặt hữu ích:

$$E_{4i} = \frac{NF\eta_i S_4}{1000ab\delta} = \frac{12.2.3350.0,24.617,16}{1000.12,5.8,5.1,35} = 83,02(\text{lx})$$

Độ rọi trên bề mặt hữu ích:

$$E_4 = E_{4d} + E_{4i} = 275,15 + 83,02 = 358,17(\text{lx})$$

$$\Delta E_4 \% = \frac{358,17 - 350}{350} \cdot 100\% = 2,33\%$$

Độ rọi trực tiếp trên tường:

$$\begin{aligned} E_{3d} &= \frac{NF\eta_d (R_3 F'_u + S_{3d})}{1000ab\delta} \\ &= \frac{12.2.3350.0,54(-1,0365.680,42 + 1263,2)}{1000.12,5.8,5.1,35} = 168,88(\text{lx}) \end{aligned}$$

Độ rọi gián tiếp trên tường:

$$E_{3i} = \frac{12.2.3350.0,24.436,08}{1000.12,5.8,5.1,35} = 58,66(\text{lx})$$

Độ rọi trên tường:

$$E_3 = E_{3d} + E_{3i} = 168,88 + 58,66 = 227,54(\text{lx})$$

Độ rọi trực tiếp trần:

$$E_{1d} = \frac{12.2.3350.0,54(-0,04624.680,42 + 311,68)}{1000.12,5.8,5.1,35} = 84,81(\text{lx})$$

Độ rọi gián tiếp trần:

$$E_{1i} = \frac{12.2.3350.0,54.1196,04}{1000.12,5.8,5.1,35} = 160,89(\text{lx})$$

Độ rọi trần:

$$E_1 = E_{1d} + E_{1i} = 84,81 + 160,89 = 245,7(\text{lx})$$

Kiểm tra độ chói tường:

$$\frac{E_3}{E_4} = \frac{227,54}{358,17} = 0,635$$

$$0,5 < \frac{E_3}{E_4} < 0,8$$

Kiểm tra độ tương phản bộ đèn – trần:

$$L_{\text{trần}} = \frac{\rho_l E_l}{\pi} = \frac{0,7.245,7}{\pi} = 54,74(\text{cd/m}^2)$$

Tra đường cong $I(\gamma)$ (hình 3.8b) của bộ đèn (với $\gamma = 75^\circ$) ta có trị số 15.
 Từ trị số đọc được trên đường cong, tính $I_{\gamma=75^\circ}$ như sau:

$$I_{\gamma=75} = \frac{15 \Phi_{\text{bộ đèn}}}{1000} = \frac{15 \cdot 2.3350}{1000} = 100,5 (\text{cd})$$

$$S_{bk} = ab \cos 75^\circ + ac \sin 75^\circ$$

$$= 0,21 \cdot 1,28 \cdot \cos 75^\circ + 0,21 \cdot 0,11 \cdot \sin 75^\circ = 0,092 (\text{m}^2)$$

$$L_{\text{bộ đèn } \gamma=75^\circ} = \frac{I_{\gamma=75^\circ}}{S_{bk}} = \frac{100,5}{0,092} = 1092,4 (\text{cd})$$

$$r = \frac{L_{\text{bộ đèn } \gamma=75^\circ}}{L_{\text{trần}}} = \frac{1092,4}{54,74} = 20$$

$r < 50$ thoả mãn tiện nghi chiếu sáng.

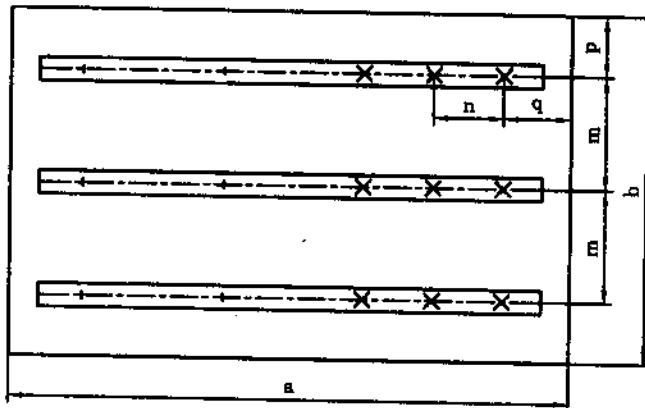
Ví dụ 3.7. Kiểm tra thiết kế bảng sáng ở ví dụ 3.4.

Lời giải:

Các kết quả ở ví dụ 3.4 đã có: $a = 65\text{m}$; $q = 2,5\text{m}$; $b = 28\text{m}$; $m = 9,4\text{m}$; $p = 4,6\text{m}$. Cần xác định n .

Ta phân tích mỗi bảng sáng thành một dãy các nguồn giả tưởng cách nhau $n = \frac{m}{2}$: $n = \frac{m}{2} = \frac{9,4}{2} = 4,7 (\text{m})$.

Số nguồn điểm giả tưởng bằng $\frac{60}{4,7} = 13$ (hình 3.19).



Hình 3.19. Nguồn điểm giả tưởng của bảng sáng

Quang thông mỗi nguồn điểm bằng $\frac{24.2.8900}{13} = 32861(\text{lm})$.

Khoảng cách đến tường $q = \frac{65 - 12.4,7}{2} = 4,3(\text{m})$

Chỉ số lưới $k_m = \frac{2.9,4,4,7}{7(9,4 + 4,7)} = 0,895$

Chỉ số gần $k_p = \frac{65.4,6 + 28.4,3}{7(65 + 28)} = 0,644 = 0,72k_m$

Nội suy k_p, k_m, K ta được:

$$F'_u = 780$$

$$R_4 = 0,863; \quad R_3 = -1,465$$

$$S_4 = 159; \quad S_3 = 1518$$

Độ rọi trên bề mặt hữu ích:

$$E_4 = \frac{3.13.32861.0,73(0,863.780 + 159)}{1000.65.28.1,4} = 305(\text{lx})$$

Độ rọi trên tường:

$$E_3 = \frac{3.13.32861.0,73(-1,465.780 + 1518)}{1000.65.28.1,4} = 138(\text{lx})$$

Ví dụ 3.8. Kiểm tra thiết kế chiếu sáng xưởng họa ở ví dụ 3.5.

Bài giải:

Các kết quả ở ví dụ 3.5:

$$a = 15\text{m}; n = 2,2\text{m}; q = 0,9\text{m}$$

$$b = 7,5\text{m}; m = 2,5\text{m}; p = 1,25\text{m}$$

Chỉ số lưới: $k_m = \frac{2.2,5,2,2}{2(2,5 + 2,2)} = 1,17$

Chỉ số gần: $k_p = \frac{15.1,25 + 7,5.0,9}{2(15 + 7,5)} = 0,57 = 0,487k_m$

Từ đó nội suy được $F'_u = 771$

Nội suy giá trị R, S ta được:

j	R ₁	S _{1d}	R ₃	S _{3d}	R ₄	S _{4d}
0	-0,044	324	-1,321	1560	0,774	398
0,33	-0,039	283	-1,319	1554	0,777	376
0,2	-0,041	299	-1,32	1550	0,776	385

$$E_{1d} = \frac{21.2.5250.0,53(-0,041.771 + 299)}{1000.15.7,5.1,2} = 231(\text{lx})$$

$$E_{3d} = \frac{21.2.5250.0,53(-1,32.771 + 1550)}{1000.15.7,5.1,2} = 461(\text{lx})$$

$$E_{4d} = \frac{21.2.5250.0,53(0,776.771 + 385)}{1000.15.7,5.1,2} = 851(\text{lx})$$

Với đèn cấp T, nội suy được $S_{1T} = 1114$; $S_{3T} = 419$; $S_{4T} = 603$

$$E_{1i} = \frac{21.2.5250.0,16}{1000.15.7,5.1,2} \cdot 1114 = 291(\text{lx})$$

$$E_{3i} = \frac{21.2.5250.0,16}{1000.15.7,5.1,2} \cdot 419 = 109(\text{lx})$$

$$E_{4i} = \frac{21.2.5250.0,16}{1000.15.7,5.1,2} \cdot 603 = 157(\text{lx})$$

$$E_4 = E_{4d} + E_{4i} = 851 + 157 = 1008(\text{lx})$$

$$E_3 = E_{3d} + E_{3i} = 461 + 109 = 570(\text{lx})$$

$$E_1 = E_{1d} + E_{1i} = 231 + 291 = 522(\text{lx})$$

$$L_{\text{trần}} = \frac{\rho_1 E_1}{\pi} = \frac{0,7.522}{\pi} = 116(\text{cd/m}^2)$$

$$I_{\gamma=75^\circ} = \frac{15.2.5250}{1000} = 157,5$$

$$S_{bk} = 0,21.1,58.\cos 75^\circ + 0,21.0,11.\sin 75^\circ = 0,108(\text{m}^2)$$

$$L_{\text{đèn } \gamma=75^\circ} = \frac{157,5}{0,108} = 1458(\text{cd/m}^2)$$

$$r = \frac{1458}{116} = 12,5 < 20$$

$$\frac{E_3}{E_4} = \frac{570}{1008} = 0,56$$

$$0,5 < \frac{E_3}{E_4} < 0,6$$

Chương 4

CHIẾU SÁNG ĐƯỜNG

Kỹ thuật chiếu sáng nội thất cũng như chiếu sáng công cộng từ nửa thế kỷ nay đã có bước phát triển mạnh mẽ. Các thiết bị và hệ thống chiếu sáng có tính năng cao và phong phú về chủng loại. Phương pháp thiết kế được cải tiến theo hướng chiếu sáng tiện nghi và hiệu quả năng lượng cao.

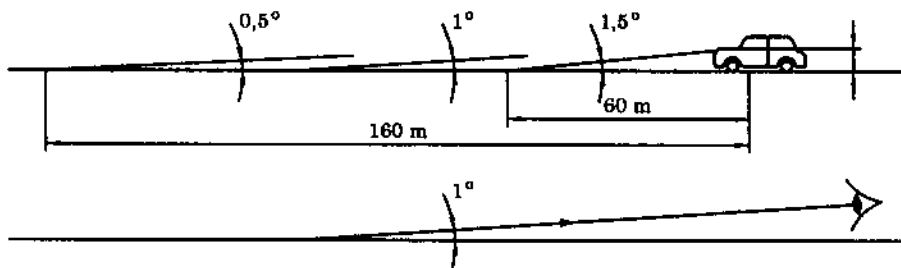
Từ năm 1965, Ủy ban quốc tế về chiếu sáng (CIE) công bố phương pháp tỷ số R trong thiết kế chiếu sáng đường. Phương pháp tỷ số R lấy độ chói trung bình mặt đường có xét đến độ tương phản và tri giác nhìn làm tiêu chuẩn chọn đầu tiên khi thiết kế.

Năm 1975 CIE công bố phương pháp "các độ chói điểm", cho phép tính độ chói các điểm khi thiết kế và kiểm tra thiết kế chiếu sáng.

4.1. Khái niệm cơ bản của kỹ thuật chiếu sáng đường

4.1.1. Mục đích và yêu cầu chiếu sáng đường

Chiếu sáng đường giúp cho lái xe nhìn rõ các đặc điểm của đường và dòng giao thông bao gồm các phương tiện chạy trên đường, người đi bộ, vật chướng ngại, biển báo trên mặt đường trải dài từ 60 đến 170 mét trước mắt lái xe, ứng với góc quan sát $0,5^\circ$ đến $1,5^\circ$ (hình 4.1).



Hình 4.1. Tầm quan sát mặt đường của lái xe

Mục đích và yêu cầu của chiếu sáng đường là:

- Tạo môi trường ánh sáng tốt giúp lái xe xử lý nhanh, chính xác các tình huống xảy ra trên đường, đảm bảo an toàn điều khiển xe với tốc độ quy định.
- Giảm đến mức thấp nhất các tai nạn giao thông, bảo đảm an toàn cho người và phương tiện giao thông trên đường.
- Có tác dụng dẫn đường cho lái xe, đặc biệt với giao thông phức tạp, các đoạn đường cong, các nút giao thông.
- Các hệ thống và thiết bị chiếu sáng phải hài hoà với không gian, làm đẹp cho cảnh quan đô thị vào ban ngày và đặc biệt vào ban đêm.

4.1.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự nhìn của lái xe trên đường

Nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến sự nhìn của lái xe trên đường, người ta đã đưa ra 4 yếu tố sau:

- Độ tương phản giữa vật cần nhìn và mặt đường.

Độ tương phản C được định nghĩa là:

$$C = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

Trong đó: L_o là độ chói của đối tượng (người, vật trên đường)

L_f là độ chói mặt đường.

Để phân biệt được các đối tượng trên đường cần độ tương phản nhất định, song độ tương phản quá lớn sẽ gây khó chịu cho lái xe vì vậy CIE đã đưa ra độ chói trung bình mặt đường yêu cầu khi thiết kế (bảng 4.1).

- Kích thước của đối tượng: đối tượng có kích thước càng nhỏ, càng khó nhìn thấy.

– Thời gian quan sát: vì tốc độ xe lớn, nên thời gian quan sát đối tượng của lái xe giảm. Ngoài ra các yếu tố bất ngờ (người qua đường, ánh sáng đèn của xe ngược chiều ...) che chắn làm giảm thời gian quan sát.

– Điều kiện thời tiết: trời mưa, bão, đường ướt, sương mù, bụi cát, ảnh hưởng đến khả năng nhìn của lái xe. Ví dụ, khi đường ướt, độ chói mặt đường thay đổi, không đồng đều, có thể gây loá do ánh sáng phản xạ từ mặt nước trên đường.

4.1.3. Cấp chiếu sáng đường

Để thực hiện việc chiếu sáng đường thoả mãn các yêu cầu và mục đích đã nêu, Hội Chiếu sáng quốc tế CIE, cũng như từng nước đã phân cấp đường theo lưu lượng phương tiện giao thông, theo tốc độ xe, theo chức năng và vị trí của con đường, thành các loại cấp chiếu sáng A, B, C, D và E với các tiêu chuẩn L_{tb} , U_o , U_1 , G. Cụ thể:

– L_{tb} (cd/m^2) là độ chói trung bình trên mặt đường, có giá trị từ 0,5 – 2 cd/m^2 . Đây là thông số lựa chọn đầu tiên lúc thiết kế chiếu sáng đường.

– U_o là hệ số đồng đều chung bằng tỷ số độ chói cực tiểu L_{min} trên độ chói trung bình L_{tb} trên đoạn đường giữa hai cột đèn liên tiếp:

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{tb}}$$

– U_1 là hệ số đồng đều chiếu dọc bằng tỷ số độ chói cực tiểu L_{min} trên độ chói cực đại L_{max} :

$$U_1 = \frac{L_{min}}{L_{max}}$$

Trị số U_1 được tính theo mỗi làn đường và lấy tỷ số nhỏ nhất:

$$U_1 = \min \left(\frac{L_{min}}{L_{max}} \right)$$

– G là chỉ số tiện nghi (hạn chế chói loá mắt tiện nghi) được tính theo công thức:

$$G = ISL + 0,97 \log L_{tb} + 4,41 \log h' - 1,46 \log p \quad (4.1)$$

ISL là chỉ số tiện nghi riêng của bộ đèn có trong catalogue của nhà chế tạo bộ đèn, h' = chiều cao đèn – 1,5m là chiều cao đèn với mắt lái xe.

p là số lượng bộ đèn trên từng km đường.

G có giá trị từ 1 đến 9.

G = 1 Mất tiện nghi, chói loá không chịu được.

G = 3 Thiếu tiện nghi, chói loá khó chịu.

G = 5 Tiện nghi chấp nhận được.

G = 7 Tiện nghi thoả mãn.

G = 9 Tiện nghi, song không cảm nhận được sự vật.

Bảng 4.1. Tiêu chuẩn chiếu sáng đường theo CIE 12-2

Cấp	Loại đường	Độ sáng biên	Độ chói trung bình L_b (cd/m ²)	Độ đồng đều nói chung U_o	Độ đồng đều chiếu đọc U_i	Chỉ số tiện nghi G
A	Đường cao tốc Xe lộ	Bất kỳ	2	0,4	0,7	6
B	Đường trục Đường chính Đường hình tia	Sáng Tối	2 1 – 2	0,4	0,7	5 6
C	Đường vành đai Đường tia hướng tâm Đường thành phố ít người đi bộ	Sáng Tối	2 1	0,4	0,7	5 6
D	Đường các phố chính Các phố buôn bán giao thông hỗn hợp	Sáng	2	0,4	0,7	4
E	Đường phụ Phố địa phương Đường vắng	Sáng Tối	1 0,5	0,4	0,5	4 5

Các tiêu chuẩn chiếu sáng đường của Việt Nam

TCXDVN 259:2001 phân cấp đường phố, đường và quảng trường đô thị theo yêu cầu chiếu sáng được quy định trong bảng 4.2.

Trị số độ chói trung bình và độ rọi trung bình được quy định trong TCVN 1404: 2005 và được cho trong bảng 4.3.

Bảng 4.2. Cấp chiếu sáng đường và quảng trường

Loại đường	Cấp đường phố, đô thị	Chức năng chính của đường, phố, quảng trường	Tốc độ (km/h)	Cấp CS
Đường cấp đô thị	Cao tốc	Xe chạy tốc độ cao, tổ chức giao thông khác cao độ.	120	A
	Đường phố cấp I	Giao thông liên tục giữa các khu nhà ở, khu công nghiệp. Tổ chức giao thông khác cao độ.	100	A
	Đường phố cấp II	Giao thông có điều khiển liên hệ với đường phố cấp I. Tổ chức giao thông khác cao độ	80	A
Cấp khu vực	Đường khu vực	Liên hệ với đường phố chính cấp đô thị.	80	B
	Đường vận tải	Vận chuyển hàng hoá ngoài khu dân dụng	80	B
Đường nội bộ	Đường khu nhà ở	Liên hệ các tiểu khu với đường khu vực.	60	C
	Đường khu công nghiệp	Chuyên chở hàng hoá trong giới hạn khu công nghiệp	60	C
Quảng trường		Quảng trường chính thành phố		A
		Quảng trường giao thông trước cầu, trước ga, đầu mối giao thông và		A
		Quảng trường trước các điểm tập trung công cộng		B

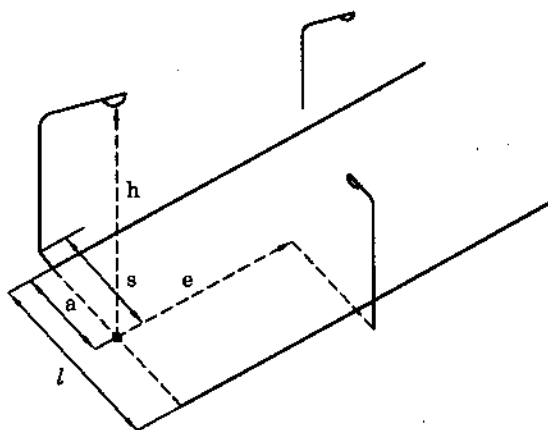
Bảng 4.3. Độ chói và độ rọi trung bình của đường TCVN 1404:2005

TT	Mô tả kiểu đường	Độ chói tối thiểu (cd/m ²)	Độ rọi ngang TB (lx)	Độ rọi ngang min (lx)
I	Đường dành cho xe cơ giới			
1	Đường cao tốc với các làn đường riêng, không có đường cắt ngang, với kiểm soát đầy đủ, đường ô tô, đường cao tốc. Mật độ giao thông và độ phức tạp của mặt đường: Cao Trung bình Thấp	2,0 1,5 1,0	- - -	- - -
2	Đường cao tốc, đường đôi kiểm soát giao thông và phân chia làn khác nhau: Kém Tốt	2,0 1,5	- -	- -
3	Các tuyến giao thông quan trọng trong thành phố, các đường toả tròn, các đường trong quận, huyện Kiểm soát giao thông và phân chia các làn đường khác nhau: Kém Tốt	1,5 1,0	- -	- -
4	Các đường không quan trọng, đường địa phương, các đường vào các khu định cư, đường dẫn đến các tuyến giao thông, v.v... Kiểm soát giao thông và phân chia các làn đường khác nhau: Kém Tốt	0,75 0,5	- -	- -

II	Đường dành cho người đi xe đạp, đi bộ			
1	Đường trong các trung tâm đi bộ của các đô thị lớn Đường dành cho người đi xe đạp, đi bộ về đêm với lưu lượng người qua lại:	-	20	7,5
2	Cao	-	10	3
	Trung bình	-	7,5	1,5
	Thấp	-	5	1

4.1.4. Các thông số và cách bố trí đèn

Các thông số đặc trưng cho bố trí đèn được vẽ trên hình 4.2:



h - chiều cao đèn;

l - chiều rộng lòng đường;

s - tầm vươn của đèn (cần đèn), khoảng cách hình chiếu đèn lên mặt đường đến chân cột;

a - khoảng cách hình chiếu đèn đến mép đường;

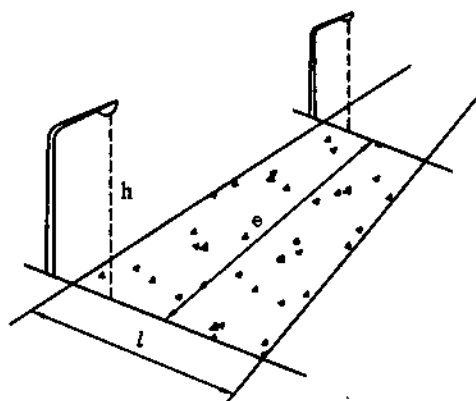
e - khoảng cách giữa hai bộ đèn liên tiếp.

Hình 4.2. Các thông số bố trí đèn

Các đèn có thể được bố trí như sau:

- Bố trí đèn một bên đường (hình 4.3)

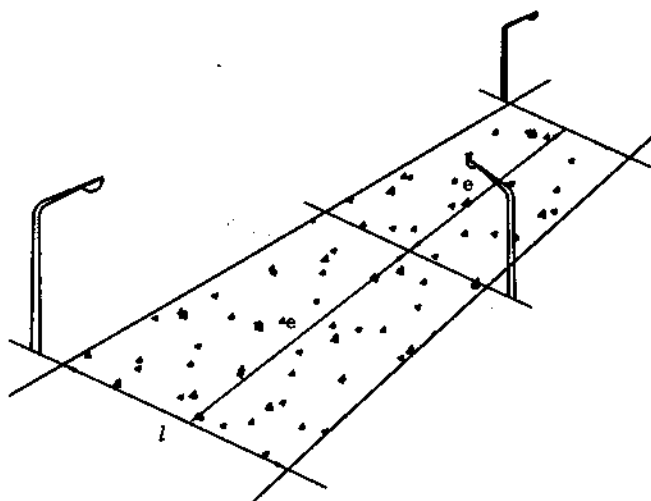
Bố trí một bên đường thực hiện khi lòng đường tương đối hẹp, hoặc một phía có hàng cây, hoặc đường uốn cong. Phương án bố trí này có ưu điểm là khả năng dẫn hướng tốt, chi phí lắp đặt thấp, song có nhược điểm là độ đồng đều nói chung U_0 không cao. Để



Hình 4.3. Bố trí đèn một bên đường

đảm bảo đồng đều độ chói, yêu cầu chiều cao đèn $h \geq l$.

– **Bố trí đèn so le hai bên đường (hình 4.4)**



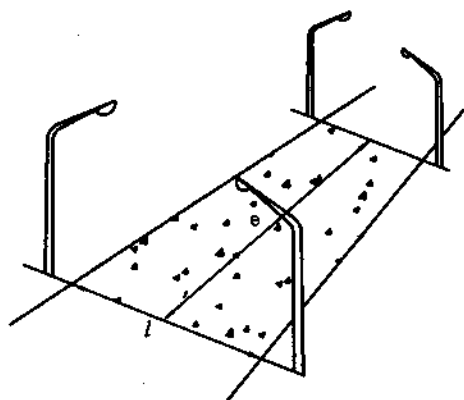
Hình 4.4. Bố trí đèn so le hai bên đường

Phương án này sử dụng khi đường tương đối rộng, phù hợp với đường phố có nhiều cây xanh song có nhược điểm là tính dẫn hướng thấp. Độ đồng đều chiều dọc U_1 không cao, chi phí lắp đặt tương đối cao.

Để đảm bảo độ đồng đều độ chói yêu cầu chiều cao đèn $h \geq \frac{2}{3} l$.

– **Bố trí đèn đối diện hai bên đường (hình 4.5)**

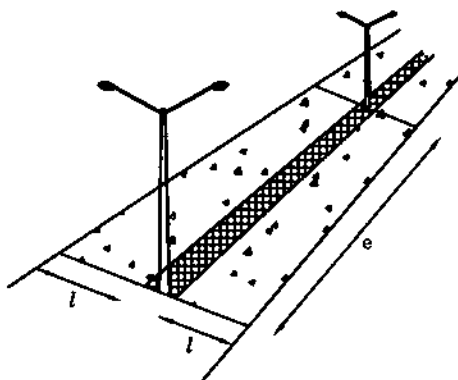
Phương án này sử dụng khi đường rất rộng hoặc khi cần đảm bảo độ cao đèn giới hạn. Phương án có ưu điểm là khả năng dẫn hướng tốt, độ đồng đều U_0 , U_1 cao, thuận tiện cho việc trang trí chiếu sáng và kết hợp chiếu sáng vỉa hè, song có nhược điểm là chi phí lắp đặt hệ thống chiếu sáng cao. Để đảm bảo độ đồng đều độ chói, yêu cầu chiều cao đèn $h \geq 0,5l$.



Hình 4.5. Bố trí đèn đối diện hai bên đường

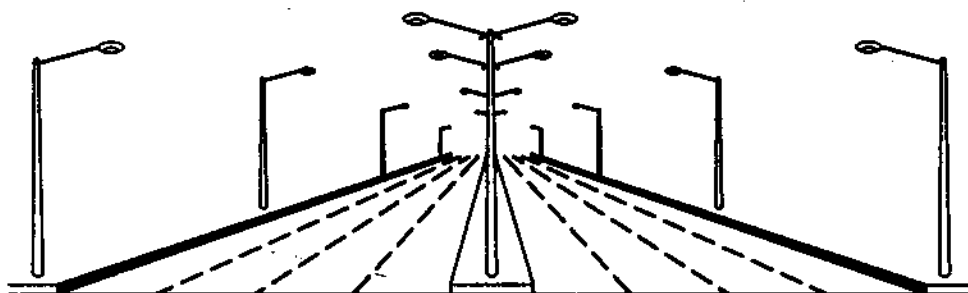
– Bố trí đèn trên dải phân cách trung tâm (hình 4.6)

Phương án này được sử dụng khi dải phân cách lớn hơn 1,5m và nhỏ hơn 6m. Ưu điểm của phương án là tính dẫn hướng tốt, hệ số sử dụng quang thông cao, chi phí lắp đặt thấp, song có nhược điểm là độ đồng đều nói chung U_0 không cao, hạn chế chiếu sáng vỉa hè. Để đảm bảo độ đồng đều, độ chói, yêu cầu chiều cao đèn $h \geq l$.



Hình 4.6. Bố trí đèn trên dải phân cách trung tâm

– Bố trí đèn hỗn hợp (hình 4.7)

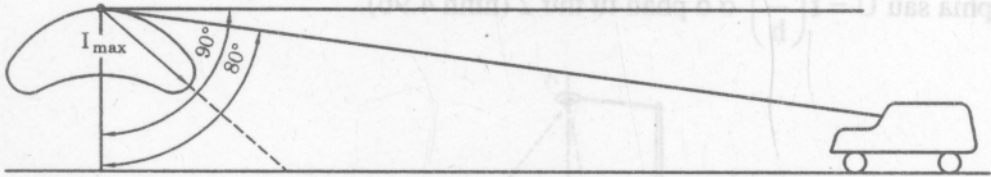
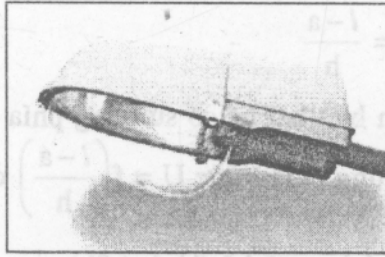


Hình 4.7. Bố trí đèn hỗn hợp

Phương án này sử dụng khi đường quá rộng, ta có thể kết hợp bố trí đèn ở dải phân cách trung tâm và hai bên đường.

4.1.5. Phân loại bộ đèn chiếu sáng đường

Các bộ đèn đường được phân loại theo phân bố quang thông của đèn. Đường cong cường độ sáng của đèn trên các mặt qua tâm quang học của đèn có dạng “quả đồ”. Đường trên mặt đối xứng ngang theo trục đường được dùng để phân loại bộ đèn thành ba loại chính tùy theo mức độ bảo vệ chống loá mắt trực tiếp: kiểu phân bố ánh sáng rộng (chụp rộng); kiểu phân bố ánh sáng bán rộng (chụp bán rộng); và kiểu phân bố ánh sáng hẹp (chụp hẹp, chụp sâu) (hình 4.8).



Hình 4.8. Phân loại bộ đèn đường

Bảng 4.4. Phân loại bộ đèn đường

Kiểu bộ đèn	Hướng $I_{\max}$ trong khoảng
Chụp rộng	0 đến 90°
Chụp bán rộng	0 đến 75°
Chụp hẹp (sâu)	0 đến 65°

Bộ đèn chụp rộng tương đối chói mắt, không dùng trong chiếu sáng đường ô tô, nhưng thường dùng chiếu sáng cho các nơi có nhiều người đi bộ như quảng trường, công viên, khu nhà ở ... song để hạn chế độ chói mắt, bóng đèn được đặt trong quả cầu có đường kính phù hợp để độ chói trong phạm vi cho phép.

Các bộ đèn chụp hẹp thực tế tránh được nguy cơ bị chói mắt trực tiếp song để tránh "hiệu ứng ánh sáng bậc thang" cần tính chọn khoảng cách các đèn hợp lý và thường dùng nguồn sáng điểm. Đèn bán rộng được sử dụng nhiều trong chiếu sáng đường giao thông.

4.1.6. Đường hệ số sử dụng của bộ đèn đường

Hệ số sử dụng U của bộ đèn là tỷ số quang thông nhận được ở bề mặt hữu ích của đường trên quang thông của đèn.

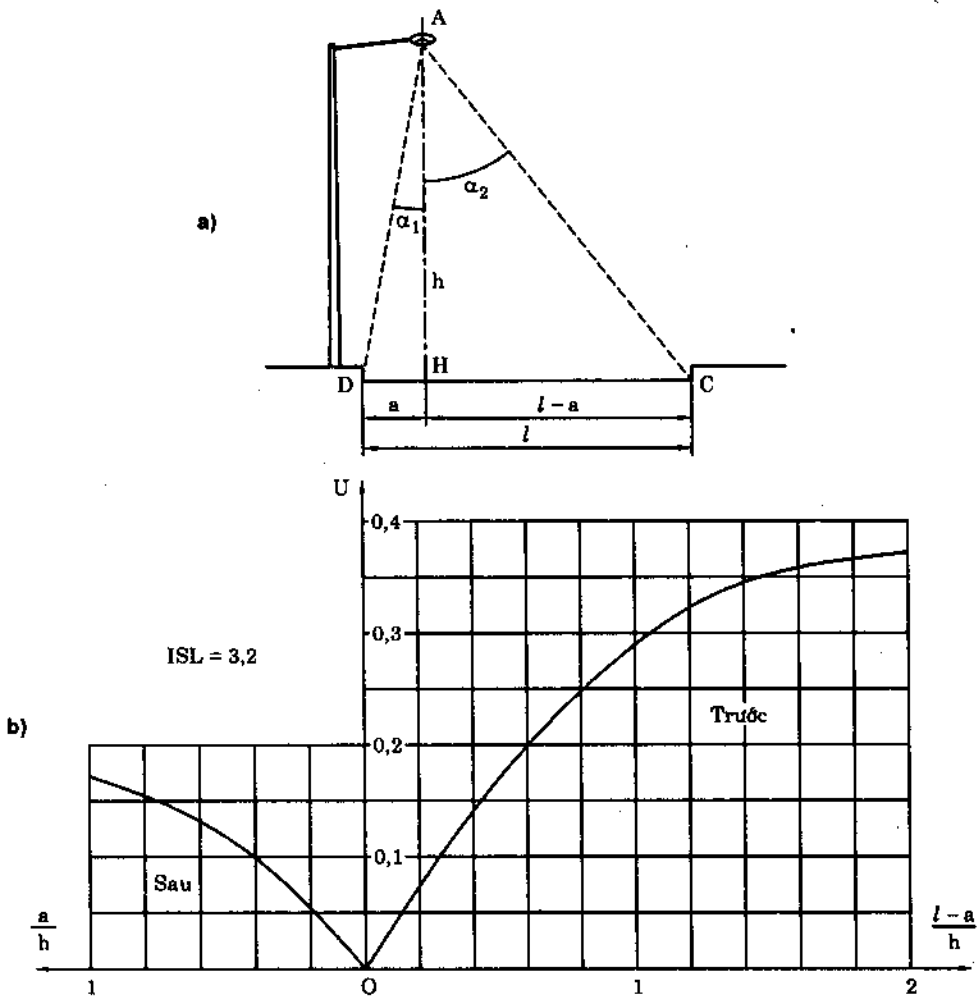
Hệ số sử dụng U phụ thuộc vào góc nhị diện α của chùm tia sáng cắt mặt đường. Trên hình 4.9a, góc nhị diện sau α_1 giới hạn bởi đường AD (phía sau đèn) và đường chiếu AH:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{a}{h}$$

Góc nhị diện trước α_2 giới hạn bởi đường AC (phía trước đèn) và đường AH:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{l-a}{h}$$

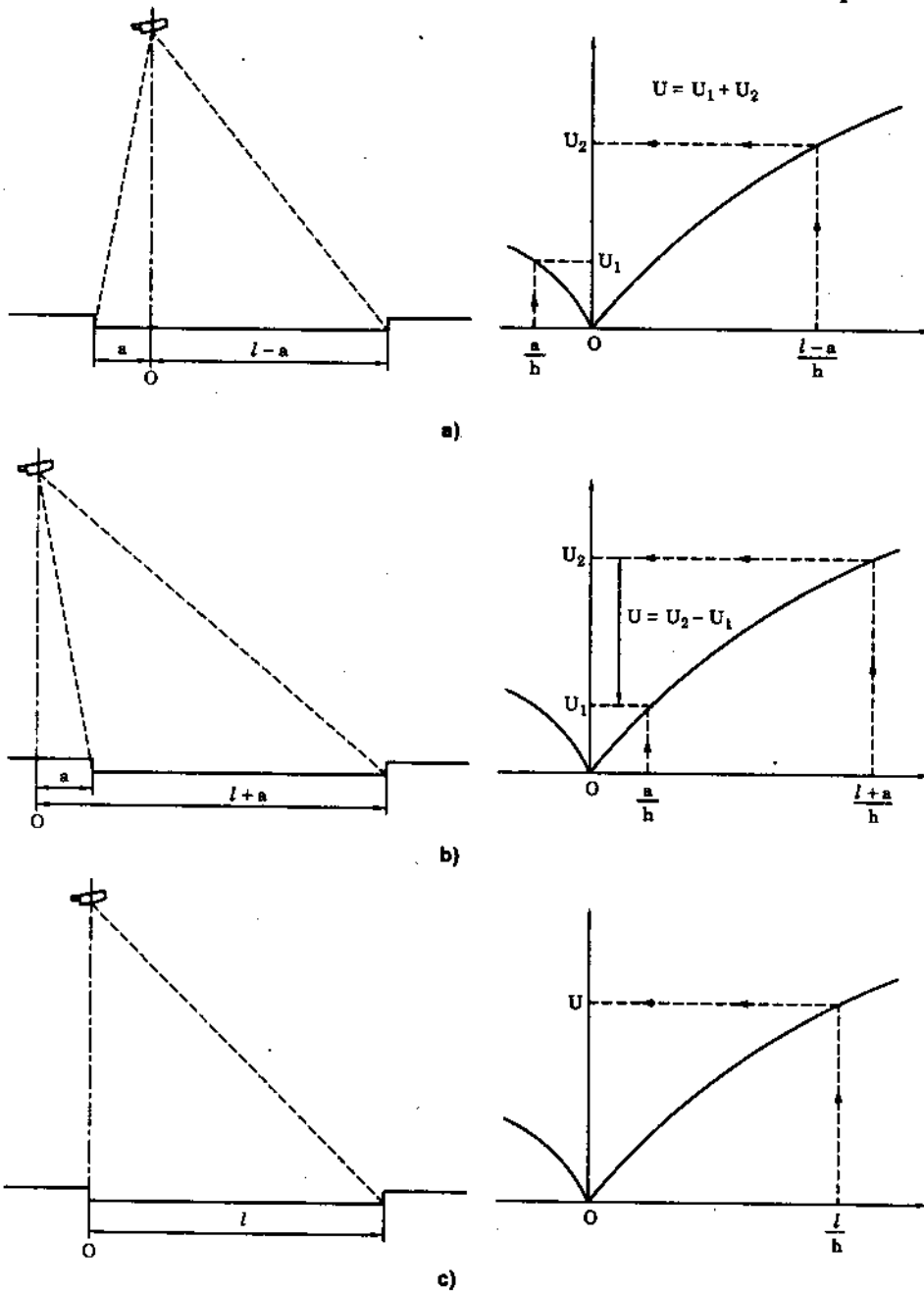
Như vậy cần phân biệt hai hệ số sử dụng phía sau và phía trước. Nhà sản xuất cho hệ số sử dụng phía trước $U = f\left(\frac{l-a}{h}\right)$ ở ô phần tư thứ nhất và phía sau $U = f\left(\frac{a}{h}\right)$ ở ô phần tư thứ 2 (hình 4.9b).



Hình 4.9. Hệ số sử dụng bộ đèn đường

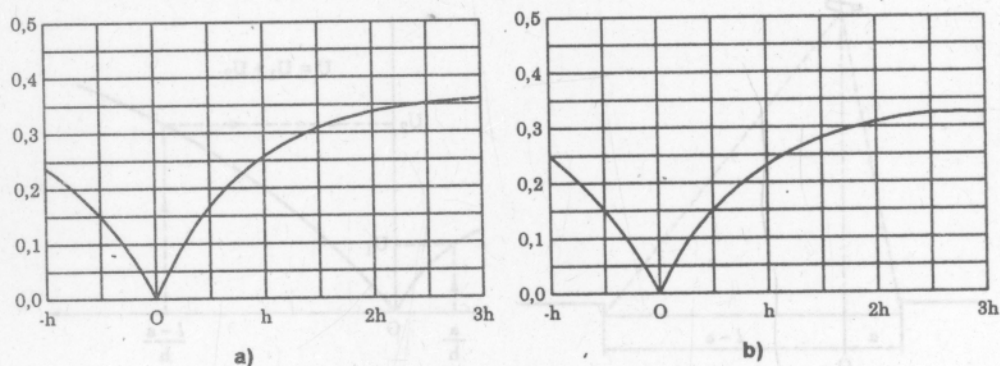
Cũng có nhà sản xuất vẽ đường hệ số sử dụng sau bằng đường nét đứt ở ô phần tư thứ nhất.

Dưới đây đưa ra cách xác định hệ số sử dụng cho 3 trường hợp bố trí cột đèn khác nhau. Hình 4.10a hình chiếu của đèn rơi vào lòng đường, hình 4.10b hình chiếu đèn rơi vào vỉa hè, hình 4.10c hình chiếu đèn rơi vào mép đường.



Hình 4.10. Xác định hệ số sử dụng

Khi bố trí bất kỳ, ta xác định vùng được chiếu sáng, vẽ các góc α , tính $\tan \alpha$, tra U và $U = U_2 \pm U_1$ tùy cách bố trí cụ thể. Dưới đây giới thiệu một số bộ đèn để đọc giả sử dụng khi tính toán.

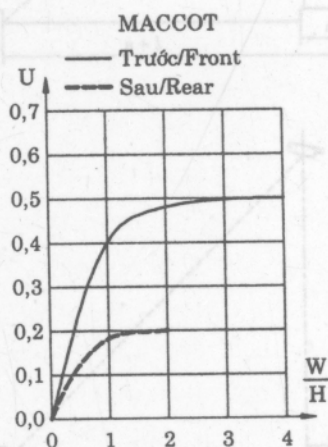
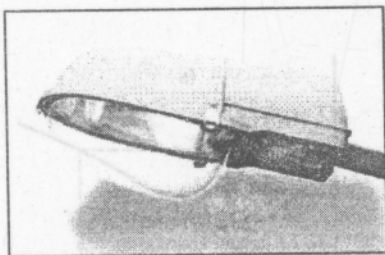


Hình 4.11. Bộ đèn bán rộng Philips

a) ISL = 4,5; 3,9. $I_{\max} = 285\text{cd}/1000\text{lm}$ với $C = 10^\circ$; $\gamma = 70^\circ$ điều chỉnh hai vị trí; độ nghiêng 10° .

b) – ISL = 3,8; $I_{\max} = 233\text{cd}/1000\text{lm}$ với $C = 10^\circ$; $\gamma = 70^\circ$ điều chỉnh hai vị trí; độ nghiêng 10° .

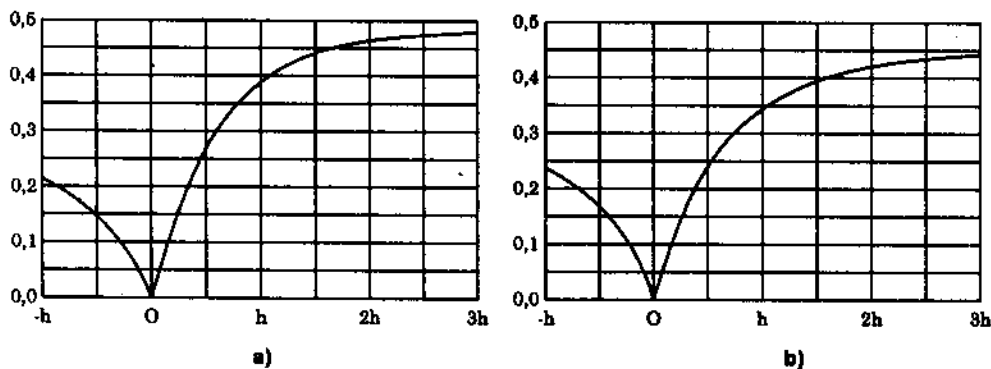
– ISL = 3,3; $I_{\max} = 252\text{cd}/1000\text{lm}$ với $C = 30^\circ$; $\gamma = 70^\circ$ điều chỉnh hai vị trí; độ nghiêng 10° .



Hình 4.12. Bộ đèn chụp bán rộng Maccot (HAPULICO)

- Hệ số sử dụng trước —

- Hệ số sử dụng sau - - -



Hình 4.13. Bộ đèn chụp sâu (phân bố ánh sáng hẹp) Philips

a) ISL = 5,4; $I_{\max} = 312\text{cd}/1000\text{lm}$ với $C = 10^\circ$ và $\gamma = 55^\circ$;
độ nghiêng 0° ; 10° .

b) – ISL = 5,8; $I_{\max} = 446\text{cd}/1000\text{lm}$ với $C = 15^\circ$; $\gamma = 58^\circ$;
độ nghiêng 0° .

– ISL = 5,6; $I_{\max} = 312\text{cd}/1000\text{lm}$ với $C = 15^\circ$ và $\gamma = 58^\circ$;
độ nghiêng 0° .

– ISL = 5,1; $I_{\max} = 414\text{cd}/1000\text{lm}$ với $C = 10^\circ$ và $\gamma = 53^\circ$;
độ nghiêng 0° .

4.1.7. Góc nghiêng và tầm vươn của đèn

Góc nghiêng thường từ $0 - 20^\circ$, tối ưu là $5 - 15^\circ$. Việc điều chỉnh tăng góc nghiêng của đèn sẽ mở rộng phạm vi chiếu sáng của bộ đèn ra phía trước, song tăng nhiều, ánh sáng phân bố rộng sẽ làm tăng khoảng cách từ bộ đèn đến điểm cần chiếu sáng, kết quả làm độ rọi giảm đi làm giảm chức năng dẫn hướng tại đường cong, làm tăng chói lóa đối với người quan sát.

Tầm vươn của đèn có ảnh hưởng đến phạm vi chiếu sáng. Tầm vươn lớn sẽ tăng cường chiếu sáng cho lòng đường, giảm chiều cao cột, song giảm chiếu sáng vỉa hè phía sau đèn. Tầm vươn của đèn cũng có tác dụng dẫn hướng cho hệ thống chiếu sáng, song cũng phải chú ý đến độ bền cơ học và thẩm mỹ không gian chiếu sáng.

4.1.8. Quan hệ giữa khoảng cách giữa hai đèn liên tiếp e và chiều cao đèn h

Để đảm bảo độ đồng đều dọc tuyến, khoảng cách e giữa hai đèn liên tiếp được xác định (phụ thuộc cách bố trí đèn và kiểu bộ đèn) phải nhỏ hơn hoặc bằng $e_{\max}$ được cho trong bảng 4.5.

Bảng 4.5. Khoảng cách đèn cực đại e_{max}

Kiểu bộ đèn	Phương pháp bố trí đèn	e_{max}
Chụp rộng	Một bên; hai bên đối diện; trên dải phân cách	4h
	Hai bên so le	3,7h
Chụp bán rộng	Một bên; hai bên đối diện; trên dải phân cách	3,5h
	Hai bên so le	3,2h
Chụp sâu	Một bên; hai bên đối diện; trên dải phân cách	3h
	Hai bên so le	2,7h

4.1.9. Hệ số giảm quang thông của đèn

Sự suy giảm quang thông của đèn là do thời gian sử dụng và sự bám bụi làm bẩn pha đèn.

Hệ số suy giảm quang thông V được tính: $V = V_1 \cdot V_2$

V_1 là hệ số suy giảm quang thông theo thời gian sử dụng.

V_2 là hệ số suy giảm quang thông do bụi bám bẩn vào bộ đèn.

Bảng 4.6. Hệ số suy giảm V_1

Thời gian	Cao áp Na	Ống huỳnh quang	Cao áp Hg	Na thấp áp
3000h	0,95	0,9	0,85	0,85
6000h	0,9	0,85	0,8	0,8
9000h	0,85	0,8	0,75	

Bảng 4.7. Hệ số suy giảm V_2

Bộ đèn	Không loe	Có loe
Không khí ô nhiễm	0,65	0,7
Không khí không ô nhiễm	0,9	0,95

4.2. Phương pháp tỷ số R

4.2.1. Tỷ số R

Độ chói trung bình mặt đường là tiêu chuẩn quan trọng đầu tiên khi thiết kế sơ bộ chiếu sáng đường. Vì bề mặt đường không mịn nên độ chói của lòng đường không quan hệ với độ rọi lòng đường theo định luật Lambert $\left(L = \frac{\rho E}{\pi} \right)$, vì thế quan hệ giữa độ chói trung bình lòng đường và độ rọi theo tỷ số R được xác lập bằng nhiều công trình thực nghiệm:

$$R = \frac{E_{tb}}{L_{tb}} \quad (4.2)$$

E_{tb} độ rọi trung bình lòng đường

L_{tb} độ chói trung bình lòng đường.

Tỷ số R phụ thuộc vào tính chất mặt đường và loại bộ đèn đường, được cho ở bảng 4.8.

Bảng 4.8. Giá trị tỷ số R

Loại và tính chất mặt đường	Đèn chụp hẹp	Đèn chụp bán rộng
Bê tông xi măng sạch	12	8
Bê tông thô (bẩn)	14	10
Bê tông phủ nhựa màu sáng	14	10
Bê tông phủ nhựa màu trung bình	20	14
Bê tông phủ nhựa màu tối	25	18
Đường lát gạch, cấp phối đá dăm	18	13

4.2.2. Các bước thiết kế sơ bộ đường theo phương pháp tỷ số R

Bước 1. Chọn độ chói yêu cầu theo bảng 4.1 hoặc 4.2; 4.3.

Bước 2. Chọn phương án bố trí đèn phù hợp với bề rộng lòng đường l , chiều cao đèn h , tầm vươn đèn s .

Bước 3. Chọn loại đèn và bộ đèn.

Bước 4. Xác định hệ số sử dụng U .

Bước 5. Xác định khoảng cách e giữa hai đèn liên tiếp (theo bảng 4.5).

Bước 6. Xác định tỷ số R theo bảng 4.8.

Bước 7. Xác định hệ số suy giảm quang thông V (theo bảng 4.6 và 4.7).

Bước 8. Xác định quang thông tính toán của bộ đèn:

$$\Phi_{tt} = \frac{I.e.L_{tb}.R}{UV} \quad (4.3)$$

Chọn công suất đèn P có quang thông Φ gần với giá trị Φ_{tt} theo bảng số liệu đèn ở chương 2.

Bước 9. Tính chỉ số tiện nghi G.

Dưới đây là một số ví dụ:

Ví dụ 4.1. Chiều sáng đường phố dài 1200m, hai biên sáng, bề rộng lòng đường $l = 8m$, đường có hai làn xe, mỗi làn rộng 4m, bề tông nhựa màu sáng, vỉa hè mỗi bên rộng 3m.

Lời giải:

Bước 1: – Theo tiêu chuẩn phân cấp chiếu sáng, đây là đường cấp C.

– Độ chói yêu cầu đường cấp C, hai biên sáng theo bảng 4.1 là:

$$L = 2cd/m^2$$

Bước 2: – Đường hẹp, chọn phương án bố trí đèn một bên đường.

Để đảm bảo đồng đều độ chói theo chiều ngang, yêu cầu chiều cao đèn $h \geq l = 8m$; chọn $h = 10m$.

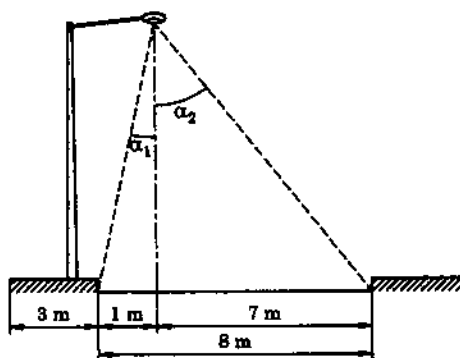
– Tâm vươn ra của đèn và góc nghiêng của đèn có ảnh hưởng đến hệ số sử dụng quang thông, khi thiết kế chọn một số giá trị s để tính toán và chọn phương án có hệ số sử dụng lớn. Chọn tâm vươn $s = 1,5m$, cột đèn chôn cách mép đường 0,5m, hình chiếu đèn cách mép đường $a = 1m$ (hình 4.14).

Bước 3: – Chọn bộ đèn phân bố ánh sáng bán rộng (chụp bán rộng) có $ISL = 3,2$, đường hệ số sử dụng trên hình 4.9, độ nghiêng đèn 10° .

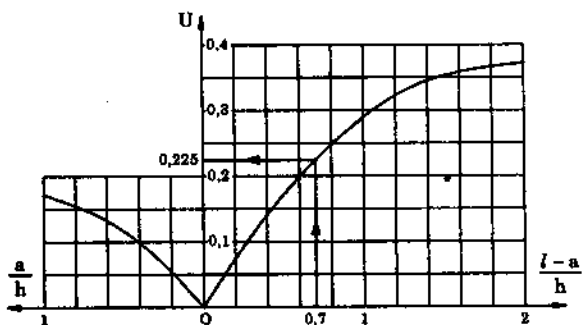
– Chọn đèn Sodium cao áp.

Bước 4: – Xác định hệ số sử dụng U.

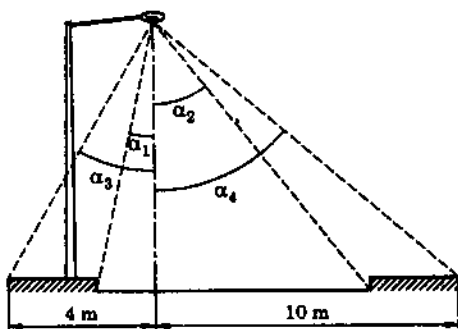
– Từ đèn vẽ đường vuông góc với bề mặt đường và hai đường tới hai mép đường, tạo thành góc nhị diện α_1 (phía sau đèn) và α_2 (phía trước đèn) (hình 4.14a).



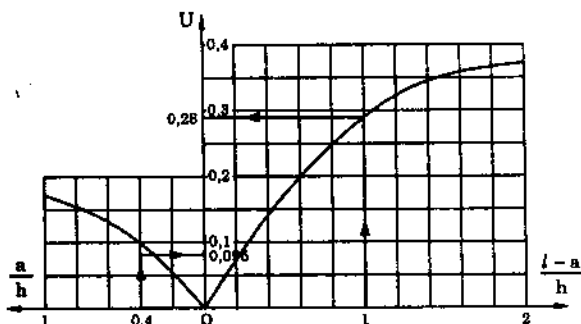
a)



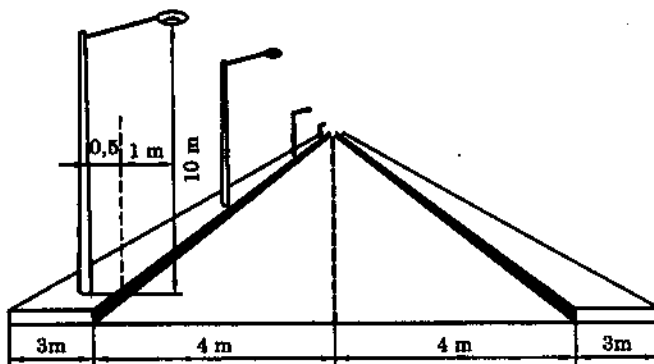
b)



c)



d)



e)

Hình 4.14. Bố trí đèn một bên đường

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{a}{h} = \frac{1}{10} = 0,1$$

tra đường hệ số sử dụng phía sau hình 4.14b: $\operatorname{tg} \alpha_1 = 0,1 \rightarrow U_1 = 0,025$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{l-a}{h} = \frac{8-1}{10} = 0,7$$

tra đường hệ số sử dụng phía trước: $\text{tg}\alpha_2 = 0,7 \rightarrow U_2 = 0,225$

Vậy hệ số sử dụng U: $U = U_1 + U_2 = 0,025 + 0,225 = 0,25$

Bước 5: – Xác định khoảng cách giữa hai đèn liên tiếp. Độ đồng đều, độ chói theo chiều dọc (tránh hiện tượng ánh sáng bậc thang) đòi hỏi tỷ số $\frac{e}{h} \leq 3,5$.

$$e_{\max} = 3,5h = 3,5 \cdot 10 = 35\text{m}$$

Bước 6: – Xác định tỷ số R theo bảng 4.8. Với bộ đèn bán rộng, lớp phủ mặt đường sáng: $R = 10$.

Bước 7: – Hệ số suy giảm quang thông V.

Theo bảng 4.7; 4.6: $V = V_1 V_2 = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$

Bước 8: – Quang thông của mỗi đèn tính toán theo công thức (4.3):

$$\Phi_u = \frac{I \cdot e \cdot L_{tb} \cdot R}{UV} = \frac{8 \cdot 35 \cdot 2 \cdot 10}{0,25 \cdot 0,81} = 27654(\text{lm})$$

Chọn đèn Sodium cao áp (bảng 2.3 chương 2)

$$P = 250\text{W}, \Phi = 27000 \text{ lm}, P_{\text{chấn lưu}} = 25\text{W}.$$

– Khoảng cách giữa hai đèn liên tiếp là:

$$e = \frac{\Phi \cdot U \cdot V}{I \cdot L_{tb} \cdot R} = \frac{27000 \cdot 0,25 \cdot 0,81}{8 \cdot 2 \cdot 10} = 34\text{m}$$

– Độ rọi trung bình lòng đường:

$$E_{tb} = R L_{tb} = 10 \cdot 2 = 20\text{lx}$$

Bước 9: – Chỉ số tiện nghi (hạn chế chói loá) G:

$$G = ISL + 0,97 \log L_{tb} + 4,41 \log h' - 1,46 \log p$$

$$h' = h - 1,5 = 10 - 1,5 = 8,5\text{m}$$

$$p = \frac{1000}{35} + 1 = 29$$

$$G = 3,2 + 0,97 \log 2 + 4,41 \log 8,5 - 1,46 \log 29 = 5,45$$

đạt yêu cầu với đường cấp C.

Khi cần tính độ rọi vỉa hè, ta tính như sau:

Vỉa hè phía cột đèn (hình 4.14c)

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{3+1}{10} = 0,4 \rightarrow U_3 = 0,095 \text{ (hình 4.14d)}$$

Hệ số sử dụng cho vỉa hè phía cột đèn:

$$U_{vh} = U_3 - U_1 = 0,095 - 0,025 = 0,07$$

Độ rọi vỉa hè phía cột đèn:

$$E_{vh} = \frac{\Phi \cdot U_{vh} \cdot V}{l_{vh} \cdot e} = \frac{27000 \cdot 0,07 \cdot 0,81}{3,34} = 15(\text{lx})$$

Vỉa hè phía không cột đèn

$$\operatorname{tg}\alpha_4 = \frac{7+3}{10} = 1 \rightarrow U_4 = 0,28 \text{ (hình 4.14d)}$$

Hệ số sử dụng cho vỉa hè phía không cột đèn

$$U_{vh} = U_4 - U_2 = 0,28 - 0,225 = 0,055$$

Độ rọi vỉa hè phía không cột đèn

$$E_{vh} = \frac{\Phi \cdot U_{vh} \cdot V}{l_{vh} \cdot e} = \frac{27000 \cdot 0,055 \cdot 0,81}{3,34} = 11,8(\text{lx})$$

Ví dụ 4.2. Thiết kế chiếu sáng đường cấp C, 2 chiều, dải phân cách mềm ở giữa, mỗi bên có hai làn xe, mỗi làn xe rộng 4m, đường bê tông có lớp phủ nhựa màu trung bình, độ sáng biên trung bình.

Lời giải:

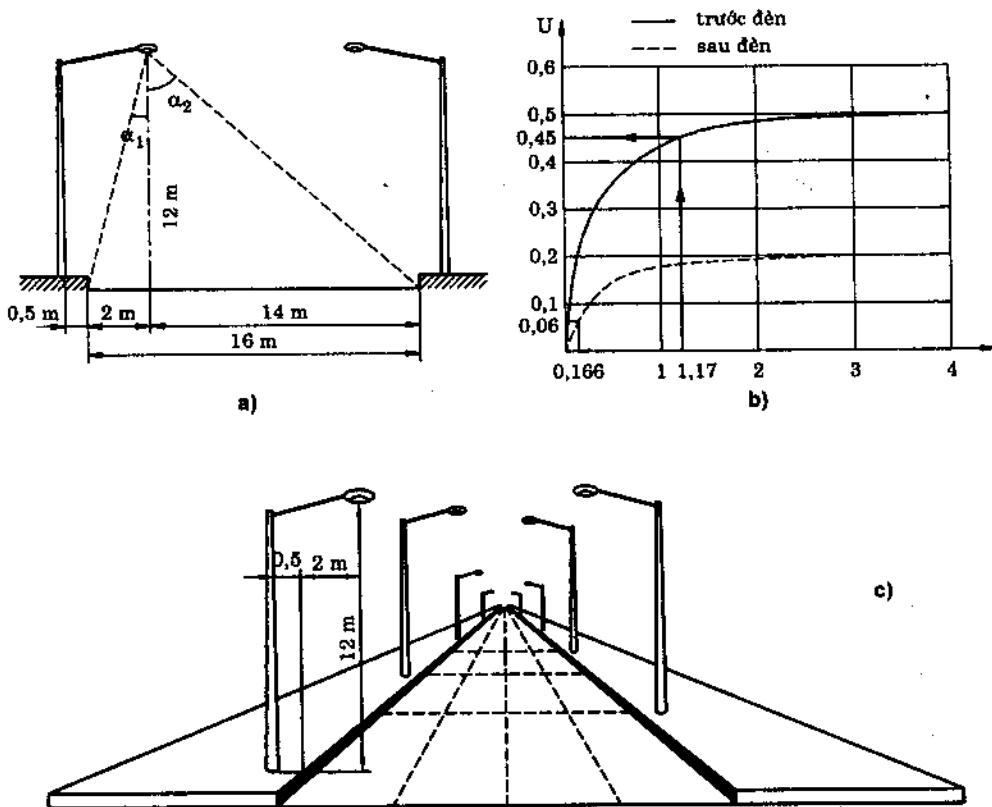
– Độ chói yêu cầu đường cấp C, độ sáng biên trung bình chọn $L_{tb} = 1,5 \text{cd/m}^2$.

– Với chiều rộng lòng đường là 16m, chọn phương án bố trí đèn so le hai bên đường, với $h \geq \frac{2l}{3} = \frac{2 \cdot 16}{3} = 10,66 \text{m}$. Chọn $h = 12 \text{m}$.

– Chọn bộ đèn chụp bán rộng MAC - 250 HAPULICO, độ nghiêng 15° , đường cong hệ số sử dụng ở hình 4.15b. Chọn tâm nhô $s = 2,5 \text{m}$, cột đèn chôn cách mép đường 0,5m, hình chiếu đèn cách mép đường $a = 2 \text{m}$ (hình 4.15a).

Chọn đèn Sodium cao áp:

– Xác định hệ số sử dụng: Từ đèn vẽ đường vuông góc với mặt đường và hai đường tới hai mép đường tạo thành góc nhị diện α_1 (phía sau đèn) và α_2 (phía trước đèn).



Hình 4.15. Bố trí đèn so le hai bên đường

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{a}{h} = \frac{0,5}{12} = 0,166$$

tra đường nét (----) (phía sau đèn) được $U_1 = 0,06$ (hình 4.15b).

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{l-a}{h} = \frac{16-0,5}{12} = \frac{15,5}{12} = 1,29$$

tra đường nét liền (—) (phía trước đèn) được $U_2 = 0,45$.

Hệ số sử dụng $U = U_1 + U_2 = 0,06 + 0,45 = 0,51$.

– Xác định khoảng cách giữa hai đèn liên tiếp với bố trí đèn so le:

$$e \leq 3,2h = 3,2 \cdot 12 = 38,4 \text{ m}; \text{ chọn } e = 38 \text{ m}$$

– Xác định tỷ số R theo bảng 4.8 đường bê tông nhựa màu trung bình:

$$R = 14.$$

– Hệ số suy giảm quang thông V:

$$V = V_1 \cdot V_2 = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$$

– Quang thông của mỗi đèn theo tính toán:

$$\Phi_u = \frac{l.e.L_{tb}.R}{UV} = \frac{16.38.1,5.14}{0,51.0,81} = 30907(\text{lm})$$

Chọn đèn Sodium cao áp (bảng 2.3 chương 2).

$$P = 250\text{W}, \Phi = 27000\text{lm}, P_{\text{chấn lưu}} = 25\text{W}$$

Chọn quang thông đèn nhỏ hơn tính toán, vậy để đảm bảo độ chói yêu cầu, khoảng cách giữa hai đèn là:

$$e = \frac{\Phi.U.V}{l.L_{tb}.R} = \frac{27000.0,51.0,81}{16.1,5.14} = 33\text{m}$$

Độ chói trung bình lòng đường $L_{tb} = 2\text{cd/m}^2$

Độ rọi lòng đường $E_{tb} = R.L_{tb} = 14.2 = 28\text{lx}$

– Chỉ số tiện nghi (hạn chế chói loá) G:

$$G = \text{ISL} + 0,97\log L_{tb} + 4,41\log h' - 1,46\log p$$

$$h' = h - 1,5 = 12 - 1,5 = 10,5\text{m}$$

$$p = \frac{1000}{33} + 1 = 31$$

$$G = 3,3 + 0,97\log 1,5 + 4,41\log 10,5 - 1,46\log 31 = 5,8$$

Đạt yêu cầu với đường cấp C.

Ví dụ 4.3. Chiếu sáng một phố buôn bán chính dài 400m, có lòng đường rộng 14m, bề tông phủ nhựa màu sáng, biên sáng. Vì lý do thẩm mỹ chiều cao đèn không quá 9m, tầm vươn ra của đèn gần bằng 0, cột chôn trên vỉa hè sát mép đường sao cho hình chiếu đèn đến mép đường $a = 0$.

Lời giải:

– Đường thuộc cấp D, độ chói yêu cầu $L_{tb} = 2\text{cd/m}^2$.

– Vì hạn chế chiều cao đèn nhỏ hơn 9m, nên bố trí đèn hai bên đối diện $h \geq \frac{l}{2} = \frac{14}{2} = 7\text{m}$, chọn $h = 8\text{m}$.

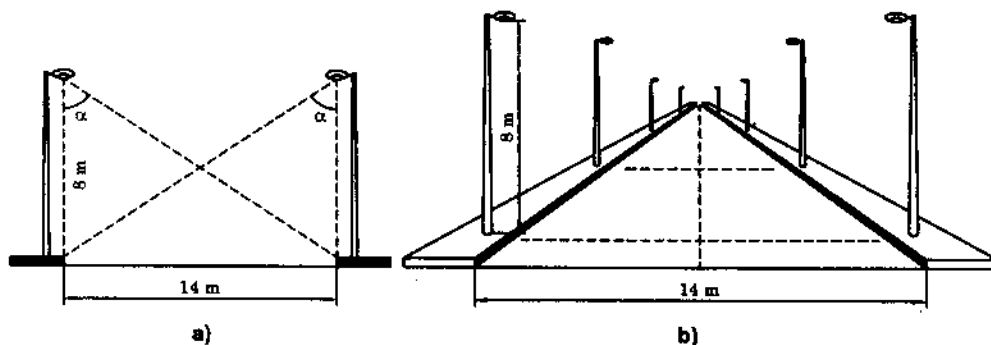
– Chọn bộ đèn phân bố ánh sáng hẹp (chụp hẹp - sâu) của hãng PHILIPS (hình 4.13a) $\text{ISL} = 5,4$; độ nghiêng 0° . Chọn đèn cao áp thủy ngân, ánh sáng trắng $T = 4300\text{K}$.

– Xác định hệ số sử dụng. Dựa vào hình 4.15a ta có:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{h} = \frac{14}{8} = 1,75$$

Tra đường cong phía trước (hình 4.13a) được hệ số sử dụng một đèn là 0,46. Hai đèn đối xứng, nên hệ số sử dụng là:

$$U = 2.0,46 = 0,92$$



Hình 4.16. Bố trí đèn hai bên đối diện

- Khoảng cách giữa hai đèn liên tiếp khi bố trí đèn hai bên đối diện đèn chụm hẹp $e \leq 3h = 3.8 = 24\text{m}$.
- Đường bê tông nhựa màu sáng, bộ đèn chụm hẹp $R = 14$ (bảng 4.8).
- Hệ số suy giảm quang thông $V = 0,81$.
- Quang thông của mỗi bộ đèn theo tính toán:

$$\Phi_{tt} = \frac{l.e.L_{tb}.R}{UV} = \frac{14.24.2.14}{0,92.0,81} = 12625(\text{lm})$$

Chọn đèn cao áp thủy ngân:

$$P = 250\text{W}, \Phi = 13500\text{lm}, P_{\text{chấn lưu}} = 15\text{W}.$$

- Chọn $\Phi_{\text{đèn}} = 13500\text{lm}$. Khoảng cách giữa hai đèn liên tiếp $e = 24\text{m}$, độ chói trung bình của lòng đường sẽ là:

$$L_{tb} = \frac{13500.0,92.0,81}{14.24.14} = 2,14 (\text{cd/m}^2)$$

$$\text{Độ rọi trung bình } E_{tb} = R.L_{tb} = 14.2,14 = 30\text{lx}$$

$$\text{Số cột đèn } \left(\frac{400}{24} + 1 \right) . 2 = 36$$

Số bóng đèn: 36 bóng

Công suất tiêu thụ $(250 + 15).36 = 9540 \text{ W}$.

Chỉ số tiện nghi G:

$$G = 5,4 + 0,97 \log 2,14 + 4,41 \log 6,5 - 1,46 \log 84 = 6,5$$

trong đó:

$$p = \left(\frac{1000}{24} + 1 \right) \cdot 2 = 84.$$

Ví dụ 4.4. Thiết kế chiếu sáng một đường cao tốc, có dải phân cách rộng 2m, lòng đường mỗi bên rộng 8m, với hai làn đường mỗi làn đường rộng 4m, đường bê tông nhựa màu tối.

Lời giải:

- Đường cấp A, độ chói yêu cầu $E_{tb} = 2 \text{ cd/m}^2$.
- Chọn bố trí đèn ở dải phân cách $h \geq l = 8\text{m}$. Chọn $h = 10\text{m}$.
- Chọn bộ đèn MAC - 250 HAPULICO bán rộng (hình 4.15b).
- Chọn tâm nhô $s = 1,5\text{m}$; vậy $a = 1,5 - 1 = 0,5\text{m}$; $l - a = 8 - 0,5 = 7,5\text{m}$ (hình 4.17).
- Xác định hệ số sử dụng:

Đèn bên trái p:

$$\text{tg}\alpha_1 = \frac{8 - 0,5}{10} = 0,75 \rightarrow U_1 = 0,4$$

$$\text{tg}\alpha_2 = \frac{0,5}{10} = 0,05 \rightarrow U_2 = 0,03$$

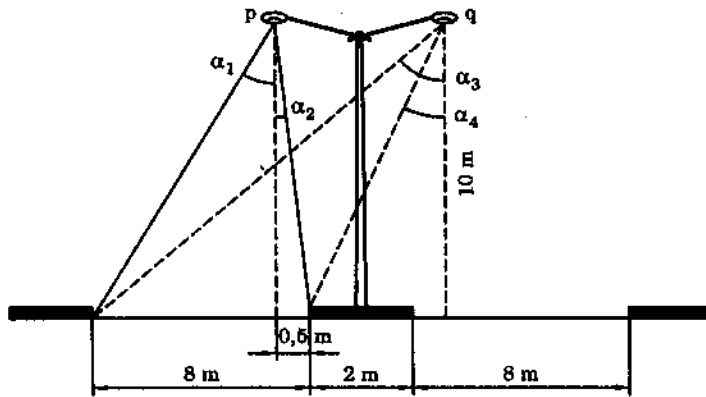
Hệ số sử dụng đèn p:

$$U_p = U_1 + U_2 = 0,4 + 0,03 = 0,43$$

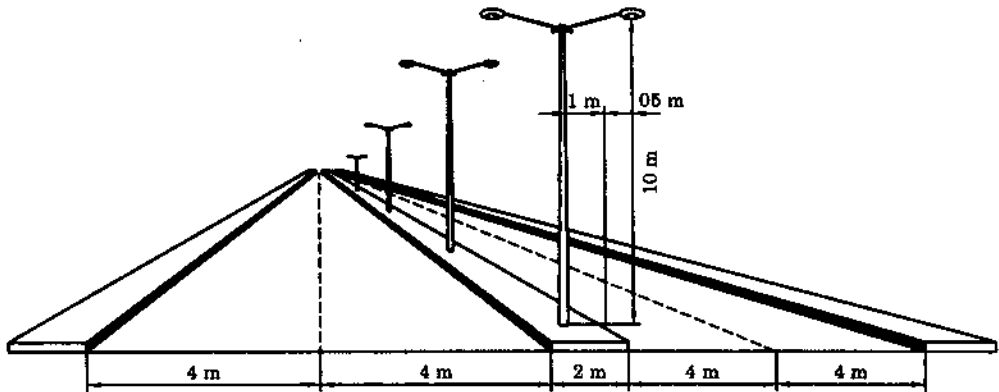
Đèn bên phải q:

$$\text{tg}\alpha_3 = \frac{8 + 2 + 0,5}{10} = 1,05 \rightarrow U_3 = 0,18$$

$$\text{tg}\alpha_4 = \frac{2 + 0,5}{10} = 0,25 \rightarrow U_4 = 0,1$$



a)



b)

Hình 4.17. Bố trí đèn ở dải phân cách

Hệ số sử dụng đèn q:

$$U_q = U_3 - U_4 = 0,18 - 0,1 = 0,08$$

Hệ số sử dụng của hệ thống hai đèn:

$$U = U_p + U_q = 0,43 + 0,08 = 0,51$$

– Khoảng cách giữa hai đèn liên tiếp:

$$e = 3,5h = 3,5 \cdot 10 = 35\text{m}$$

– Đường bê tông nhựa màu tối, đèn chụp bán rộng $R = 18$.

– Quang thông của mỗi bóng đèn theo tính toán

$$\Phi_u = \frac{l \cdot e \cdot L_{tb} \cdot R}{UV} = \frac{8 \cdot 35 \cdot 2 \cdot 18}{0,51 \cdot 0,81} = 24400(\text{lm})$$

Chọn bóng đèn natri cao áp:

$$P = 250W; \Phi = 25000lm; P_{\text{chấn lưu}} = 25W$$

– Độ chói trung bình lồng đường:

$$L_{tb} = \frac{\Phi \cdot U \cdot V}{l \cdot e \cdot R} = \frac{25000 \cdot 0,51 \cdot 0,81}{8 \cdot 35 \cdot 18} = 2,05 \text{ cd/m}^2$$

– Chỉ số tiện nghi G

$$\begin{aligned} G &= ISL + 0,97 \log L_{tb} + 4,41 \log h' - 1,46 \log p \\ &= 3,8 + 0,97 \log 2,05 + 4,41 \log 8,5 - 1,46 \log 29 \\ &= 6,1 \end{aligned}$$

$$\text{trong đó } p = \frac{1000}{35} + 1 = 29$$

4.3. Phương pháp độ chói điểm

Trước hết nhắc lại phương pháp tỷ số R dùng trong thiết kế sơ bộ. Phương pháp tỷ số R dựa vào trị số trung bình của độ chói và độ rọi trên mặt đường:

$$L_{tb} = \frac{1}{R} E_{tb} = q_o E_{tb}$$

trong đó $q_o = \frac{1}{R}$ là trị số trung bình của hệ số độ chói q tại mỗi điểm:

$$q_o = 0,04 \div 0,125$$

Trị số 0,04 ứng với lồng đường có lớp phủ màu tối, chiếu sáng bằng đèn chụp sâu.

Trị số 0,125 ứng với mặt đường bê tông sáng sạch, chiếu sáng bằng đèn bán rộng.

Để xác định độ chói và độ rọi tại mỗi điểm phải sử dụng phương pháp độ chói điểm.

4.3.1. Phương pháp độ chói điểm cho tính toán đường

Phương pháp độ chói điểm cho tính toán đường đưa ra trước tiên quan hệ giữa độ chói L và độ rọi E tại một điểm:

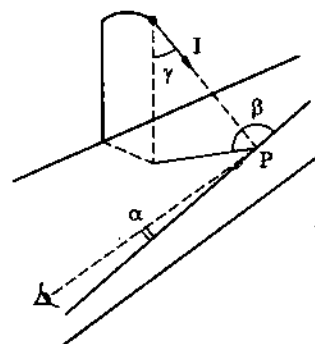
$$L = qE$$

Vì lớp phủ mặt đường không phản xạ ánh sáng theo định luật Lambert, nên hệ số độ chói q tại mỗi điểm sẽ khác nhau, phụ thuộc vào góc α , β , γ (hình 4.18).

α - góc mắt lái xe quan sát nhìn thấy điểm P.

β - góc giữa đường nối hình chiếu của đèn trên mặt đường với điểm P và phương quan sát.

γ - góc tia ánh sáng tới đường.



Hình 4.18. Các thông số xác định độ chói

Trong thực tế góc α gần bằng 1° , do đó q chỉ còn phụ thuộc góc β và γ . Thay giá trị độ rọi

$E = \frac{I \cos^3 \gamma}{h^2}$ vào biểu thức L ta có:

$$L = q(\beta, \gamma) \frac{I \cos^3 \gamma}{h^2} = q(\beta, \gamma) \cos^3 \gamma \frac{I}{h^2}$$

$$L = R(\beta, \gamma) \frac{I}{h^2} \quad (4.4)$$

Trong đó:

$$R(\beta, \gamma) = q(\beta, \gamma) \cos^3 \gamma$$

$R(\beta, \gamma)$ được gọi là hệ số độ chói quy đổi theo I, tìm được bằng thực nghiệm với các lớp phủ mặt đường khác nhau khi thay đổi vị trí tương đối của nguồn phát cường độ I với một mẫu quan sát cố định.

4.3.2. Trị số $R(\beta, \gamma)$

Trị số R được Ủy ban quốc tế Chiếu sáng CIE đưa ra cho 4 loại lớp phủ mặt đường R_1, R_2, R_3, R_4 . Mặt đường được phân loại theo trị số S_1, q_0 và đặc điểm cấu tạo lớp phủ, trong đó q_0 là giá trị trung bình của hệ số độ chói.

$$q_0 = \frac{\int q d\Omega}{d\Omega} \text{ trong khoảng bán cầu trên}$$

S_1 là giá trị của tỷ số R ứng với hai trường hợp quan sát điển hình $\beta = 0$; $\text{tgy} = 2$ và $\beta = 0$; $\text{tgy} = 0$

$$S_1 = \frac{R(\beta = 0; \text{tgy} = 2)}{R(\beta = 0; \text{tgy} = 0)}$$

S_1 càng lớn khi mặt đường càng sáng. Nếu lớp phủ mặt đường phản xạ theo định luật Lambert thì $S_1 = 0,09$.

Bảng 4.9. Bảng phân loại mặt đường theo CIE

Loại đường	S_1 điển hình	q_0 điển hình	Đặc điểm cấu tạo lớp phủ
R_1 $S_1 < 0,45$	0,25	0,10	– Bitum có dưới 15% vật liệu nhân tạo màu sáng hoặc dưới 30% hạt đá, các hạt khoáng màu rất sáng. – Sỏi nghiền màu sáng có trên 80% diện tích phủ trộn với vật liệu nhân tạo sáng hoặc 100% đá sỏi cát màu rất sáng. – Bê tông xi măng.
R_2 $0,45 \leq S_1 \leq 0,85$	0,58	0,07	– Bitum có trộn 10 – 15% hạt nhân tạo màu trắng, có nhiều hạt kích thước lớn hơn 10mm. – Bê tông bitum sỏi thô sần sùi. – Nhựa đường sau khi thi công còn mới.
R_3 $0,85 \leq S_1 \leq 1,35$	1,11	0,07	Bitum nguội có các hạt dưới 10mm nhưng có kết cấu chắc.
R_4 $S_1 > 1,35$	1,55	0,08	– Đường đổ nhựa sau nhiều tháng sử dụng. – Mặt đường nhẵn và phẳng.

Bảng 4.10. Trị số R_1 (β , tgr)

β° tgr	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655
0,25	619	619	619	619	610	610	610	610	610	610	610	610	610	601	601	601	601	601	601	601
0,5	539	539	539	539	539	539	521	521	521	521	521	503	503	503	503	503	503	503	503	503
0,75	431	431	431	431	431	431	431	431	431	431	395	386	371	371	371	371	371	386	395	395
1	341	341	341	341	323	323	305	296	287	287	278	269	269	269	269	269	269	278	278	278
1,25	269	269	269	260	251	242	224	207	198	189	189	180	180	180	180	180	189	198	207	224
1,5	224	224	224	215	198	180	171	162	153	148	144	144	139	139	139	144	148	153	162	180
1,75	189	189	189	171	153	139	130	121	117	112	108	103	99	99	103	108	112	121	130	139
2	162	162	157	135	117	108	99	94	90	85	85	83	84	84	86	90	94	99	103	111
2,5	121	121	117	95	79	66	60	57	54	52	51	50	51	52	54	58	61	65	69	75
3	94	94	86	66	649	41	38	36	34	33	32	31	31	33	35	38	40	43	47	51
3,5	81	80	66	46	33	28	25	23	22	22	21	21	22	22	24	27	29	31	34	38
4	71	69	55	32	23	20	18	16	15	14	14	14	15	17	19	20	22	23	25	27
4,5	63	59	43	24	17	14	13	12	12	11	11	11	12	13	14	14	16	17	19	21
5	57	52	36	19	14	12	10	9,0	9,0	8,8	8,7	8,7	9,0	10	11	13	14	15	16	16
5,5	51	47	31	15	11	9,0	8,1	7,8	7,7	7,7										
6	47	42	25	12	8,5	7,2	6,5	6,3	6,2											
6,5	43	38	22	10	6,7	5,8	5,2	5,0												
7	40	34	18	8,1	5,6	4,8	4,4	4,2												
7,5	37	31	15	6,9	4,7	4,0	3,8													
8	35	28	14	5,7	4,0	3,6	3,2													
8,5	33	25	12	4,8	3,6	3,1	2,9													
9	31	23	10	4,1	3,2	2,8														
9,5	30	22	9,0	3,7	2,8	2,5														
10	29	20	8,2	3,2	2,4	2,2														
10,5	28	18	7,3	3,0	2,2	1,9														
11	27	16	6,6	2,7	1,9	1,7														
11,5	26	15	6,1	2,4	1,7															
12	25	14	5,6	2,2	1,6															

Lớp phủ mặt đường R_1

$S_1 = 0,25$

$q_0 = 0,10$

$R_1 = \text{trị số đọc được} \times 10^{-4}$

• Bảng 4.11. Trị số R_2 (β , tgy)

β° tgy	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
0,25	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	379	368	357	357	346	346	346	335	335	335
0,5	411	411	411	411	403	403	384	379	370	346	325	303	281	281	271	271	271	260	260	260
0,75	379	379	379	368	357	346	325	303	281	260	238	216	206	206	206	206	206	206	206	206
1	335	335	335	325	292	291	260	238	216	195	173	152	152	152	152	152	141	141	141	141
1,25	303	303	292	271	238	206	184	152	130	119	108	100	103	106	106	106	114	114	119	119
1,5	271	271	260	227	179	152	141	119	108	93	80	76	76	80	84	87	89	91	93	95
1,75	249	238	227	195	152	124	106	91	78	67	61	52	54	58	63	67	69	71	73	74
2	227	216	195	152	117	95	80	67	61	52	45	40	41	45	49	52	54	56	57	58
2,5	195	190	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	26	28	30	33	35	36	40	41
3	160	155	115	67	43	33	26	21	18	17	16	16	17	17	18	21	22	24	26	27
3,5	148	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	18	21
4	132	113	67	27	15	12	10	9,4	8,7	8,2	7,9	7,6	7,9	8,7	9,6	11	12	13	15	17
4,5	118	95	50	20	12	8,9	7,4	6,6	6,3	6,1	5,7	5,6	5,8	6,3	7,1	8,4	10	12	13	14
5	106	81	38	14	8,2	6,3	5,4	5,0	4,6	4,7	4,5	4,4	4,6	5,2	6,2	7,4	8,5	9,5	10	11
5,5	96	69	29	11	6,3	5,1	4,4	4,1	3,9	3,8										
6	87	58	22	8,0	5,0	3,9	3,5	3,4	3,2											
6,5	78	50	17	6,1	3,8	3,1	2,8	2,7												
7	71	43	14	4,9	3,1	2,5	2,3	2,2												
7,5	67	38	12	4,1	2,6	2,1	1,9													
8	63	33	10	3,4	2,2	1,8	1,7													
8,5	58	28	8,7	2,9	1,9	1,6	1,5													
9	55	25	7,4	2,5	1,7	1,4														
9,5	52	23	6,5	2,2	1,5	1,3														
10	49	21	5,6	1,9	1,4	1,2														
10,5	47	18	5,0	1,7	1,3	1,2														
11	44	16	4,4	1,6	1,2	1,1														
11,5	42	14	4,0	1,5	1,1															
12	41	13	3,6	1,4	1,1															

Lớp phủ mặt đường R_2

$S_1 = 0,58$

$q_0 = 0,07$

$R_2 = \text{trị số đọc được} \times 10^{-4}$

Bảng 4.12. Trị số R_3 (β , tgy)

β° tgy	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
0,25	326	326	321	321	317	312	308	308	303	298	294	280	271	262	258	253	249	244	240	240
0,5	344	344	339	339	326	317	308	298	289	276	262	235	217	204	199	199	199	199	194	194
0,75	357	353	353	339	321	303	285	267	244	222	204	176	158	149	149	149	145	136	136	140
1	362	362	352	326	308	249	228	204	181	158	140	118	104	100	100	100	100	100	100	100
1,25	357	357	348	298	244	208	176	154	136	116	104	83	73	70	71	74	77	77	77	78
1,5	353	348	326	267	217	176	145	117	100	88	78	72	60	57	59	60	60	60	61	62
1,75	339	335	303	231	172	127	104	89	79	70	62	51	45	44	45	46	45	45	46	47
2	326	321	280	190	136	100	82	71	62	54	48	39	34	34	34	35	36	36	37	38
2,5	289	280	222	127	86	69	54	44	38	34	25	23	22	23	24	24	24	24	24	25
3	253	235	163	65	53	38	31	25	23	20	18	15	15	14	15	15	16	16	17	17
3,5	217	194	122	60	35	25	22	19	16	15	13	9,9	9,0	9,0	9,9	11	11	12	12	13
4	190	163	90	43	26	20	16	14	12	9,9	9,0	7,4	7,0	7,1	7,5	6,3	6,7	9,0	9,0	9,9
4,5	163	136	73	31	20	15	12	9,9	9,0	8,3	7,7	5,4	4,8	4,9	5,4	6,1	7,0	7,7	8,3	8,5
5	145	109	80	24	16	12	9,0	8,2	7,7	6,8	6,1	4,3	3,2	3,3	3,7	4,3	5,2	6,5	6,9	7,1
5,5	127	94	47	18	14	9,9	7,7	6,9	6,1	5,7										
6	113	77	36	15	11	9,0	8,0	6,5	5,1											
6,5	104	68	30	11	8,3	6,4	5,1	4,3												
7	95	60	24	8,5	6,5	5,2	4,3	3,4												
7,5	87	53	21	7,1	5,3	4,4	3,6													
8	83	47	17	6,1	4,4	3,6	3,1													
8,5	78	42	15	5,2	3,7	3,1	2,6													
9	73	38	12	4,3	3,2	2,4														
9,5	69	34	9,9	3,8	3,5	2,2														
10	65	32	9,0	3,3	2,4	2,0														
10,5	62	29	8,0	3,0	2,1	1,9														
11	59	26	7,1	2,6	1,9	1,6														
11,5	56	24	6,3	2,4	1,8															
12	53	22	5,6	2,1	1,6															

Lớp phủ mặt đường R_3

$S_1 = 1,11$

$q_0 = 0,07$

$R_3 = \text{trị số đọc được} \times 10^{-4}$

Bảng 4.13. Trị số R_4 (β , tgr)

β° tgr	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264
0,25	297	317	317	317	317	310	304	290	284	277	271	244	231	224	224	218	128	211	211	211
0,5	330	343	343	343	330	310	297	284	277	264	251	218	198	185	178	172	172	185	185	185
0,75	376	383	370	350	330	304	277	251	231	211	198	165	139	132	132	125	125	125	119	119
1	398	396	396	330	290	251	218	198	185	165	145	112	86	86	86	86	86	87	87	87
1,25	403	409	370	310	251	211	178	152	132	115	103	77	68	65	65	63	65	66	67	68
1,5	409	396	356	284	218	172	139	115	100	88	79	61	50	50	50	50	52	55	55	55
1,75	409	396	343	251	178	139	108	88	75	68	59	44	37	37	37	38	40	41	42	45
2	409	383	317	224	145	106	86	71	59	53	45	33	29	29	29	30	32	33	34	37
2,5	398	356	264	152	100	73	55	45	37	32	28	21	20	20	20	21	22	24	25	26
3	370	304	211	95	63	44	30	25	21	17	16	13	12	12	13	13	15	16	17	19
3,5	343	271	165	63	40	28	19	15	13	12	11	9,8	9,1	8,8	8,8	9,4	11	12	13	15
4	317	238	132	45	24	16	13	11	9,6	9,0	8,4	7,5	7,4	7,4	7,5	7,9	8,6	8,4	11	12
4,5	297	211	106	33	17	11	9,2	7,9	7,3	6,6	6,3	6,1	6,1	6,2	6,5	6,7	7,1	7,7	8,7	8,8
5	277	185	79	24	13	8,3	7,0	6,3	5,7	5,1	5,0	5,0	5,1	5,4	5,5	5,8	6,1	6,3	6,9	7,7
5,5	257	161	59	19	9,9	7,1	5,7	5,0	4,6	4,2										
6	244	140	46	13	7,7	5,7	4,8	4,1	3,8											
6,5	231	122	37	11	5,9	4,6	3,7	3,2												
7	218	106	32	9,0	5,0	3,8	3,2	2,6												
7,5	205	94	26	7,6	4,4	3,3	2,8													
8	193	82	22	6,3	3,7	2,9	2,4													
8,5	184	74	19	5,3	3,2	2,5	2,1													
9	174	66	16	4,6	2,8	2,1														
9,5	169	59	13	4,1	2,5	2,0														
10	164	53	12	3,7	2,2	1,7														
10,5	156	49	11	3,3	2,1	1,7														
11	153	45	9,5	3,0	2,0	1,7														
11,5	149	41	8,4	2,6	1,7															
12	145	37	7,7	2,5	1,7															

Lớp phủ mặt đường R_4

$S_1 = 1,55$

$q_0 = 0,08$

$R_4 = \text{trị số đọc được} \times 10^4$

Ví dụ 4.5. Xác định độ chói tại P do nguồn sáng có chiều cao $h = 12\text{m}$; $I = 10059\text{cd}$; góc $\gamma = 53,3^\circ$; $\text{tg}\gamma = 1,34$; góc $\beta = 156,7^\circ$; mặt đường cấp R_2 .

Lời giải: Trước hết xác định hệ số R ($\beta = 156,7^\circ$; $\text{tg}\gamma = 1,34^\circ$)

Sử dụng phương pháp nội suy kép:

Với $\beta = 150^\circ$:

$\text{tg}\gamma$	1,25	1,5
R	$114 \cdot 10^{-4}$	$91 \cdot 10^{-4}$

Ta có:

$$R_{\beta=150^\circ; \text{tg}\gamma=1,34} = 114 \cdot 10^{-4} + \frac{(91 \cdot 10^{-4} - 114 \cdot 10^{-4})}{(1,5 - 1,25)} (1,34 - 1,25)$$

$$= 101,12 \cdot 10^{-4}$$

Với $\beta = 165^\circ$:

$\text{tg}\gamma$	1,25	1,5
R	$119 \cdot 10^{-4}$	$93 \cdot 10^{-4}$

Ta có:

$$R_{\beta=165^\circ; \text{tg}\gamma=1,34} = 119 \cdot 10^{-4} + \frac{(93 \cdot 10^{-4} - 119 \cdot 10^{-4})}{(1,5 - 1,25)} (1,34 - 1,25)$$

$$= 104 \cdot 10^{-4}$$

Vậy:

$$R_{\beta=156,7^\circ; \text{tg}\gamma=1,34} = \left[101,12 + \frac{(104 - 101)}{(165 - 150)} (156,7 - 150) \right] \cdot 10^{-4}$$

$$= 102,4 \cdot 10^{-4}$$

Độ chói tại P tính theo công thức (4.4)

$$L = R \frac{I}{h^2} = \frac{102,4 \cdot 10^{-4} \cdot 10059}{12^2} = 0,715(\text{cd})$$

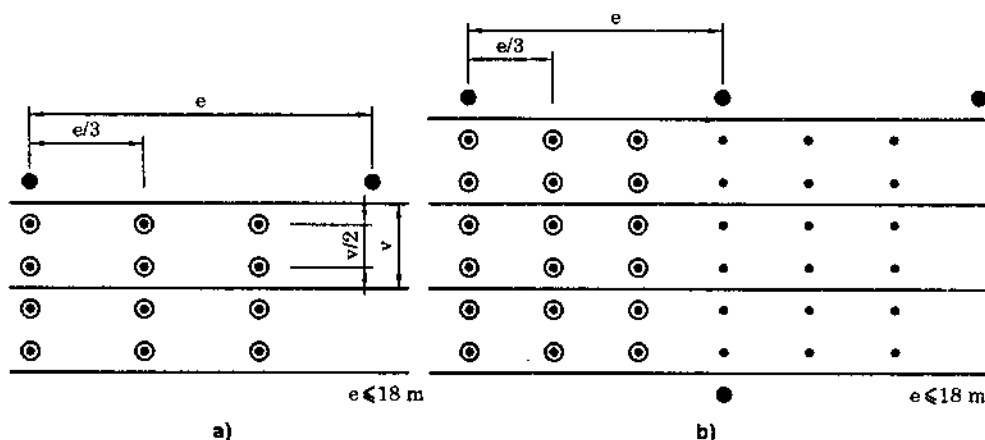
Phương pháp độ chói điểm được sử dụng trong thiết kế khi yêu cầu chính xác về độ chói các điểm cũng như độ đồng đều độ chói. Phương pháp độ chói điểm được sử dụng nhiều để kiểm tra kết quả thiết kế sơ bộ.

4.4. Kiểm tra độ rọi và độ chói của đường bằng phương pháp độ chói điểm

4.4.1. Lưới điểm kiểm tra

Đoạn mặt đường được chọn để kiểm tra là một hình chữ nhật rộng l , nằm giữa hai cột đèn liên tiếp (khoảng cách e), cột đầu cách người quan sát 60m. Người quan sát bên phải hoặc bên trái ở một phần tư chiều rộng ($\frac{l}{4}$) và quan sát lưới điểm đã chọn. Lưới điểm được chọn như sau:

- Hai điểm trên một làn đường theo trục ngang.
- 3, 6 hoặc 9 điểm theo trục dọc nếu e nhỏ hơn hoặc bằng 18, 36 hoặc 54m (hình 4.19 a,b).



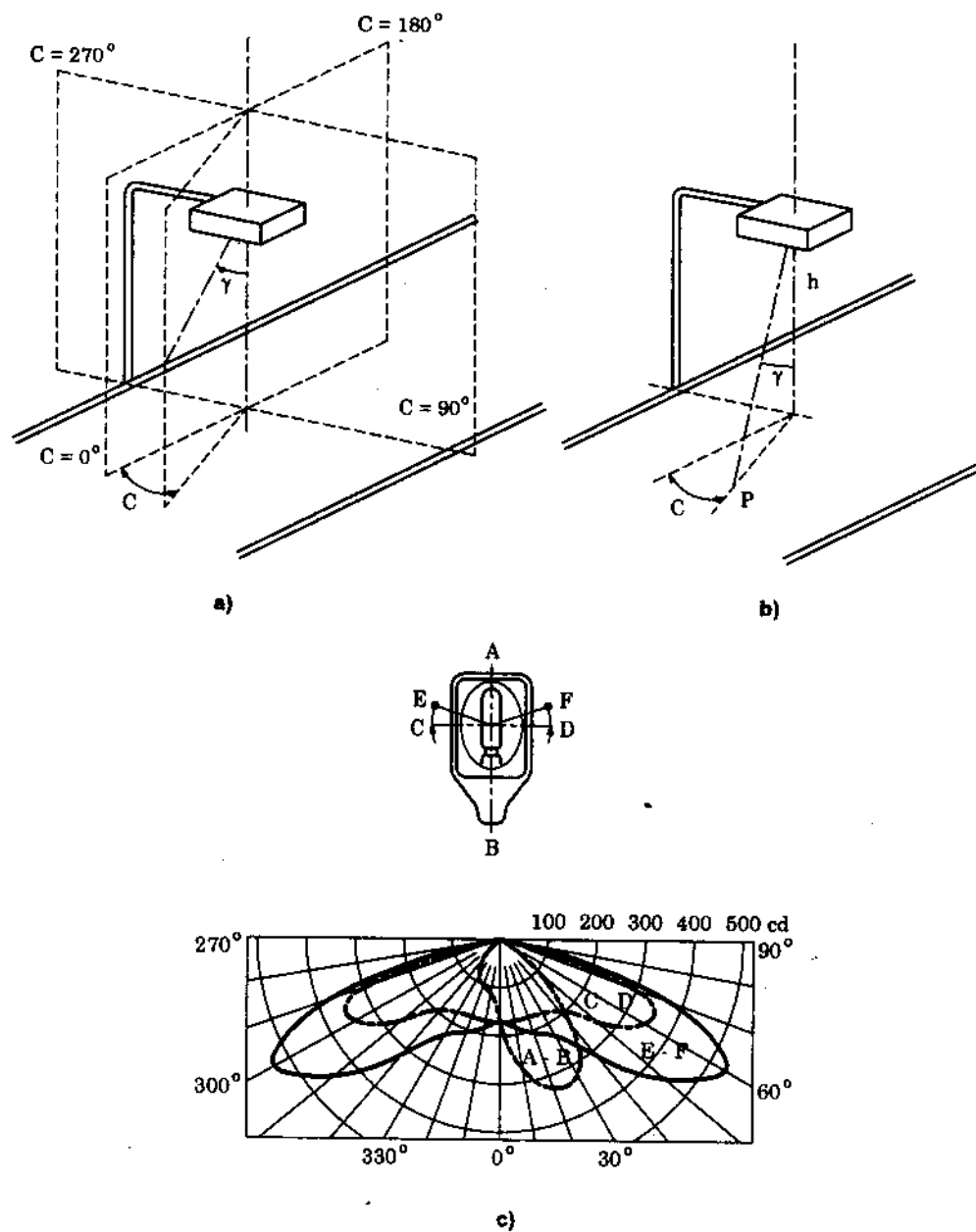
Hình 4.19.

- a) Lưới điểm kiểm tra đường hai làn xe, bố trí một bên hoặc hai bên đối diện khoảng cách $e \leq 18\text{m}$; b) Đường 3 làn xe, bố trí hai bên so le $e \leq 18\text{m}$.

4.4.2. Cách xác định cường độ sáng của bộ đèn đường

Để biểu diễn phân bố ánh sáng của đèn đường người ta sử dụng hệ tọa độ $C - \gamma$. Trục đứng OZ qua tâm quang học của đèn, trục dọc song song với mép đường, trục ngang vuông góc với mép đường. Nếu mặt phẳng C chứa trục OZ và quay quanh trục OZ , có giá trị từ $C = 0$ đến $C = 360^\circ$, mặt phẳng chứa tia sáng và trục OZ làm với mặt phẳng $C = 0$ một góc C (hình 4.20). Tọa độ C, γ của điểm P trên lồng đèn được xác định như hình 4.20b. Đường cong cường độ sáng theo các mặt AB ; CD ; EF trên hình 4.20c. Cường độ sáng được biểu diễn theo giá trị C và γ . Để làm ví dụ đưa ra bảng

4.14 cường độ sáng theo góc C, γ của một bộ đèn có $I_{\max} = 561 \text{cd}/1000 \text{lm}$ với $\gamma = 65^\circ$.



Hình 4.20. Hệ tọa độ $C - \gamma$ của đèn đường

Bảng 4.14. Trị số cường độ sáng I trong hệ tọa độ C - γ

C \ γ	270	285	300	315	330	345	360	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75
0	181	161	141	121	101	81	61	41	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	119	120	123	126	130	133	136	139	144	148	152	157	162	166	173	180	187	193	199
20	97	95	102	109	113	119	124	130	136	143	150	161	174	187	201	215	227	237	246
30	77	76	86	94	99	104	112	120	130	142	154	167	182	199	217	234	249	268	292
35	66	66	76	86	91	96	107	116	125	136	148	164	181	199	220	239	258	286	309
40	55	56	66	76	84	91	100	110	119	129	143	160	180	200	226	247	273	302	323
45	33	45	60	72	79	85	92	102	112	124	141	162	185	210	246	285	300	324	339
47,5	26	39	56	69	76	82	90	99	111	124	141	164	197	221	263	288	318	340	357
50	18	32	52	67	75	82	90	98	110	124	142	167	208	233	282	317	345	365	374
52,5	11	26	50	66	73	81	88	97	109	125	143	168	210	240	313	350	374	397	390
55	4	20	45	57	67	77	81	93	104	124	141	169	211	248	345	389	423	427	413
57,7	4	14	30	44	55	70	75	85	92	114	138	164	211	278	375	432	472	486	438
60	4	8	18	27	42	52	72	77	88	102	128	152	210	307	411	480	517	506	453
62,5	3	5	7	11	18	24	30	35	67	87	111	134	180	275	414	510	555	533	389
65	2	2	2	4	3	7	7	12	30	48	72	106	168	243	407	506	561	534	411
67,5	1	1	1	2	2	3	5	7	9	15	33	66	121	206	365	487	536	544	495
70	1	1	1	1	2	2	4	5	7	10	14	32	64	170	307	420	504	486	463
72,5	0	1	1	1	1	2	3	4	6	7	11	18	37	109	215	342	400	414	421
75	0	1	1	1	1	2	2	3	4	6	8	13	25	48	117	238	280	335	335
77,5	0	1	1	1	1	2	2	3	4	6	10	17	35	67	123	164	237	236	213
80	0	1	1	1	1	1	2	2	3	4	7	12	22	40	60	94	133	146	163
82,5	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3	5	9	17	25	37	52	67	81	110
85	0	1	1	1	1	1	2	2	1	2	3	4	7	13	18	22	33	36	41
87,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	6	11	14	15	18	22	24
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	11	13	13	13	14

Chú ý: Do tính chất đối xứng với trục ngang:

- Nếu trị số $90^\circ < C < 180^\circ$ sẽ tra theo trị số bằng $(180^\circ - C)$ ở bảng này.
- Nếu trị số $180^\circ < C < 270^\circ$ sẽ tra theo trị số bằng $(540^\circ - C)$ ở bảng này.

4.4.3. Các dữ liệu cần thiết để tính độ rọi, độ chói mặt đường

Những dữ liệu cần thiết là:

- Các số liệu bố trí đèn: cách bố trí đèn, chiều cao đèn h, tâm vươn ra của đèn, khoảng cách hình chiếu của đèn đến mép đường, khoảng cách hai đèn liên tiếp e.

– Xác định cấp lớp phủ mặt đường theo bảng 4.9, sử dụng bảng tra $R(\beta, tgy)$ tương ứng trong các bảng 4.10, 4.11, 4.12, 4.13.

– Đặc tính quang học bộ đèn, đường $I(C, \gamma)$, công suất đèn.

– Xác định lưới điểm tính toán.

– Bảng hình học xác định các góc β, γ, β , tra bảng $I(C, \gamma)$, $R(\beta, tgy)$ và thực hiện nội suy kép để có giá trị I, R phù hợp với các giá trị C, γ, β đã tìm được.

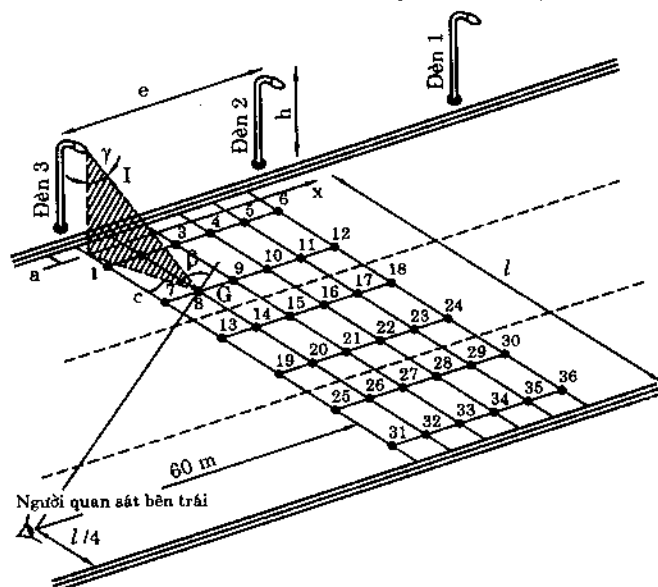
$$\text{– Tính } E = \frac{I_d \cos^3 \gamma}{h^2}; \quad L = \frac{RI_d}{h^2}$$

$$\text{Trong đó } I_d = \frac{I}{1000} \Phi_d$$

Cần tính cho các đèn trong vùng khảo sát và các đèn ở ngoài vùng khảo sát có ảnh hưởng tới điểm tính toán, sau đó xếp chồng kết quả để được độ rọi E và độ chói L tại mỗi điểm.

– Xác định độ rọi và độ chói trung bình, độ đồng đều độ chói nói chung và dọc trục (độ đồng đều dọc trục tính theo mỗi làn đường và lấy giá trị nhỏ nhất).

Một chương trình máy tính thực hiện các tính toán trên. Để làm ví dụ đưa ra lưới điểm tính toán cho bố trí đèn một bên đường (hình 4.21).



Hình 4.21. Lưới điểm tính toán cho bố trí đèn một bên đường

4.5. Ứng dụng phần mềm DIALUX 4.2 trong thiết kế chiếu sáng đường

Phần mềm DIALUX 4.2 được tạo lập bởi công ty DIAL GmbH - Đức cho phép tự động hoá thiết kế chiếu sáng nội thất, đặc biệt chiếu sáng cho các hệ thống chiếu sáng giao thông quảng trường, bãi đỗ xe, công trình văn hoá thể thao.

Dưới đây tóm tắt các bước cụ thể trong việc tính toán đường giao thông:

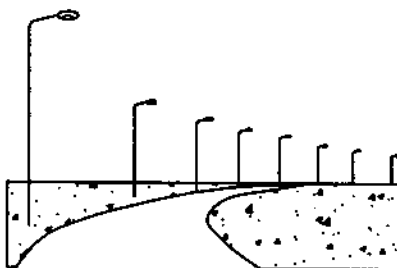
1. Khởi động.
2. Thiết lập các thông số cơ bản về hệ đơn vị đo, hệ thống tiêu chuẩn, ngôn ngữ.
3. Thiết lập các thông số kỹ thuật của tuyến đường.
4. Chọn đèn, bộ đèn, và bố trí chiếu sáng.
5. Tính toán chiếu sáng.
6. Hiệu chỉnh kết quả tính toán.

4.6. Bố trí đèn ở các địa điểm đặc biệt

4.6.1. Đoạn đường cong

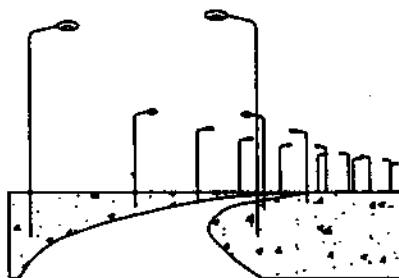
Tại các đoạn đường cong có bán kính nhỏ hơn 1000m, việc bố trí đèn phải có tác dụng dẫn đường cho lái xe.

– Khi bố trí đèn một bên đường nên bố trí cột đèn bên ngoài đường cong, tạo khả năng dẫn hướng tốt (hình 4.22).



Hình 4.22. Bố trí cột đèn bên ngoài đường cong tạo khả năng dẫn hướng tốt

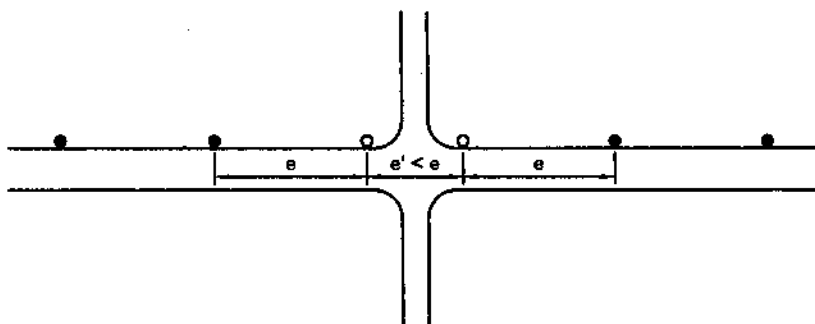
– Bố trí đèn đối xứng hai bên đường làm tăng khả năng dẫn hướng hơn bố trí đèn sole hai bên đường (hình 4.23).



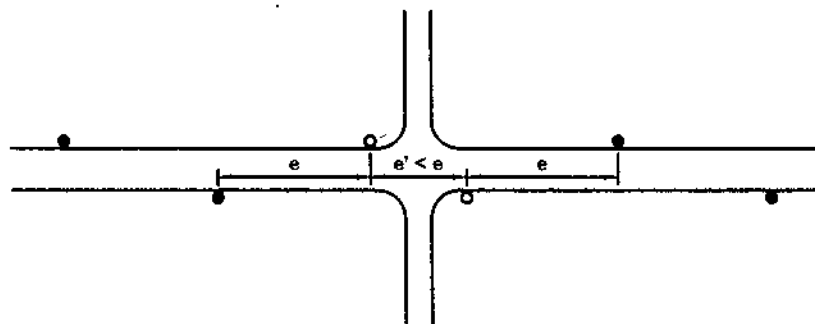
Hình 4.23. Bố trí đèn đối xứng hai bên đường làm tăng khả năng dẫn hướng tốt

4.6.2. Bố trí đèn ở nút giao thông

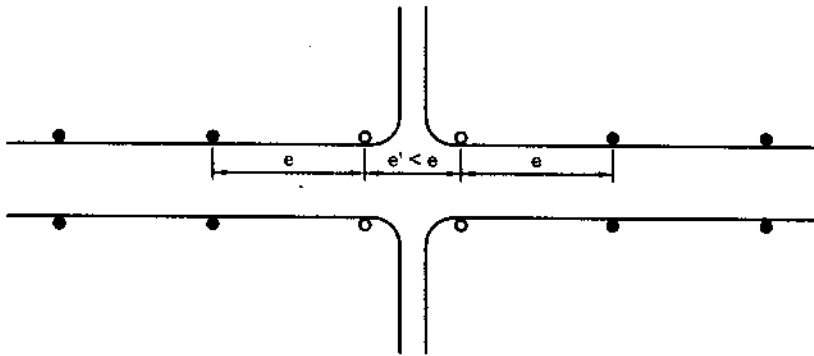
Phụ thuộc vào bố trí đèn của các đường tới nút giao thông và diện tích nút giao thông, có các phương án bố trí đèn ở nút giao thông như sau:



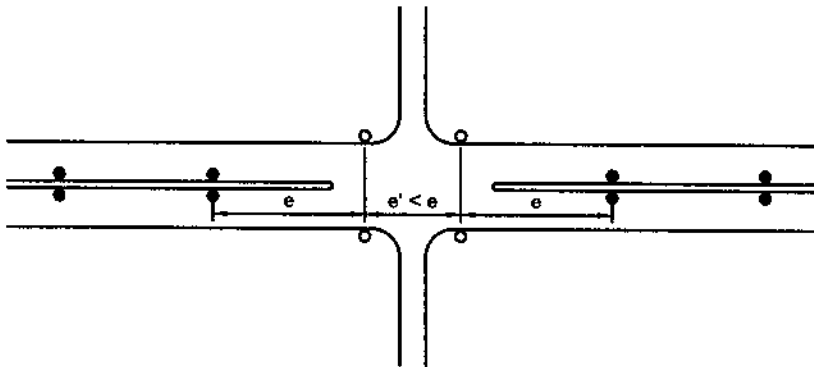
Hình 4.24. Một đường được chiếu sáng một bên đường. Bố trí hai đèn tại nút giao thông, ký hiệu O làm mốc để bố trí các đèn đường còn lại



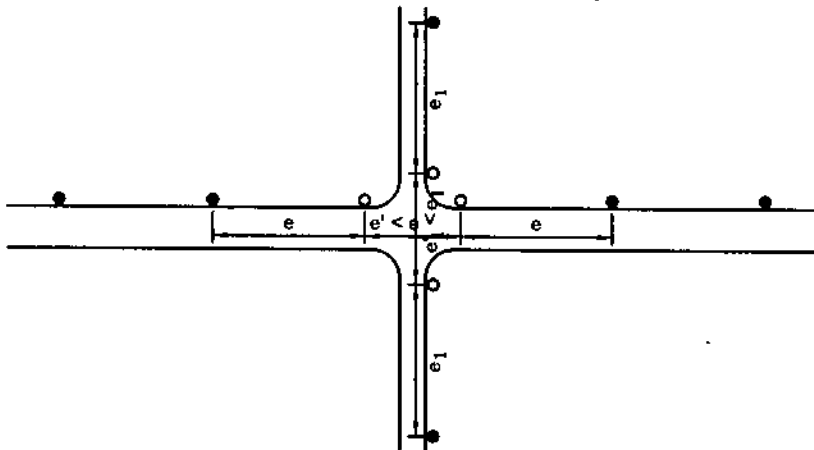
Hình 4.25. Một đường được chiếu sáng hai bên sole. Bố trí hai đèn tại nút giao thông ký hiệu O làm mốc để bố trí các đèn đường còn lại



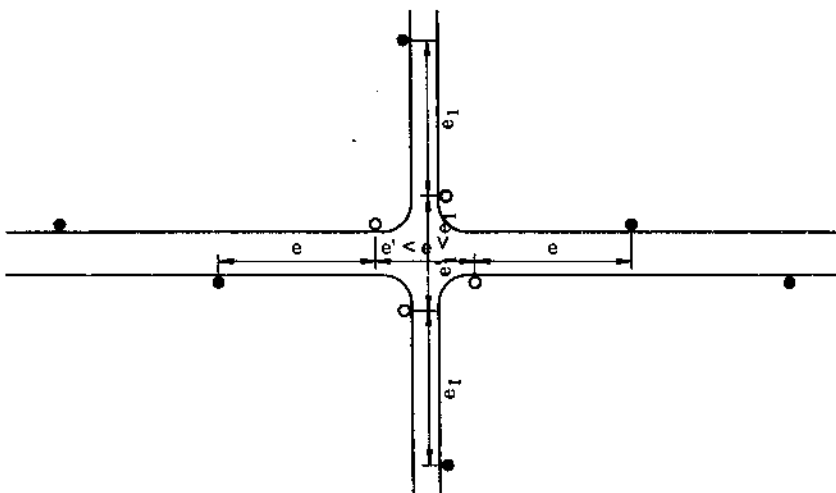
Hình 4.26. Một đường được chiếu sáng bố trí đối diện hai bên đường. Bố trí 4 đèn ở nút giao thông làm mốc cho bố trí các đèn còn lại



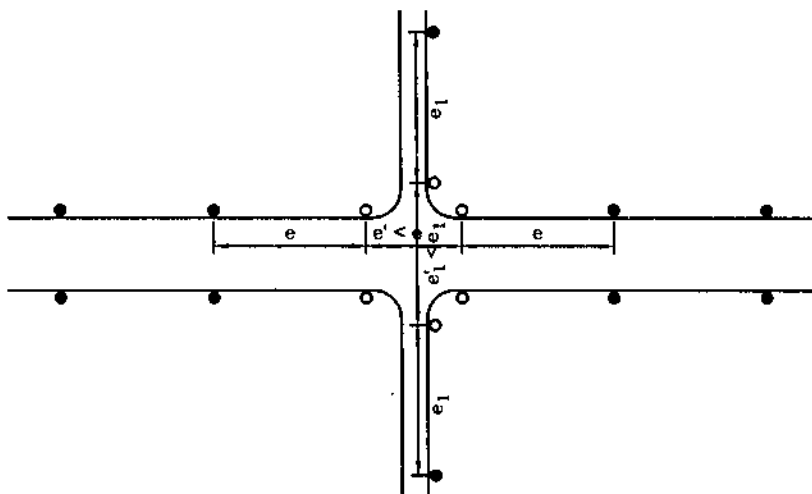
Hình 4.27. Một đường được bố trí đèn ở dải phân cách. Bố trí 4 đèn ở nút giao thông làm mốc cho bố trí các đèn còn lại



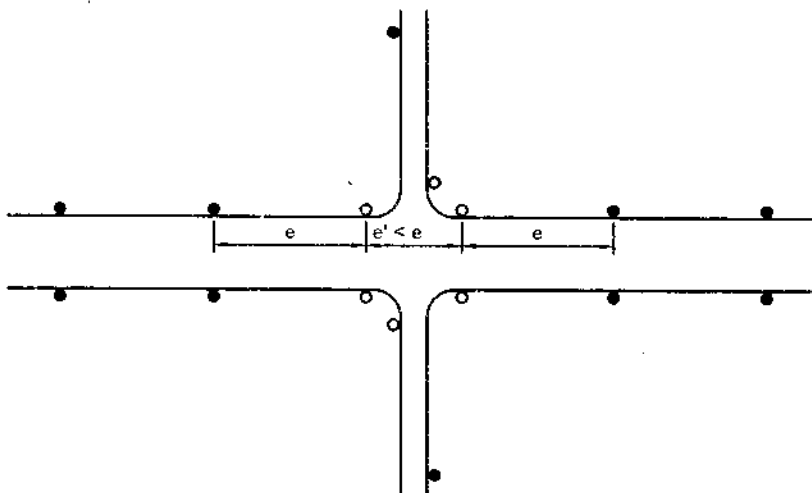
Hình 4.28. Hai đường được bố trí chiếu sáng một bên đường; bố trí 4 đèn ký hiệu O ở nút giao thông làm mốc để bố trí các đèn còn lại



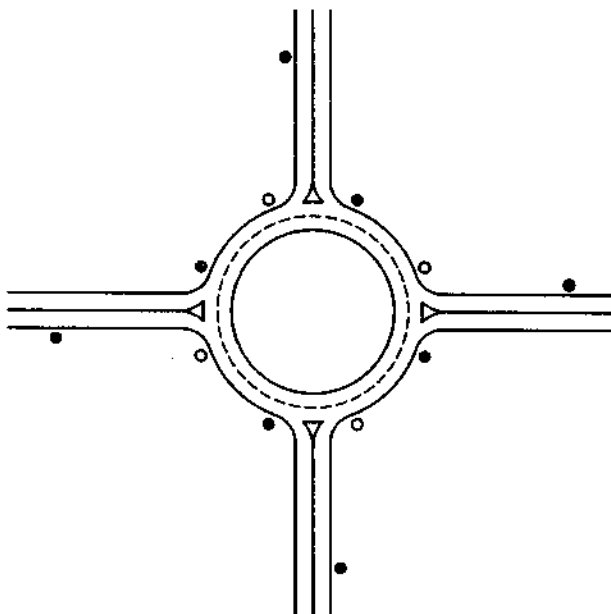
Hình 4.29. Hai đường được bố trí đèn chiếu sáng sole: Bố trí 4 đèn ký hiệu O ở nút giao thông làm mốc để bố trí các đèn còn lại



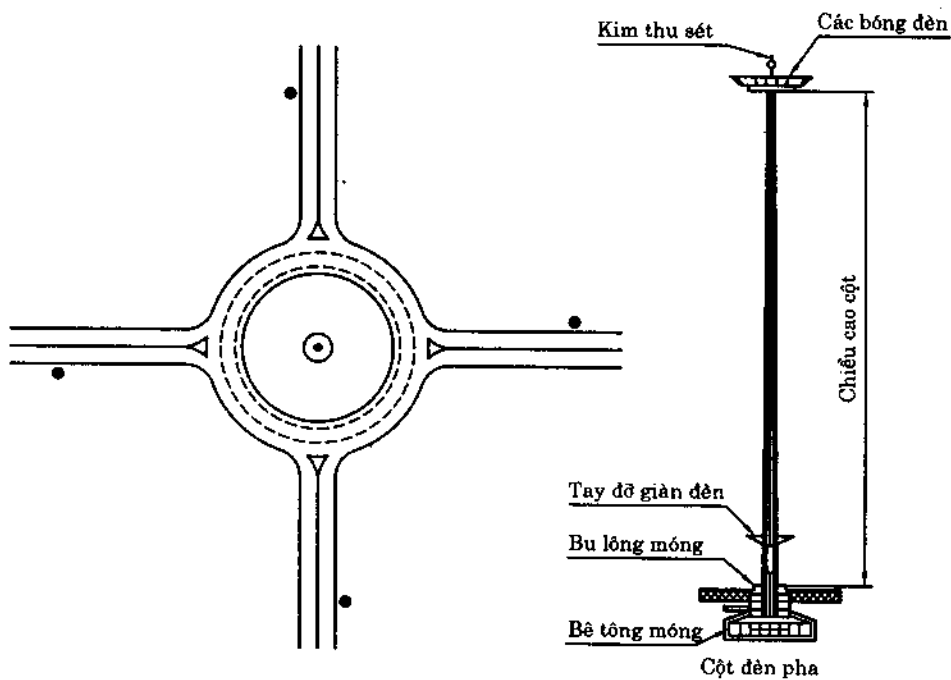
Hình 4.30. Một đường được bố trí đối diện, một đường được bố trí một bên đường. Bố trí 6 đèn ký hiệu O làm mốc cho bố trí các đèn còn lại



Hình 4.31. Một đường bố trí đèn đối diện, một đường bố trí đèn so le. Bố trí 6 đèn ký hiệu O ở nút giao thông làm mốc cho các đèn còn lại



Hình 4.32. Hai đường bố trí chiếu sáng sole nút giao thông vòng xuyên. Bố trí 4 đèn ở nút giao thông ký hiệu O làm mốc cho các đèn chiếu sáng còn lại



Hình 4.33. Nút giao thông vòng xuyên rộng, bố trí một cột có nhiều đèn pha ở giữa vòng xuyên. (Việc tính toán đèn pha sẽ trình bày ở chương 5)

Chương 5

CHIẾU SÁNG CÁC CÔNG TRÌNH BẰNG ĐÈN PHA

5.1. Đèn pha

Đèn pha là loại bộ đèn mà quang thông tập trung chủ yếu xung quanh trục quang (trục bức xạ – là giao tuyến của mặt phẳng ngang và mặt phẳng dọc của bộ đèn) (hình 5.1).

Nhờ quang thông tập trung nên đèn pha cho cường độ sáng lớn và chiếu sáng được xa. Đèn pha được sử dụng rất rộng rãi để chiếu sáng các diện tích lớn như quảng trường, vườn hoa, các sân thể thao, sân ga, bến cảng, sân bay, bãi đỗ xe..., chiếu sáng các công trình kiến trúc, tượng đài, mặt chính, mặt bên các toà nhà... Ngoài ra còn được dùng chiếu sáng phong cảnh và bảo vệ các khu du lịch, khu nhà ở, khu công nghiệp.

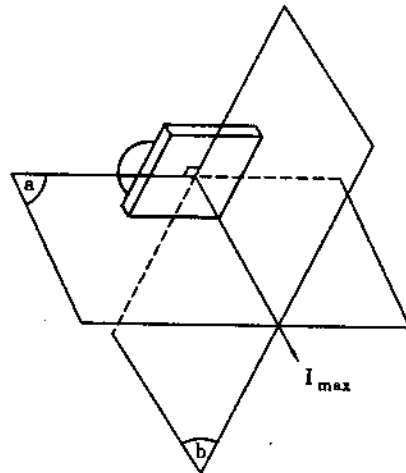
Có thể nói việc sử dụng đèn pha có quang thông tương đối tập trung là giải pháp thực tế duy nhất để chiếu sáng mức cao trên diện tích rộng có ít cột và các cột đặt cách xa nhau.

5.1.1. Cấu tạo cơ bản của đèn pha

Bộ đèn pha có hai loại: kiểu kín và kiểu hở.

– Loại đèn pha kiểu kín có vỏ kim loại, bộ phản xạ rời và tháo được, có nắp kính kích thước lớn hơn hoặc bằng kích thước bộ phản xạ. Loại này chịu được ảnh hưởng môi trường và thời tiết.

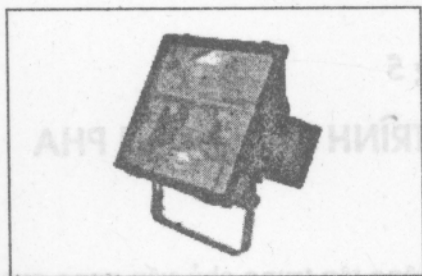
– Loại đèn pha kiểu hở không có kính bên ngoài, có vỏ lắp dui đèn và bộ phản xạ nhưng đèn không được che và không có nắp kính. Có loại đèn pha kiểu hở có vỏ là một phần mặt phản xạ.



Hình 5.1. Trục quang đèn pha

a) Mặt phẳng dọc; b) Mặt phẳng ngang

Đèn pha có loại mặt chữ nhật (hình 5.2a) và đèn pha tròn (hình 5.2b).



a)



b)

Hình 5.2. Mặt ngoài đèn pha

Trong đèn pha có đui để lắp bóng đèn. Có thể sử dụng nhiều loại bóng đèn khác nhau, công suất, nhiệt độ màu, chỉ số thể hiện màu IRC khác nhau, phụ thuộc vào mục đích sử dụng. Ví dụ: không gian có nhiều cây xanh và đối tượng có màu “lạnh” phải sử dụng các đèn có nhiệt độ màu cao như Metal halide, cao áp thủy ngân. Khi không gian và bề mặt của đối tượng có màu “nóng”, phải sử dụng đèn có nhiệt độ màu thấp, như đèn sợi đốt halogen, compact huỳnh quang trắng ấm. Khi chiếu sáng tạo phòng trang trí, có truyền hình màu nhất thiết phải chọn đèn Metal halide. Khi chiếu sáng cho bề mặt diện tích lớn phải sử dụng bóng đèn công suất lớn từ 400W đến 2000W.

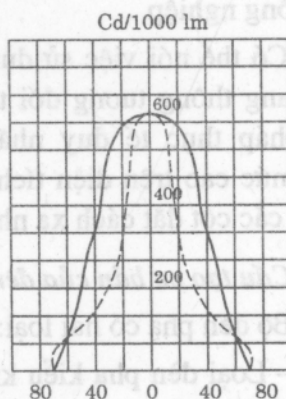
5.1.2. Biểu diễn cường độ sáng của đèn pha

Để giúp cho việc tính toán thiết kế chiếu sáng bằng đèn pha, các nhà chế tạo thường cho trị số cường độ sáng dưới dạng đường cong $I(\gamma)$ trên mặt phẳng chứa trục quang, hoặc cho dưới dạng bảng $I(B, \beta)$.

a) Đường cường độ sáng $I(\gamma)$

Thông thường cho đường cường độ sáng $I(\gamma)$ trên hai mặt phẳng dọc và mặt phẳng ngang (hình 5.1).

– Mặt phẳng dọc chứa trục quang và trục dọc (trục cực của đèn pha). Đường cong cường độ sáng $I(\gamma)$ trong mặt phẳng này được biểu diễn bằng nét liền.



Hình 5.3. Đường cong cường độ sáng $I(\gamma)$ trên mặt phẳng dọc (nét liền), mặt phẳng ngang (nét đứt)

– Mặt phẳng ngang chứa trục quang và trục ngang (vuông góc với trục cực đèn pha). Đường cong cường độ sáng trong mặt phẳng này được biểu diễn bằng đường nét đứt (hình 5.3).

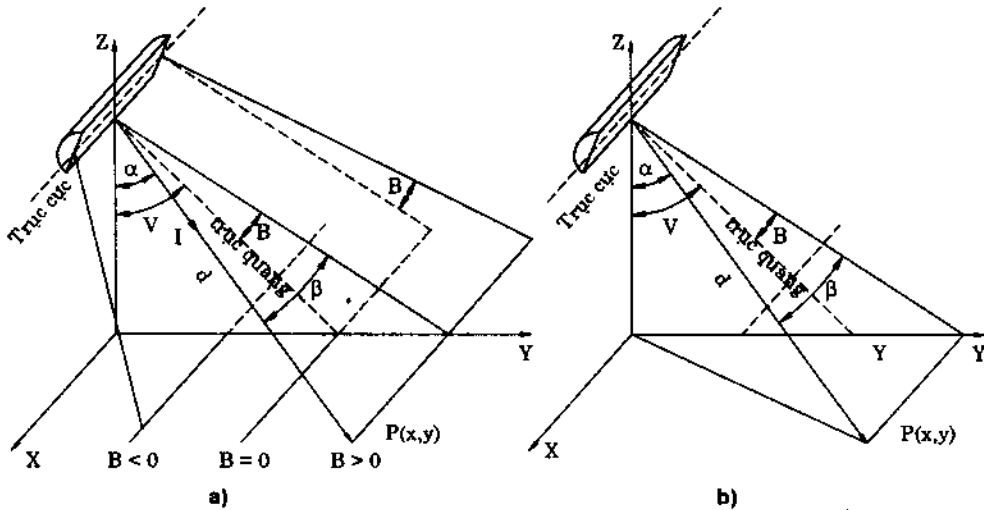
Toạ độ hai đường cong trên trục hoành là góc γ (góc giữa tia sáng và trục quang), trục tung là trị số I theo cd với nguồn sáng 1000lm.

Đèn pha tròn hai đường này trùng nhau.

b) Bảng trị số cường độ sáng trong hệ toạ độ B, β

Khi thiết kế và tính toán người ta chọn toạ độ OXY gắn với mặt được chiếu sáng, trục OZ gắn với độ cao của bộ đèn Z và trục quang nằm trong mặt phẳng ZOY . Trục quang tạo với trục OZ một góc V được gọi là “góc nhìn”. Góc nhìn V không được vượt quá 65° để không gây chói lóa.

Cường độ sáng I theo các phương khác nhau được biểu diễn theo các góc B và β (hình 5.4a) được cho trong bảng $I(B, \beta)$ (bảng 5.3, bảng 5.4) do nhà chế tạo cung cấp.



Hình 5.4. Hệ toạ độ B, β của đèn pha

Góc B và β của điểm P có toạ độ X, Y (hình 5.4b) được tính như sau:

$$B = \text{Arctg} \left(\frac{Y}{Z} \right) - V \quad (5.1)$$

Biểu thức (5.1) cho thấy B có thể dương hoặc âm (hình 5.4a).

$$\beta = \text{Arctg} \frac{|X|}{\sqrt{Y^2 + Z^2}} \quad (5.2)$$

Đèn pha luôn phân bố ánh sáng đối xứng với các giá trị của β nên $\beta > 0$.

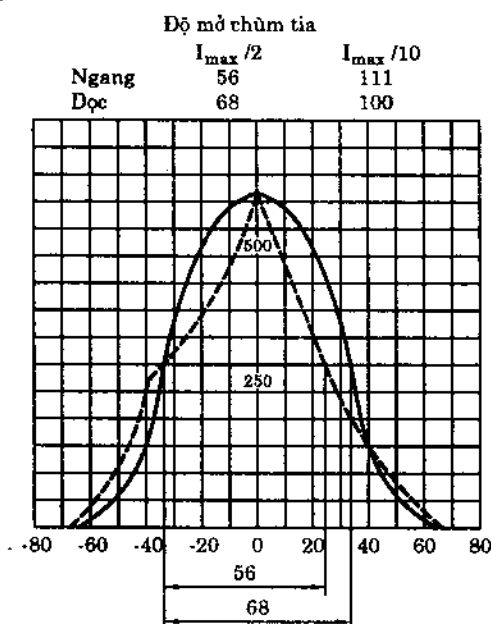
Đường $I(\gamma)$ và bảng $I(B, \beta)$ là tài liệu kỹ thuật quan trọng của đèn pha được sử dụng nhiều khi tính toán, thiết kế chiếu sáng bằng đèn pha.

5.1.3. Phân loại đèn pha theo góc mở

a) Góc mở $I_{\max}/2$

Góc mở $I_{\max}/2$ của chùm tia được định nghĩa là góc giữa các tia có cường độ sáng bằng 50% cường độ sáng cực đại ở hai phía của mặt phẳng ngang (góc mở ngang) hoặc mặt phẳng dọc (góc mở dọc).

Đèn pha có đường $I(\gamma)$ trên hình (5.5) có góc mở $I_{\max}/2$ ngang bằng 56° và góc mở $I_{\max}/2$ dọc bằng 68° .



Hình 5.5. Xác định góc mở

Theo góc mở $I_{\max}/2$ của chùm sáng mạnh người ta phân đèn pha thành 3 loại (bảng 5.1): chùm sáng hẹp, trung bình và rộng.

Bảng 5.1. Phân loại đèn pha theo góc mở $I_{\max}/2$

Loại đèn pha	Góc mở $I_{\max}/2$
Chùm sáng hẹp	$< 20^\circ$
Chùm sáng trung bình	trong khoảng $20 - 40^\circ$
Chùm sáng rộng	$> 40^\circ$

b) Góc mở $I_{\max}/10$

Góc mở $I_{\max}/10$ của chùm tia được định nghĩa là góc giữa các tia có cường độ sáng bằng 10% cường độ sáng cực đại ở hai phía của mặt phẳng ngang (góc mở ngang) hoặc mặt phẳng dọc (góc mở dọc). Đèn pha có đường $I(\gamma)$ trên hình 5.5 có góc mở $I_{\max}/10$ ngang bằng 111° và góc mở $I_{\max}/10$ dọc bằng 100° .

Theo góc mở $I_{\max}/10$ đèn pha được chia thành 7 loại (bảng 5.2).

Bảng 5.2. Phân loại đèn pha theo góc mở $I_{\max}/10$

Loại đèn pha	Góc mở $I_{\max}/10$ trong khoảng
1	$10^\circ - 18^\circ$
2	$18^\circ - 29^\circ$
3	$29^\circ - 46^\circ$
4	$46^\circ - 70^\circ$
5	$70^\circ - 100^\circ$
6	$100^\circ - 130^\circ$
7	$\geq 130^\circ$

Đối với đèn pha không đối xứng góc mở ngang 115° , góc mở dọc 85° thuộc loại 6 x 5.

Người ta cũng dựa vào góc mở $I_{\max}/10$ để phân loại thành 3 nhóm: chùm sáng hẹp, chùm sáng trung bình và chùm sáng rộng theo bảng 5.3.

Bảng 5.3. Phân loại chùm sáng của đèn pha theo $I_{\max}/10$

Loại đèn pha	Góc mở $I_{\max}/10$
Chùm sáng hẹp	$< 30^\circ$
Chùm sáng trung bình	trong khoảng $30 - 60^\circ$
Chùm sáng rộng	$> 60^\circ$

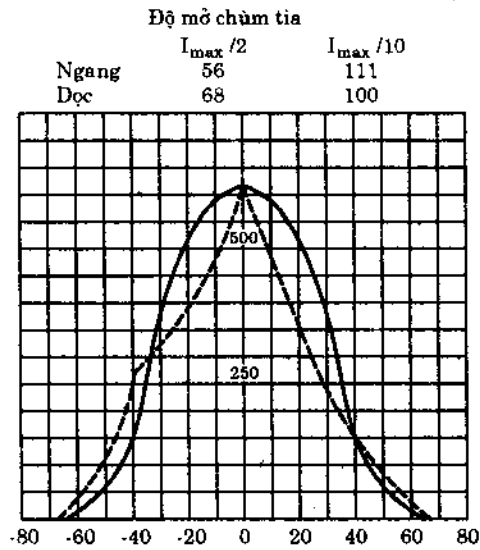
Dưới đây đưa ra thông số của một số loại đèn pha để sử dụng trong tính toán cường độ sáng I khi thiết kế.

5.1.4. Thông số của một số loại đèn pha

a) Đèn pha T4/EXT - 2000W của hãng Mazda

Bảng 5.4. Trị số I (B, β)

B/ β	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-65	12	10	8	7	0	0	0	0	0	0
-60	40	19	29	18	12	0	0	0	0	0
-55	88	75	63	53	28	8	0	0	0	0
-50	113	101	99	83	52	11	0	0	0	0
-45	200	164	146	133	70	23	5	0	0	0
-40	258	229	205	171	87	36	6	0	0	0
-35	290	265	237	192	103	46	7	0	0	0
-30	319	295	261	211	115	56	10	0	0	0
-25	341	321	293	240	244	67	14	0	0	0
-20	389	357	344	283	177	81	17	0	0	0
-15	483	436	407	326	192	91	19	0	0	0
-10	493	481	424	345	185	90	18	0	0	0
-5	534	516	460	362	176	77	17	0	0	0
0	674	590	509	402	165	63	15	0	0	0
5	565	540	465	362	158	62	15	0	0	0
10	533	466	401	311	143	58	15	0	0	0
15	439	410	341	268	134	55	13	0	0	0
20	382	366	297	236	117	49	12	0	0	0
25	340	300	240	180	91	41	10	0	0	0
30	239	213	185	136	63	32	8	0	0	0
35	196	180	161	114	50	25	6	0	0	0
40	166	158	148	100	40	18	5	0	0	0
45	146	138	128	76	28	12	4	0	0	0
50	100	91	81	42	14	6	0	0	0	0
55	28	31	40	17	10	4	0	0	0	0
60	44	39	28	23	7	0	0	0	0	0
65	16	15	15	13	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

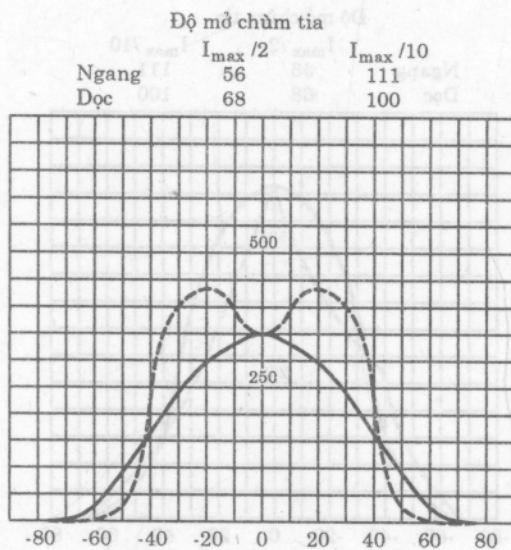


Hình 5.6. Cường độ sáng $I(\gamma)$ của đèn pha T4/EXT

b) Đèn pha Cormoran 400/1000 hãng Mazda

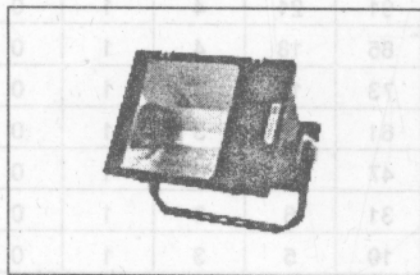
Bảng 5.5. Trị số $I(B, \beta)$

B/β	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	327	311	281	231	163	83	21	4	1	0
5	332	323	303	252	178	88	22	4	1	0
10	374	352	323	270	190	92	22	4	1	0
15	404	379	342	284	194	91	21	4	1	0
20	414	392	349	292	190	85	18	4	1	0
25	410	390	346	278	180	73	15	4	1	0
30	385	368	326	245	159	61	11	3	1	0
35	327	316	285	181	116	47	8	3	1	0
40	219	226	178	117	74	31	6	3	1	0
45	79	100	84	63	43	19	5	3	1	0
50	20	33	31	26	21	9	5	3	1	0
55	8	10	9	10	10	8	3	2	0	0
60	5	5	5	5	5	4	3	2	0	0
65	3	3	4	3	3	3	2	1	0	0
70	2	2	3	2	2	3	2	1	0	0
75	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0
80	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

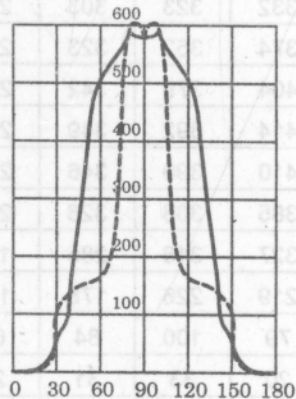


Hình 5.7. Cường độ sáng $I(\gamma)$ của đèn Cormoran 400/1000

c) Đèn pha Rocket của hãng Sylvania



a)

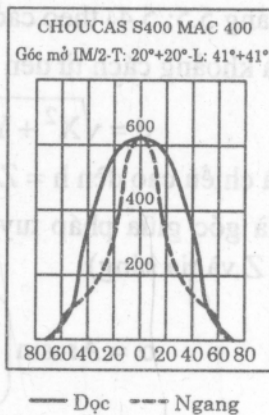


b)

Hình 5.8. Đèn pha Rocket

a) Hình dạng bên ngoài; b) Đường cường độ sáng $I(\gamma)$

d) Đèn pha Choucas - S400 của hãng Mazda



a)

b)

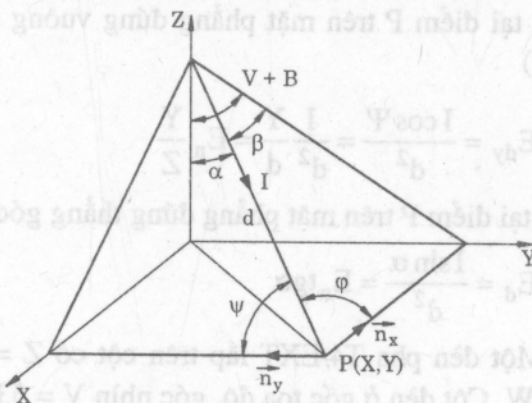
Hình 5.9. Đèn Choucas - S400

a) Hình dạng bên ngoài; b) Đường cường độ sáng

5.2. Biểu thức độ rọi trên mặt phẳng ngang và mặt phẳng đứng

5.2.1. Cột đèn pha ở góc tọa độ OXY

Trục quang nằm trên mặt phẳng ZOY (hình 5.4b, hình 5.10).



Hình 5.10. Cột đèn pha ở góc tọa độ OXY

Độ rọi ngang tại điểm P trên mặt phẳng XOY được tính theo công thức:

$$E_n = \frac{I \cos \alpha}{d^2} \quad (5.3)$$

hoặc

$$E_n = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (5.4)$$

trong đó: I là cường độ sáng tới P tra ở bảng $I(B, \beta)$ (được cung cấp bởi nhà chế tạo bảng 5.5; 5.4) theo các góc B, β (công thức 5.1, 5.2).

d là khoảng cách từ đèn đến P .

$$d = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (5.5)$$

h là chiều cao đèn $h = Z$.

α là góc giữa pháp tuyến mặt phẳng và tia sáng (cũng chính là góc giữa trục Z và tia sáng)

$$\alpha = \text{Arcsin} \left(\frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{d} \right) \quad (5.6a)$$

hoặc
$$\alpha = \text{Arctg} \left(\frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{Z} \right) \quad (5.6b)$$

Độ rọi đứng tại điểm P trên mặt phẳng đứng vuông góc với trục OX (có pháp tuyến $\vec{n}_x$)

$$E_{dx} = \frac{I \cos \Psi}{d^2} = \frac{I}{d^2} \frac{X}{d} = E_n \frac{X}{Z} \quad (5.7)$$

Độ rọi đứng tại điểm P trên mặt phẳng đứng vuông góc với trục OY (có pháp tuyến $\vec{n}_y$)

$$E_{dy} = \frac{I \cos \Psi}{d^2} = \frac{I}{d^2} \frac{Y}{d} = E_n \frac{Y}{Z} \quad (5.8)$$

Độ rọi đứng tại điểm P trên mặt phẳng đứng thẳng góc với OP

$$E_d = \frac{I \sin \alpha}{d^2} = E_n \text{tg} \alpha \quad (5.9)$$

Ví dụ 5.1. Một đèn pha T4/EXT lắp trên cột có $Z = 19\text{m}$, bóng đèn Metal halide 1000W. Cột đèn ở gốc toạ độ, góc nhìn $V = 53^\circ$ hình chiếu trục quang trùng với trục OY . Xác định độ rọi tại P ($X = 10\text{m}$; $Y = 12\text{m}$).

Lời giải:

$$B = \text{arctg} \frac{Y}{Z} - V = \text{arctg} \frac{12}{19} - 53^\circ = -20,72^\circ$$

$$\beta = \arcsin \frac{|X|}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}} = \arcsin \frac{X}{\sqrt{10^2 + 12^2 + 19^2}} = 24^\circ$$

Nội suy tuyến tính kép để tìm $I(B = -20,72^\circ; \beta = 24^\circ)$. Tra bảng đặc tính đèn pha (bảng 5.4).

$$B = -20^\circ$$

β	20°	30°
I	344	283

$$I_{B=-20^\circ; \beta=24^\circ} = 344 + \frac{(283 - 344)(24 - 20)}{(30 - 20)} = 319,6 \text{cd}$$

$$B = -25^\circ$$

β	20°	30°
I	293	240

$$I_{B=-25^\circ; \beta=24^\circ} = 293 + \frac{(240 - 293)(24 - 20)}{(30 - 20)} = 271,8 \text{cd}$$

$$I_{B=-20,72^\circ; \beta=24^\circ} = 319,6 + \frac{(271,8 - 319,6)(-20,72 + 20)}{(-25 + 20)} = 312,7 \text{cd}$$

Bóng metal halide $P = 1000\text{W}$; $\Phi = 93000\text{lm}$.

Vậy cường độ sáng của đèn pha tới P:

$$I = \frac{312,7 \cdot 93000}{1000} = 29081,1 \text{cd}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}} = \arcsin \frac{\sqrt{10^2 + 12^2}}{\sqrt{10^2 + 12^2 + 19^2}} = 39,42^\circ$$

Độ rọi ngang tại P:

$$E_n = \frac{I \cos^3 \alpha}{Z^2} = \frac{29081,1 \cdot \cos^3 39,42}{19^2} = 37,138 \text{lx}$$

Độ rọi đứng:

$$E_{dx} = E_n \frac{X}{Z} = 37,138 \frac{10}{19} = 19,54 \text{lx}$$

$$E_{dy} = E_n \frac{Y}{Z} = 37,138 \frac{12}{19} = 23,45 \text{lx}$$

$$E_d = E_n \tan \alpha = 37,138 \tan 39,42^\circ = 30,52 \text{lx}$$

Có thể tính:

$$E_d = \sqrt{E_{dx}^2 + E_{dy}^2} = \sqrt{19,54^2 + 23,45^2} = 30,52 \text{lx}$$

5.2.2. Cột đèn pha không ở gốc tọa độ và hình chiếu trục quang quay một góc R hướng vào trong so với trục OY

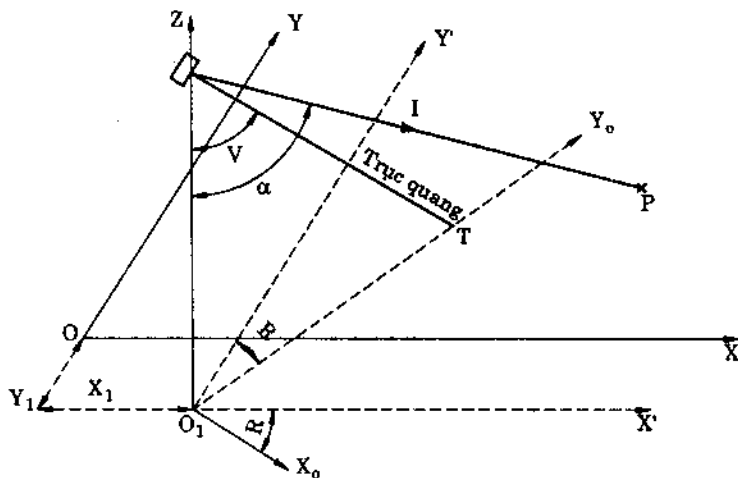
Chân cột đèn pha ở O_1 có tọa độ $O_1(X_1, Y_1)$ (hình 5.11).

Chuyển từ tọa độ OXY sang $O_1X'Y'$ bằng phép tịnh tiến:

$$X' = X - X_1$$

$$Y' = Y - Y_1$$

Chuyển từ tọa độ $O_1X'Y'$ sang tọa độ $O_1X_oY_o$ bằng ma trận xoay.



Hình 5.11. Chuyển gốc trục tọa độ và quay góc R

$$\begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos R & -\sin R \\ \sin R & \cos R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix}$$

$$X_o = X' \cos R - Y' \sin R$$

$$Y_o = X' \sin R + Y' \cos R$$

Từ đó xác định các giá trị B, β, α theo tọa độ mới X_o, Y_o, Z .

$$B = \text{Arctg} \frac{Y_o}{Z} - V$$

$$\beta = \text{Arctg} \frac{|X_o|}{\sqrt{Y_o^2 + Z^2}}$$

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{\sqrt{X_o^2 + Y_o^2}}{Z}$$

Tính các độ rọi theo các công thức 5.3; 5.4; 5.5; 5.6a; 5.6b; 5.7; 5.8; 5.9.

5.3. Thiết kế chiếu sáng các công trình bằng đèn pha

Để tính toán thiết kế chiếu sáng bằng đèn pha ta có thể sử dụng hai phương pháp: phương pháp hệ số sử dụng quang thông và phương pháp độ rọi điểm.

5.3.1. Phương pháp hệ số sử dụng quang thông

Phương pháp này thường dùng thiết kế sơ bộ chiếu sáng chung cho bề mặt công trình tương đối lớn như sân thể thao, bãi đỗ xe, quảng trường, nút giao thông, v.v...

Tổng quang thông $\Phi_t(\text{lm})$ của các bóng đèn của tất cả các đèn pha được tính như sau:

$$\Phi_t = \frac{S \cdot E_{yc}}{U \cdot V} \quad (5.10)$$

trong đó: S – diện tích bề mặt cần chiếu sáng của công trình (m^2).

E_{yc} – độ rọi yêu cầu trên bề mặt (lx) (tra các tiêu chuẩn).

$V = V_1 V_2$ hệ số suy giảm quang thông, $V = 0,6 \div 0,85$.

U – hệ số sử dụng quang thông.

Khi thiết kế sơ bộ, chọn sơ bộ hệ số sử dụng quang thông trong khoảng 0,15 đến 0,4 phụ thuộc vào chiều cao cột Z và khoảng cách từ hình chiếu của đèn đến mép bề mặt chiếu sáng. Nếu các khoảng cách này lớn, hệ số sử dụng sẽ nhỏ.

Số lượng đèn pha N cần thiết:

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_d}$$

Sau khi thiết kế sơ bộ, thực hiện kiểm tra độ rọi để hiệu chỉnh thiết kế bằng phương pháp độ rọi điểm. Chia lưới điểm kiểm tra, tính độ rọi tại mỗi điểm trên diện tích chiếu sáng, tính độ rọi trung bình E_{tb} , tính độ đồng đều độ rọi U_o và tính hệ số sử dụng quang thông U .

$$U_o = \frac{E_{\min}}{E_{tb}}$$

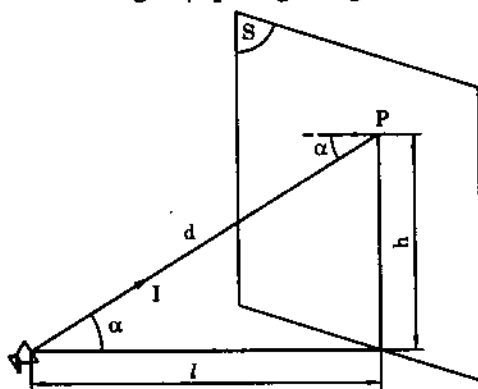
$$U = \frac{S \cdot E_{tb}}{N \cdot \Phi_d \cdot V}$$

Φ_d quang thông của đèn.

5.3.2. Phương pháp độ rọi điểm

Phương pháp này thường sử dụng khi diện tích chiếu sáng nhỏ, chiếu sáng cục bộ, chiếu sáng nhấn cho công trình.

Bố trí đèn pha chiếu sáng mặt phẳng đứng S như hình 5.12.



Hình 5.12. Chiếu sáng mặt đứng bằng đèn pha

Độ rọi đứng tại điểm P do tia sáng I của đèn pha được tính theo các công thức quen thuộc sau:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{d^2}$$

hoặc
$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{l^2}$$

Thay $d = \frac{h}{\sin \alpha}$ vào biểu thức E ta có:

$$E = \frac{I \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha}{h^2} \quad (5.11)$$

Công thức (5.11) thường sử dụng khi tính độ rọi trên bề mặt đứng. trong đó: I là cường độ sáng hướng tới P (cd).

α là góc giữa tia chiếu và pháp tuyến mặt đứng được chiếu sáng.

h là chênh lệch độ cao giữa vị trí đặt đèn pha và điểm P.

Khi yêu cầu độ rọi đứng E_{yc} trên bề mặt đứng của công trình, ta tính cường độ sáng tổng I_t phát ra từ các đèn pha như sau:

$$I_t = \frac{E_{yc} \cdot h^2}{\cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha} \quad (5.12)$$

Tra trị số I_d theo đường cường độ sáng của đèn pha phát ra về một hướng nào đó theo catalogue của nhà chế tạo, từ đó tính được số đèn pha N.

$$N = \frac{I_t}{I_d \cdot V} \quad (5.13)$$

h - chênh lệch độ cao giữa vị trí đặt đèn và điểm chiếu của tâm chùm sáng trên bề mặt công trình.

α - góc giữa tia tâm chùm chiếu với pháp tuyến mặt đứng được chiếu sáng.

V - hệ số suy giảm quang thông.

Ta cũng có thể tính số đèn pha N như sau:

$$N = \frac{E_{yc}}{E_d \cdot V} \quad (5.14)$$

trong đó: E_d - độ rọi đạt được trên bề mặt công trình do một đèn pha chiếu sáng được tính theo công thức 5.11 với I được tra từ đường cong cường độ sáng của đèn pha theo một hướng do nhà chế tạo cung cấp.

5.4. Chiếu sáng các công trình thể thao bằng đèn pha

5.4.1. Đặc điểm và yêu cầu chung

Cần nghiên cứu khảo sát kỹ đặc điểm các công trình trước lúc thiết kế:

- Hình dáng, kết cấu, kích thước của các khu vực và toàn bộ công trình.
- Vật liệu, màu sắc, bề mặt của công trình và không gian quanh công trình.
- Đặc điểm khí hậu, mưa nắng, sương mù, độ ẩm, vận tốc gió.
- Nguồn điện cung cấp cho công trình lấy từ trạm biến áp hiện có hay phải xây trạm mới.

Về yêu cầu của công trình cần xác định rõ:

- Mục đích và chế độ sử dụng công trình, từ đó dựa vào tiêu chuẩn hiện hành trong nước hoặc quốc tế để chọn độ rọi trung bình ngang, độ rọi trung bình đứng, độ đồng đều độ rọi ngang và đứng.

- Hạn chế tối đa sự chói lóa đối với vận động viên và khán giả cũng như thuận lợi cho hoạt động ghi hình.

Từ việc khảo sát đặc điểm và yêu cầu, đề xuất các giải pháp về bố trí đèn và điều khiển chiếu sáng, đáp ứng các chế độ sử dụng: luyện tập, thi đấu cấp địa phương, quốc gia, quốc tế có truyền hình màu và chế độ chiếu sáng

khi có sự cố. Ngoài ra việc thiết kế cần phải quan tâm đến tính thẩm mỹ của công trình.

5.4.2. Chiếu sáng sân bóng đá

Sân bóng đá có kích thước chữ nhật với các đường biên dài $a = 105\text{m}$, $b = 65\text{m}$.

a) Yêu cầu độ rọi

Các yêu cầu trong tiêu chuẩn thường là:

- Độ rọi ngang trung bình trên mặt sân (I_x).
- Độ đồng đều độ rọi ngang $U_o = \frac{E_{\min}}{E_{\text{tb}}}$ trong đó $E_{\min}$ là độ rọi cực tiểu và E_{tb} là độ rọi trung bình trên mặt sân.
- Độ rọi đứng trung bình (I_x).
- Độ đồng đều độ rọi đứng theo tỷ số giữa trị số cực tiểu trên trị số trung bình.
- Nhiệt độ màu $T(K)$, chỉ số thể hiện màu của ánh sáng CRI.

Bảng 5.6. Tiêu chuẩn chiếu sáng sân vận động TCXDVN 333-2005

TT	Mục đích sử dụng	Độ rọi ngang (I_x)	Độ đồng đều U_o
1	Luyện tập	100	0,4
3	Thi đấu thông thường	200	0,5
3	Thi đấu chính thức	500	0,6
4	Thi đấu có truyền hình màu	1000	0,6

Một số nước phân tiêu chuẩn độ rọi theo ba mức:

- Mức chiếu sáng I: là mức thấp, thi đấu ở địa phương hoặc câu lạc bộ nhỏ, số lượng người xem ít, các sân luyện tập, giải trí, thể thao, học đường.
- Mức chiếu sáng II: mức thi đấu thông thường cho địa phương và vùng, số lượng người xem và khoảng cách nhìn trung bình. Các sân luyện tập cấp cao cũng có thể xếp ở mức này.
- Mức chiếu sáng III: mức chiếu sáng cao nhất như thi đấu quốc gia và quốc tế, số người xem lớn và khoảng cách nhìn xa. Mức yêu cầu cao nhất của luyện tập ở các câu lạc bộ lớn có thể áp dụng mức này.

Tiêu chuẩn chiếu sáng ba mức được đưa ra trong bảng 5.7.

Bảng 5.7. Tiêu chuẩn chiếu sáng theo ba mức

Mức chiếu sáng	Độ rọi ngang trung bình (lx)	Độ rọi đứng trung bình (lx)	Độ đồng đều U_o
Mức I	300		0,5
Mức II	700		0,6
Mức III	1200	1200	0,6

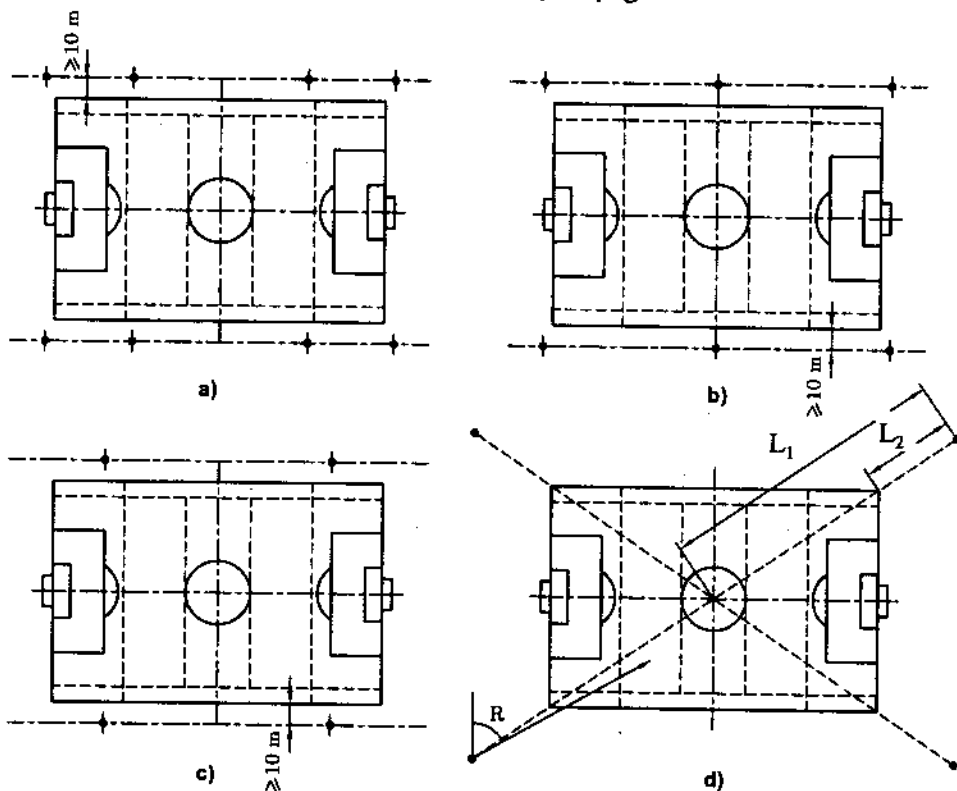
Các chỉ tiêu về chất lượng ánh sáng:

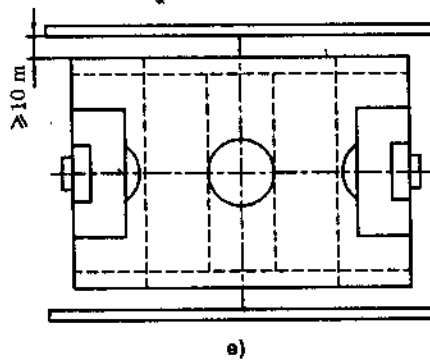
- Nhiệt độ màu ánh sáng 4200 ~ 6000K.
- Chỉ số màu của ánh sáng $CRI \geq 85^\circ$.

Thông thường với các sân vận động dùng đèn Metal halide loại 2kW – 185.000lm.

b) Bố trí đèn

Có thể bố trí đèn trên các cột. Có loại 8, 6, 4 cột bố trí hai bên khán đài hoặc 4 cột ở góc sân (hình 5.13a, b, c, d) hoặc có thể bố trí hàng đèn ở mái trên khán đài hình 5.13e đối với sân vận động sức chứa lớn.





Hình 5.13. Bố trí đèn cho sân vận động

Sử dụng 8, 6 cột (hình 5.13a, b) độ đồng đều độ rọi và hệ số sử dụng quang thông cao, song giải pháp này tốn kém. Sử dụng 4 cột góc quay $R = 0$ (hình 5.13c) thì độ đồng đều độ rọi thấp, muốn nâng cao độ đồng đều độ rọi phải tăng chiều cao đèn, song tăng chiều cao đèn hệ số sử dụng quang thông thấp, độ rọi trung bình giảm. Giải pháp bố trí 4 cột ở góc sân và quay trục quang một góc $R > 0$ (trục quang của đèn pha hướng vào sân hình 5.13d) làm tăng độ đồng đều, song cột phải cao (từ 30 – 42m) và phải chú ý góc nhìn V của đèn không quá 65° , hệ số sử dụng quang thông có giảm đi một ít. Cách bố trí hàng đèn trên mái cao khán đài hình 5.13e là giải pháp đỡ tốn kém, độ đồng đều cao, song khán đài phải đủ độ cao.

c) Chiều cao cột đèn

Khi bố trí hai bên khán đài, chiều cao tối thiểu của đèn H như sau:

Bố trí 8 cột $H \geq 16m$

Bố trí 6 cột $H \geq 18m$

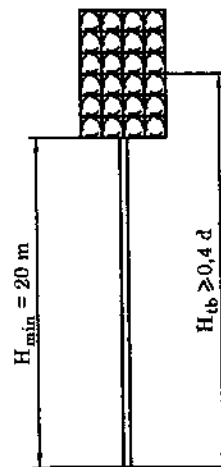
Bố trí 4 cột ($R \approx 0$) $H \geq 20m$

Chiều cao của hàng đèn giữa băng đèn H_{tb} hình 5.14:

$$H_{tb} \geq 0,4d$$

d là khoảng cách giữa chân 2 cột đèn liên tiếp.

Khi bố trí 4 cột ở góc sân góc quay $R > 0$ (hình 5.13d) chiều cao H phải thỏa mãn $0,35L_1 \leq H \leq 0,6 L_1$ và $H \geq 3L_2$.



Hình 5.14. Cột và dàn đèn pha

Khi thiết kế sơ bộ, chọn sơ bộ hệ số sử dụng quang thông U trong khoảng 0,18 – 0,42 phụ thuộc chiều cao đèn và khoảng cách từ chân cột đến mép sân.

Quang thông tổng yêu cầu:

$$\Phi_t = \frac{a.b.E}{U.V}$$

Từ đó xác định được số đèn pha toàn bộ và số đèn pha mỗi cột.

Để kiểm tra độ rọi ta chia bề mặt sân thành lưới điểm (25 hoặc 35 điểm). Hình 5.15 lưới 25 điểm kiểm tra.

Tính độ rọi tại các điểm ở một góc phần tư sân do mỗi cột đèn tạo ra và xếp chồng độ rọi của 4 cột. Khi tính độ rọi đứng, tính ở độ cao 1m cách mặt sân. Các số liệu cần xác

định: E_{tb} ; E_{min} ; $U_o = \frac{E_{min}}{E_{tb}}$; hệ số sử

dụng $U = \frac{a.b.E_{tb}}{N.\Phi_d.V}$; trong đó N là số

bóng đèn, Φ_d quang thông bóng đèn, V hệ số suy giảm quang thông.

Ví dụ 5.2. Thiết kế chiếu sáng sân bóng đá sức chứa trung bình. Kích thước sân $a = 105m$, $b = 65m$.

Lời giải: Chọn phương án bố trí đèn: 4 cột ở góc sân, góc quay $R > 0$. Chiều cao cột $Z = 38m$. Chọn độ rọi $E = 1200lx$, sơ bộ chọn hệ số sử dụng quang thông $U = 0,2$. Chọn đèn Metal halide $P = 2\text{ kW}$, $\Phi_d = 185.000lm$; $CRI = 90$; hệ số suy giảm quang thông $V = V_1 V_2 = 0,9$.

Quang thông tổng trên mặt sân

$$\Phi_t = \frac{a.b.E}{U.V} = \frac{105.65.1200}{0,2.0,9} = 45500000lm$$

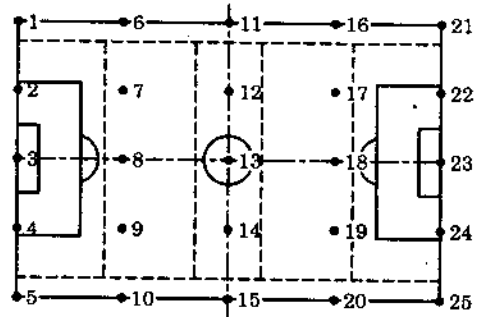
Số đèn cần dùng N

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_d} = \frac{45500000}{185000} = 245,9$$

Chọn $N = 240$ đèn pha.

Số đèn mỗi cột bằng $\frac{240}{4} = 60$ đèn pha

Chia số đèn pha thành các cụm đèn có cùng trục quang. Xác định góc nhìn V và góc quay R của mỗi cụm để có độ đồng đều tốt nhất.



Hình 5.15. Lưới 25 điểm kiểm tra

Chọn gốc tọa độ OXY ở góc số 1 của sân, cột đèn số 1 ở O_1 có tọa độ $X_1 = -13,5\text{m}$; $Y_1 = -22,5\text{m}$ (hình 5.16).

Để kiểm tra độ rọi tại các điểm, ta chia mặt sân thành lưới 25 điểm (hình 5.15). Độ rọi ở một điểm bằng tổng độ rọi tại điểm đó do các cụm đèn của 4 cột tạo ra.

Để minh họa, tính độ rọi tại điểm 13 do cụm đèn số 1 gồm 3 đèn pha ở cột 1 (hàng đèn dưới có $Z = 38\text{m}$), góc nhìn $V = 57^\circ$, góc quay $R = 59^\circ$.

Điểm 13 trong tọa độ OXY:

$$X = 52,5\text{m}; Y = 32,5\text{m}$$

sẽ có tọa độ mới:

$$X' = X - X_1; Y' = Y - Y_1$$

trong tọa độ $O_1X'Y'$

$$X' = 52,5 - (-13,5) = 66\text{m}$$

$$Y' = 32,5 - (-22,5) = 55\text{m}$$

trong tọa độ $O_1X_0Y_0$ sẽ là:

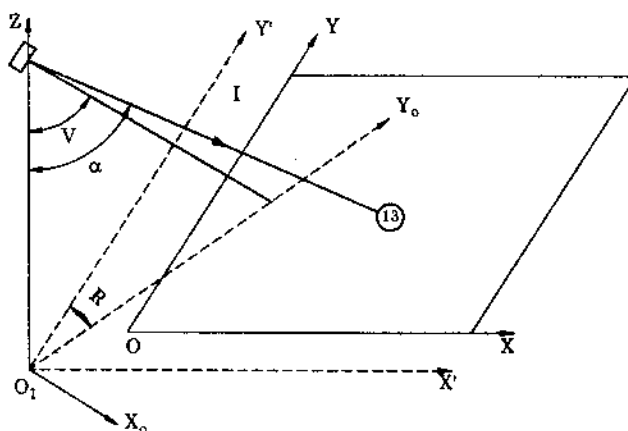
$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos R & -\sin R \\ \sin R & \cos R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix}$$

$$X_0 = X' \cos R - Y' \sin R = 66 \cos 59^\circ - 55 \sin 59^\circ = -13,15\text{m}$$

$$Y_0 = X' \sin R + Y' \cos R = 66 \sin 59^\circ + 55 \cos 59^\circ = 84,9\text{m}$$

$$B = \arctg \frac{Y_0}{Z} - V = \arctg \frac{84,9}{38} - 57 = 8,9^\circ$$

$$\beta = \arctg \frac{|X_0|}{\sqrt{Y_0^2 + Z^2}} = \arctg \frac{13,15}{\sqrt{84,9^2 + 38^2}} = 8^\circ$$



Hình 5.16. Các tọa độ khi tính độ rọi cho ví dụ 5.2

Tra bảng bộ đèn Mazda T4/EXT, và nội suy kép ta có cường độ sáng $I = 493,8 \text{cd}/1000 \text{lm}$.

Cường độ sáng của cụm đèn số 1 gồm 3 đèn pha ở cột 1 là:

$$I = \frac{493,8 \cdot 3 \cdot 185000}{1000} = 274059 \text{cd}$$

$$d = \sqrt{X_o^2 + Y_o^2 + Z^2} = \sqrt{13,15^2 + 84,9^2 + 38^2} = 93,94 \text{m}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{\sqrt{X_o^2 + Y_o^2}}{d} = \arcsin \frac{\sqrt{13,15^2 + 84,9^2}}{93,94} = 66,14^\circ$$

Độ rọi ngang tại điểm 13 do cụm số 1 cột 1 tạo ra

$$E_{n13 \text{ cụm số 1}} = \frac{I \cos^3 \alpha}{Z^2} = \frac{274059 \cdot \cos^3 66,14}{38^2} = 12,56 \text{lx}$$

Vì điểm 13 đối xứng với 4 cột đèn, nên độ rọi tại điểm 13 do cụm 1 của 4 cột tạo ra là: $12,56 \times 4 = 50,24 \text{lx}$.

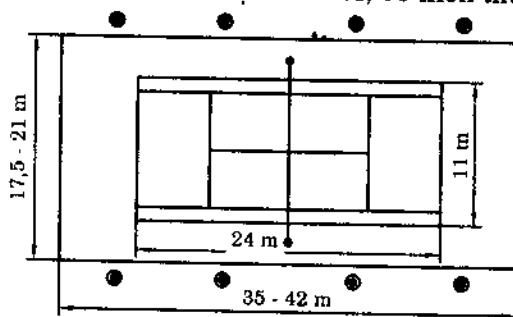
Lập chương trình tính, sẽ tính được độ rọi 25 điểm, kết quả tính được:

$$E_{tb} = 1170 \text{lx}; E_{\min} = 896 \text{lx}$$

$$U_o = \frac{896}{1170} = 0,76; U = \frac{105.65.1170}{240.185000.0,9} = 0,2$$

5.4.3. Chiếu sáng sân tennis

Sân tennis có thể là sân đơn hoặc sân đôi, có kích thước trên hình 5.17



Hình 5.17. Kích thước sân tennis

Bảng 5.8. Tiêu chuẩn chiếu sáng sân tennis

TT	Mục đích sử dụng	Độ rọi trung bình (lx)	Độ đồng đều ngang
1	Thi đấu chính thức	750	0,6
2	Thi đấu thông thường	500	0,5
3	Luyện tập	300	0,4

Cao độ của đèn phải được tính toán sao cho đèn thấp nhất có cao độ không nhỏ hơn giá trị trong bảng dưới đây.

Bảng 5.9. Độ cao cột đèn tối thiểu H(m)

TT	Mục đích sử dụng	Công thức tính	Trị số tối thiểu (m)
1	Thi đấu chính thức, thông thường	$H_1 \geq 5 + 0,4L$	10
2	Luyện tập	$H_2 \geq 5 + 0,4L$	8

H_1 – cao độ của đèn thấp nhất cho sân thi đấu.

H_2 – cao độ của đèn thấp nhất sân luyện tập.

L – khoảng cách giữa các đèn.

5.4.4. Chiều sáng sân bóng chuyền, bóng rổ, cầu lông

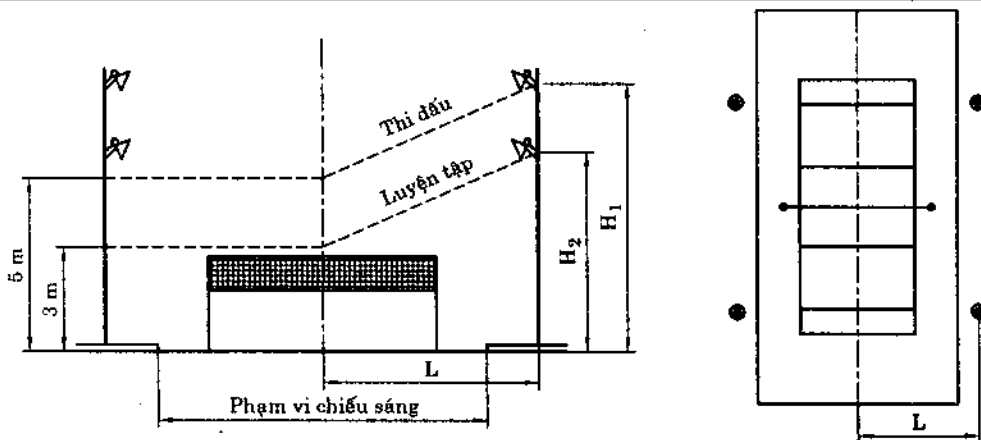
Bảng 5.10. Tiêu chuẩn chiều sáng sân bóng chuyền, bóng rổ, cầu lông

TT	Mục đích sử dụng	Bóng chuyền	Bóng rổ	Cầu lông	Hệ số đồng đều độ rọi ngang
1	Thi đấu chính thức	300	300	400	0,6
2	Thi đấu thông thường	200	200	300	0,5
3	Luyện tập	100	100	200	0,44

Độ cao của đèn thấp nhất không được nhỏ hơn trị số trong bảng 5.11.

Bảng 5.11. Cao độ H(m) của đèn chiếu sáng sân bóng chuyền, bóng rổ, cầu lông

TT	Mục đích sử dụng	Công thức tính	Trị số tối thiểu (m)
1	Thi đấu chính thức, thông thường	$H_1 \geq 5 + 0,4L$	8
2	Luyện tập	$H_2 \geq 3 + 0,4L$	6



Hình 5.18. Chiều sáng sân bóng chuyền

5.5. Chiếu sáng các công trình kiến trúc và tượng đài

5.5.1. Phương pháp chiếu sáng và bố trí đèn pha

a) Phương pháp chiếu sáng

Đối với các công trình kiến trúc và tượng đài có thể áp dụng các phương pháp chiếu sáng sau:

– Chiếu sáng chung đồng đều trên bề mặt công trình. Phương pháp này thường sử dụng cho các cao ốc hiện đại, các công trình có các mặt chính và mặt phụ lớn. Đèn pha thường đặt ngoài công trình, tương đối xa so với bề mặt cần chiếu sáng. Ưu điểm của phương pháp là dễ thi công, chi phí đầu tư ít, có thể kết hợp với mục đích bảo vệ. Nhược điểm là tính thẩm mỹ không cao. Phù hợp với các công trình có kiến trúc đơn giản.

– Chiếu sáng cục bộ. Mục đích chiếu sáng là khắc họa, đặc tả những kiến trúc đặc thù, không nhằm tạo ra chiếu sáng đồng đều, mà tạo ra những điểm nhấn ánh sáng làm tăng tính thẩm mỹ cho công trình, phù hợp với các công trình có kiến trúc phức tạp. Nhược điểm là khó thi công, đòi hỏi số lượng thiết bị và kinh phí đầu tư lớn, hiệu quả sử dụng ánh sáng thấp. Phương pháp được sử dụng chiếu sáng lăng, đài tưởng niệm, tượng đài, kiến trúc cổ, hình dạng phức tạp.

– Chiếu sáng chung kết hợp chiếu sáng cục bộ. Mục đích là tạo ra sự tương phản giữa các khu vực được chiếu sáng đồng đều và khu vực chiếu sáng cục bộ. Tỷ lệ chênh lệch độ rọi đứng trên bề mặt công trình giữa khu vực được chiếu sáng cục bộ và chiếu sáng chung không nhỏ hơn 3/1. Để tăng cường sự tương phản nên chọn đèn có màu sắc ánh sáng khác nhau. Ưu điểm của phương pháp là tính thẩm mỹ cao, phù hợp với công trình phức tạp. Nhược điểm là khó thi công và đầu tư lớn về thiết bị và kinh phí, hiệu quả sử dụng ánh sáng thấp.

Ngoài các phương pháp trên, người ta còn chiếu sáng theo đường bao công trình và các đường nét điển hình kiến trúc công trình. Thiết bị chiếu sáng là các dây đèn màu hoặc đèn sợi đốt màu công suất nhỏ.

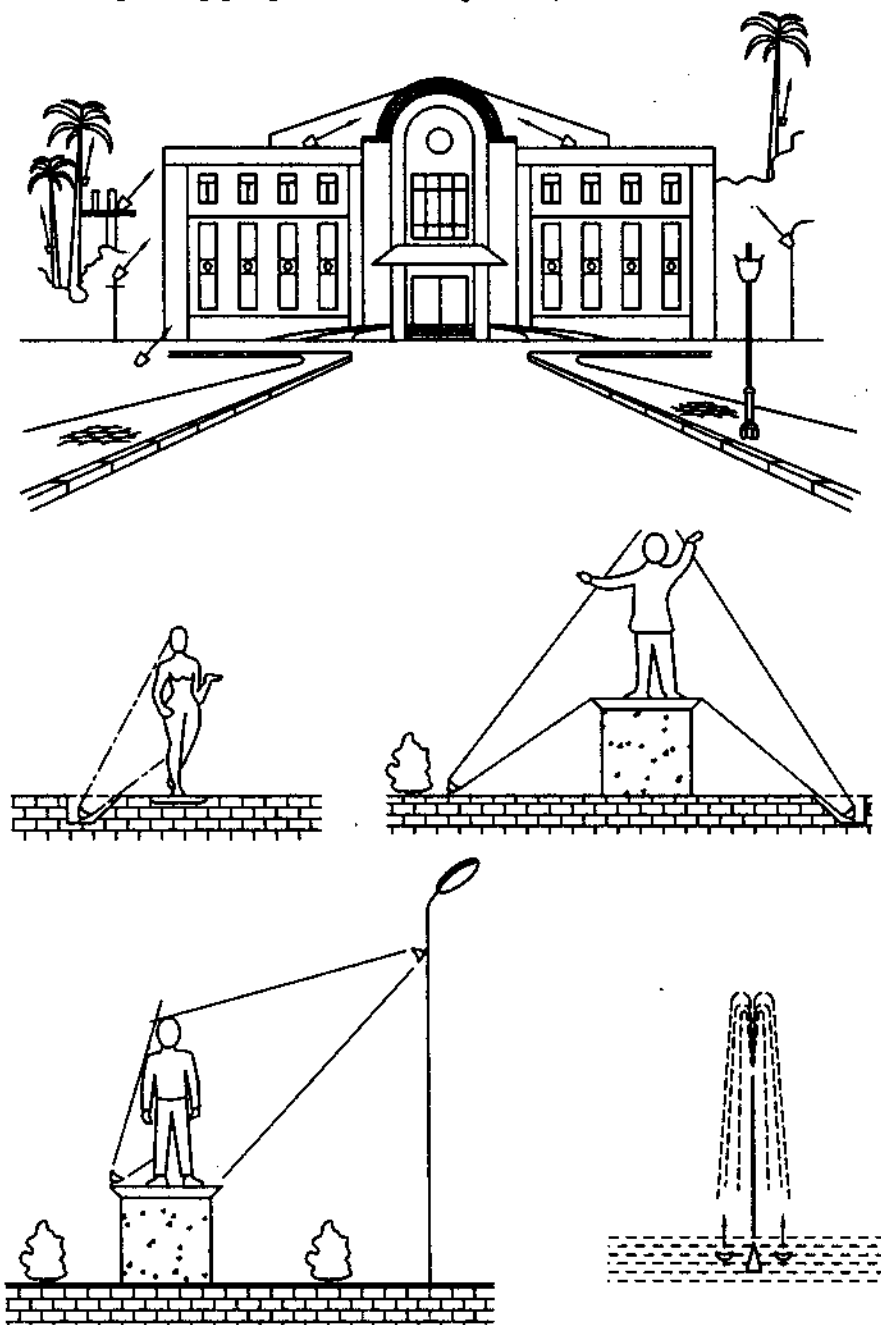
b) Bố trí đèn pha

Tùy theo điều kiện cụ thể có thể phối hợp các bố trí sau:

- Bố trí đèn pha ngay trên công trình kiến trúc.
- Bố trí đèn pha trên các kết cấu của các ngôi nhà xung quanh.
- Lắp đặt cột đèn pha riêng.
- Lắp đặt đèn pha trên các cột chiếu sáng đô thị.
- Lắp đặt trên mặt đất.

– Lắp đặt trong các hốc chìm dưới mặt đất.

Một số phương pháp và bố trí đèn pha được đưa ra trên hình 5.19.



Hình 5.19

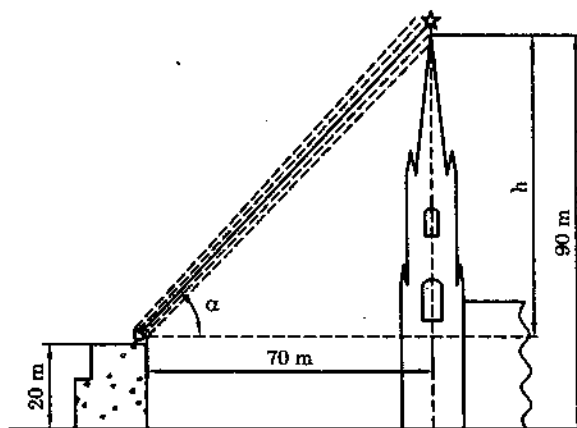
Bảng 5.12. Độ rọi trung bình trên bề mặt công trình $E_{tb}(lx)$

TT	Vật liệu bề mặt công trình	Hệ số phản xạ	Với độ chói của nền		
			Thấp < 1cd/m ²	Trung bình 1 – 5cd/m ²	Cao > 5 cd/m ²
1	Đá hoa, vữa gạch men trắng	$\rho > 0,6$	20	30	75
2	Gạch, sơn màu vàng	$0,5 < \rho \leq 0,6$	30	50	100
3	Đá xám, tường xi măng	$0,3 < \rho \leq 0,5$	50	75	150
4	Gạch, sơn màu nâu nhạt	$0,3 < \rho \leq 0,5$	50	75	150
5	Đá granit hồng	$0,3 < \rho \leq 0,5$	50	75	150
6	Bê tông xây dựng	$0,3 < \rho \leq 0,5$	75	100	200
7	Gạch đỏ	$0,1 < \rho \leq 0,3$	100	150	300
8	Đá đen, granit xám	$0,1 < \rho \leq 0,3$	100	150	300
9	Gạch, sơn thẫm màu	$\rho \leq 0,15$	150	200	400

Bảng 5.13. Độ rọi trung bình trên mặt đứng tượng đài, đài kỷ niệm, mặt chính công trình $E_{tb}(lx)$

TT	Vật liệu bề mặt tượng đài	Hệ số phản xạ	Với độ chói của nền		
			Thấp < 1cd/m ²	Trung bình 1 – 5cd/m ²	Cao > 5 cd/m ²
1	Thạch cao, gạch men sáng	$\rho > 0,6$	30	50	75
2	Bê tông sáng và xám nhạt	$0,45 < \rho \leq 0,6$	50	75	100
3	Granit và đá hoa màu xám	$0,3 < \rho \leq 0,45$	75	100	150
4	Đá tảng và đá hoa xám	$0,15 < \rho \leq 0,3$	100	150	200
5	Đồng đen, gang	$\rho \leq 0,15$	150	200	300

Ví dụ 5.3. Chiếu sáng ngôi sao trên đỉnh của một công trình kiến trúc (hình 5.20) cao 80m. Đèn pha đặt trên mái bằng của tòa nhà cao 20m, với khoảng cách trên mặt đất 70m. Xác định công suất và số đèn pha.



Hình 5.20. Chiếu sáng ngôi sao đỉnh công trình

Lời giải:

$$h = 80 - 20 = 60\text{m}$$

$$\cos \alpha = \frac{70}{\sqrt{70^2 + 60^2}} = 0,759; \sin \alpha = 0,651$$

Cường độ sáng đèn pha tới ngôi sao:

$$I = \frac{E \cdot h^2}{V \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha}$$

Độ rọi yêu cầu $E = 50\text{lx}$. Độ suy giảm quang thông $V = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$

$$I = \frac{50 \cdot 60^2}{(0,651)^2 \cdot 0,759 \cdot 0,81} = 690850 \text{ cd}$$

Chọn đèn pha T4/EXT hãng Mazda cường độ sáng ở tâm chùm tia là $600\text{cd}/1000\text{lm}$. Chọn đèn Metal halide 2kW , $\Phi = 185000 \text{ lm}$. Mỗi đèn pha có

$$I_d = \frac{600 \cdot 185000}{1000} = 111000 \text{ cd}$$

Số đèn pha cần sử dụng:

$$N = \frac{690850}{111000} = 6,22$$

Chọn 6 đèn pha.

Chương 6

HỆ THỐNG ĐIỆN CHIẾU SÁNG

Hệ thống điện chiếu sáng gồm nguồn điện, mạng điện chiếu sáng và các tải là đèn điện.

Nguồn cung cấp cho tải chiếu sáng phụ thuộc vào tổng công suất của các đèn, tương quan giữa tải chiếu sáng, tải động lực và tình trạng mạng điện trung áp gần công trình cần chiếu sáng...

Khi công suất chiếu sáng lớn có thể dùng một trạm biến áp riêng để cấp điện cho chiếu sáng.

Với hệ thống cấp điện cho sinh hoạt, chiếu sáng được cấp chung với mạng điện cấp điện cho các tải khác.

Với hệ thống điện cho xưởng sản xuất, mạng chiếu sáng có đường dây, tủ chiếu sáng riêng, không chung với mạng động lực (cung cấp điện cho động cơ điện), tránh việc đóng cắt động cơ điện làm cho điện áp đặt vào đèn dao động lớn, ảnh hưởng lớn đến chất lượng chiếu sáng.

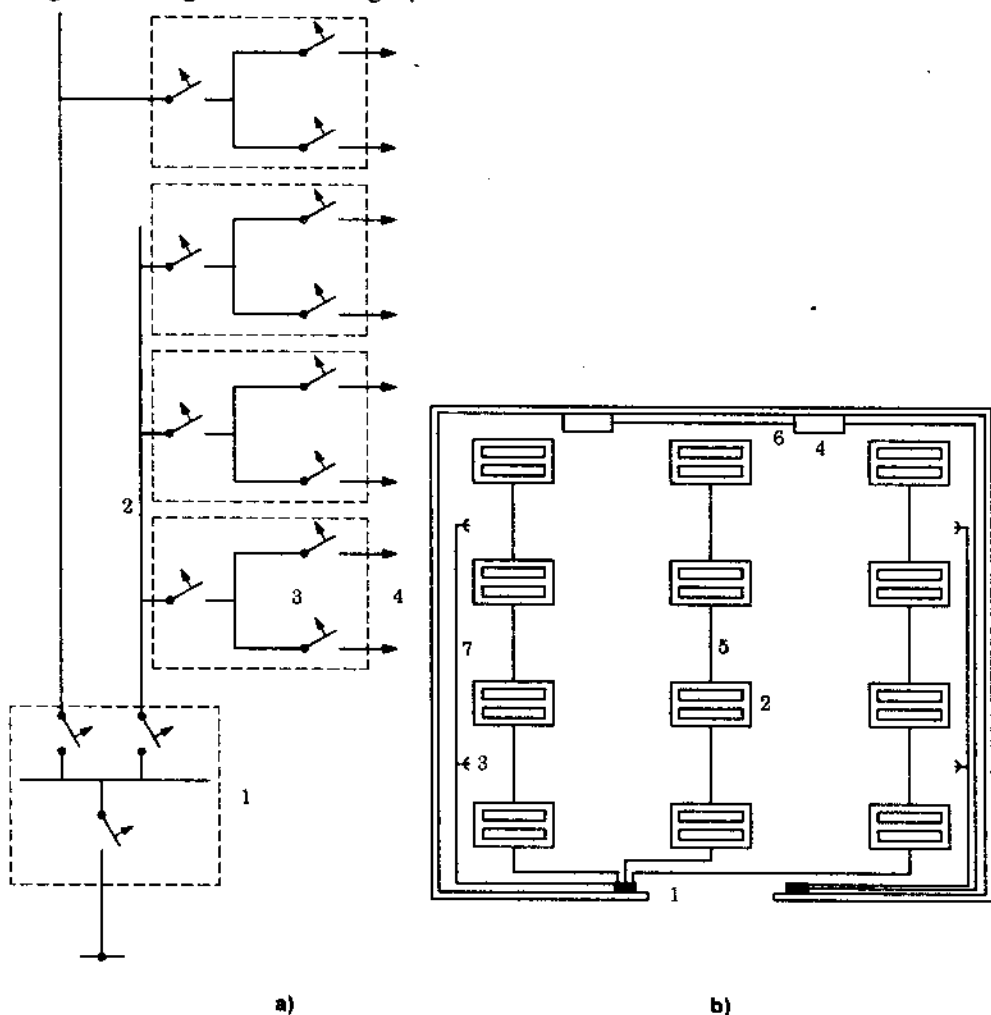
6.1. Mạng điện chiếu sáng nội thất

Mạng điện chiếu sáng nội thất nhà ở và công sở lấy điện từ mạng điện sinh hoạt chung với các tải như đồ dùng điện gia đình, các thiết bị chế biến thực phẩm, các thiết bị văn phòng, nghiên cứu, học tập, thể thao, v.v...

Để lấy ví dụ, ta xét việc cấp điện cho nhà cao tầng của một trung tâm (đào tạo, thương mại, dân cư...). Ở mỗi nhà cao tầng có bảng điện chính. Bảng điện chính lấy điện từ đường dây cung cấp (một hoặc hai đường tùy theo yêu cầu cung cấp điện của toà nhà).

Từ bảng điện chính 1 người ta thiết kế các đường dây lên các tầng gọi là đường dây chính 2. Đường dây chính phân nhánh đến các bảng điện phụ 3 ở mỗi tầng. Từ các bảng điện phụ ở tầng có các đường dây 4 đến các căn hộ (nếu là nhà ở) hoặc đến các phòng làm việc, phòng thí nghiệm, giảng đường, phòng lễ tân, xưởng hoạ,... Dựa vào yêu cầu chiếu sáng và diện tích phòng, thiết kế chiếu sáng nội thất, bố trí bộ đèn (hình 6.1b), vẽ sơ đồ mạng điện

chiếu sáng, tính công suất chiếu sáng, tính chọn dây dẫn và các thiết bị điều khiển bảo vệ mạng chiếu sáng của phòng. Ngoài ra còn phải tính chọn chiếu sáng hành lang và chiếu sáng sự cố.



Hình 6.1. Mạng điện nhà cao tầng và chiếu sáng nội thất

a) Cung cấp điện các tầng; b) Mạng điện nội thất, phòng làm việc: 1. Bảng điện chìm; 2. Bộ đèn ống huỳnh quang; 3. Ổ lấy điện; 4. Điều hoà không khí; 5. Dây cáp điện đèn $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$; 6. Cáp điện đến điều hoà $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$; cáp điện đến ổ lấy điện $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$.

Tùy theo loại tải và công suất điện tổng của mỗi tầng mà đường dây trục chính và đường dây đến mỗi tầng có thể là đường dây ba pha (3 dây pha và 1 dây trung tính) hoặc đường dây một pha (1 dây pha và 1 dây trung tính).

Khi công suất mỗi tầng nhỏ hơn 12kVA và không có động cơ ba pha thì đường dây vào tầng là đường dây một pha. Đường dây trục chính thường là đường dây ba pha.

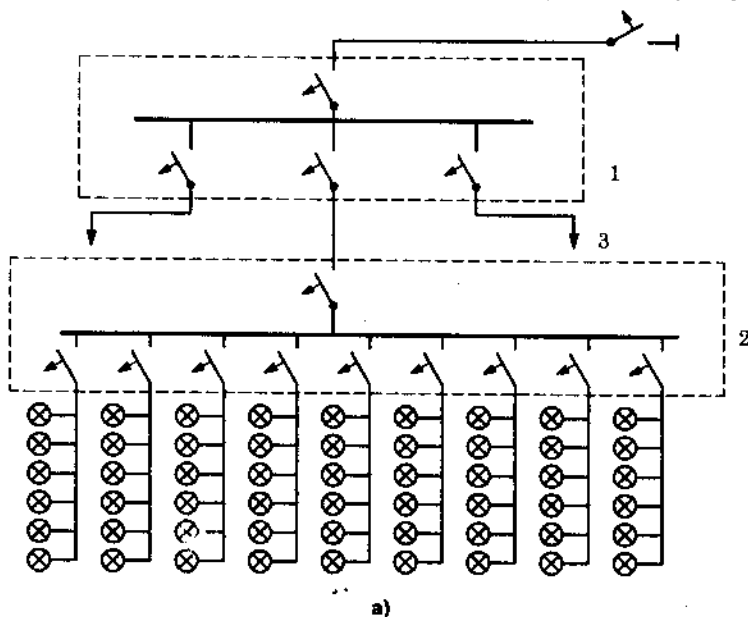
Khi số tầng nhiều và các tầng có công suất lớn người ta thường dùng nhiều đường dây trục chính, mỗi đường cung cấp điện cho một số tầng. Ngoài ra phải có ít nhất một đường dây trục chính cấp điện cho thang máy, chiếu sáng sự cố và thiết bị cứu hoả.

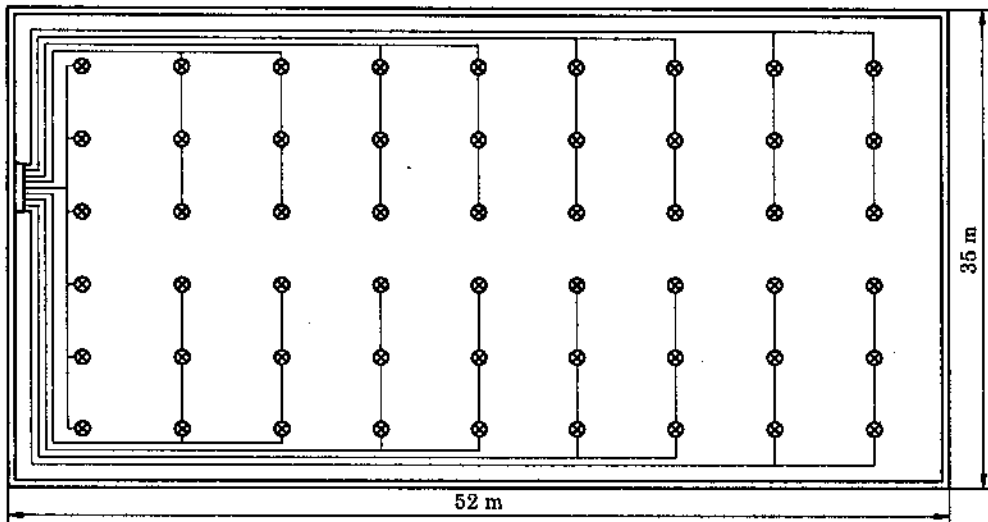
6.2. Mạng điện chiếu sáng phân xưởng

Ở mỗi phân xưởng có tủ điện chiếu sáng, lấy điện từ tủ phân phối của phân xưởng. Sơ đồ nguyên lý mạng điện chiếu sáng phân xưởng vẽ ở hình 6.2a. Tủ chiếu sáng đặt ở cạnh cửa, gồm 1 aptômat tổng ba pha và 9 aptômat nhánh một pha cho 9 nhóm đèn, mỗi nhóm 6 bóng đèn cao áp. Nếu phân xưởng dài có thể có một số bảng điện phụ cho một số nhóm đèn.

Một số điểm cần lưu ý khi thiết kế mạng chiếu sáng nội thất:

- Tủ, bảng điện chiếu sáng nên đặt gần cửa ra vào phòng làm việc, phân xưởng.
- Nên dùng aptômat để điều khiển và bảo vệ, khi mất điện vì một lý do nào đó, có thể đóng trở lại nhanh, không mất thời gian thay dây chì.





b)

Hình 6.2. Mạng điện chiếu sáng phân xưởng

a) Sơ đồ nguyên lý cấp điện: 1. Tủ phân phối; 2. Tủ chiếu sáng; 3. Tới tủ động lực.

b) Mạng chiếu sáng phân xưởng.

– Tại các nhà xưởng, ngoài chiếu sáng làm việc còn phải thiết kế chiếu sáng sự cố để phòng mất điện lưới. Nguồn chiếu sáng sự cố có thể là bộ ắc quy 12V; 24V; 36V nhằm mục đích an toàn cho công nhân vận hành.

– Lựa chọn aptômat cho tủ chiếu sáng cũng theo công thức như thiết kế mạng điện.

– Lựa chọn dây dẫn, cáp cho mạng điện chiếu sáng, khi chọn theo dòng điện phát nóng cho phép I_{cp} , phải kiểm tra theo điều kiện kết hợp với thiết bị bảo vệ:

$$kI_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{0,8} \text{ nếu bảo vệ bằng cầu chì,}$$

$$kI_{cp} \geq \frac{I_{kđnh}}{1,5} \text{ nếu bảo vệ aptômat}$$

và phải kiểm tra độ bền cơ học và tổn thất điện áp cho phép.

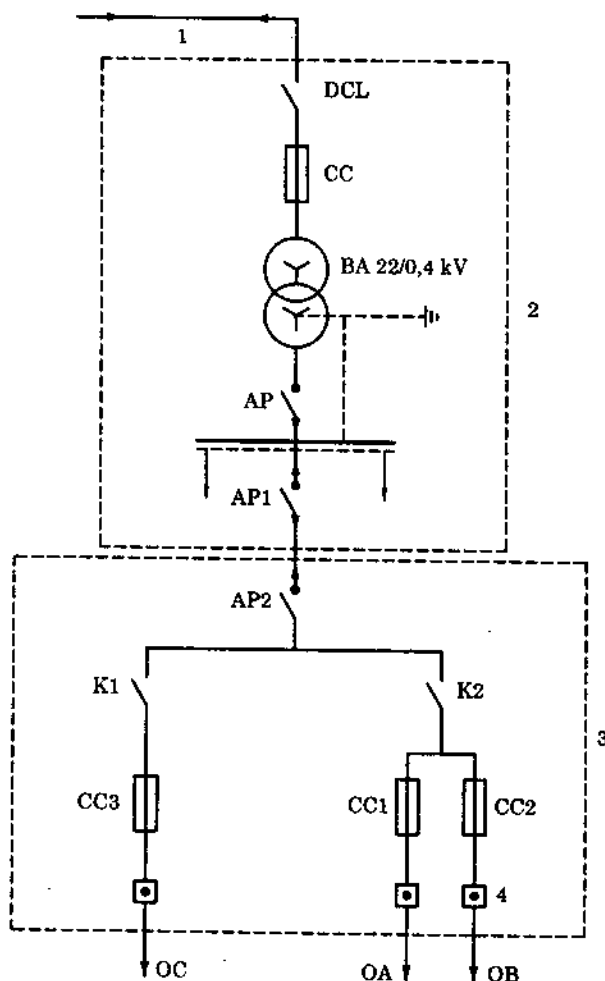
– Cần chú ý phân tải đều cho các pha, tránh trường hợp điện áp quá chênh lệch giữa đèn ở đầu và cuối đường dây.

6.3. Mạng điện chiếu sáng công cộng

6.3.1. Sơ đồ cung cấp điện

Mạng điện chiếu sáng công cộng cung cấp điện cho chiếu sáng ngoài trời, quảng trường, bãi đỗ xe, chiếu sáng đường, v.v...

Khi công suất chiếu sáng nhỏ, có thể lấy điện từ trạm biến áp của khu dân cư gần đó. Khi công suất chiếu sáng trên 30kW, nên thiết kế và xây dựng trạm biến áp riêng, lấy điện từ đường dây trung áp, qua máy biến áp hạ áp cung cấp điện 380/220V cho mạng điện chiếu sáng.



Hình 6.3. Sơ đồ cung cấp điện chiếu sáng công cộng

1. Mạng cáp ngầm 22kV; 2. Trạm biến áp hợp bộ; 3. Tủ chiếu sáng; 4. Bộ đổi nối.

Sơ đồ cung cấp điện chiếu sáng công cộng gồm trạm biến áp hợp bộ và tủ chiếu sáng (hình 6.3).

Tủ chiếu sáng do HAPULICO chế tạo, có các thiết bị điều khiển, rơ le thời gian để điều khiển công-tắc-tơ từ xa. Trong sơ đồ có 2 công-tắc-tơ K_1 , K_2 để đóng cắt đèn theo các chế độ ban đêm (cắt bớt một số đèn để tiết kiệm điện năng).

Nếu tuyến đường dài, có thể xây một số trạm biến áp trên tuyến đường. Máy biến áp đặt ở tâm hình học của đoạn đường, để tổn thất điện áp từ trạm biến áp đến đèn cuối đường dây nhỏ hoặc giảm được tiết diện dây dẫn.

Thông qua máy biến áp hạ áp, lấy điện từ lưới trung áp có ưu điểm là:

- Giảm tiết diện cáp, giảm tổn thất điện áp và tổn hao công suất trên đường dây.
- Điện áp ổn định, tăng tuổi thọ đèn.
- Giá điện ở trung áp rẻ hơn.
- Có hệ thống điều khiển từ xa thống nhất.

Công suất máy biến áp phụ thuộc vào tổng công suất của các bộ đèn. Khi chọn công suất máy biến áp cho chiếu sáng công cộng cần chú ý đến khả năng mở rộng của mạng điện, và dòng điện khởi động đèn bằng 1,5 – 2 lần dòng điện định mức.

Đối với những con đường hoặc nơi chiếu sáng công cộng đặc biệt quan trọng, nên sử dụng sơ đồ 2 máy biến áp lấy điện từ 2 đường dây trung áp khác nhau, hoặc có máy phát điện dự phòng.

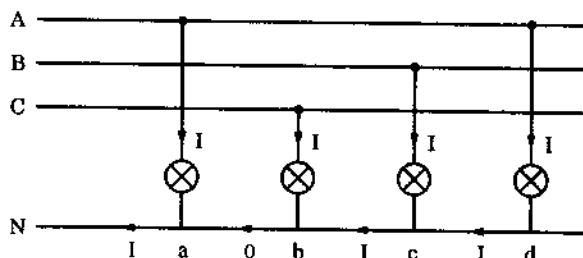
6.3.2. Phân bố đèn đường

Đèn đường được bố trí theo sơ đồ ba pha nối sao có dây trung tính (Y_N). Cách bố trí này có tiết diện và khối lượng dây dẫn nhỏ nhất (bảng 6.1).

Bảng 6.1. So sánh dòng điện, tiết diện và khối lượng dây dẫn của các sơ đồ cấp điện

Sơ đồ	Một pha 220V	Tam giác 220V	Y_N 380/220V
Số lượng dây	2	3	3 + 1
Dòng điện trên dây dẫn	I	$\frac{I}{\sqrt{3}}$	$\frac{I}{3}$
Tiết diện dây tỷ lệ với	$\frac{2I}{\Delta U} = S_m$	$\frac{I}{\Delta U} = \frac{S_m}{2}$	$\frac{I}{3\Delta U} = \frac{S_m}{6}$
Trọng lượng dây dẫn tỷ lệ với	$2S_m$	$1,5S_m$	$0,66 S_m$

Các đèn được phân bố đều cho các pha (hình 6.4).

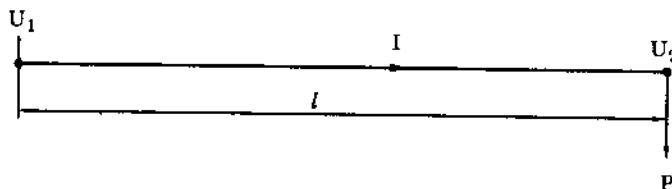


Hình 6.4. Phân bố đèn đường cho các pha

Khi giả thiết số đèn là bội số của 3, dòng điện trong dây trung tính có giá trị như sau: bằng không trong khoảng ab, bằng I trong khoảng bc (cộng vectơ 2 dòng điện $\vec{I}$ lệch pha 120°) và cd, trong đó $I = \frac{P_{\text{bộ đèn}}}{220 \cdot \cos \varphi}$.

6.4. Biểu thức tổn thất điện áp ΔU trên đường dây

Một đường dây chiều dài l , truyền tải công suất P , dòng điện chạy trong đường dây I (hình 6.5).



Hình 6.5. Tổn thất điện áp trên đường dây

Tổn thất điện áp trên đường dây là

$$\Delta U = U_1 - U_2 = RI \cos \varphi + \omega LI \sin \varphi$$

trong đó: R là điện trở đường dây, ωL là cảm kháng đường dây:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Trong thực tế các thiết bị chiếu sáng có bù hệ số công suất, hệ số công suất đạt 0,85 nên lấy gần đúng $\cos \varphi = 1$ và có thể bỏ qua thành phần $\omega L \sin \varphi$, biểu thức ΔU trở thành:

$$\Delta U = RI = \frac{\rho l I}{S} \quad (6.1)$$

$$\text{hoặc} \quad \Delta U = \frac{\rho P l}{S U} \quad (6.2)$$

Trong biểu thức (6.1), (6.2) đơn vị các đại lượng như sau: ΔU , U(V); I(A); P(W); l (km); ρ là điện trở suất.

– của đồng $\rho_{Cu} = 22 \Omega/\text{km}/\text{mm}^2$

– của nhôm $\rho_{Al} = 35 \Omega/\text{km}/\text{mm}^2$

Tổn thất điện áp tính theo phần trăm

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_{dm}} 100 = \frac{100 \rho P l}{S U^2}$$

$$\Delta U \% = \frac{P l}{C S} \quad (6.3)$$

Trong đó hệ số C phụ thuộc vào cấp điện áp, kiểu đường dây, điện trở suất của lõi dây dẫn $C = \frac{U^2}{100 \rho}$.

6.4.1. Tổn thất điện áp trên đường dây cấp điện cho nhóm đèn tập trung

6.4.1.1. Đường dây một pha $U = 220V$

Tổn thất điện áp ΔU

$$\Delta U = \frac{2 \rho l I}{S} \quad (6.4a)$$

$$\Delta U = \frac{2 \rho P l}{S U} \quad (6.4b)$$

$$\Delta U \% = \frac{Pl}{CS} \quad (6.4c)$$

với $C = \frac{U^2}{200\rho}$

$$C = 11 \text{ dây lõi đồng}$$

$$C = 6,91 \text{ dây lõi nhôm}$$

6.4.1.2. Đường dây ba pha $U_d = 380V$

Tổn thất điện áp pha

$$\Delta U_p = \frac{\rho l l}{S} \quad (6.5a)$$

$$\Delta U_p = \frac{\rho Pl}{\sqrt{3} S U_d} \quad (6.5b)$$

Tổn thất điện áp dây

$$\Delta U_d = \frac{\sqrt{3} \rho l l}{S} \quad (6.5c)$$

$$\Delta U_d = \frac{\rho Pl}{S U_d} \quad (6.5d)$$

U_d - điện áp dây $U_d = 380V$

$$\Delta U \% = \frac{Pl}{CS} \quad (6.5e)$$

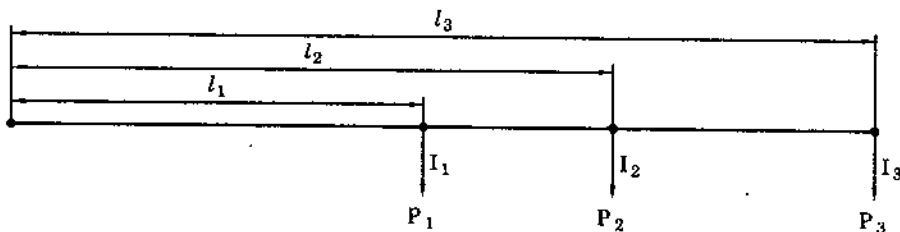
với $C = \frac{U_d^2}{100\rho}$

$$C = 65,6 \text{ dây lõi đồng}$$

$$C = 41,2 \text{ dây lõi nhôm.}$$

6.4.2. Tổn thất điện áp trên đường dây đồng nhất cấp điện cho nhiều nhóm đèn

Đường dây cấp điện cho nhiều nhóm đèn được vẽ trên hình 6.6.



Hình 6.6. Đường dây đồng nhất cấp điện cho nhiều nhóm đèn

6.4.2.1. Đường dây một pha

$$\Delta U = \frac{2\rho}{S} (I_1 l_1 + I_2 l_2 + \dots) = \frac{2\rho}{S} \sum_{i=1}^n I_i l_i \quad (6.6a)$$

$$\Delta U = \frac{2\rho}{SU} \sum_{i=1}^n P_i l_i \quad (6.6b)$$

$$\Delta U \% = \frac{1}{CS} \sum_{i=1}^n P_i l_i \quad (6.6c)$$

$C = 11$ dây lõi đồng

$C = 6,91$ dây lõi nhôm

6.4.2.2. Đường dây ba pha

$$\Delta U_p = \frac{\rho}{S} \sum_{i=1}^n I_i l_i \quad (6.7a)$$

$$\Delta U_p = \frac{\rho}{\sqrt{3}SU_d} \sum_{i=1}^n P_i l_i \quad (6.7b)$$

$$\Delta U_d = \frac{\sqrt{3}\rho}{S} \sum_{i=1}^n I_i l_i \quad (6.7c)$$

$$\Delta U_d = \frac{\rho}{SU_d} \sum_{i=1}^n P_i l_i \quad (6.7d)$$

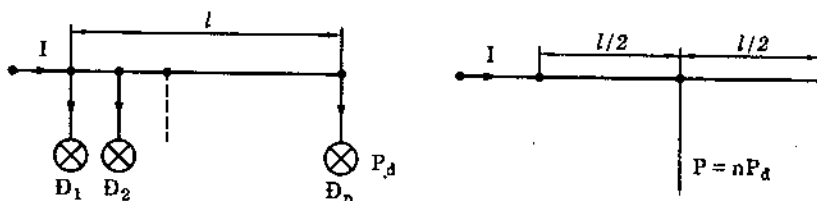
$$\Delta U \% = \frac{1}{CS} \sum_{i=1}^n P_i l_i \quad (6.7e)$$

$C = 65,6$ với dây lõi đồng

$C = 41,2$ với dây lõi nhôm

6.4.3. Đường dây đèn đường ba pha

Công suất đèn đường bằng nhau, khoảng cách giữa các đèn bằng nhau. Đèn đường là tải phân bố đều. Khi tính tổn thất điện áp, ta thay thế bằng tải tập trung có công suất bằng tổng công suất của tất cả bóng đèn đặt ở giữa đường dây (hình 6.7).



Hình 6.7. Đường dây đèn đường

Tổn thất điện áp từ đèn đầu tiên đến đèn cuối cùng

$$\Delta U_p = \frac{\rho l I}{2S} \quad (6.8a)$$

$$\Delta U_p = \frac{\rho P l}{2\sqrt{3} S U_d} \quad (6.8b)$$

$$\Delta U_d = \frac{\sqrt{3} \rho l I}{2S} \quad (6.8c)$$

$$\Delta U_d = \frac{\rho P l}{2 S U_d} \quad (6.8d)$$

$$\Delta U\% = \frac{P l}{2 C S} \quad (6.8e)$$

$C = 65,6$ với dây lõi đồng

$C = 41,2$ với dây lõi nhôm

6.5. Chọn tiết diện dây dẫn mạng điện chiếu sáng theo tổn thất điện áp

Tiết diện dây dẫn của mạng điện chiếu sáng thường được chọn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép, sau đó kiểm tra tiết diện được chọn theo điều kiện phát nóng, độ bền cơ học và phối hợp thiết bị bảo vệ.

Tổn thất điện áp trên đường dây không được vượt quá tổn thất điện áp cho phép

$$\Delta U\% \leq \Delta U_{cp}\%$$

Đối với mạng chiếu sáng $\Delta U_{cp}\% = 2,5\% \div 3\%$. Dựa vào biểu thức $\Delta U\%$ tính được tiết diện tối thiểu S_{min} dây dẫn. Tra bảng dây dẫn, chọn dây cáp có tiết diện lớn hơn và gần S_{min} nhất.

Bảng 6.2. Cáp điện lực CADIVI (Cáp cách điện PVC)

1. Cáp trên không:

Dòng điện định mức của cáp ruột đồng CVV, cách điện PVC, vỏ PVC không giáp bảo vệ, lắp trên không

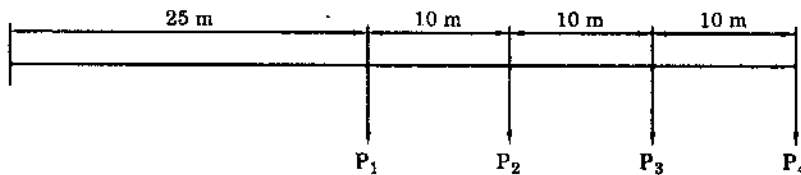
Tiết diện ruột dẫn	Một lõi			Hai lõi 	Ba và bốn lõi 
	2 cáp đặt cách khoảng 	3 cáp			
		Tiếp xúc nhau theo hình ba lá 	Trên cùng một mặt phẳng và cách khoảng 		
	Dòng điện định mức	Dòng điện định mức	Dòng điện định mức	Dòng điện định mức	Dòng điện định mức
mm ²	A	A	A	A	A
1,5	24	21	23	22	19
2,5	31	27	30	29	24
4	45	36	43	38	32
6	58	40	50	45	38
10	76	58	70	68	55
16	101	85	95	91	79
25	135	118	128	122	103
35	169	145	160	149	128
50	207	173	201	182	156
70	262	219	255	229	197
95	325	273	317	284	243
120	379	318	368	330	284
150	435	365	424	379	324
185	504	423	492	436	374
240	602	505	588	519	446
300	697	583	681	598	572
400	815	679	796	695	593
500	948	782	927	-	-
630	1108	900	1083	-	-
800	1277	1080	1249	-	-

2. Cáp chôn trực tiếp trong đất:

Đồng điện định mức của cáp CVV/DTA, CVV/WA ruột đồng, cách điện PVC, vỏ PVC có giáp bảo vệ, chôn trong đất.

Tiết diện ruột dẫn	Một lõi		Hai lõi 	Ba và bốn lõi 
	2 cáp đặt cách khoảng 	3 cáp tiếp xúc nhau theo hình ba lá 		
	Dòng điện định mức	Dòng điện định mức	Dòng điện định mức	Dòng điện định mức
mm ²	A	A	A	A
1,5	33	29	32	27
2,5	44	38	41	35
4	59	53	55	47
6	75	66	69	59
10	101	86	92	78
16	128	110	119	101
25	168	142	158	132
35	201	170	190	159
50	238	203	225	188
70	292	248	277	233
95	349	297	332	279
120	396	337	377	317
150	443	376	422	355
185	497	423	478	401
240	571	485	561	462
300	640	542	616	517
400	708	600	693	680
500	780	660	-	-
630	856	721	-	-
800	895	756	-	-

Ví dụ 6.1. Chọn tiết diện dây dẫn, đường dây đồng nhất, cho 4 nhóm đèn pha, mỗi nhóm có 4 đèn pha, công suất mỗi đèn pha $P = 1000W + 30W$ chấn lưu. Đường dây lấy điện từ tủ chiếu sáng, khoảng cách từ tủ chiếu sáng đến nhóm đèn như hình 6.8.



Hình 6.8. Đường dây nhóm đèn cho ví dụ 6.1

Lời giải: Công suất mỗi nhóm đèn:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 4 \times 1030 = 4120W$$

Công suất bốn nhóm đèn lớn, ta nên cung cấp bằng nguồn điện ba pha có dây trung tính. Thông thường tổn thất điện áp từ trạm biến áp đến tủ điện chiếu sáng chiếm khoảng (60 ÷ 70)%, tổn thất điện áp từ tủ chiếu sáng đến đèn khoảng (30 ÷ 40)% tổn thất điện áp cho phép. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U\% = 3$, vậy tổn thất điện áp cho phép từ tủ chiếu sáng đến đèn pha là:

$$\Delta U\% = 0,4 \times 3 = 1,2$$

Tiết diện tối thiểu của dây dẫn là:

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{1}{C \Delta U\%} (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + P_4 l_4) \\ &= \frac{1}{65,6.1,2} (4120.0,025 + 4120.0,035 + 4120.0,045 + 4120.0,055) \\ &= 8,37 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Ta cũng có thể tính như sau: có nhận xét công suất các nhóm đèn bằng nhau, khoảng cách giữa các nhóm đèn bằng nhau, đây là tải phân bố đều, thay bằng tải tập trung ở giữa. Tải tập trung có công suất:

$$P = 4.4120 = 16480W.$$

Khoảng cách đến tủ chiếu sáng là $(25 + \frac{30}{2}) = 40m$

$$S_{\min} = \frac{1.16480.0,04}{65,6.1,2} = 8,37 \text{ mm}^2$$

Chọn tiết diện dây theo bảng 6.2 cáp chôn trong đất $S = 10\text{mm}^2$;
 $I_{dm} = 78\text{A}$.

$$\text{Dòng điện trên đường dây } I = \frac{16480}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85} = 29,5\text{A}$$

$$I = 29,5 < I_{cp} = 78\text{A}.$$

Ví dụ 6.2. Chọn tiết diện dây dẫn cho chiếu sáng đường, có 24 đèn natri cao áp công suất đèn $P = 250\text{W}$, Công suất chấn lưu 20W . Hệ số $\cos\varphi = 0,8$. Khoảng cách đèn $e = 30\text{m}$. Khoảng cách từ máy biến áp đến đèn đầu trên 15m . Thứ cấp máy biến áp đầu sao có trung tính $380/220\text{V}$.

1) Chọn tiết diện đồng nhất cho dây dẫn đèn đường trên.

2) Nếu đường dây chia thành hai đoạn, đoạn cho các đèn đầu tiết diện lớn, đoạn cho các đèn sau tiết diện nhỏ hơn. Xác định số đèn mỗi đoạn và tiết diện dây mỗi đoạn để cho tổn thất điện áp không vượt quá trị số cho phép.

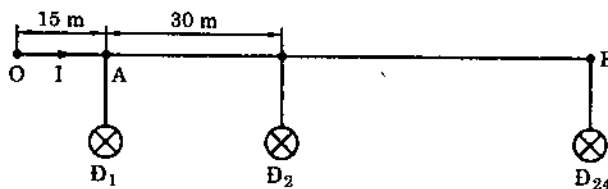
Lời giải: 1. Dòng điện đầu đường dây:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_d \cos\varphi} = \frac{270 \cdot 24}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 12,3\text{A}$$

Đoạn đường dây từ đèn đầu tiên đến đèn cuối cùng dài $30 \times 23 = 690\text{m}$, trong đoạn này đèn phân bố đều, coi như tải tập trung ở giữa (hình 6.9).

Khoảng cách từ tải tập trung đến máy biến áp:

$$L = 15 + \frac{690}{2} = 360\text{m}$$



Hình 6.9. Cho ví dụ 6.2

Tổn thất điện áp pha cho phép $\Delta U_p = 3\% \cdot 220 = 6,6\text{V}$.

Áp dụng công thức (6.7a), ta có:

$$S_{\min} = \frac{\rho \cdot I \cdot L}{\Delta U_p} = \frac{22.12,3.0,36}{6,6} = 14,76 \text{ mm}^2$$

Chọn dây cáp đồng CADIVI bảng 6.2, dây tiết diện 16mm^2 có $I_{\text{đm}} = 79\text{A}$.

Kiểm tra tổn thất điện áp:

$$\Delta U_p = \frac{22.12,3.0,36}{16} = 6,08\text{V}$$

2. Gọi N_2 là số đèn đoạn 2, N_1 là số đèn đoạn 1:

$$N_2 + N_1 = 24$$

Chọn dây tiết diện đồng nhất 16mm^2 , tổn thất điện áp còn nhỏ hơn cho phép, vì thế có phương án chọn đoạn đầu có tiết diện $S_1 = 16\text{mm}^2$, đoạn 2 có tiết diện $S_2 = 10\text{mm}^2$.

Dòng điện chạy vào đầu đoạn 2 là:

$$I_2 = \frac{N_2 \cdot 270}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 0,512 N_2$$

Tổn thất điện áp dây trong đoạn 2:

$$\Delta U_2 = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot N_2 \cdot e}{S_2 \cdot 2} \cdot 0,512 \cdot N_2$$

Tổn thất điện áp dây trong đoạn 1 là ΔU_1 có hai thành phần: do dòng điện phân bố trong đoạn 1 và thành phần do dòng điện phân bố trong đoạn 2, tập trung cuối đoạn 1:

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \frac{\rho \cdot e}{S_1} \left(0,512 N_1 \cdot \frac{N_1}{2} + 0,512 N_2 \cdot N_1 \right)$$

Tổn thất điện áp từ đèn đầu tiên đến đèn cuối cùng:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \sqrt{3} \rho \cdot e \cdot 0,512 \left(\frac{N_1^2}{2S_1} + \frac{N_2 N_1}{S_1} + \frac{N_2^2}{2S_2} \right)$$

Tổn thất điện áp dây trong đoạn từ máy biến áp đến đèn đầu tiên

$$\Delta U_{OA} = \frac{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 0,015 \cdot 12,3}{16} = 0,439\text{V}$$

$$\Delta U_{AB} = \sqrt{3} \cdot 6,6 - 0,439 = 10,99$$

Từ đó ta có:

$$\left(\frac{N_1^2}{32} + \frac{N_2 N_1}{16} + \frac{N_2^2}{20} \right) = 18,78$$

Thay $N_2 = 24 - N_1$, ta có:

$$0,01875 N_1^2 - 0,9 N_1 + 10,02 = 0$$

Giải ra $N_1 = 17,54$.

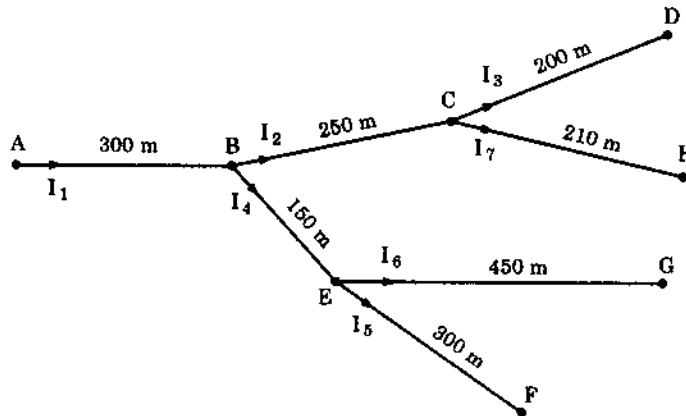
Chọn $N_1 = 18$ đèn; $N_2 = 6$ đèn.

Kiểm tra lại tổng tổn thất điện áp từ trạm biến áp đến đèn cuối cùng:

$$\begin{aligned} \Delta U_d &= \Delta U_{OA} + \Delta U_{AB} = 0,439 + \sqrt{3} \cdot 22 \cdot 0,03 \left(\frac{18^2}{32} + \frac{18 \cdot 6}{16} + \frac{6^2}{20} \right) \\ &= 11,37 < \Delta U_{cp} = 11,43V \end{aligned}$$

6.6. Chọn đường trục có nhiều tiết diện khác nhau cho mạng đèn đường

Trong ví dụ 6.2 ở mục 2 cho ta thấy có thể chọn hai tiết diện khác nhau cho đường trục đèn đường. Mở rộng ý tưởng trên cho mạng chiếu sáng đường, khi đường dây dài hoặc phân nhánh, việc lựa chọn dây dẫn sẽ kinh tế nếu chọn tiết diện dây theo dòng điện chạy trong từng đoạn đường dây (hình 6.10).



Hình 6.10. Sơ đồ mạng chiếu sáng các đường

Tiết diện mỗi đoạn đường dây được chọn theo công thức:

$$S_k = A\sqrt{I_k} \quad (6.9)$$

k- chỉ số thứ tự đoạn đường dây.

I_k - dòng điện đầu vào đoạn đường dây thứ k

A- là hệ số bằng:

$$A = \frac{\rho}{\Delta U} (I_1 \cdot \sqrt{I_1} + \dots I_k \cdot \sqrt{I_k} + \dots) \quad (6.10)$$

Trình tự các bước tính toán như sau:

– Xác định dòng điện đầu vào mỗi nhánh (đoạn đường dây), coi dòng điện này đại diện cho đoạn ấy.

– Xác định đường trục (từ đầu nguồn đến đèn cuối cùng) có công suất lớn, đường dây dài có nguy cơ tổn thất điện áp lớn nhất.

– Tính hệ số A theo (6.10) và xác định tiết diện các đoạn đường của đường dây trục. Kiểm tra tính tổn thất điện áp trên các đoạn này.

– Tính toán chọn tiết diện cho các đoạn còn lại.

Ví dụ 6.3. Cho mạng điện điện áp 380/220V từ điểm A cung cấp cho các tuyến đèn đường sau: (hình 6.10)

AB dài 300m, 10 đèn Sodium cao áp 250W, chấn lưu 25W.

BC dài 250m, 8 đèn Sodium cao áp 250W, chấn lưu 25W.

CD dài 200m, 7 đèn Sodium cao áp 250W, chấn lưu 25W.

CH dài 210m, 7 đèn Thủy ngân cao áp 125W, chấn lưu 10W.

BE dài 150m, 7 đèn Thủy ngân cao áp 125W, chấn lưu 15W.

EF dài 300m, 12 đèn Thủy ngân cao áp 125W, chấn lưu 15W.

EG dài 450m, 20 đèn Sodium thấp áp 90W, chấn lưu 20W.

Các đèn đều được bù, $\cos \varphi = 0,85$.

Lời giải: Đầu tiên tính dòng điện đầu vào mỗi đoạn đường dây. Việc tính nên đi từ đoạn đường dây cuối nguồn, tính dần về đầu nguồn.

$$\text{Đoạn EF: } I_5 = \frac{12(125 + 15)}{\sqrt{3 \cdot 380 \cdot 0,85}} = 3 \text{ A}$$

$$\text{Đoạn EG: } I_6 = \frac{20(90 + 20)}{\sqrt{3 \cdot 380 \cdot 0,85}} = 3,93 \text{ A}$$

$$\text{Đoạn CD: } I_3 = \frac{7(125+10)}{\sqrt{3.380.0,85}} = 1,69 \text{ A}$$

$$\text{Đoạn CH: } I_7 = \frac{7(250+25)}{\sqrt{3.380.0,85}} = 3,44 \text{ A}$$

$$\text{Đoạn BE: } I_4 = I_5 + I_6 + \frac{7(250+15)}{\sqrt{3.380.0,85}} = 10,24 \text{ A}$$

$$\text{Đoạn BC: } I_2 = I_3 + I_7 + \frac{8(250+25)}{\sqrt{3.380.0,85}} = 9,06 \text{ A}$$

$$\text{Đoạn AB: } I_1 = I_2 + I_4 + \frac{10(250+25)}{\sqrt{3.380.0,85}} = 24,21 \text{ A}$$

Đường dây trục có tải lớn nhất là ABEG với đường này hệ số A là:

$$A = \frac{P}{\Delta U} (I_1 \sqrt{I_1} + I_4 \sqrt{I_4} + I_6 \sqrt{I_6})$$

$$\Delta U = 6,6 \text{ V}; \rho_{Cu} = 22 \Omega/\text{km}/\text{mm}^2.$$

$$A = \frac{22}{6,6} (0,3 \sqrt{24,21} + 0,15 \sqrt{10,24} + 0,45 \sqrt{3,93}) = 9,48$$

Tiết diện các đoạn đường trục tính theo công thức (6.9)

$$S_1 = A \sqrt{I_1} = 9,48 \sqrt{24,21} = 46,64 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = A \sqrt{I_4} = 9,48 \sqrt{10,24} = 30,33 \text{ mm}^2$$

$$S_6 = A \sqrt{I_6} = 9,48 \sqrt{3,93} = 18,79 \text{ mm}^2$$

Để tiết diện không chênh lệch quá nhiều, ta sẽ chọn:

$$S_1 = S_4 = 35 \text{ mm}^2; S_6 = 16 \text{ mm}^2$$

Kiểm tra lại tổng tổn thất điện áp trên đường dây trục, ΔU_d không vượt quá 11,43V.

$$\Delta U_{EG} = \frac{\sqrt{3} \rho \cdot I_6 \cdot l_6}{S_6 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 3,93 \cdot 0,45}{2 \cdot 16} = 2,1 \text{ V}$$

$$\Delta U_{BE} = \frac{\sqrt{3} \rho}{S_4} \left[(I_4 - I_5 - I_6) \frac{l_4}{2} + (I_5 + I_6) l_4 \right]$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 22}{35} \left[(10,24 - 3 - 3,93) \frac{0,15}{2} + (3 + 3,93) 0,15 \right]$$

$$= 1,41 \text{ V}$$

$$\Delta U_{AB} = \frac{\sqrt{3} \rho}{S_1} \left[(I_1 - I_4 - I_2) \frac{l_1}{2} + (I_4 + I_2) l_1 \right]$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 22}{35} \left[(24,21 - 10,24 - 9,06) \frac{0,3}{2} + (10,24 + 9,06) 0,3 \right]$$

$$= 7,1 \text{ V}$$

Tổn thất điện áp toàn đường trục ABEG:

$$\Delta U_{AG} = 2,1 + 1,41 + 7,1 = 10,61 \text{ V} < 11,43 \text{ V}$$

Chọn tiết diện đoạn đường EF

Tổn thất điện áp cho phép đoạn này

$$\Delta U_{EF} = 11,43 - (\Delta U_{AB} + \Delta U_{BE}) = 11,43 - (7,1 + 1,41) = 2,92 \text{ V}$$

Tiết diện đoạn EF:

$$S_5 \geq \frac{\sqrt{3} \rho \cdot I_5 \cdot l_5}{2 \cdot \Delta U_{EF}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 3 \cdot 0,3}{2 \cdot 2,92} = 5,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Chọn } S_5 = 6 \text{ mm}^2$$

Cần chọn 3 loại tiết diện 6; 16; 35 mm² cho các đoạn đường dây còn lại.

Đoạn BC có I₂ lớn, chọn S₂ = 35 mm².

$$\Delta U_{BC} = \frac{\sqrt{3} \cdot 22}{35} \left[(9,06 - 1,69 - 3,44) \frac{0,25}{2} + (1,69 + 3,44) 0,25 \right] = 1,93 \text{ V}$$

$$\Delta U_{CD} = 11,43 - 7,1 - 1,93 = 2,4 \text{ V}$$

Tiết diện đoạn CD

$$S_3 \geq \frac{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 1,69 \cdot 0,2}{2 \cdot 2,4} = 2,68 \text{ mm}^2$$

Để các tiết diện cáp không khác nhau nhiều chọn S₃ = 6 mm².

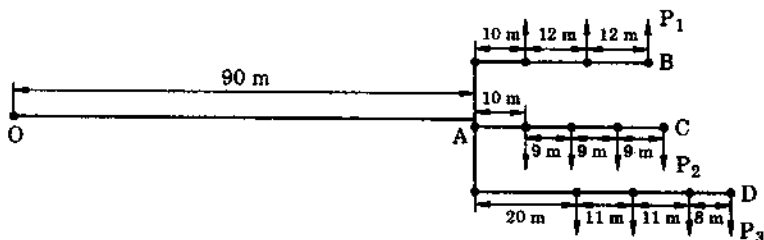
Tiết diện đoạn CH:

$$S_7 \geq \frac{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 3,44 \cdot 0,21}{2 \cdot 2,4} = 5,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Chọn } S_3 = 6 \text{ mm}^2.$$

Ví dụ 6.4. Xác định tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện chiếu sáng (hình 6.11).

Tải của đường dây một pha AB là 3 nhóm đèn, công suất mỗi nhóm $P_1 = 1200W$. Tải của đường dây một pha AC là 4 nhóm đèn, công suất mỗi nhóm $P_2 = 1000W$. Tải của đường dây một pha AD là 4 nhóm đèn công suất mỗi nhóm $P_3 = 700W$. Các đường dây một pha có tiết diện $2 \times 6mm^2$, đường dây 3 pha có tiết diện $4 \times 10mm^2$. Các đèn đều được bù hệ số công suất $\cos\varphi$.



Hình 6.11. Mạng điện chiếu sáng cho ví dụ 6.4

Lời giải: Tổn thất điện áp %:

Đoạn ba pha:

$$\Delta U_{OA} \% = \frac{1}{CS} P_l = \frac{1}{65,6.10} (3600 + 4000 + 2800) \cdot 0,09 = 1,43\%$$

Các đoạn một pha:

$$\Delta U_{AB} \% = \frac{1}{11,6} (0,01.1200 + 0,022.1200 + 0,034.1200) = 1,2\%$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{AC} \% &= \frac{1}{11,6} (0,01.1000 + 0,019.1000 + 0,028.1000 + 0,037.1000) \\ &= 1,32\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{AD} \% &= \frac{1}{11,6} (0,02.700 + 0,031.700 + 0,042.700 + 0,05.700) \\ &= 1,52\% \end{aligned}$$

Tổn thất điện áp:

$$\Delta U_{OB} \% = 1,43 + 1,2 = 2,63\%$$

$$\Delta U_{OC} \% = 1,43 + 1,32 = 2,75\%$$

$$\Delta U_{OD} \% = 1,43 + 1,52 = 2,95\%$$

$$\Delta U_{OD} \% \text{ lớn nhất.}$$

Chương 7

ĐIỀU KHIỂN, QUẢN LÝ VÀ BẢO DƯỠNG HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG

Điều khiển, quản lý và bảo dưỡng nhằm thực hiện và duy trì một hệ thống chiếu sáng chất lượng cao, thoả mãn yêu cầu độ rọi, độ chói, thoả mãn điều kiện tiện nghi, không gây chói lóa, không tạo nên sắp bóng, ánh sáng có nhiệt độ màu và chỉ số màu phù hợp với môi trường chiếu sáng, tâm sinh lý của người sử dụng và tiết kiệm điện năng.

Trong những năm qua ở các nước tiên tiến trên thế giới, hệ thống điều khiển và quản lý chiếu sáng hiện đại đã mang lại lợi ích kinh tế rất lớn: tiết kiệm 50% điện năng tiêu thụ đối với các công trình chiếu sáng hiện có và 35% đối với các công trình mới.

7.1. Các phương pháp điều khiển chiếu sáng

7.1.1. Điều khiển "bật – tắt" (ON – OFF) theo mức

Đây là phương pháp đơn giản để giảm chi phí điện năng. Tắt toàn bộ đèn khi không cần ánh sáng, hoặc tắt một số đèn khi độ rọi yêu cầu ở mức thấp hơn phù hợp với công việc và người sử dụng ở thời điểm đó.

Như đã thấy ở các chương trước, phòng lễ tân thiết kế theo hai mức chiếu sáng 150lx và 500lx; sân vận động thiết kế với ba mức: cho luyện tập, cho thi đấu thông thường, cho thi đấu giải quốc gia và quốc tế, chiếu sáng đường phố, vào ban đêm sau 24h khi mật độ giao thông giảm tắt một nửa số đèn, hoặc hai phần ba số đèn...

Loại điều khiển này rất tiện lợi, song cũng có một số nhược điểm, như ở chiếu sáng đường phố, nếu cắt đi một nửa hoặc hai phần ba số đèn, độ đồng đều độ chói dọc tuyến đường sẽ giảm, có hiện tượng ánh sáng “bạc thang”, làm mờ mắt lái xe.

Điều khiển bật tắt theo mức được sử dụng trong các trường hợp sau:

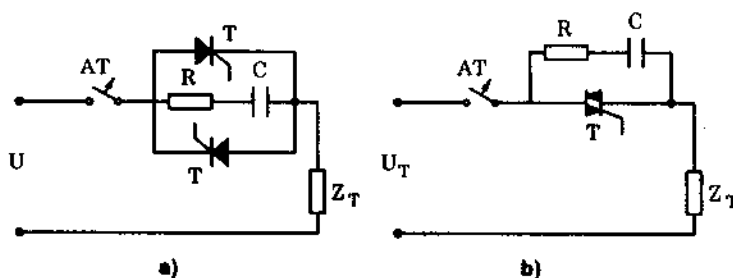
- Phòng tập thể thao đa chức năng.
- Sân bãi thể thao.

- Công xưởng.
- Sân bãi đỗ xe, đường hầm.
- Cửa hàng
- Khoảng giữa các nhà kho.
- Bến cảng.
- Chiếu cảnh giới.
- Chiếu sáng đèn pha ngoài trời.

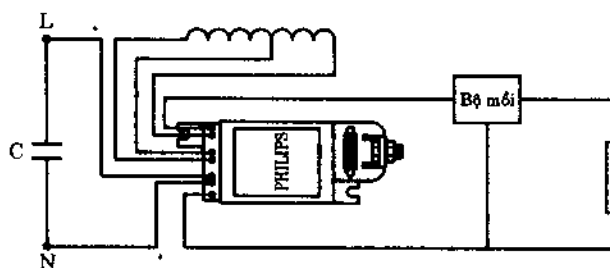
Phương pháp này thường dùng bộ chuyển mạch có hai hoặc nhiều mức.

7.1.2. Điều khiển làm mờ (giảm quang thông đèn)

Phương pháp điều khiển này sử dụng bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều (hình 7.1) cho từng đèn, chấn lưu có nhiều mức công suất (hình 7.2) để thực hiện giảm điện áp đặt vào đèn theo một chiến lược định trước, làm giảm quang thông của đèn, giảm công suất điện đèn tiêu thụ. Phương pháp này có thể tiết kiệm 30% điện năng tiêu thụ cho chiếu sáng và vẫn đảm bảo độ đồng đều chiếu sáng:



Hình 7.1. Bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều



Hình 7.2. Chấn lưu hai mức của Philips

7.2. Các phần tử của hệ thống điều khiển chiếu sáng

7.2.1. Bộ chuyển mạch

Bộ chuyển mạch có nhiều loại: hai hoặc nhiều mức, mỗi mức nối với một số đèn qua công tắc gắn trên tường ở vị trí gần lối ra vào cho phép bật - tắt theo các chế độ. Ví dụ bộ chuyển mạch 4 chế độ: tắt toàn bộ, bật 1/3; 2/3 và toàn bộ đèn

7.2.2. Bộ cảm biến

Bộ cảm biến được đặt trong không gian chiếu sáng, có chức năng cảm nhận các thông số ánh sáng, thông số đối tượng đưa vào bộ điều khiển để tác động cơ cấu bật - tắt đèn hoặc làm giảm quang thông đèn.

Các cảm biến thường sử dụng làm việc dựa vào các nguyên lý: siêu âm, hồng ngoại, quang.

a) Bộ cảm biến tiếp cận (hiện diện) siêu âm

Bộ cảm biến siêu âm sử dụng tinh thể thạch anh làm nguồn phát sóng siêu âm trong không gian và cảm nhận sóng phản xạ từ đối tượng. Theo hiệu ứng Doppler, tần số của sóng siêu âm phản xạ sẽ thay đổi nếu đối tượng chuyển động, do đó có thể phát hiện sự có mặt của đối tượng trong vùng phủ sóng. Bộ cảm biến siêu âm thế hệ mới của Siemens làm việc ở tần số 32kHz có thể phát hiện vật kích thước 6 cm ở tầm xa 10m ngay cả trong điều kiện có sương mù.

Vùng phủ sóng của bộ cảm biến siêu âm liên tục, không có khoảng trống và nhạy hơn bộ cảm biến hồng ngoại. Ví dụ di chuyển của bàn tay được phát hiện ở khoảng cách 7,5m, cánh tay ở 9m, toàn thân ở 12m, tuy nhiên tín hiệu hiện diện (ON) có thể bị sai do có dòng khí, do cửa mở.

Đa số bộ cảm biến hiện diện làm việc tốt với trần thấp hơn 4,2m. Tuy nhiên cũng có một số bộ phát hiện người di chuyển ở độ cao 9m.

b) Bộ cảm biến tiếp cận hồng ngoại

Bộ cảm biến hồng ngoại chế tạo từ vật liệu có hiệu ứng pyroelectric cảm nhận năng lượng nhiệt hồng ngoại do con người phát ra, biến nhiệt lượng hồng ngoại thành tín hiệu điện.

Vùng phát hiện của bộ cảm biến tiếp cận hồng ngoại là một hình nón mở rộng có đỉnh là bộ cảm biến. Đa số bộ cảm biến tiếp cận hồng ngoại có thể cảm nhận chuyển động của cánh tay người ở khoảng cách 4,5m, toàn thân ở 12m. Bộ cảm biến hồng ngoại ít nhạy với tín hiệu hiện diện (ON) so với bộ cảm biến siêu âm. Vùng phát hiện của bộ cảm biến hiện diện hồng ngoại tốt nhất trong khoảng 6m.

c) Nơi lắp đặt cảm biến hiện diện siêu âm và hồng ngoại

Bộ cảm biến tiếp cận siêu âm và hồng ngoại được lắp đặt theo bốn kiểu:

- Lắp trên trần;
- Lắp trên phần cao của tường hoặc góc nhà;
- Lắp trong hộp treo tường gắn lối vào;
- Đặt gần vị trí làm việc hoặc khu điều khiển.

Bộ cảm biến lắp trên trần gần như vạn năng, ứng dụng cho các khu vực khác nhau. Ở vị trí lắp trên cao, chúng tạo nên vùng phủ rộng từ 20 – 180m². Cảm biến hiện diện cũng được lắp trên trần ở những nơi như hành lang, nhà kho với khoảng cách phát hiện 30m.

Bộ cảm biến lắp trên tường thường dùng cho không gian hẹp hơn. Khi lắp trong hộp gắn trên tường nên để ở độ cao 1,2m.

Ngoài bộ cảm biến cố định, người ta còn chế tạo bộ cảm biến di động cỡ nhỏ, lắp ở khoảng cách 1m so với vị trí làm việc, dùng để điều khiển chiếu sáng cục bộ. Bộ cảm biến di động có vùng phủ hẹp, được nối với công tắc chuyển mạch riêng có ưu điểm so với cảm biến đặt cố định là:

- Phát hiện chính xác do ở gần đối tượng.
- Có thể phối hợp điều khiển bằng tay.
- Có thể dùng để điều khiển một số tải.

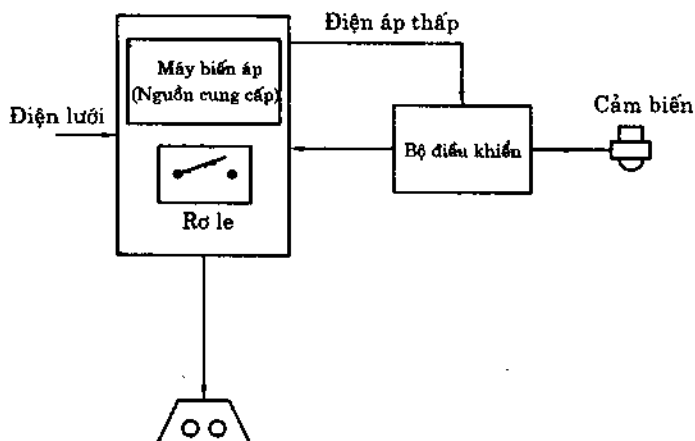
Các cảm biến siêu âm và hồng ngoại có thể điều khiển tải chiếu sáng có công suất cực đại đến 2000W ở 220V và 1000W ở 120V.

Dưới đây đưa ra một số tính năng của cảm biến tiếp cận.

Bảng 7.1. Tính năng cảm biến tiếp cận

Vị trí lắp đặt	Công nghệ	Góc phủ (độ)	Vùng phủ (m ²)	Chiều cao tối ưu (m)
Trần	Siêu âm	360	45 - 180	2,4 - 3,6
Trần	Hồng ngoại	360	27 - 90	2,4 - 9
Trần	Siêu âm + Hồng ngoại	360	27 - 180	2,4 - 3,6
Tường	Siêu âm	180	25 - 27	1,2 - 1,4
Góc rộng	Siêu âm + Hồng ngoại	110 - 120	12	2,4 - 4,5
Tường	Hồng ngoại	170 - 180	27 - 90	1,2 - 1,4
Góc hẹp	Hồng ngoại	12	50	2,4 - 4,5
Hành lang	Siêu âm	360	30	2,4 - 4,5
Trên cao	Hồng ngoại	12 - 120	30	9
Góc cao	Phối hợp	110 - 120	150 - 300	2,4 - 3,6
Trần cao	Phối hợp	360	150 - 300	2,4 - 3,6

Sơ đồ hệ thống điều khiển dùng cảm biến vẽ trên hình 7.3.



Hình 7.3. Sơ đồ hệ thống điều khiển dùng cảm biến

Một khảo sát ở Mỹ đưa ra khả năng tiết kiệm điện năng khi sử dụng cảm biến hiện diện ở các phòng điển hình (bảng 7.2).

Bảng 7.2. Khả năng tiết kiệm điện năng khi sử dụng cảm biến hiện diện

Loại phòng	Trong giờ làm việc %	Sau giờ làm việc %	Toàn bộ thời gian %
Vệ sinh	18	42	60
Hội thảo	27	23	50
Phòng làm việc	25	13	38
Phòng nghỉ	14	15	29
Lớp học	23	35	58

d) Bộ cảm biến quang

Bộ cảm biến quang (photosensor) thường được sử dụng để điều khiển đóng cắt đèn hoặc điều chỉnh quang thông đèn khi có ánh sáng tự nhiên ban ngày nhằm đảm bảo độ rọi yêu cầu, song điện năng tiêu thụ tối thiểu.

Bộ cảm biến quang cảm nhận mức chiếu sáng trong không gian, tác động lên cơ cấu điều khiển đóng, tắt, hoặc giảm quang thông đèn.

Việc điều khiển chiếu sáng theo ánh sáng tự nhiên ở các toà nhà có cửa lấy ánh sáng rộng có thể tiết kiệm từ 30 – 40% điện năng.

7.2.3. Bộ thời gian

Việc bật tắt đèn theo thời gian phụ thuộc vào mùa và thời gian trong ngày do cơ cấu đồng hồ quyết định.

Để điều khiển quang thông của đèn phóng điện có thể sử dụng chấn lưu nhiều mức. Vào giờ cao điểm giao thông đèn được nối với cuộn dây của chấn lưu đảm bảo công suất đèn định mức. Vào giờ thấp điểm, tín hiệu điều khiển làm chuyển mạch cuộn dây chấn lưu về mức số vòng dây nhiều hơn, điện áp trên đèn nhỏ hơn và công suất tiêu thụ nhỏ hơn.

Loại điều khiển theo thời gian cũng thường sử dụng để cắt bớt một số đèn trong giờ thấp điểm hoặc cắt toàn bộ đèn ở chế độ ban ngày.

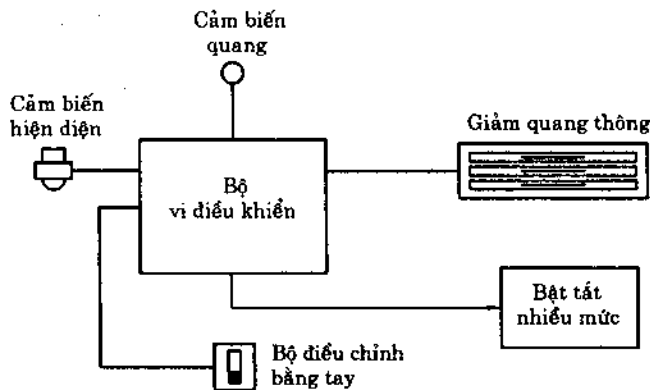
Bảng 7.3. Chỉ dẫn lựa chọn phần tử của hệ thống điều khiển chiếu sáng

Không gian chiếu sáng	Phần tử của hệ điều khiển
Không gian sử dụng không xác định. Nhà kho, bệnh viện...	– Bộ thời gian – Cảm biến tiếp cận
Không gian sử dụng xác định, có thời gian sử dụng quy định	– Thiết bị hẹn giờ
Chiếu sáng ngoài trời, mặt nhà, bãi đỗ xe	– Cảm biến quang – Thiết bị hẹn giờ
Chiếu sáng nội thất có cửa sổ rộng. Chiếu sáng nội thất nói chung	– Cảm biến quang – Chuyển mạch nhiều nấc – Cảm biến tiếp cận
Không gian cần thay đổi mức chiếu sáng theo thời gian	– Bộ điều chỉnh điện áp – Chấn lưu nhiều mức – Chuyển mạch nhiều mức.

7.3. Sử dụng bộ vi điều khiển và bộ logic khả trình PLC

Bộ vi điều khiển là bộ vi xử lý chuyên dụng có thể lập trình để thực hiện đóng cắt và điều chỉnh quang thông của đèn theo yêu cầu.

Điều khiển chiếu sáng bằng bộ vi điều khiển thực hiện như sau: tín hiệu cảm nhận từ bộ cảm biến tiếp cận hay cảm biến quang được đưa vào bộ vi điều khiển xử lý, thực hiện đóng cắt đèn hoặc giảm quang thông đèn (hình 7.4).

**Hình 7.4. Điều khiển chiếu sáng bằng bộ vi điều khiển**

Trong các toà nhà hiện đại có những thiết bị chiếu sáng với các mục đích khác nhau, trong các công trình văn hoá thể thao, cần điều chỉnh độ rọi theo yêu cầu của biểu diễn và thi đấu, người ta sử dụng các bộ logic khả trình chuyên dụng có nhiều đầu vào và đầu ra với công suất lớn có thể lập trình cho mục đích điều khiển theo yêu cầu của người sử dụng.

7.4. Quản lý hệ thống chiếu sáng

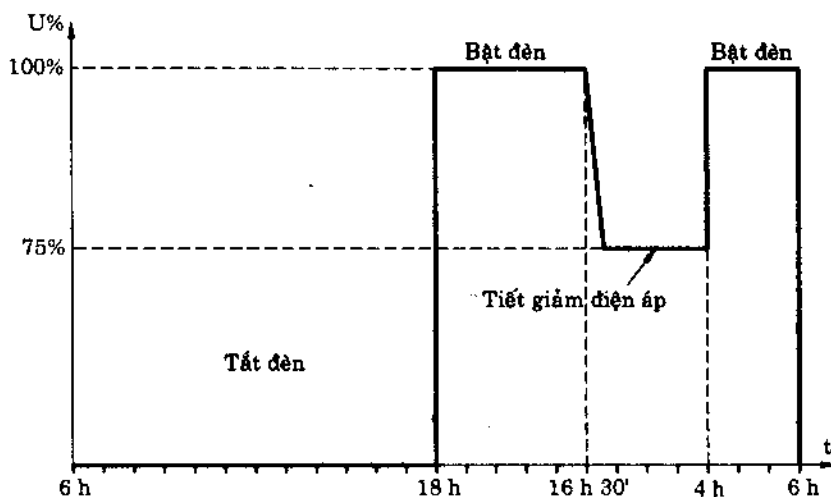
Mục tiêu của quản lý là đảm bảo cho hệ thống chiếu sáng luôn trong tình trạng hoạt động tốt, cung cấp cho người dùng mức chiếu sáng hợp lý nhất, đảm bảo tiện nghi nhìn và tiết kiệm điện năng. Do đó công tác quản lý hệ thống chiếu sáng tập trung vào công tác quản lý vận hành, nhu cầu sử dụng điện năng, bảo dưỡng và tuần tra giám sát hệ thống hiệu quả, kịp thời.

7.4.1. Quản lý vận hành và giám sát từ xa qua mạng chế độ làm việc của các thiết bị trong hệ thống chiếu sáng

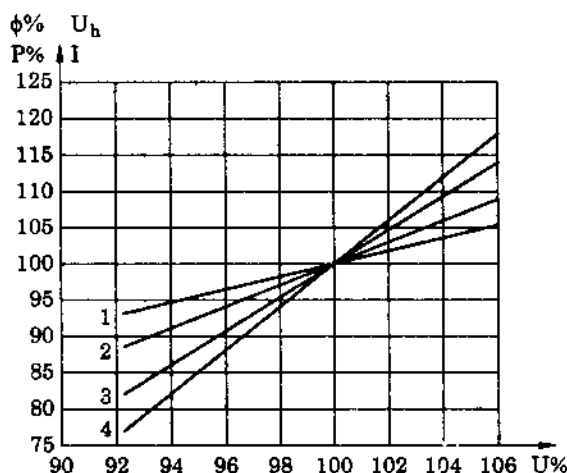
Vận hành đúng quy trình và giải quyết kịp thời các tình huống xuất hiện khi vận hành đóng vai trò quan trọng trong việc thực hiện các yêu cầu đặt ra khi thiết kế.

Hệ thống điều khiển và giám sát từ xa đèn chiếu sáng đường qua mạng đang được sử dụng rộng rãi ở nhiều thành phố trên thế giới. Hệ thống này sử dụng bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều điện tử công suất (hình 7.1a,b). Sử dụng sơ đồ điều chỉnh điện áp xoay chiều Triac (hình 7.1b) cho phép điều chỉnh đơn giản bằng IC chuyên dụng TCA 785 mà không cần sử dụng máy biến áp đồng pha, cũng như máy biến áp xung.

Sơ đồ này có kích thước gọn được thiết kế phù hợp với công suất đèn, lắp đặt trên từng cột đèn. Chiến lược điều khiển điện áp được cho trên hình 7.5, trong đó trục hoành là thời gian trong ngày và trục tung là mức điện áp trên đèn. Khi điện áp đặt lên đèn thay đổi, quang thông, dòng điện và công suất của đèn sẽ thay đổi (hình 7.6).



Hình 7.5. Chiến lược điều khiển điện áp theo thời gian



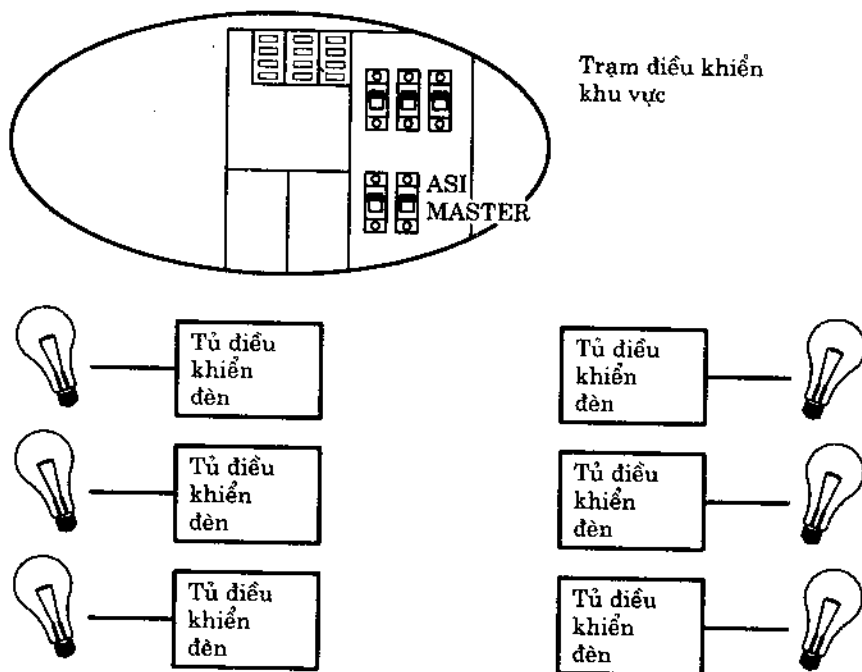
Hình 7.6. Quan hệ các đặc tính đèn theo điện áp nguồn U

1. Dòng điện I; 2. Công suất tiêu thụ P; 3. Điện áp hồ quang U_h ; 4. Quang thông Φ .

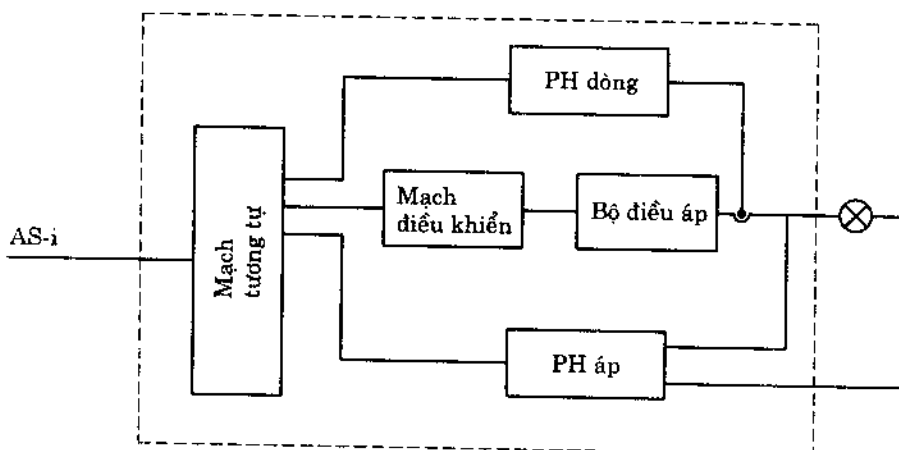
Trong tủ điều khiển PLC (hình 7.7) mỗi bộ logic lập trình PLC có chương trình điều khiển tất cả các đèn mà nó quản lý. Chương trình này có thể được nạp trực tiếp qua giao thức UNITELWAY hoặc được nạp từ xa qua giao thức TCP/IP.

Mỗi đèn có một địa chỉ IP khác nhau. ETZ 510 cũng là một web server chứa các trang web điều khiển và giám sát trạng thái hoạt động của tất cả các đèn trong khu vực do người sử dụng phát triển. Máy tính trung tâm được cài đặt giao diện người máy HMI cho phép người điều hành quan sát trạng

thái hoạt động của toàn bộ mạng chiếu sáng và vận hành theo chiến lược chiếu sáng tiết kiệm điện và hiệu quả.



Hình 7.7. Tủ điều khiển PLC



Hình 7.8. Tủ điều khiển đèn

Trong tủ điều khiển đèn (hình 7.8) gồm có bộ biến đổi dòng và áp có chức năng biến đổi điện áp và dòng điện của đèn thành tín hiệu một chiều 0 – 10V, cung cấp thông tin về trạng thái hoạt động của đèn.

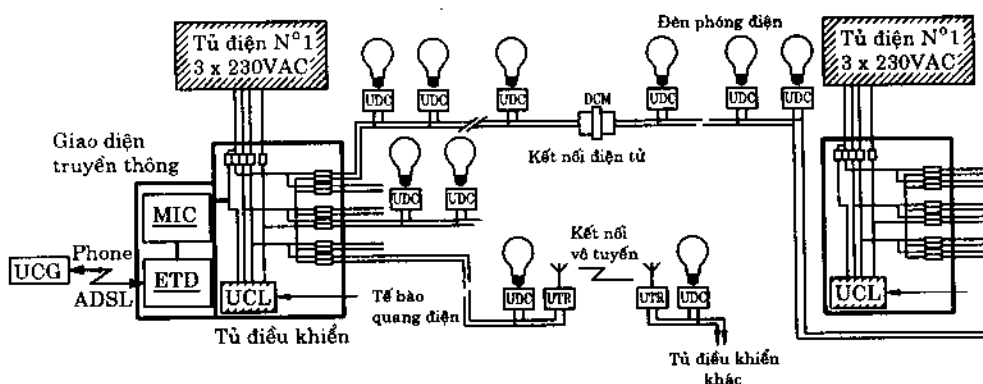
Môđun tương tự tích hợp giao diện mạng làm nhiệm vụ cung cấp giá trị điện áp điều khiển cho Triac đồng thời thực hiện biến đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số. Môđun này phải tích hợp giao diện mạng fieldbus để có thể kết nối vào mạng thông tin kỹ thuật số.

Lựa chọn công nghệ fieldbus AS - I có chi phí thấp để thiết kế lắp đặt và bảo dưỡng.

Các đèn được nối với trạm điều khiển khu vực sử dụng PLC TSX micro có cổng truyền thông ETZ 510.

Hệ thống đã được áp dụng đảm bảo điều khiển và giám sát từ xa đèn chiếu sáng, lập trình tự động giảm bớt công suất và quang thông của đèn vào ban đêm sau 24 giờ khi mật độ giao thông giảm mà vẫn đảm bảo độ đồng đều chiếu sáng.

Trên hình 7.9 giới thiệu cơ cấu mạng Luxicom một công nghệ mới cho quản lý và kiểm tra chiếu sáng đường phố.



Hình 7.9. Cơ cấu mạng Luxicom

UDC - Bộ điều khiển đèn:

- Mỗi bóng đèn được quản lý bởi 1UDC.
- UDC giao tiếp qua đường truyền PLC.

- Chức năng chính của UDC:

- + Công tác: ứng dụng các lệnh nhận từ UCL: ON → tiết áp → OFF.
- + Ổn áp điện nguồn.
- + Tiết áp theo hai chế độ: thường, tiết áp.
- + Tự thích nghi với điện áp tăng giảm để tránh làm tắt đèn.
- + Phát hiện mọi hư hỏng của bóng đèn.
- + Đấu nối điện và kiểm tra các bộ điều khiển bên cạnh.

UCL - Điều khiển khu vực:

- Mỗi UCL quản lý một khu vực được lắp trong tủ điện. Có nhiều UCL (100 ÷ 200).

- Chức năng chính của UCL:

- + Kiểm soát ON/OFF của tế bào quang điện.
- + Theo dõi khu vực và truyền thông tin:
Đèn xuống cấp hoặc hư hỏng, sự cố điện nguồn, sự cố tại điểm sáng (cầu chì, aptômát, sự cố đấu nối điện).
- + Lưu giữ lịch trình các chế độ tiết áp.
- + Truyền thông tin nhận được từ trung tâm điều khiển UCG đến các UDC.

DCM/UTR - Bộ kết nối:

Hai loại kết nối khu vực:

- Hữu tuyến: Kết nối điện từ DCM.

Đảm bảo sự liên tục của mạng Luxicom bằng cách truyền dữ liệu giữa các khu vực.

- Vô tuyến: Bộ truyền sóng RF:UTR: Đảm bảo sự liên tục của mạng Luxicom bằng sóng vô tuyến 433MHz. Mỗi kết nối được thực hiện bởi 2UTR.

MIC/ETD - Giao diện truyền thông gồm:

- MIC giao diện truyền thông cấp bộ điều khiển chuyển đổi tín hiệu analog từ dòng điện mang thành tín hiệu RS232 (ngôn ngữ lập trình).

- ETD thiết bị truyền dữ liệu. Mang lại sự liên tục cho mạng Luxicom bằng điện thoại từ xa đến máy tính.

UCG – Bộ điều khiển trung tâm gồm:

- Máy tính chuyên dụng.
- Hệ điều hành Microsoft Windows.
- Luxisoft phần mềm thuộc hệ thống Luxicom.
- Một hoặc nhiều đường điện thoại.

7.4.2. Quản lý nhu cầu sử dụng điện năng chiếu sáng

Quản lý nhu cầu sử dụng DSM (Demand Side Management) là tổng hợp các giải pháp kỹ thuật và quản lý nhằm sử dụng hợp lý và hiệu quả năng lượng cho sản xuất và đời sống nói chung và cho chiếu sáng nói riêng.

Nội dung cơ bản của DSM là:

- Sử dụng các thiết bị (điện, nhiệt, cơ khí...) có hiệu suất cao.
- Cải tạo lưới điện nhằm giảm tổn hao công suất truyền tải và phân phối.
- Bù công suất phản kháng.
- Vận hành tối ưu toàn hệ thống.

Đối với hệ thống chiếu sáng để thực hiện nội dung DSM, trước hết cần tuân thủ nghiêm ngặt về mật độ công suất chiếu sáng LPD (Lighting Power Density) là công suất điện chiếu sáng (W) trên một đơn vị diện tích công trình (m^2). Bảng 7.4, 7.5, 7.6, 7.7 đưa ra LPD của nước ta và của ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineer) và California để tham khảo.

Bảng 7.4. Mật độ công suất các dự án chiếu sáng (QCXDVN - 09 - 2005)

Loại hình công trình	Không gian chức năng	LPD (W/m^2)	E (lux)
Điển hình các loại công trình	– Hành lang	5 – 7	110
	– Sảnh	10 – 13	175
	– Sửa soạn thức ăn	13	400
	– Kho chứa	8	200
Chung cư	Căn hộ/ Không gian công cộng	9	300
Ngân hàng	– Sảnh chung	8 – 18	150
	– Sảnh khu vực viết	12 – 14	

Bảng 7.5. Chiếu sáng công cộng đô thị

TT	Hạng mục	Đơn vị	Đô thị đặc biệt, loại 1	Đô thị loại 2, loại 3	Đô thị loại 4, 5 và điểm dân cư nông thôn
1	Chiếu sáng công trình giao thông	kW/ha	12 – 15	10 – 12	6 – 10
2	Chiếu sáng công trình công cộng	kW/ha	5 – 7	3 – 5	1 – 3
3	Chiếu sáng quảng cáo, lễ hội	% mục 2	30 – 50%	20 – 30%	10 – 20%

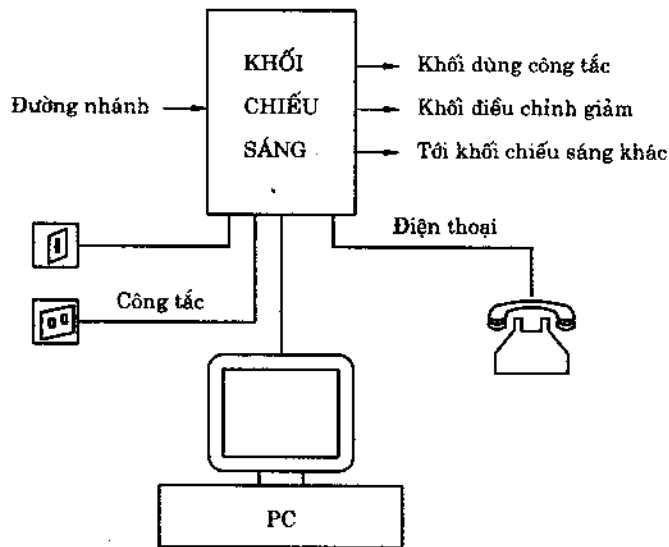
Bảng 7.6. Quy hoạch chung về yêu cầu chiếu sáng công cộng

TT	Hạng mục	Đơn vị	Suất sử dụng điện	Ghi chú
1	Chiếu sáng đường chính có mặt cắt > 11,5m	kW/ha	12 – 15	
2	Chiếu sáng đường nội bộ có mặt cắt < 11,5m	kW/ha	6 – 12	
3	Đất giao thông tĩnh, quảng trường.	kW/ha	8 – 10	
4	Chiếu sáng công viên cây xanh đô thị	kW/ha	5 – 10	
5	Chiếu sáng công viên cây xanh khu dân cư	kW/ha	4 – 6	Mật độ 50 – 80%
6	Chiếu sáng công trình hạ tầng điểm nhấn	W/m ² sàn	10 – 15	Mật độ 80 – 100%

Bảng 7.7. Mật độ công suất chiếu sáng nội thất LPD (W/m^2)

Loại công trình	QCXDVN - 09 - 2005	California 2001	ASHRAE 1999
Nhà chung cư	9	–	–
<i>Nhà văn phòng:</i>	12 – 13	12	13
Phòng làm việc	12	13	13 – 15 (hở - kín)
Phòng kế toán	12	–	–
Phòng hội thảo	13	13	15
<i>Thư viện:</i>	–	–	–
Phòng đọc	14	12	15
Kho sách	–	15	19
<i>Cửa hàng:</i>	15 – 20	17	19
Tự phục vụ	14	–	–
Siêu thị	17	15	15
<i>Trường học:</i>	10 – 15	14	15
Trung học, tiểu học	13	16	16
Đại học, Cao đẳng	13	16	16
Phòng thí nghiệm	–	16	16
Phòng học thể dục	–	10	11
Phòng chơi thể dục	–	10	19
Phòng khán giả, nhà hát	14 – 15	14	18
Nhà hàng, quán ăn	14 – 15	11	14

Ngày nay tại một số nước có quy chuẩn nghiêm ngặt về hiệu quả năng lượng, có hệ thống quản lý năng lượng EMS (energy management systems) có khả năng kiểm soát một phần hoặc toàn bộ năng lượng, thiết bị của toà nhà, trong đó có hệ thống quản lý chiếu sáng LMS (lighting management systems). Hình 7.10 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của hệ thống LMS cho các toà nhà lớn.



Hình 7.10. Sơ đồ nguyên lý hệ thống quản lý điện năng chiếu sáng toà nhà lớn

7.5. Chiếu sáng hiệu quả và tiết kiệm điện năng trong chiếu sáng

Điện năng cho chiếu sáng thường chiếm khoảng 20% điện năng tiêu thụ, mặt khác đèn được sử dụng vào giờ cao điểm, buộc hệ thống điện phải huy động toàn bộ công suất của tất cả các nhà máy điện, do đó vấn đề chiếu sáng hiệu quả và tiết kiệm điện năng phải là mối quan tâm chung của toàn xã hội.

Theo số liệu của Tổ chức năng lượng thế giới IEA năm 2005 điện năng cho chiếu sáng trên toàn thế giới là 2650 TWh chiếm khoảng 19% tổng sản lượng điện tiêu thụ, gấp 1,2 lần điện hạt nhân của toàn thế giới. Tỷ phần tiêu thụ điện cho chiếu sáng như sau: 31% cho khu vực dân cư, 43% cho thương mại và dịch vụ, 18% cho khu vực chiếu sáng công nghiệp và 8% cho chiếu sáng công cộng.

Vấn đề chiếu sáng hiệu quả và tiết kiệm điện năng bao gồm một loạt giải pháp kỹ thuật và quản lý ở các cấp quản lý cho đến người tiêu dùng.

Chương trình ánh sáng xanh triển khai hiệu quả trên thế giới đã góp phần giải quyết thiếu hụt năng lượng và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Ở Việt Nam chương trình chiếu sáng hiệu quả và tiết kiệm điện năng được UNDP ủng hộ đã khởi xướng từ 10 năm nay là một trong các giải pháp quản lý nhu cầu phụ tải DSM của Tổng Công ty Điện lực Việt Nam.

Các công ty chiếu sáng như Công ty bóng đèn Rạng Đông với chương trình chiếu sáng học đường và chương trình chiếu sáng doanh nghiệp; Công ty Chiếu sáng và thiết bị đô thị Hà Nội HAPULICO với những thiết bị và giải pháp chiếu sáng cho các công trình đô thị và đường giao thông; Công ty chiếu sáng công cộng Thành phố Hồ Chí Minh với xây dựng thành công hệ thống quản lý chất lượng... Các thiết kế chiếu sáng và các sản phẩm đèn chấn lưu và bộ đèn và việc quản lý chất lượng của các công ty trên đã thực sự hiệu quả và tiết kiệm điện năng, mang lại giá trị lớn về kinh tế.

Các giải pháp chiếu sáng hiệu quả và tiết kiệm điện năng đã đề cập tổng quát trong khâu thiết kế và quản lý, xin nhắc lại các giải pháp cụ thể:

- Sử dụng các đèn có hiệu suất phát quang (lm/W) cao: Ví dụ dùng loại đèn ống huỳnh quang 1,2m T8 đường kính 26mm 36W thuộc thế hệ mới thay thế đèn T10 - 40W; dùng đèn compact huỳnh quang thay thế đèn sợi đốt cho thiết kế nội thất. Dùng đèn Sodium cao áp thế hệ mới thay thế đèn thuỷ ngân cao áp trong thiết kế đèn giao thông.

- Sử dụng bộ đèn hiệu suất cao, các bộ đèn này có máng phản xạ tốt, nhờ đó tăng hệ số sử dụng quang thông.

- Sử dụng chấn lưu sắt từ tổn hao thấp và nên dùng tụ điện bù hệ số công suất cho đèn dùng chấn lưu sắt từ. Nên sử dụng chấn lưu điện tử tổn thất công suất nhỏ, tăng hệ số phát quang đèn và có hệ số công suất cao.

- Sử dụng triệt để ánh sáng tự nhiên sẵn có của công trình kiến trúc.

- Căn bố trí đèn thích hợp có thể thiết kế nhiều mức chiếu sáng, phối hợp chiếu sáng chung và chiếu sáng cục bộ, đảm bảo độ rọi bề mặt làm việc (đúng yêu cầu).

- Sử dụng các công nghệ điều khiển hiện đại để tắt bớt đèn hoặc giảm quang thông đèn khi yêu cầu mức chiếu sáng giảm.

- Thiết kế mạng điện chiếu sáng hợp lý để giảm tổn thất công suất trên đường dây.

- Nâng cấp, cải tiến, bảo dưỡng thường xuyên và định kỳ hệ thống chiếu sáng.

- Quản lý vận hành hệ thống chiếu sáng tốt.

7.6. Bảo dưỡng hệ thống chiếu sáng

Hệ thống chiếu sáng gồm nhiều trang thiết bị điện, điện tử, cơ khí... ngay từ khi đưa vào sử dụng đã có nguy cơ xuống cấp và hư hỏng do tác

động của môi trường bụi bẩn, khí hậu, thời tiết, sự không ổn định của điện áp lưới và tác động không mong muốn của con người.

Để hệ thống chiếu sáng hoạt động tốt trong suốt vòng đời của nó, công tác bảo dưỡng phải được coi là chiến lược gồm tổng thể các giải pháp kỹ thuật và quản lý để huy động các nguồn lực (con người, thiết bị, công cụ, xe cộ...) vào công việc bảo dưỡng thường xuyên, bảo dưỡng dự phòng và bảo dưỡng theo kế hoạch.

7.6.1. Phát hiện và xử lý các hư hỏng, xuống cấp của hệ thống chiếu sáng

Thông qua giám sát và kiểm tra thường xuyên, phát hiện các hư hỏng. Công việc phân tích các hư hỏng để tìm biện pháp khắc phục trước mắt và lâu dài là rất quan trọng cho công việc bảo dưỡng.

a) Phân tích nguyên nhân hư hỏng và xuống cấp của hệ thống chiếu sáng

Việc nghiên cứu, phân tích nguyên nhân hư hỏng là công việc quan trọng của chương trình bảo dưỡng. Các bước phân tích chính như sau:

- Dự đoán sơ bộ nguyên nhân gây hư hỏng các phần tử, sau khi đã xem xét kiểm tra từng bộ phận.

So sánh nguyên nhân hư hỏng vừa phát hiện với các hư hỏng đã từng xảy ra đối với chi tiết tương tự, để xét xem hư hỏng có tính hệ thống hay chỉ có tính ngẫu nhiên.

Nếu nguyên nhân gây hư hỏng không có tính hệ thống, tiến hành sửa chữa thay thế.

Nếu hư hỏng có tính hàng loạt cần tiếp xúc với hãng cung cấp thiết bị để xác định nguyên nhân và biện pháp khắc phục.

Nếu hư hỏng liên quan đến thiết kế hệ thống chiếu sáng, như chọn thiết bị, yếu tố môi trường... cần hiệu chỉnh lại hoặc thay thế bằng các chi tiết, phần tử thích hợp, kiểm tra toàn hệ thống chiếu sáng.

Nếu hư hỏng liên quan đến thao tác vận hành cần nhận dạng đúng nguyên nhân và sửa đổi lại quy trình vận hành cho phù hợp.

- Xác định chính xác nguyên nhân hư hỏng và đề ra các biện pháp khắc phục, kể cả việc giám sát theo dõi thường xuyên.

- Thực hiện thử nghiệm sau khi tiến hành bảo dưỡng, thông báo và ghi chép kết quả.

· Cần chú ý rằng nếu hư hỏng nhiều phần tử thì cần xác định thứ tự ưu tiên bảo dưỡng.

b) Sự suy giảm quang thông và tuổi thọ của đèn - bảo dưỡng bộ đèn và đèn

b₁) Quang thông suy giảm

Quang thông của bộ đèn suy giảm theo thời gian sử dụng, do sự suy giảm khả năng bức xạ của bóng đèn và do bụi bám bám lên bóng đèn và kính chắn của bộ đèn. Ngay cả khi trong môi trường ít ô nhiễm, quang thông đèn huỳnh quang có thể giảm 15% chỉ sau một năm sử dụng. Nếu thiếu bảo dưỡng thường xuyên các bề mặt trong căn phòng bị bụi bám bẩn làm giảm hệ số phản xạ, bóng đèn và chóa đèn bụi bẩn và sự già hoá của bóng đèn khiến quang thông có thể giảm quá 40%. Khi thiết kế người ta đã đưa vào hệ số bù giảm quang thông δ ($\delta = 1/V_1 V_2 = 1,2 \div 1,6$).

Ngoài ra, khí hậu, thời tiết, điện áp thay đổi, số lần đóng cắt cũng ảnh hưởng nhiều đến tuổi thọ của đèn.

Trong bảng 7.8 dưới đây đưa ra một số nguyên nhân hư hỏng của các đèn phóng điện.

Bảng 7.8. Nguyên nhân hư hỏng của các đèn phóng điện

Hiện tượng xuất hiện	Nguyên nhân do đèn	Các nguyên nhân khác
Đèn không sáng	– Đui không chặt, tiếp xúc không tốt. – Loại đèn không đúng. – Đèn hết hạn sử dụng. – Cấu trúc trong đèn bị hư hỏng.	– Nối dây sai. – Chấn lưu hỏng. – Tế bào quang điện không tác động. – Điện áp quá thấp. – Nhiệt độ quá thấp. – Mạch mới hỏng. – Aptômat nguồn hỏng.
Chu kỳ bật tắt không ổn định	– Đèn hết hạn sử dụng. – Ống hồ quang không ổn định.	– Điện áp nguồn quá thấp. – Chấn lưu không phù hợp.
Đèn quá sáng	– Loại đèn không đúng.	– Điện áp nguồn quá cao. – Chấn lưu không phù hợp (tổng trở quá nhỏ).
Đèn quá tối	– Loại đèn không đúng. – Đèn hết hạn sử dụng.	– Điện áp nguồn thấp. – Chấn lưu không phù hợp (tổng trở quá lớn). – Tắc te hỏng. – Bụi bám nhiều. – Mối nối tiếp xúc kém. – Tự điện bị chập.

b₂) Bảo dưỡng bộ đèn, đèn

Thay từng bóng đèn đôi khi cần thiết, nhưng công thay đơn chiếc rất đắt. Nếu các bóng và chóa đèn được thay thế và làm sạch cùng một lúc sẽ đỡ tốn kém hơn và làm cho hệ thống luôn có hiệu suất cao.

Nên thay bóng đèn khi chúng đạt thời gian vận hành bằng $60 \div 80\%$ tuổi thọ.

Những thiết bị chính cần thiết để bảo dưỡng hệ thống chiếu sáng gồm: thang hoặc cần cẩu, đồ nghề điện và cơ khí, máy hút bụi hoặc ống thổi, hoá chất làm sạch, giẻ lau...

Lựa chọn các hoá chất làm sạch cần tuân theo các chỉ dẫn sau:

- Làm sạch chất liệu nhôm dùng xà phòng ít xút và rửa bằng nước sạch. Không được dùng các chất kiềm mạnh để rửa các phần nhôm.

- Để rửa các phần có tráng bạc trên bề mặt của các chi tiết bằng nhựa dùng dung dịch 0,5% chất tẩy và nước với vải mềm.

- Làm sạch lớp men trên gốm bằng vải sạch không nhám. Chất tẩy và chất làm sạch kính và ô tô đều dùng có hiệu quả.

- Làm sạch lớp men tổng hợp dùng chất tẩy không nhám, không dùng các chất tẩy mạnh hoặc các chất côn.

- Rửa kính bằng các chất làm sạch. Rửa nước, lau kính bằng vải mềm.

- Làm sạch các phần nhựa với các hoá chất chống tĩnh điện. Hoá chất này lấy đi các điện tích thường hút các bụi bẩn lên bộ đèn. Sau khi các phần nhựa đã được rửa, không nên lau khô, vì việc này lại tạo ra các điện tích. Cũng không nên để các phần nhựa tự khô, vì nó để lại các vết bẩn. Nên dùng máy hút bụi cho trường hợp này.

Việc bảo dưỡng định kỳ hệ thống chiếu sáng cần thực hiện theo các nội dung sau:

- Lau đèn, chóa đèn và các phụ kiện định kỳ 4 lần một năm để đảm bảo phát quang và phản xạ tốt. Nếu chóa đèn bị gỉ cần đánh gỉ và sơn lại.

- Kiểm tra định kỳ bộ đèn phát hiện sự làm việc không bình thường như ánh sáng nhấp nháy, linh kiện không hoạt động.

- Thay thế nhóm đèn cũ có quang thông bị suy giảm nhiều bằng các đèn mới.

- Làm sạch hoặc sơn tường, trần để đảm bảo hệ số phản xạ tốt.
- Cần sử dụng bộ lọc sóng hài đối với các đèn phóng điện để tránh gây nhiều ảnh hưởng xấu đến các thiết bị điện tử lân cận.
- Khi làm vệ sinh hoặc thay thế đèn, bộ đèn, cần cắt điện, đảm bảo an toàn.

c) Nguyên nhân hư hỏng cáp điện. Bảo dưỡng cáp điện

c₁) Nguyên nhân hư hỏng cáp điện

Cáp có thể bị hư hỏng do nhiều nguyên nhân. Sau đây nêu một số nguyên nhân chính:

- Hư hỏng cơ học.

Hư hỏng cơ học có thể do đứt gãy, đứt hoặc hư hỏng vật liệu vỏ bọc. Nếu hư hỏng vỏ, hơi ẩm thâm nhập vào, làm xuống cấp cách điện sẽ làm cáp hỏng.

- Ăn mòn vỏ cáp.

Vỏ cáp có thể bị ăn mòn do:

- + Ảnh hưởng của chất đất và tác nhân hoá học chứa trong đất.
- + Tác dụng điện hoá.
- + Axit và kiềm trong ống dẫn.

Việc ăn mòn vỏ chì và vỏ kim loại khác làm cho ẩm thâm nhập vào các lớp cách điện dẫn tới hư hỏng cáp. Có thể giảm thiểu ăn mòn điện hoá bằng bảo vệ catốt, sơn cách điện, thoát nước và ngăn cách với nguồn ô nhiễm hoá học.

- Ẩm thâm nhập vào cách điện:

Do hư hỏng cơ học và các nguyên nhân khác, ẩm thâm nhập vào hệ thống cách điện làm cho cáp bị xuống cấp. Những hư hỏng do ẩm thâm nhập vào cáp có thể nhận biết bằng các dấu hiệu sau:

- + Giấy cách điện bị mủn.
- + Rách các băng quấn cáp.
- + Vết bẩn trên mặt trong của vỏ cáp.
- + Có đọng nước.
- + Lõi nhôm có lớp bột trắng bao quanh.

– Phát nóng của cáp:

Cáp bị phát nóng quá mức có thể do cách điện bị xuống cấp, do quá tải, nhiệt độ môi trường cao mà thông gió không đủ, do nguồn nhiệt bên ngoài. Ảnh hưởng của nhiệt độ quá mức có thể làm cáp bị rạn nứt, cách điện tróc ra và biến màu.

– Ảnh hưởng của cháy và sét:

Lửa cháy trong rãnh và ống dẫn cáp có thể gây nguy hiểm cho cáp nằm trong vùng lân cận. Có thể đặt rào chắn lửa giữa các nhóm cáp nhằm hạn chế cháy tràn lan. Có thể đặt chống sét để bảo vệ cáp khi cáp nối với đường dây trên không để giảm thiểu hư hỏng cáp khi sét đánh vào.

– Đánh thủng:

Khi cách điện của cáp bị yếu, dễ có khả năng bị đánh thủng về điện gây sự cố ngắn mạch một pha (pha - đất) hoặc ngắn mạch giữa các pha. Những nguyên nhân có thể do:

+ Yếu tố con người gây nên.

+ Chất độn cáp không ổn định.

+ Ion hoá tạo nên đường dẫn.

c₂) Bảo dưỡng cáp điện

Quan sát cáp, ống dẫn cáp bằng mắt khi cáp đang vận hành. Nếu muốn chạm vào cáp hoặc tháo đầu nối cáp cần phải cắt điện. Việc kiểm tra cáp ở rãnh trong trạm được tiến hành hàng năm dựa trên cơ sở:

– Hư hỏng bên ngoài, cong gãy, quá ứng suất cáp, bị cắt đứt, dập vỏ cáp.

– Chảy dầu, trào cách điện.

– Nối đất không tốt, hư hỏng vỏ kim loại, giá đỡ cáp bị ăn mòn, kiểm tra sự liên tục của hệ thống nối đất chính.

– Hư hỏng do cháy.

– Có xuất hiện phóng điện văng quang.

– Vết trên đầu nối và hộp cáp.

Kiểm tra cáp treo trên không cần chú ý những hư hỏng cơ học do dao động, hoặc xuống cấp của hệ thống giá đỡ và treo.

d) Kiểm tra bảo dưỡng các thiết bị đóng cắt bảo vệ hạ áp

Tủ đóng cắt hạ áp thường được trang bị aptômát (CB), cầu dao,... Tần suất kiểm tra và bảo dưỡng thường là $3 \div 6$ tháng với các thiết bị mới, và $1 \div 2$ năm với các thiết bị đang vận hành. Tần suất kiểm tra bảo dưỡng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như điều kiện môi trường: nhiệt độ, độ ẩm, bụi bẩn, chế độ làm việc, số lần sự cố.

d₁) Kiểm tra bảo dưỡng tủ điện

Chu kỳ bảo dưỡng phụ thuộc vào số lần cắt, nhất là cắt sự cố, thời gian và hệ số quá tải, điều kiện làm việc và môi trường xung quanh. Sau đây là những hướng dẫn có tính khái quát về kiểm tra bảo dưỡng tủ điện.

– Với thiết bị đang vận hành lắng nghe tiếng động, độ rung để phát hiện các hiện tượng không bình thường. Dùng mắt quan sát xem có hiện tượng phóng điện cục bộ không, kết hợp với mũi ngửi khí ôzôn hoặc hiện tượng quá nhiệt của vật liệu cách điện và tìm các chỗ hỏng mà bụi chui vào.

– Với thiết bị không có điện (không vận hành), quan sát xem cách điện có chỗ nào bị nứt, vỡ hoặc có dấu hiệu không bình thường, sau đó kiểm tra ốc vít có bị lỏng, có bị vật lạ va chạm vào không, làm sạch cách điện và tìm các chỗ hỏng mà bụi bẩn chui vào.

– Cần xem xét kỹ các chỗ đặc biệt như: ranh giới giữa hai chi tiết cách điện giữa vật cách điện và nối đất, bề mặt cách điện... có thể tạo nên dòng rò.

– Các chỗ có khả năng rạn nứt nhất là các chỗ trụ đỡ kim loại liên kết với cách điện. Nguyên nhân rạn nứt có thể do vận chuyển va đập khi lắp ráp, hoặc do lực điện động khi bị sự cố ngắn mạch, do nóng lạnh đột ngột của môi trường.

– Nhiệt độ làm việc cao hơn nhiệt độ cho phép của cách điện làm chúng bị già hoá. Những hiện tượng do nhiệt độ gây ra có thể nhận biết bằng quan sát nhìn thấy:

- + Sự biến màu của vật liệu cách điện.
- + Các vết rạn nhỏ, rạn lớp phủ bề mặt.
- + Có thể có bụi than nếu quá nóng.
- + Mùi đặc biệt của cách điện nhất là với chất cách điện gốc hữu cơ.

– Bám bẩn luôn cùng đi với nước, tạo nên dòng điện rò. Khi độ ẩm quá cao, hoặc khi nhiệt độ môi trường giữa ngày và đêm chênh lệch lớn, trên bề mặt cách điện sẽ có các giọt nước, làm bụi bẩn bám vào tạo thành các nhân tố giảm cường độ cách điện.

d₂) Kiểm tra bảo dưỡng áp tômát (CB)

Kiểm tra bảo dưỡng áp tômát gồm các khâu:

- Làm vệ sinh bên ngoài.
- Quan sát phát hiện các chỗ hỏng hóc.
- Kiểm tra phân đầu nối và xiết lại các mối liên kết.
- Thử đóng cắt bằng tay để kiểm tra cơ cấu truyền động.
- Kiểm tra các chi tiết cách điện, bề mặt phóng điện.
- Kiểm tra điện trở tiếp xúc của các tiếp điểm.
- Để làm sạch bên trong có thể dùng khí nén thổi.

d₃) Kiểm tra bảo dưỡng cầu dao, cầu chì

– Với dao cách ly vì không phải đóng cắt dòng điện lớn nên số lần kiểm tra bảo dưỡng ít hơn. Còn với cầu dao phụ tải hoặc cầu dao cắt mạch, vì chế độ làm việc, nhất là với cầu dao cắt mạch, tương tự như áp tômát, nên việc kiểm tra bảo dưỡng tương tự như áp tômát.

– Cầu chì được dùng khá phổ biến với các kích cỡ khác nhau. Trước khi tháo cầu chì ra để kiểm tra bảo dưỡng cần phải cắt điện. Kiểm tra tiếp điểm đầu nối của cầu chì phải được làm sạch chỗ bắn, gỉ.

– Làm sạch phần cách điện (vỏ) cầu chì. Quan sát xem vỏ có bị rạn nứt không, và đặc biệt chú ý xem các tác nhân đập hồ quang (với cầu chì có chất nhồi) còn có đủ trong vỏ không và tiến hành thay thế nếu cần.

– Các giá đỡ cách điện, sứ... phải xem xét kiểm tra mặt ngoài, các liên kết, có bị hỏng không, có bị vỡ không, nếu không bình thường phải thay thế.

d₄) Kiểm tra và bảo dưỡng thiết bị nối đất

– Kiểm tra sơ đồ mạch của hệ thống và quy trình tác động của các thiết bị này.

– Ở trạng thái mở của cầu dao nối đất kiểm tra điện trở nối đất, kiểm tra hệ thống tín hiệu cảnh báo.

7.6.2. Thay thế - đổi mới - nâng cấp hệ thống chiếu sáng

Thay thế - đổi mới - nâng cấp hệ thống chiếu sáng là cần thiết do các nhu cầu sau:

- Hiệu quả sử dụng năng lượng và môi trường.
- An toàn và an ninh.
- Thẩm mỹ, diện mạo, những trông đợi xã hội.
- Sử dụng công nghệ mới.

Để nâng cấp hệ thống chiếu sáng cần tiến hành điều tra đánh giá lợi ích, chi phí vòng đời để xác định phương án phù hợp.

Có thể nâng cấp hệ thống chiếu sáng theo hai biện pháp:

- Dùng bóng đèn và bộ đèn thế hệ mới hiệu suất cao, dùng chấn lưu sắt từ tổn hao thấp hoặc chấn lưu điện tử, thay thế đường dây cũ, do đó giảm công suất tiêu thụ của hệ thống chiếu sáng và chất lượng chiếu sáng tốt hơn.
- Áp dụng công nghệ điều khiển hiện đại để điều khiển chiếu sáng hiệu quả sẽ giảm được điện năng tiêu thụ mà vẫn đảm bảo tiện nghi cho người sử dụng.

Một số nâng cấp hệ thống chiếu sáng ở trường học, cơ quan, v.v... cho thấy có thể giảm điện năng tiêu thụ khoảng 30 ÷ 50%. Một số nâng cấp chiếu sáng đường phố có thể giảm điện năng tiêu thụ khoảng 30 ÷ 40%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Văn Doanh – Đặng Văn Đào, *Kỹ thuật chiếu sáng tiện nghi và hiệu quả năng lượng*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 6 – 2008.
2. Phạm Đức Nguyên, *Chiếu sáng trong kiến trúc*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 11 - 2006.
3. *Tuyển tập các bài giảng cho khoá đào tạo nâng cao về chiếu sáng công cộng hiệu suất cao*, 6 - 2008 (do VEEPL - tổ chức) của Trần Đình Bắc, Nguyễn Anh Tuấn, Lê Văn Doanh, Đặng Văn Đào, Lê Công Tuấn Kiệt, Shahab Qureshi, Trần Đình Hùng ...
4. Patrick Vandeplanque, *L' e'clairage. Kỹ thuật chiếu sáng (Những khái niệm cơ sở, thiết kế chiếu sáng)*. Bản dịch của Lê Văn Doanh và Đặng Văn Đào, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
5. *Association Francaise de l' e'clairage, Cours d' e'clairage* 2000.
6. Jack L. Lindsey, FIES, *Applied illumination engineering*, 1995.
7. Charles L. Amick, *Illumination*, 1995.
8. *Các catalogue về thiết bị chiếu sáng của Osram, Philips, Mazda, Hapulico, Rạng Đông, Cadivi.*
9. *Bộ tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) về chiếu sáng.*

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Chương 1. Ánh sáng - Các đại lượng đo ánh sáng	5
1.1. Ánh sáng.....	5
1.2. Các đại lượng và đơn vị đo ánh sáng.....	7
1.3. Sự phản xạ, hấp thụ và thấu xạ	12
1.4. Định luật Lambert	13
1.5. Độ tương phản C.....	14
1.6. Đặc tính màu của ánh sáng	15
Chương 2. Thiết bị chiếu sáng	17
2.1. Nguồn sáng điện (đèn điện)	17
2.2. Đèn sợi đốt.....	18
2.3. Đèn phóng điện	21
2.4. Các nguồn sáng mới	27
2.5. Chấn lưu (ballast).....	29
2.6. Bộ đèn	31
Chương 3. Thiết kế chiếu sáng nội thất	41
3.1. Thiết kế sơ bộ.....	41
3.2. Kiểm tra thiết kế chiếu sáng nội thất	74
Chương 4. Chiếu sáng đường	86
4.1. Khái niệm cơ bản của kỹ thuật chiếu sáng đường	86
4.2. Phương pháp tỷ số R	101
4.3. Phương pháp độ chói điểm	111
4.4. Kiểm tra độ rọi và độ chói của đường bằng phương pháp độ chói điểm	119
4.5. Ứng dụng phần mềm DIALUX 4.2 trong thiết kế chiếu sáng đường	123
4.6. Bố trí đèn ở các địa điểm đặc biệt.....	123
Chương 5. Chiếu sáng các công trình bằng đèn pha	129
5.1. Đèn pha	129
5.2. Biểu thức độ rọi trên mặt phẳng ngang và mặt phẳng đứng.....	137
5.3. Thiết kế chiếu sáng các công trình bằng đèn pha	141

5.4. Chiếu sáng các công trình thể thao bằng đèn pha	143
5.5. Chiếu sáng các công trình kiến trúc và tượng đài	151
Chương 6. Hệ thống điện chiếu sáng	155
6.1. Mạng điện chiếu sáng nội thất.....	155
6.2. Mạng điện chiếu sáng phân xưởng.....	157
6.3. Mạng điện chiếu sáng công cộng	159
6.4. Biểu thức tổn thất điện áp ΔU trên đường dây	161
6.5. Chọn tiết diện dây dẫn mạng điện chiếu sáng theo tổn thất điện áp.....	165
6.6. Chọn đường trục có nhiều tiết diện khác nhau cho mạng đèn đường.....	171
Chương 7. Điều khiển, quản lý và bảo dưỡng hệ thống chiếu sáng	176
7.1. Các phương pháp điều khiển chiếu sáng.....	176
7.2. Các phần tử của hệ thống điều khiển chiếu sáng.....	178
7.3. Sử dụng bộ vi điều khiển và bộ logic khả trình PLC	182
7.4. Quản lý hệ thống chiếu sáng	183
7.5. Chiếu sáng hiệu quả và tiết kiệm điện năng trong chiếu sáng	191
7.6. Bảo dưỡng hệ thống chiếu sáng	192
Tài liệu tham khảo	201

Chịu trách nhiệm xuất bản :

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung :

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc CTCP Sách DH – DN
TRẦN NHẬT TÂN

Biên tập và sửa bản in :

NGUYỄN DUY MẠNH

Trình bày bìa :

HỒNG NHUNG

Thiết kế sách và chế bản :

QUỐC THẮNG

THIẾT BỊ VÀ HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG

Mã số : 7K737Y8 – DAI

In 1.000 cuốn (QĐ:75), khổ 16 x 24cm. Tại Nhà in Hà Nam.
Số 29 - Đường Lê Hoàn - TP. Phủ Lý - Hà Nam.
Số in: 437. Số ĐKKH xuất bản: 113-2008/CXB/77-175/GD.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 11 năm 2008.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO

25 HÀN THUYỀN – HÀ NỘI

Website : www.hevobco.com.vn

TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO KỸ THUẬT CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Bài tập Kỹ thuật điện | <i>Đặng Văn Đào</i> |
| 2. Sửa chữa và quấn lại động cơ điện | <i>Bùi Văn Yên</i> |
| 3. Hỏi đáp về Điện - Điện tử dân dụng | <i>Bùi Văn Yên</i> |
| 4. Công nghệ chế tạo thiết bị điện | <i>Nguyễn Đức Sỹ</i> |
| 5. Cơ sở lý thuyết tính toán và thiết kế hệ thống cung cấp điện | <i>Phan Đăng Khải</i> |
| 6. Giáo trình Lưới điện | <i>Trần Bách</i> |
| 7. Máy điện 1 | <i>Bùi Đức Hùng</i> |
| 8. Máy điện 2 | <i>Bùi Đức Hùng</i> |
| 9. Giáo trình công nghệ CNC | <i>Nguyễn Văn Thiện</i> |

Bạn đọc có thể mua tại các Công ti Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng của Nhà xuất bản Giáo dục :

Tại Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187B Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền ;

Tại Đà Nẵng : Số 15 Nguyễn Chí Thanh ; Số 62 Nguyễn Chí Thanh ;

Tại Thành phố Hồ Chí Minh : Cửa hàng 451B - 453, Hai Bà Trưng, Quận 3 ;
240 Trần Bình Trọng – Quận 5.

Tại Thành phố Cần Thơ : Số 5/5, đường 30/4 ;

Website : www.nxbgd.com.vn



89349801812839



Giá: 26.500 đ