



Traductoare pentru temperatură

Principii de funcționare; categorii

Temperatura este în prezent cea mai măsurată și reglată mărime fizică, apreciindu-se că - în medie - din totalul punctelor de măsurare din sfera aplicațiilor industriale și domestice, 50% sunt temperaturi, iar peste 20% din bucelele de reglare au ca obiect temperatura.

Scara practică internațională de temperatură, adoptată în 1968 la Conferința Generală de Măsură și Greutăți - SIPT 68 - arată că unitatea de măsură a temperaturii este Kelvin-ul [K], dar în aplicații se mențin gradul Celsius [$^{\circ}\text{C}$] și gradul Fahrenheit [$^{\circ}\text{F}$].

Principiile de funcționare ale traductoarelor de temperatură au la bază fenomenul de schimb de căldură între corpuri cu temperaturi diferite și dependența unor proprietăți fizice ale corpurilor de temperatură (deformări elastice, alungiri, modificări de volum, variații de rezistență electrică, t.t.e.m., parametri de semiconductor, variații de radianță calorică etc), care pot fi puse în evidență prin procedee simple.

În funcție de modul de preluare a energiei termice de către elementul sensibil se disting două mari categorii:

- traductoare de temperatură *cu contact*
- traductoare de temperatură *fără contact*.



1. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termomecanice

În prima categorie, la care *elementul sensibil se află în contact direct cu mediul, preluarea energiei termice făcându-se prin conductibilitate sau convecție*, intră:

- traductoare de temperatură bazate pe efecte termomecanice (pe principiul dilatării corpurilor, manometrice);
- traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice (termocupluri, termorezistențe, termistoare, cu dispozitive semiconductoare, cu piezocristale); sunt cele mai utilizate în domeniul $-200^{\circ}\text{C} \dots +1600^{\circ}\text{C}$.

În a doua categorie, la care *elementul sensibil nu se află în contact cu mediul, funcționând pe baza energiei radiante a corpurilor încălzite*, intră întreaga gamă de pirometre (de radianță integrală sau totală, de radianță spectrală sau monocromatică, de raport sau de culoare).

1. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termomecanice

Această categorie de traductoare are elemente sensibile a căror funcționare se bazează pe proprietatea corpurilor (solide, lichide sau gazoase) de a-și modifica un parametru (lungimea, volumul, presiunea) în funcție de temperatura mediului în care sunt imersate, efectul fiind o deplasare liniară sau unghiulară, preluată prin intermediul unor traductoare de deplasare adecvate și prelucrată corespunzător de adaptor.

1. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termomecanice

1.1. *Traductoare de temperatură cu tijă* - fig.a - care are la bază dilatarea liniară a corpurilor.

Dacă se consideră o tijă metalică de lungime l_0 la temperatura θ_0 , aceasta va avea lungimea l la temperatura θ , conform relației:

$$l = l_0 [1 + \delta_{med} (\theta - \theta_0)]$$

unde δ_{med} este coeficientul de dilatare liniară medie, pe intervalul de temperatură considerat $\theta - \theta_0$, al tijeii. Ca materiale utilizate, pentru tubul metalic: oțel, alamă (cu δ mare), iar pentru tijă: invar, ceramică, cuarț.

- **Caracteristici:** În mod obișnuit traductoarele de temperatură cu tijă asigură o precizie de 1...5%, pe un domeniu maxim de temperatură 0...1000°C, tija având lungimea de 40...600mm.
- **Utilizări:** ca termocontacte pentru supravegherea și semnalizarea depășirii limitelor în rezervoare de prelucrare sau în depozite.
- **Avantaje:** urmăresc temperatura medie, fiind ieftine, robuste, cu putere mare de acționare
- **Dezavantaje:** sunt puțin precise, de dimensiuni mari, cu timp mare de stabilizare.

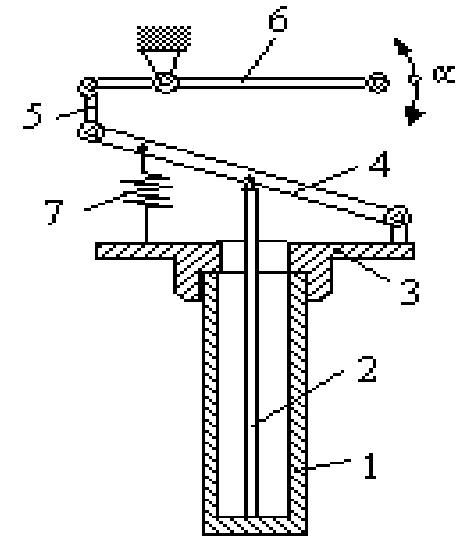


Fig.a. Element sensibil tip tijă

1 - tub metalic; 2 - tijă de invar;

3 - corp de susținere; 4, 5, 6 - amplificator mecanic cu pârghii;

7 - resort

1. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termomecanice

1.2. Traductoare de temperatură cu lamele bimetalice - fig.b - se bazează tot pe dilatarea liniară a corpurilor solide, fiind însă alcătuite din două metale 1 și 2, sub formă lamelară, cu coeficienți de dilatare liniară diferiți $\delta_1 \ll \delta_2$, lipite la temperatura de referință θ_0 .

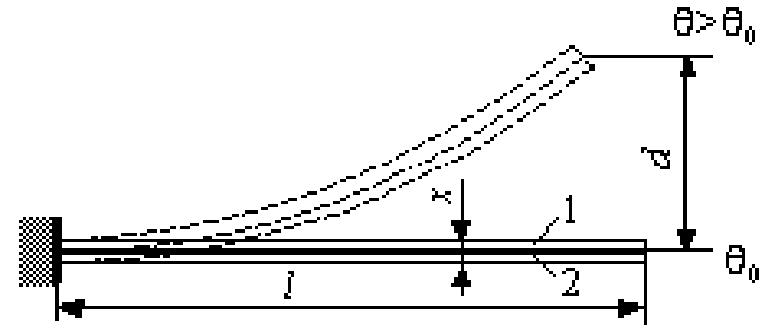


Fig.b. Lamelă bimetalică

Deplasarea d a capătului liber cauzată de variația temperaturii $\Delta\theta = |\theta - \theta_0|$ este:

$$d = K_{12} \Delta\theta \frac{l^2}{x}$$

unde l este lungimea bimetalei, x - grosimea acestuia, K_{12} - constantă care depinde de diferența coeficienților $\delta_1 - \delta_2$ și raportul modulelor de elasticitate ale celor două metale.

Ca materiale utilizate în construcția bimetalelor se folosesc aliaje metalice (fier - nichel - crom) pentru lamela cu coeficient mare de dilatare termică, respectiv invar pentru lamela cu coeficient mic de dilatare termică.

În practică, pentru creșterea sensibilității, elementul sensibil bimetalic se realizează sub formă plan spiralată sau elicoidală (fig.c).

1. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termomecanice

• **Caracteristici. Utilizări.** În general elementele sensibile de temperatură bimetalice se utilizează la supravegheri și reglări bipoziționale pentru procese termice simple, cu domeniul de măsurare maxim cuprins între -100°C și $+600^{\circ}\text{C}$, asigurând o precizie de 1...3%.

Au avantajul că sunt foarte ieftine, robuste, cu forță mare de acționare, dar dezavantajul că sunt mai puțin precise, de dimensiuni mari (mai mici totuși decât cele cu tijă), cu timp mare de răspuns.

2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

În această categorie intră traductoarele cu cea mai mare diversitate constructivă și utilizare industrială, deoarece:

- acoperă domenii largi de temperaturi, între -200°C și $+1800^{\circ}\text{C}$; au o bună precizie, fiind realizate în mod curent pentru clase 0,2 ... 1;
- au o construcție relativ simplă, pretabilă unei producții de serie mare, nu prezintă piese în mișcare, sunt capabile să lucreze în medii ambiante agresive.

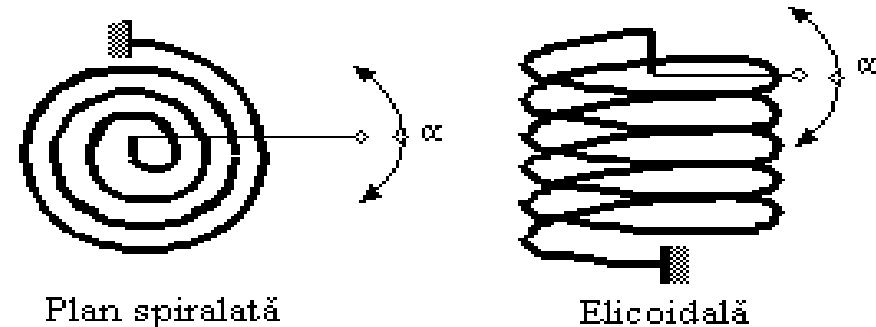


Fig.c. Modalități de creștere a sensibilității la bimetale

2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

Elementele sensibile cu frecvența de utilizare cea mai mare sunt termocuplurile, termorezistențele, termistoarele, peliculele rezistive, semiconductoarele; acestea se prezintă în diverse tipodimensiuni și forme constructive, recomandabile unei anumite aplicații sau pentru un domeniu mai larg, dând astfel posibilitatea utilizatorului să implementeze soluția cu eficiență maximă.

2.1. Termocuplul - fig.e - reprezintă ansamblul a două conductoare omogene, de natură diferită, denumite termoelectrozi, sudate la unul din capete - sudura este denumită joncțiune de măsurare sau sudură caldă - care este imersat în mediul cu temperatura de măsurat, la capetele libere, care constituie joncțiunea de referință sau sudura rece, aflate la temperatura θ_0 , apărând o tensiune termoelectromotoare E_{TC} (t.t.e.m.) - efect Seebeck - a cărei valoare este dată de relația aproximativă:

$$E_{TC} = K_{TC} (\theta - \theta_0) \quad (*)$$

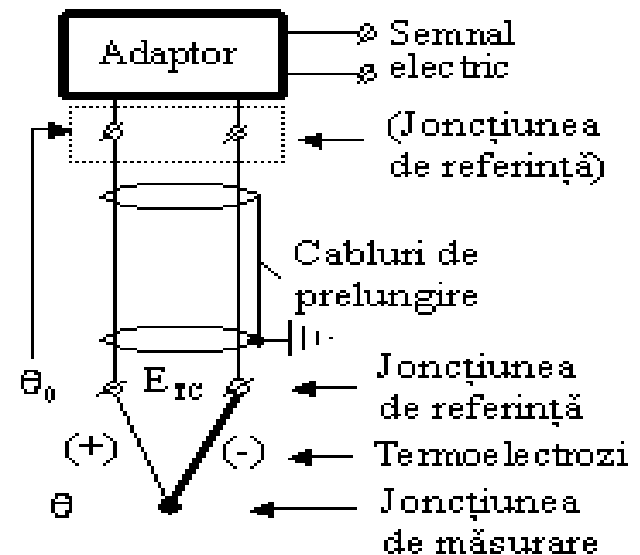


Fig.e. Termocuplul (reprezentare principală și conectare în circuit)

2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

în care K_{TC} [mV/°C] este *sensibilitatea termocuplului* (uzual între 0,005 și 0,07 mV/°C), dependentă de natura celor doi termoelectrozi; temperatura de referință se consideră - de regulă - $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$, valoare pentru care sunt date caracteristicile statice tabelate ale termocuplului.

De menționat că este foarte greu să se mențină sudura rece la o temperatură $\theta_0 = \text{ct.}$

Tabelul 2.1. Tipuri de termocupluri utilizate frecvent în aplicațiile industriale

Tipul	Simbolul	Domeniul de utilizare [°C]	Sensibilitatea medie K_{TC} [mV/°C]
Fier - Constantan (40% Ni+60%Cu)	J	-200 ... +760	0,0537
Cupru – Constantan (40%Ni+40%Cu)	T	-270 ... +400	0,0427
Cromel (90%Ni+10%Cr) - Alumel (94%Ni+2%Al+Si+Mn+Fe)	K	-270 ... +1000	0,0631
Platină - Platină Rhodiu (90%Pt+10%Rh)	S	0 ... +1400	0,00643
Platină - Platină Rhodiu (87%Pt+13%Rh)	R	0 ... +1500	0,00687

Notă: Primul element este termoelectrodul “+”, iar al doilea termoelectrodul “-”.

2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

Relația (*) este valabilă pentru domenii mici de funcționare ale termocuplurilor, liniarizarea - pentru cazul funcționării pe domenii mari de funcționare – fiind făcută în adaptor.

T.t.e.m. dată din °C în °C - conform standardizării internaționale - presupune ca temperatura joncțiunii de referință θ_0 să fie menținută la 0°C; în consecință, se folosesc metode care realizează așa numita joncțiune de referință 0°C.

2.2. Termorezistența - fig.f - se obține prin bobinarea antiinductivă, pe un suport izolant, a unui fir metalic, urmată de rigidizarea cu o rășină termorezistentă. Ca materiale pentru firul conductor se utilizează metale (Pt, Cu, Ni, Fe, Wf), sau aliaje (bronz fosforos).

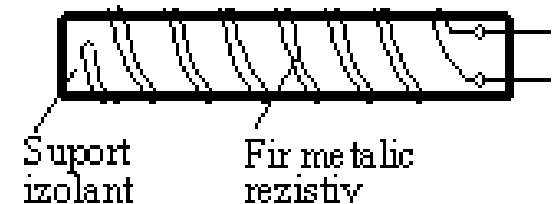


Fig.f. Termorezistență (reprezentare principală)

În general, dependența $R_\theta = f(\theta)$ la o termorezistență este neliniară, însă pe intervale relativ mici de temperatură se poate scrie o dependență aproximativă:

$$R_\theta = R_{\theta_0} \left[1 + \alpha_{TR} (\theta - \theta_0) \right]$$

unde α_{TR} este coeficientul mediu de variație cu temperatura al termorezistenței, iar R_{θ_0} este rezistența la temperatura de referință θ_0 .

2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

În scopul comparării proprietăților termice ale materialelor folosite în confecționarea elementelor sensibile se utilizează coeficientul de temperatură α_0^{100} , definit pe intervalul 0°C ... 100°C prin relația

$$\alpha_0^{100} = \frac{R_{100} - R_0}{100R_0} \quad \text{sau raportul } W_{100} \quad W_{100} = \frac{R_{100}}{R_0} \quad \text{unde } R_0, R_{100} \text{ reprezintă rezistențele firului la } 0^\circ\text{C}, \text{ respectiv } 100^\circ\text{C}.$$

Tipurile uzuale de termorezistențe standardizate sunt prezentate în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2. Principalele caracteristici ale termorezistențelor uzuale standardizate

Tip termorezistență	Clasa de precizie	Domeniul de măsurare	Eroarea tolerată a rezistenței R_0 [%]	Valoarea nominală pentru W_{100}	Eroarea tolerată pentru W_{100}
Platină 100Ω sau 50Ω la 0°C	I	-200 ... +650	$\pm 0,05$	1,391 sau 1,385	$\pm 0,0005$
	II	-200 ... +850	$\pm 0,1$	1,391 sau 1,385	$\pm 0,001$
Cupru 100Ω sau 50Ω la 0°C	II	-50 ... +180	$\pm 0,1$	1,426	$\pm 0,001$
	III	-50 ... +180	$\pm 0,2$	1,426	$\pm 0,002$
Nichel 100Ω la 0°C	III	-60 ... +180	$\pm 0,2$	1,617	$\pm 0,004$

2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

Deși mai sensibile sunt Fe, Ni și Cu, din motive de liniaritate, cel mai bun și – în consecință – cel mai utilizat material în construcția termorezistenței este Platina deoarece are temperatura de topire foarte mare (1769°C), nu se oxidează și asigură o reproductibilitate a caracteristicii foarte bună.

În prezent, datorită dezvoltărilor tehnice deosebite, s-au realizat termorezistențe speciale ca:

- “rețea rezistivă” realizată prin bobinare plană pe un suport izolant (similară unei mărci tensometrice), folosită în special la măsurări de temperaturi joase;
- “peliculă rezistivă” obținută prin depunere catodică sau printr-un procedeu chimic a unui strat de platină; au rezistența nominală până în $2000\Omega \pm 0,1\%$, dimensiuni foarte mici care asigură obținerea unor constante de timp foarte mici ($<0,15\text{s}$), făcându-le oportune pentru utilizări la măsurări în medii gazoase, tunele de vânt și aer condiționat;
- “fire/pelicule calde” obținute din tungsten, platină sau aliaj platină-iridiu, cu dimensiuni foarte mici (firul cald are lungimea activă $1\text{...}2\text{mm}$ și diametrul $3,8\text{...}5\mu\text{m}$, iar pelicula caldă are grosimea tipică de $0,1\mu\text{m}$), permițându-se obținerea unui răspuns în frecvență foarte bun, de unde și utilizarea acestora în măsurări dinamice (tunele aerodinamice, fluide cu turbulențe etc).

2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

2.3 Termistoarele sunt rezistențe electrice realizate din materiale semiconductoare (oxizi de Mn, Ni, Co, Cu), care au un coeficient de variație cu temperatura $|\alpha| \geq (8...10) \cdot \alpha_{TR}$ (fig.i).

Dependența rezistență-temperatură respectă aproximativ o lege exponențială de forma:

$$R_T = R_0 e^{b \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

în care R_T și R_0 sunt rezistențele termistorului la temperaturile T , respectiv T_0 în [K], iar b o constantă dependentă de materialul din care este confecționat termistorul (cu valori cuprinse între 2500 și 13000 K⁻¹).

Tehnologic, termistoarele se realizează prin sinterizarea, la temperaturi înalte și în atmosfere riguros controlate, a pulberilor din oxizi semiconductori sub formă de plăcuțe, discuri, baghete, perle.

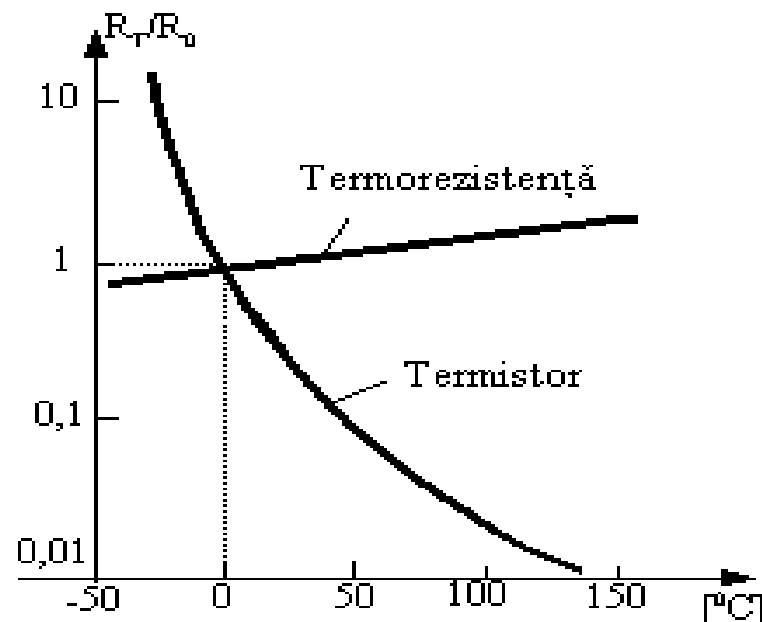


Fig.i. Raportul rezistențelor R_T/R_0 la un termistor și o termorezistență



2. Traductoare de temperatură bazate pe efecte termoelectrice

Realizările tehnologice actuale permit obținerea de termistoare cu o reproductibilitate a caracteristicii rezistență-temperatură sub 1...2%, pe domenii de utilizare cuprinse între -80°C și $+150^{\circ}\text{C}$.

Ca **avantaje** - în raport cu termorezistențele - se remarcă sensibilitatea mult mai mare, precum și valoarea nominală a rezistenței de ordinul $\text{k}\Omega$ -lor, ceea ce conduce la neglijarea rezistenței firelor de legătură.

Ca **dezavantaje**, pregnante sunt dependența puternic neliniară a rezistenței cu temperatura și reproductibilitatea slabă în procesul de fabricație. Primul dezavantaj este anulat de unele firme producătoare prin comercializarea de termistoare liniarizate, obținute prin asamblarea - în aceeași capsulă - a unui grup conținând 1...3 termistoare împreună cu rezistențe serie, paralel, paralel-serie

2.4. Elementele sensibile semiconductoare își bazează funcționarea pe dependența de temperatură a tensiunii directe - în cazul unei diode semiconductoare - respectiv a tensiunii bază-emitor - în cazul unui tranzistor - atunci când acestea sunt străbătute de un curent constant. Au domeniul -55°C ... $+150^{\circ}\text{C}$ cu o precizie de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; alimentarea acestui circuit se poate face de la o sursă de tensiune continuă între $+4\text{V}$ și $+30\text{V}$.

3. Traductoare pirometrice de temperatură

Aceste traductoare folosesc elemente sensibile capabile să detecteze radiațiile emise de corpurile încălzite.

Cu creșterea temperaturii, corpurile emit radiații termice care își modifică lungimea de undă (corpul își schimbă culoarea de la roșu la galben și apoi la alb).

Se numește *radianță energetică* E a unei surse de radiație densitatea de suprafață a fluxului energetic Φ (puterea radiației)

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad [W / m^2]$$

Densitatea spectrală de radianță energetică – *radianța spectrală* E_λ – se definește ca

$$E_\lambda = \frac{dE}{d\lambda} \quad \text{iar puterea de absorbție a unui corp se caracterizează prin}$$

factorul de absorbție α definit ca raportul între fluxul energetic absorbit Φ_a și cel incident Φ , $\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi}$

Legile radiației termice sunt riguros determinate pentru corpul negru pentru care $\alpha = 1$.

Totodată, un corp negru încălzit emite în totalitate radianța energetică.

3. Traductoare pirometrice de temperatură

Astfel:

- *legea lui Planck* arată că radianța spectrală $E_{0\lambda}(T)$ este dată de relația

$$E_{0\lambda}(T) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} \quad (*)$$

unde λ este lungimea de undă a radiației emise, c_1 și c_2 – constante, iar T temperatura absolută în [K].

- prin integrarea relației (*) se obține *legea lui Stefan-Boltzmann*:

$$E_0(T) = \int_0^{\infty} E_{0\lambda}(T) d\lambda = \sigma T^4$$

unde σ este constanta lui Boltzmann; *legea lui Stefan-Boltzmann* semnifică faptul că radianța integrală (totală) de emisie a corpului negru este proporțională cu temperatura absolută la puterea a patra.

- prin derivare, relația (*) conduce la *legea deplasării a lui Wien*

$$\lambda_m T = \text{ct.}$$

care arată că produsul dintre lungimea de undă λ_m corespunzătoare valorii maxime a puterii de emisie și temperatura absolută T a sursei de radiație este constant (altfel spus, spre temperaturi mai mari lungimea de undă scade).

3. Traductoare pirometrice de temperatură

- pentru corpurile reale, la care factorul de absorbție/emisie este < 1 , se definește *factorul de emisie spectrală* $\varepsilon_\lambda(T)$ egal valoric cu factorul de absorbție spectrală $\alpha_\lambda(T)$, adică

$$\varepsilon_\lambda(T) = \frac{E_\lambda(T)}{E_{0\lambda}(T)} < 1$$

care arată că puterea de emisie spectrală (radianța spectrală emisă) a unui corp real $E_\lambda(T)$ este inferioară celei a corpului negru $E_{0\lambda}(T)$.

- analog, utilizând rezultatul legii lui Stefan-Boltzmann, rezultă unde $\varepsilon(T)$ se numește *coeficient de emisivitate (factor de emisie totală)* dedus pe cale experimentală pentru materialele a căror temperatură se măsoară prin metoda pirometrică.

3.1. Pirometrele de radianță integrală se bazează pe măsurarea radianței totale conform legii lui Stefan-Boltzmann, cu corecția de emisivitate $\varepsilon(T)$.

Astfel, considerând temperatura de radianță T_r a corpului negru la care acesta emite aceeași radianță totală cu corpul real aflat la temperatura reală T_m (de măsurat), rezultă

$$\varepsilon(T_m) \cdot E_0(T_m) = E(T_m) = E_0(T_r) \quad \text{sau} \quad \varepsilon(T_m) \cdot \sigma T_m^4 = \sigma T_r^4$$

de unde $T_m = T_r \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon(T_m)}}$ și cum $\varepsilon(T_m) < 1$ rezultă $T_m > T_r$, deci se aplică rezultatului o corecție conform relației anterioare, întrucât etalonarea pirometrului se face în raport cu corpul negru.

3. Traductoare pirometrice de temperatură

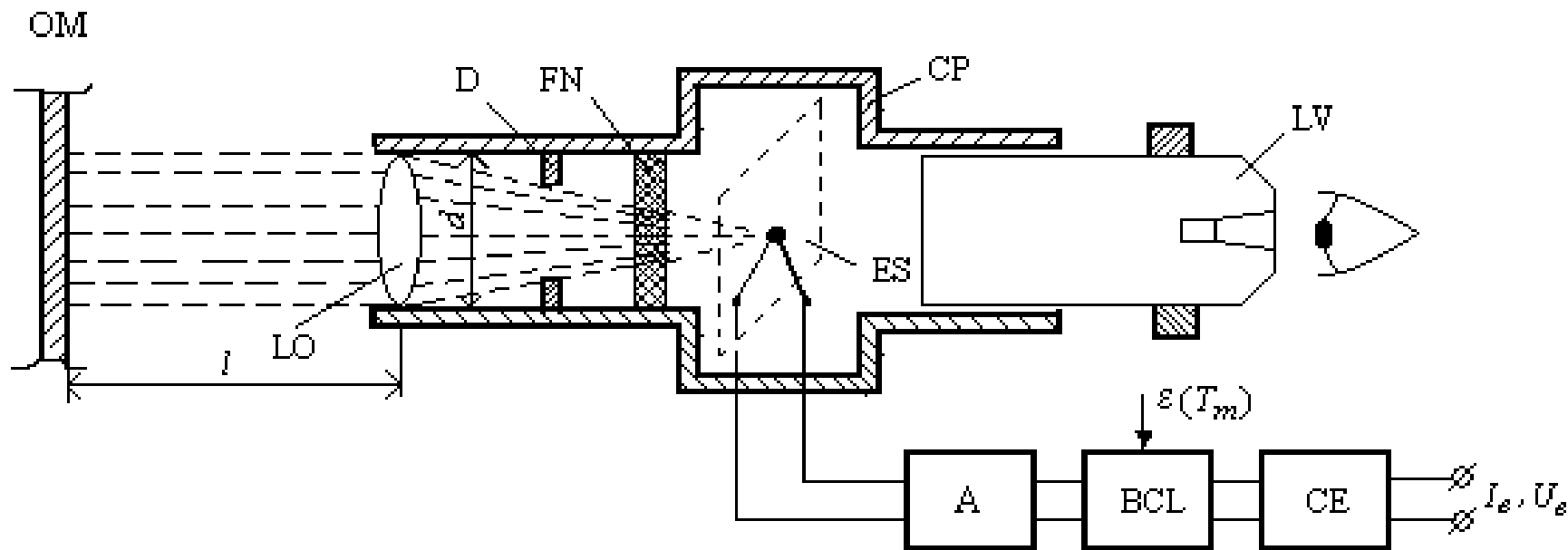


Fig.j. Pirometru de radianță integrală:

OM – obiectul măsurării; CP – corpul pirometrului; LO – lentila obiectiv; D – diafragmă; FN – filtru neutru; ES – element sensibil; LV – lunetă de vizare; A – adaptor; BCL – bloc de calcul și liniarizare; CE – convertor de ieșire

Principial, componența unui pirometru de radianță integrală este prezentată în fig.j. Radianța emisă de obiectul măsurării OM este focalizată de lentila obiectiv LO pe elementul sensibil ES, utilizând totodată o diafragmă D și un filtru neutru FN. Pentru realizarea acestui scop se folosește luneta de vizare LV prin care se uită operatorul uman.

3. Traductoare pirometrice de temperatură

Elementul sensibil este alcătuit dintr-o baterie de termocupluri înseriate având joncțiunile de măsurare dispuse circular pe un suport de platina înnegrită pentru a se apropia cât mai mult de corpul negru – fig.k.

Puterea absorbită de platina înnegrită este proporțională cu radianța integrală a corpului negru, adică

$$P_a = k_D \cdot \sigma(T_r^4 - T_D^4) \quad \text{unde } T_r \text{ este temperatura de radianță, } T_D \text{ – temperatura detectorului, } k_D \text{ – factor de proporționalitate.}$$

Puterea disipată de detector către corpul pirometrului CP, acesta din urmă aflat la temperatura θ_0 , este

$$P_d = \gamma S_D (\theta_D - \theta_0) \quad \text{unde } \gamma \text{ este coeficientul de transmisie a căldurii, } S_D \text{ – suprafața detectorului, } \theta_D \text{ – temperatura detectorului.}$$

La echilibru rezultă:

$$\theta_D - \theta_0 = \frac{k_D}{\gamma S_D} \sigma(T_r^4 - T_D^4).$$

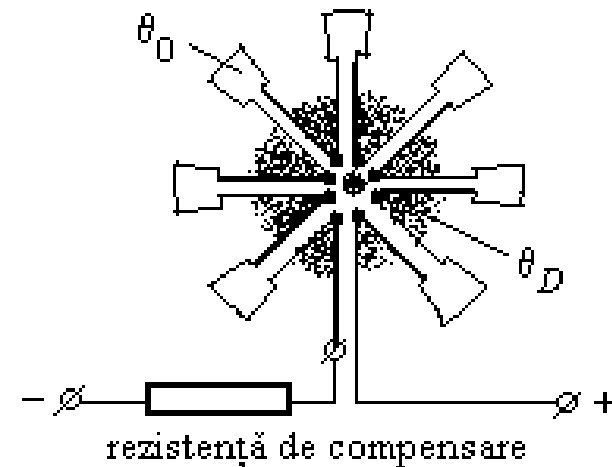


Fig.k. Elementul sensibil al pirometrului de radianță integrală

3. Traductoare pirometrice de temperatură

Cum t.t.e.m. a celor n termocupluri care alcătuiesc elementul sensibil este

$$E_{TC} \cong n K_{TC} (\theta_D - \theta_0) = n K_{TC} \frac{k_D}{\gamma S_D} \sigma (T_r^4 - T_D^4) \quad (*)$$

iar din condiția $T_D < T_r$ se obține $T_D^4 \ll T_r^4$, ceea ce conduce la aproximarea relației (*) în forma

$$E_{TC} \cong n K_{TC} \frac{k_D}{\gamma S_D} \sigma T_r^4 \quad \text{sau, ținând seama de corecție,} \quad E_{TC} = n K_{TC} \frac{k_D}{\gamma S_D} \sigma \varepsilon(T_m) T_m^4$$

care arată dependența neliniară a t.t.e.m. de temperatura de măsurat T_m . Liniarizarea se face de către blocul de calcul și liniarizare BCL, iar prin convertorul de ieșire CE se obține un curent / tensiune variind în limite unificate.

Pirometrele de radianță integrală au domeniul de la sute de °C la 2000 (2500) °C, indicele de vizare $l/d = 20 \dots 300$, măsurările fiind realizate cu o precizie de 1 ... 2%.

3. Traductoare pirometrice de temperatură

3.2. Pirometrele de radianță spectrală constau în compararea simultană a radianței monocromatice obținută de la obiectul măsurării cu cea generată de o lampă fotometrică (etalon) – fig.1.

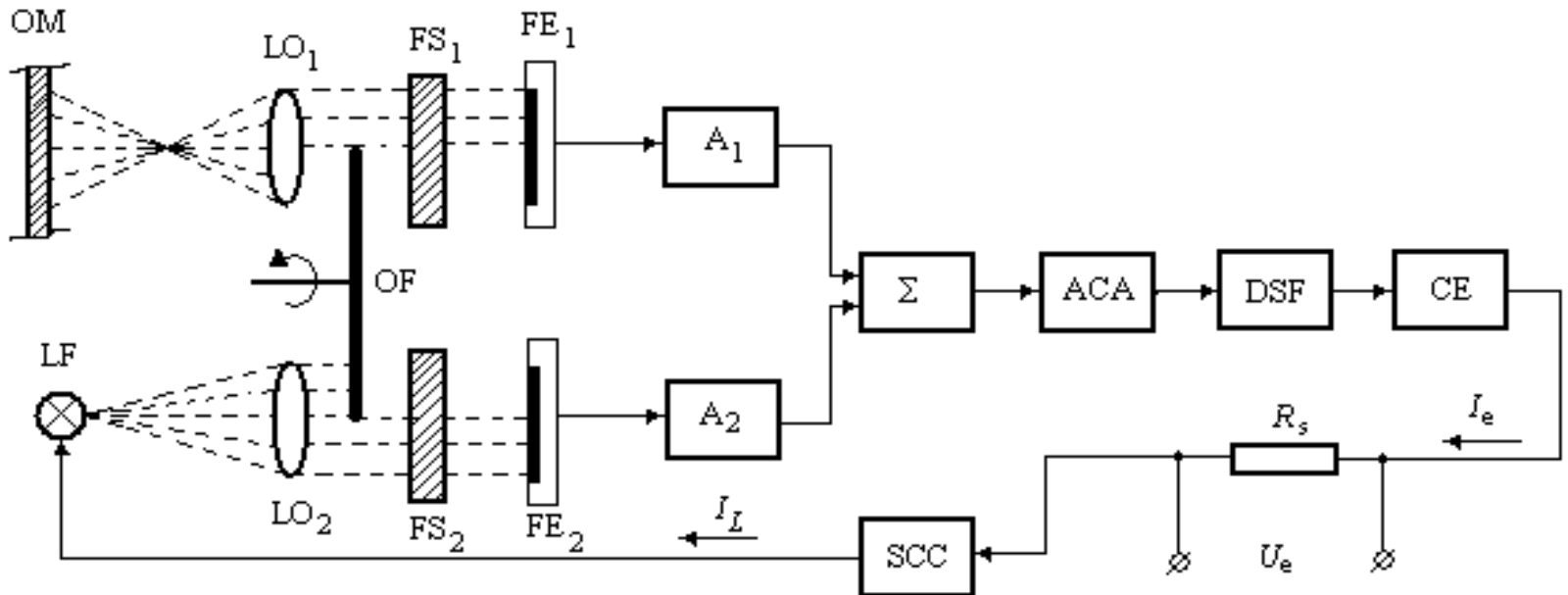


Fig.1. Pirometru de radianță spectrală:

OM – obiectul măsurării; OF – obturator cu fante; LO₁, LO₂ – lentile obiectiv; FS₁, FS₂ – filtre selective; FE₁, FE₂ – fotoelemente; A₁, A₂ – amplificatoare de fotoelement; Σ – sumator diferențial; ACA – amplificator de c.a.; DSF – detector sensibil la fază; CE – convertor de ieșire; SCC – sursă comandată în curent; R_s – rezistență de sarcină

3. Traductoare pirometrice de temperatură

Datorită obturatorului cu fante OF, rotit cu o viteză constantă, radiațiile monocromatice obținute de la lentilele obiectiv LO₁, LO₂ și trecute prin filtrele selective FS₁, FS₂, care lasă să treacă radiațiile numai într-un domeniu îngust $[\lambda, \lambda+d\lambda]$, sunt recepționate de fotoelementele FE₁, FE₂; semnalele obținute sunt amplificate identic de A₁, A₂, sumate diferențial de Σ , amplificate în curent alternativ de ACA, demodulate sincron de detectorul sensibil la fază DSF, luând ca referință semnalul dat de lampa fotometrică LF, și aplicat convertorului de ieșire CE. Acesta (CE), prin curentul său I_e , comandă sursa comandată în curent SCC, care modifică curentul de alimentare I_L al lămpii fotometrice până când radianța monocromatică a acesteia devine egală cu cea a obiectului măsurării OM.

Pirometrele de radianță spectrală au domeniul de la 350 ... 500°C la 2500 ... 3000°C, măsurările fiind realizate cu o precizie de 0,5 ... 1,5%.

Cum relația de calcul (a se vedea legea lui Plank) arată o dependență neliniară între T și $E_\lambda(T)$, se utilizează – ca și la varianta de pirometru cu radianță integrală – un bloc de calcul și liniarizare (neexplicitat în fig.1).

3. Traductoare pirometrice de temperatură

3.3. *Pirometrele optice cu dispariția filamentului* au funcționarea derivată din cea a pirometrelor de radianță spectrală, cu observația că operatorul face operația de comparație a radiației emise de obiectul măsurării cu cea a unei lămpi etalon – fig.m.

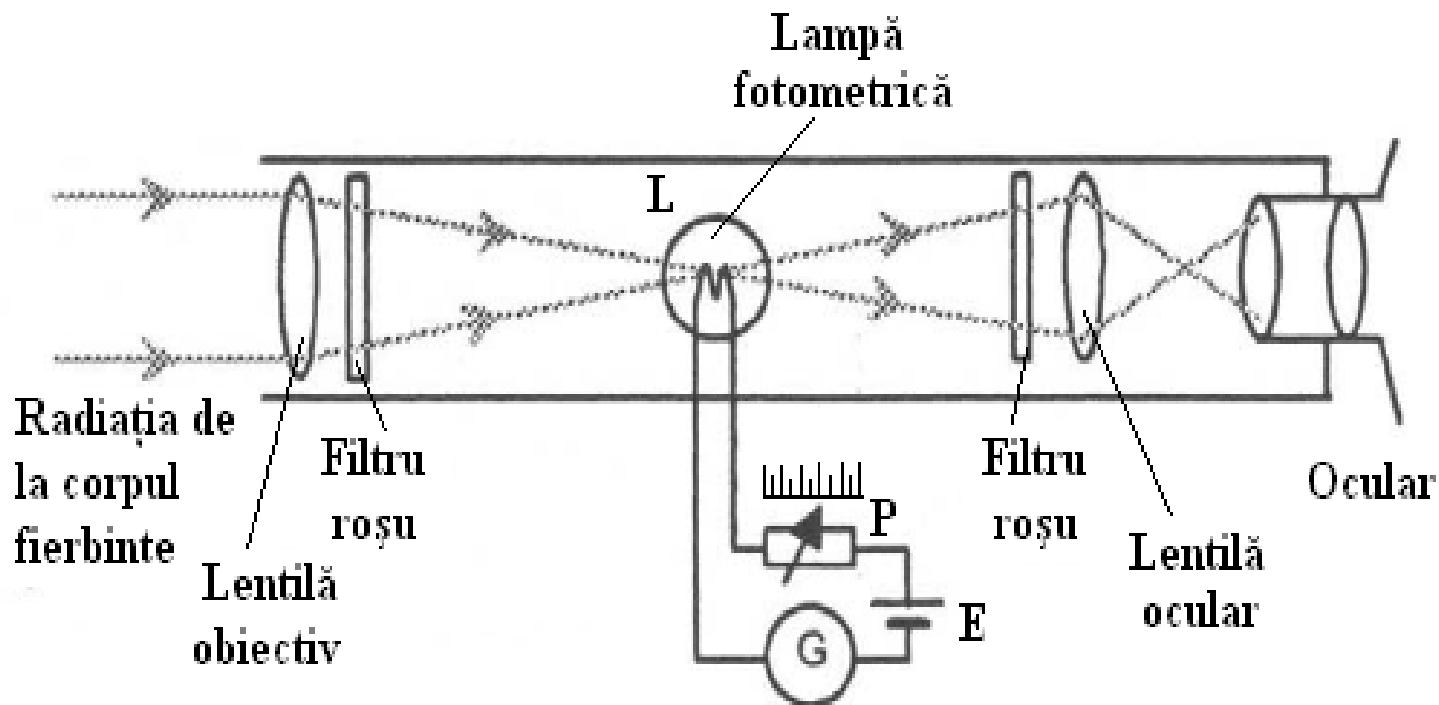


Fig.m. Pirometru optic cu dispariția filamentului

3. Traductoare pirometrice de temperatură

Principiul de funcționare: Imaginea obținută de la radiația corpului fierbinte, a cărei temperatură se măsoară, se compară cu imaginea filamentului unei lămpi fotometrice L; altfel spus, se compară strălucirile celor două corpuri incandescente (intensitățile de radiație) pe o anumită lungime de undă.

Din potențiometrul P se poate regla strălucirea lămpii etalon L, iar pe galvanometrul (miliampermetrul) G se poate citi curentul de alimentare a lămpii, ceea ce este echivalent cu a-l grada direct în unități de temperatură.



Obiect la o temperatură mai mare ca a filamentului



Obiectul și filamentul la aceeași temperatură



Obiect la o temperatură mai mică decât a filamentului

Fig.n. Imaginea obținută la pirometrul cu dispariția filamentului funcție de temperatura corpului cald în raport cu cea a lămpii fotometrice

3. Traductoare pirometrice de temperatură

Se pot deosebi trei situații (expuse în fig.n):

- strălucirea imaginii corpului incandescent este mai intensă decât a filamentului (filamentul se vede întunecos pe un fond luminos);
- strălucirea filamentului este mai mare (filamentul este luminos pe un fond întunecos);
- când strălucirile sunt egale, filamentul nu se mai vede.

Pentru măsurarea temperaturii se modifică, cu ajutorul potențiometrului P, curentul prin filament până la dispariția acestuia. Dacă sursa E este stabilizată citirea temperaturii se poate face direct pe potențiometrul P. Dacă nu este îndeplinită această condiție, se introduce în circuit un ampermetru (galvanometru) G cu scala gradată direct în unități de temperatură.