

Lucrarea nr. 1
STUDIUL LĂMPILOR CU INCANDESCENȚĂ

1. Probleme generale

La baza funcționării lămpilor cu incandescență stau legile radiațiilor termice.

1.1. Legile radiațiilor termice și clasificarea corpurilor radiante

a) Legea lui Kirchoff

Toate corpurile încălzite emit radiații care se numesc, după modul lor de producere, radiații termice. Aceste radiații se caracterizează printr-un spectru continuu, curba spectrală având în general forma unui clopot.

Radiația termică de o anumită lungime de undă (P_{λ_T}) [W/m^2] primită de un corp, este absorbită, transmisă și reflectată proporțional cu anumiți factori spectrali: de absorbție $\alpha(\lambda_T)$, de transmisie $\tau(\lambda_T)$ și de reflexie $\rho(\lambda_T)$; (α este lungimea de undă în [μ], iar T temperatura în $^{\circ}K$).

$$\alpha(\lambda_T) + \tau(\lambda_T) + \rho(\lambda_T) = 1$$

Kirchoff a introdus noțiunea de corp negru sau radiator integral ca fiind acel corp fictiv, pentru care:

$$\alpha(\lambda_T) = 1; \quad \tau(\lambda_T) = 0; \quad \rho(\lambda_T) = 0$$

Legea lui Kirchoff arată că raportul dintre puterea radiantă P_{λ_T} și coeficientul de radiație α_{λ_T} al unui corp nu depinde de natura corpului și este o constantă universală:

$$\frac{P_{\lambda_T}}{\alpha_{\lambda_T}} = K$$

Deoarece pentru corpul negru $\alpha(\lambda_T) = 1$ se constată că constanta universală a lui Kirchoff nu este altceva decât puterea radiată de corpul negru pe unitatea de suprafață. Puterea radiată de unitatea de suprafață a unui corp natural pe o anumită lungime de undă este totdeauna mai mică decât puterea radiată pe unitatea de suprafață a corpului negru pe aceeași lungime de undă și la aceeași temperatură.

b) Legea Stefan Boltzman

Această lege exprimă puterea radiată pe toată lungimea de undă de unitatea de suprafață a unui corp negru la temperatura absolută T:

$$P_T = \int_0^{\infty} P_{\lambda_T} \cdot d\lambda = \sigma T^4 \quad [w/m^2]$$

unde T este o constantă cu valoarea $\sigma = 5,709 \cdot 10^{-8} [W \cdot m^{-2} \cdot ^{\circ}K^{-4}]$

c) Legile lui Planck și Wien

Cu ajutorul teoriei cuantelor, Planck a stabilit o lege cu ajutorul căreia se poate determina curba de repartiție spectrală a puterii radiate de unitatea de suprafață a corpului negru la o temperatură oarecare,

$$P_{\lambda_T} = C_1 \cdot \lambda^{-5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1}$$

unde P_{λ_T} este puterea radiată de unitatea de suprafață pe lungimea de undă λ și la temperatura T, iar C_1 și C_2 sînt două constante.

Dacă se dezvoltă în serie formula lui Planck, reținând numai primul termen, se obține o formulă aproximativă, care a fost stabilită de către Wien și care dă rezultate bune în domeniul vizibil al spectrului:

$$P_{\lambda_T} = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda T}}$$

c) Legea deplasării maximului

În fig. 1.1 sînt reprezentate curbele de repartiție spectrală a puterii radiate pentru corpul negru la diferite temperaturi. Se poate demonstra pornind de la legea lui Planck, că locul geometric al ordonatelor maxime din curbele de repartiție spectrală este o hiperbolă cu ecuația:

$$\lambda_m \cdot T = 2898 \quad [\mu \text{ } ^\circ\text{K}]$$

Pe baza comparației curbelor de repartiție spectrală a puterii radiate pentru corpuri diferite în raport cu corpul negru s-au stabilit următoarele categorii:

- corpuri gri sau radiatoare neselective (de exemplu cărbunele) ;
- radiatoare selective (wolfram, osmiu, tantal, etc.).

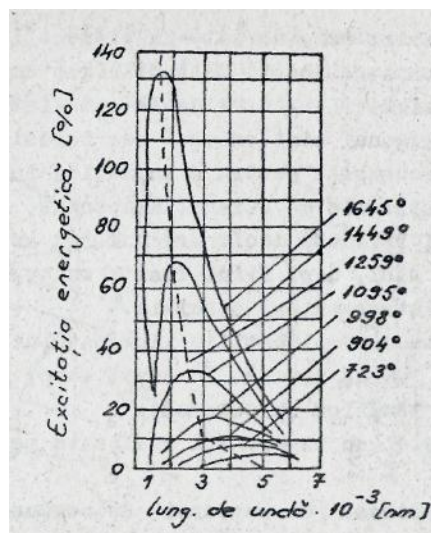


Fig. 1.1. Curbele de repartiție spectrală a puterilor radiante de corpul negru absolut

O mărime importantă ce caracterizează corpurile radiatoare selective este temperatura de culoare, care se definește ca fiind temperatura corpului negru care dă aceeași senzație de culoare ca și corpul efectiv considerat.

2. Particularități constructive și funcționale ale lămpilor cu incandescență

O lampă cu incandescență este formată din trei părți principale (fig.1.2.) : soclul, balonul și filamentul.

Pentru a se evita oxidarea filamentului de wolfram, baloanele lămpilor cu incandescență au fost la început vidate. În aceste lămpi temperatura filamentului nu putea fi ridicată considerabil, deoarece se accentua mult procesul de volatilizare a acestuia. Mai târziu s-a descoperit că presiunea pe care o exercită un gaz inert asupra filamentului reduce considerabil volatilizarea wolframului. Acest lucru a permis creșterea temperaturii și decizia eficacității luminoase.

Introducerea gazelor în balonul lămpii cu incandescență are ca dezavantaj apariția pierderilor de căldură prin conducție și convecție. Aceste pierderi pot fi reduse prin utilizarea filamentelor dublu spiralate (care au suprafața exterioară minimă).

Pe baza acestor considerente în prezent lămpile cu puteri până la 40[W] se construiesc cu balonul vidat umplut cu gaze inerte (Ne, Ar, Kr, N) și cu filamentul dublu spiralat.

Azotul și argonul sînt cel mai des folosite. Prezența azotului este indispensabilă pentru a împiedica formarea unui arc electric între intrările de curent. Kriptonul, care posedă o greutate atomică mai ridicată decât argonul, sau azotul, provoacă pierderi termice mai mici, dar, fiind foarte scump, se folosește numai pentru lămpi cu întrebuințări speciale.

Foarte multe din aplicațiile iluminatului reclamă surse cu incandescență cu lumină difuză. În acest scop, pentru confecționarea baloanelor lămpilor se folosesc:

- sticlă mată (cu asperități realizate pe cale mecanică sau chimică)
- sticlă lăptoasă (cu suspensii de compuși de thoriu sau fosfor);
- sticlă opallnă (cu suspensii de oxizi de plumb, ipsos, talc).

3. Parametrii, lămpilor cu incandescență

Principalii parametri electrici ai lămpilor cu incandescență sunt: puterea (P), fluxul luminos (Φ), eficacitatea luminoasă (η) și durata de funcționare (Δ).

Pe baza legii radiațiilor termice se trage concluzia că eficacitatea luminoasă a lămpilor definită ca raportul între fluxul luminos și fluxul energetic este cu atât mai mare cu cât temperatura filamentului este mai ridicată.

Din studiul legilor radiațiilor termice aplicate izvoarelor de lumină, se desprinde concluzia că eficacitatea luminoasă a lămpii crește proporțional cu temperatura de lucru a filamentului (fig.1.3.).

De aici rezultă că lămpile de puteri mari, ca și cele de tensiune mică, au eficacități luminoase mai mari decât lămpile de puteri mai mici și tensiuni mai mari, deoarece primele au filamente mai groase și admit temperaturi de încălzire mai ridicate (fig.1.4.).

Solicitarea termică intensă a filamentului, odată cu creșterea eficacității luminoase duce și la scăderea duratei de funcționare a lămpii. O altă consecință a temperaturilor ridicate este volatilizarea intensă a filamentului, ale cărui particule depuse pe peretele interior al lămpii conduc la înnegrirea balonului și deci la diminuarea fluxului emis. Aceste inconveniente sunt mult diminuate la lămpile cu ciclul regenerativ de iod.

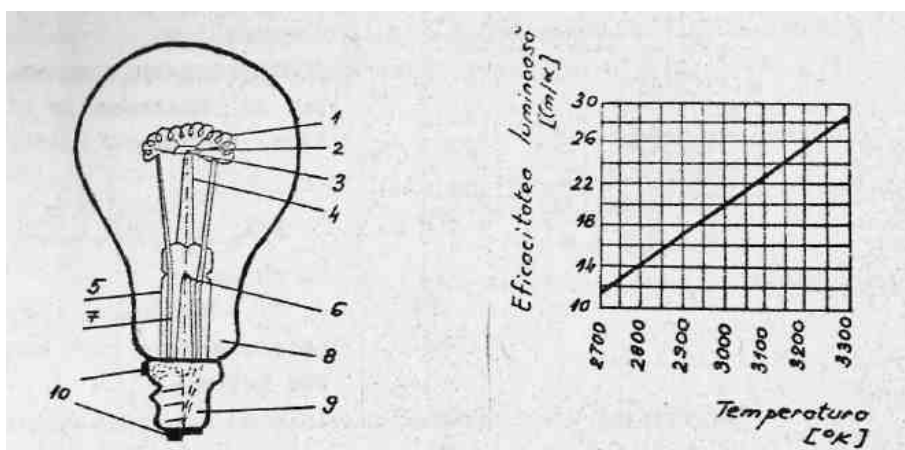


Fig.1.2. Lampă electrică cu incandescență
 1 - balon de sticlă; 2 - disc (sticlă);
 3 - tub de evacuare; 4 - bastonaș-sticlă;
 5 - electrozi (nichel); 6 - spirală (wolfram);
 7 - cârlige (molibden); 8 - lentilă (sticlă);
 9 - soclu cu filet Edison; 10 - soclu de tip Baionet.

Fig. 1.3.

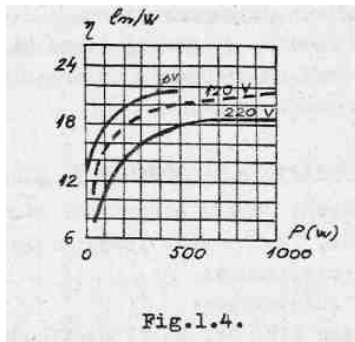


Fig.1.4.

Funcționarea lămpilor incandescente trebuie să aibă loc la tensiunile de alimentare pentru care au fost construite.

Creșterea tensiunii peste valoarea nominală duce la mărirea puterii, fluxului și eficacității luminoase, dar micșorează durata de funcționare (fig.1.5.).

Creșterea în eficacitate luminoasă în cazul supratensionărilor se explică prin mărirea puterii radiate în domeniul vizibil al spectrului conform legii deplasării maximului.

tensiuni mai mici decât cea nominală (cu 5 %) duc la creșterea duratei de funcționare (cu 100 %), dar reduc puterea, eficacitatea luminoasă (ambele cu 8 %) și fluxul luminos (18 %).

Dacă se consideră că parametrii izvoarelor considerate (lămpi cu incandescență) au o lege de variație logaritmică în funcție de tensiunea de alimentare, atunci se poate scrie ca:

$$\frac{X}{X_n} = \left[\frac{U}{U_n} \right]^{2a+b}$$

în care:

- U_n - tensiunea nominală pentru care a fost construită lampa;
- X - parametrul considerat, la tensiunea nominală de alimentare;
- U - noua tensiune de alimentare;
- X - valoarea parametrului considerat, pentru noua tensiune de alimentare;

a, b - coeficienți ce se determină experimental.

Pe baza unor caracteristici ca cele din fig.1.5. și cunoscând prețurile energiei electrice și a lămpilor, se poate analiza dacă în practică este avantajoasă sau nu supravoltarea instalațiilor de iluminat. În numeroase cazuri, creșterea fluxului luminos prin acest procedeu are ca rezultat reducerea numărului corpurilor de iluminat din încăperea respectivă.

4. Tipuri de lămpi cu incandescență și domeniu de utilizare

Lămpile utilizate în mod curent pentru iluminatul general sînt de 4 categorii: lămpi opalihe, lămpi mate, lămpi clare și lămpi solare (cu balon de culoare albăstruie).

În afară de acestea se mai construiesc:

- lămpi pentru tensiuni joase (12, 24, 36 V.) destinate instalațiilor de iluminat local și pentru instalațiile portative;
- lămpi pentru autovehicule prevăzute de regulă cu soclu tip baionet; pentru faruri se folosesc lămpi cu „două faze” care au două filamente cu alimentare separată;
- lămpi pentru proiectoare caracterizate prin filament concentrat, puteri mari (3000 W), strălucire mare (circa 10^7 [Cd/m²] și durata de funcționare redusă (100 ore).

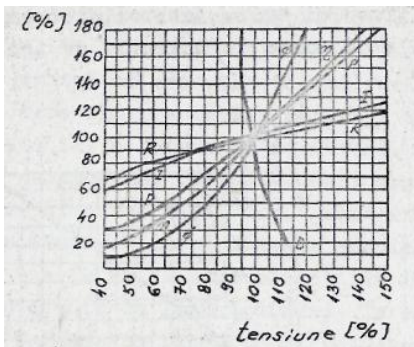
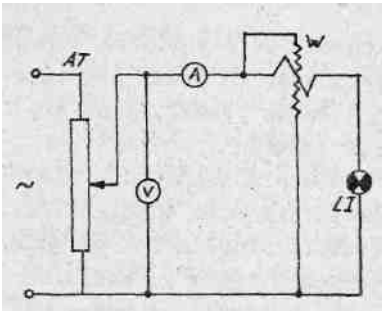


Fig.1.5.

5. Desfășurarea lucrării

a) Folosind montajul din fig.1.6. se vor trasa caracteristicile puterii, curentului, fluxului luminos și eficacității luminoase în funcție de tensiunea de alimentare pentru lămpile cu incandescență existente în laborator.



AT - autotransformator

A- ampermetru

V - voltmetru

W- wattmetru

LI- lampă cu incandescență

Fig. 1.6.

Curbele se vor reprezenta în mărimi raportate.

b) Pornind de la caracteristicile obținute experimental și cunoscând variația duratei de funcționare cu tensiunea, prețul energiei electrice și al lămpilor folosite (4 lei pentru lampa de 40 W etc.) se va determina cu cât poate fi mărită tensiunea de alimentare peste valoarea nominală, în cazul că într-o încăpere există inițial 10, 20, 30 de lămpi pentru a obține același flux luminos total, dar cu un număr mai redus de lămpi.

Calculul economic se face pentru o perioadă de 5 ani.