

17 Определяне на светлинен поток и светлинен добив на светлинен източник

Теоретична обосновка.

Фотометрията е раздел от *оптиката*, в който се разглеждат въпросите за измерване на интензитета на светлината и източниците ѝ. В нея се използват следните основни единици:

а) *енергетични* – характеризират енергетичните параметри на оптичното излъчване независимо от въздействието им върху приемниците.

б) *светлинни* – характеризират физиологичното действие на светлината и се оценяват според физиологичното въздействие върху очите или други приемници на лъчение.

Енергетични величини

Поток на лъчение (Φ_e) е величината, равна на отношението на енергията на излъчване към времето за това излъчване:

$$\Phi_e = \frac{W}{t}.$$

Единицата за измерване на Φ_e е ват (W).

Излъчвателна способност (R_e) е величината, равна на отношението на потока на лъчението от дадена повърхност към нейната площ:

$$R_e = \frac{\Phi_e}{S},$$

т. е. R_e представлява повърхнинната плътност на потока на лъчение и се измерва във ват на квадратен метър (W/m^2).

Интензитет на лъчението (I_e). При дефиниране на тази величина се изхожда от понятието точков източник на светлина – източник, чиито размери могат да се пренебрегнат в сравнение с разстоянията до мястото на наблюдение. Интензитетът на лъчение I_e е равен на енергетичния поток, излъчен от източника в единица пространствен ъгъл:

$$I_e = \frac{\Phi_e}{\omega}.$$

Тази величина се измерва във ват настерадиан (W/sr).

Лъчистост (B_e) е величината, равна на отношението на интензитета на лъчението на елемент от излъчващата повърхност ΔI_e и площта ΔS на проекцията на този елемент върху равнина, перпендикулярна на посоката на наблюдение:

$$B_e = \frac{\Delta I_e}{\Delta S}.$$

Единицата за лъчистост е $W/(sr \cdot m^2)$.

Облъченост (E_e) е величина, която характеризира големината на потока на лъчение, който пада върху единица осветявана повърхност. Тя се измерва в същите единици, както и излъчвателната способност - W/m^2 .

Светлинни величини

При оптичните измервания се използват различни приемници на лъчението (око, фотоелемент, фотоумножител), чиято чувствителност към светлината е различна за различните дължини на вълната, т. е. те се характеризират със *селективност* (избирателност). Всеки приемник има своя характеристика на чувствителност към светлина с различна дължина на вълната. Затова оптичните измервания са субективни за разлика от обективните енергетични измервания и за тях се въвеждат единици, приложими само за видимата част на оптичния спектър.

Основна светлинна единица в системата SI е единицата за *интензитет* на светлината – *кандела* (cd) – интензитетът на светлината в определена посока от източник, излъчващ монохроматични вълни с честота $540 \cdot 10^{12}$ Hz, с интензитет на лъчението в тази посока $1/683$ W/sr.

Светлинният поток (Φ) се определя се като мощност на оптичното лъчение според предизвиканото от него светлинно усещане (т. е. по действието му върху селективен приемник на светлина с дадена спектрална чувствителност). Единицата за светлинен поток е лумен (lm) – светлинния поток, излъчван от точков източник с интензитет една кандела в пространствен ъгъл един стерадиан ($1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot 1 \text{ sr}$).

Светлинната способност (R) представлява светлинния поток, излъчен от единица светеща повърхност. Той се измерва в лумен на квадратен метър (lm/m^2),

$$R = \frac{\Phi}{S}.$$

Яркостта на светещата повърхност (L) в дадена посока е величина, равна на отношението на интензитета на светлината (I) в тази посока към площта (S) на светещата повърхност, проектирана върху равнина, перпендикулярна на посоката на лъчението:

$$L = \frac{I}{S \cos \varphi}.$$

Тя се измерва в кандели на квадратен метър (cd/m^2).

Осветеността (E) представлява светлинния поток, падащ върху единица повърхност:

$$E = \frac{\Phi}{S}. \quad (25.1)$$

Единицата за осветеност е лукс (lx) – осветеността на повърхност от един квадратен метър, върху която пада светлинен поток един лумен ($1lx = 1lm/m^2$).

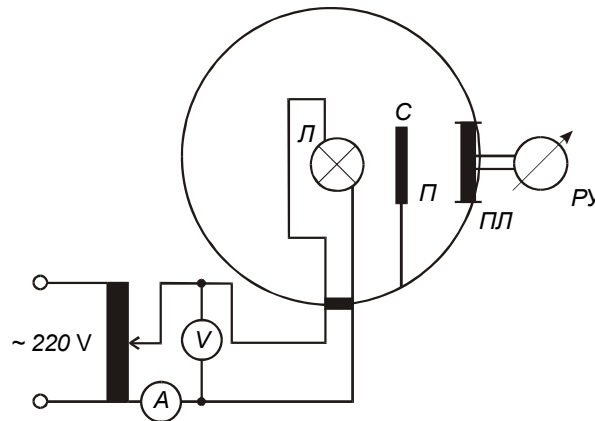
От източниците на светлина най-широко приложение имат нажежаемите лампи, светещи чрез топлинно излъчване. Жичката им обикновено е от волфрам и е поставена в евакуиран или напълнен с инертен газ стъклен балон. Икономичността на електрическа лампа се определя от нейния светлинен добив (η) – отношението на светлинния поток (Φ) към изразходваната електрическа мощност (P):

$$\eta = \frac{\Phi}{P}. \quad (25.2)$$

Единицата за светлинен добив е лумен на ват (lm/W).

Задачи и указания за изпълнението им

Задача 1. Да се определи светлинния поток и светлинният добив на нажежаема лампа чрез фотометъра на Улбрихт.



Фиг. 25.1.

Фотометърът на Улбрихт представлява кухо тяло, чиито вътрешни стени, са боядисани с бяла дифузно отразяваща боя. Размерите му са значително по-големи от размерите на лампата ($Л$), която са поставя за

изследване вътре в него. Върху тялото на фотометъра има прозорче (Π), зад което е поставен приемникът на лъчение ($\Pi\Pi$) така, че върху него да не попадат преки лъчи от лампата. Това се постига лесно с поставяне на бял непрозрачен сенник (C), екраниращ тези лъчи. Светлината, излъчена от лампата, многократно се отразява от стените на фотометъра.

Осветеността на прозорчето е пропорционална на светлинния поток на лампата: $E = k_1 \Phi$ (k_1 е коефициент на пропорционалност). От друга страна изходният електрически сигнал на приемника, изразен чрез показанията (n) на регистриращия уред (PY), е пропорционален на осветеността:

$$n = k_2 E = k_2 k_1 \Phi = k \Phi \quad (25.3)$$

Коефициентът на пропорционалност k във формула (25.3) зависи само от качеството на фотометъра и от естеството на фотоприемника (спектралната му чувствителност).

Светлинният поток Φ_x на изследвания светлинен източник се определя чрез сравняването му с потока Φ_0 на еталонна лампа:

$$\frac{\Phi_x}{\Phi_0} = \frac{n_x}{n_0}, \quad (25.4)$$

където n_x са показанията на регистриращия уред за изследваната лампа, а n_0 – показанията на регистриращия уред за еталонната лампа.

Указания за изпълнение на задачата

1. Във фотометъра се поставя еталонната лампа и се осъществява електрическата верига, представена на фиг. 25.1.

2. Чрез регулируем автотрансформатор се подава номиналното захранващо напрежение и се отчита показанието n_0 на регистриращия уред.

Забележка: Ако приемникът е фоторезистор или фотоклетка, предварително се осъществява веригата му и се подава необходимото работно напрежение.

3. На мястото на еталонната лампа се поставя изследваната. Подава се номиналното за нея напрежение и се отчита показанието на регистриращия уред. От амперметъра се отчита големината на тока във веригата.

4. Намалява се захранващото напрежение през определен интервал. За всяка стойност на напрежението се отчита големината на тока I и показанията на регистриращия уред n_x .

5. За всяко измерване се пресмятат:

– консумираната мощност $P = IU$, във W ;

– светлинния поток $\Phi = \Phi_0 n_x / n_0$, в lm ;

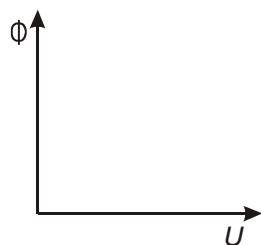
– светлинния добив η , по (25.2), в lm/W .

6. Графически се представят следните зависимости:

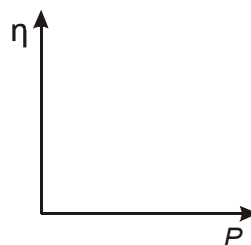
а) на светлинния поток на изследваната лампа от напрежението:

$$\Phi = f(U);$$

б) на светлинния добив от консумираната от лампата мощност: $\eta = f(P)$.



а)



б)

Опитните данни се нанасят в таблица от вида:

№	U , V	I , A	n_x , s.d.	P , W	Φ , lm	η , lm/W
1						
2						
3						
...						