

# 1. ETALONAREA TERMOCUPLELOR

## 1. Generalități

Termocuplul este ansamblu format din doi conductori din metale diferite sudate la ambele capete (fig. 1).

Una din suduri (sudura rece) este menținută la o temperatură constantă de 0 °C în scopuri industriale, în timp ce cealaltă (sudura caldă) este introdusă în spațiul a cărei temperatură dorim să o determinăm.

Din cauza diferenței de temperatură dintre cele două suduri în circuit apare un curent termoelectric  $i$  (efect Peltier - Thompson) care poate fi pus în evidență cu ajutorul unui instrument indicator ce poate fi montat fie la extremitățile celor doi conductori (fig. 2a) fie în serie cu unul din conductori (fig. 2b).



Fig. 1

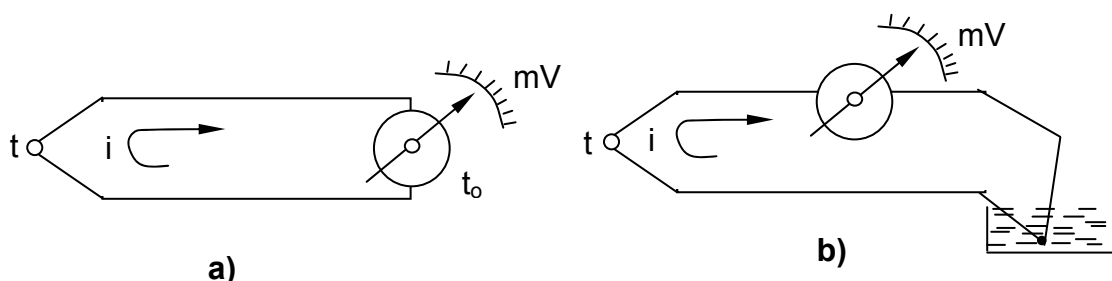


Figura 1.1

În primul caz sudura rece se realizează prin conectarea firelor la bornele instrumentului. Acest montaj se utilizează în industrie când temperatura nu variază prea mult și nu se cer indicații de precizie ridicată.

În al doilea caz sudura rece se introduce într-un recipient în care temperatura este menținută constantă și egală cu 0° C.

Notăm cu  $e$  tensiunea termoelectromotoare, în milivolți, care apare în circuit datorită diferenței de temperatură  $t$  dintre cele două suduri, cu  $i$  curentul termoelectric în miliamperi și cu  $R$  rezistență externă, formată din rezistența termocuplului ( $R_T$ ) și a sârmelor de legătură ( $R_L$ ) iar  $r$ , rezistența internă a aparatului de măsură.

Curentul termoelectric este dat de legea lui Ohm:

$$i = \frac{e_T}{R_T} = \frac{e_T}{R_{\text{ext}} + r}, \quad (1)$$

$$e_t = i \cdot R_{\text{ext}} + i \cdot r,$$

$$R_{\text{ext}} = R_L + R_T \quad (2)$$

Unde

$i \cdot r = u$  reprezintă căderea de tensiune pe rezistența instrumentului, iar  $i R_{ext}$  reprezintă căderea de tensiune pe restul circuitului.

Tensiunea termoelectromotoare  $e$  depinde de diferența de temperatură dintre cele două suduri.

Determinarea experimentală a dependenței lui  $a$  față de  $t$  (curba de etalonare), cu schema din figura 2b se obține o curbă de natură parabolică (fig. 3a) și care reprezintă algebric o ecuație de forma:

$$e_t = at + bt^2 = i \cdot R_{ext} + u \quad (3)$$

Tensiunea termoelectromotoare  $e$  depinde de natura materialelor conductorilor materialelor conductorilor (prin coeficienții  $a$ ,  $b$ ) și de temperatură, însă este independentă de rezistența circuitului.

Cuplând relațiile (2) și (3) vom obține:

$$f(t) = e_t = i \cdot R_{ext} + u \quad (4)$$

Dacă:

$$u = i \cdot R_{ext} + u \quad \text{sau} \quad i = \frac{u}{r} \quad (5)$$

și rezultă:

$$f(t) = e_t = \frac{u}{r} \cdot R_{ext} + u = u \left( \frac{R_{ext}}{r} + 1 \right) \quad (6)$$

În relația (6) se măsoară rezistența circuitului exterior  $R_{ext}$  se citește pe cadranul aparatului rezistența sa internă  $r$  sau eventual se măsoară, iar căderea de tensiune pe aparat  $u$  se citește direct la aparat, în milivolți, instrumentul indicator fiind milivoltmetru.

Dacă instrumentul se leagă în locul sudurii reci (fig. 2a) aceasta va avea temperatura  $t_0$  a mediului în care se află instalația. În acest caz  $\theta = t - t_0$  este diferența de temperatură dintre cele două suduri ale termocuplului care creează tensiunea termoelectromotoare.

$$e_\theta = a\theta + b\theta^2 = A + Ct^2 \quad (7)$$

Curba  $e_\theta = f(\theta)$  (fig. 3b).

Pentru temperatura  $t = \theta + t_0$  tensiunea termoelectromotoare  $e_t$  va fi:

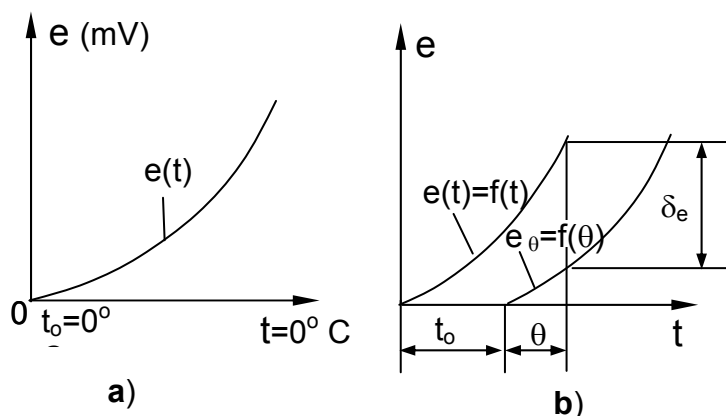


Figura 1.2

$$e_t = e_\theta + \delta_e = e_\theta + t_0$$

Curba  $e_\theta = f(\theta)$  o putem obține în laborator cu montajul din fig. 2a (temperatura  $t_0$  fiind temperatura milivoltmetrului determinată cu un termometru de cameră).

Vom lua două valori  $t_1, t_2$ , pentru care corespund două valori  $\theta_1, \theta_2$  putând măsura  $e_{\theta_1}$  și  $e_{\theta_2}$ . Vom forma un sistem de două ecuații:

$$e_{\theta_i} = a\theta_i + b\theta_i^2; \quad i = 1, 2$$

din care se determină necunoscutele  $a$  și  $b$ .

Procedul de etalonare constă deci în menținerea sudurii calde la temperaturi cunoscute  $t$ , sudura rece fiind  $t_0$  și citindu-se diversele valori  $u$ , se calculează  $e$ . Se pot determina astfel cele două constante  $a$  și  $b$  deci se vor determina folosind sistemul de două ecuații:

$$e_{t_i} = a_{t_i} + bt_i^2; \quad i = 1,2$$

## 2. Aparatura de laborator

instalația experimentală este reprezentată în schema din fig. 4

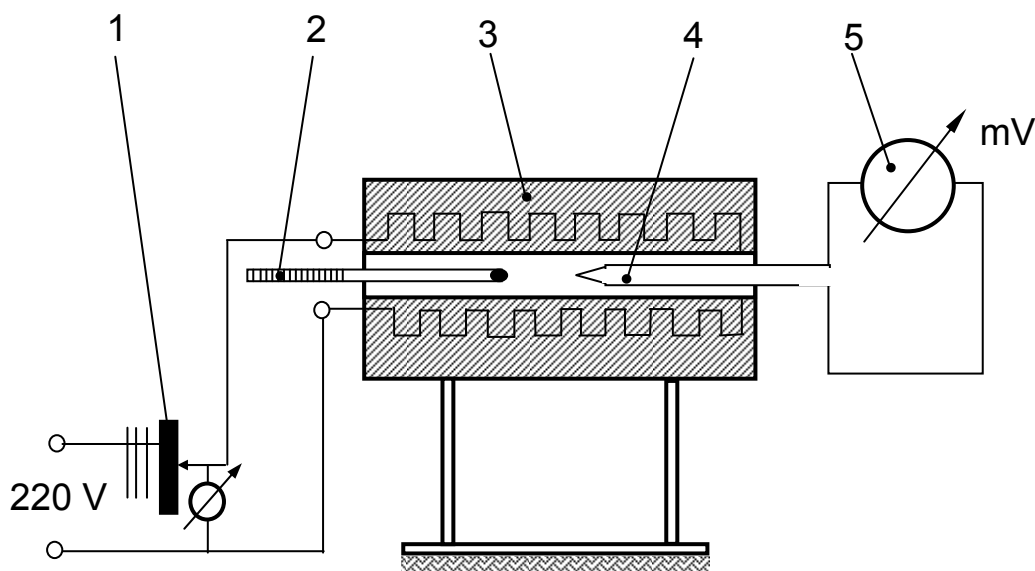


Figura 1.3 1 – Autotransformator; 2 – termometru de control cu mercur; 3 – cuptor tubular cu temperatura comandată; 4 – termocuplu; 5 – milivoltmetru

## 3. EFECTUAREA MĂSURĂTORILOR

- se verifică dacă instalația este legată după schemă și dacă cursorul autotransformatorului stă la zero. Se introduce cordonul de alimentare a autotransformatorului, la priză și se rotește cursorul în sensul acelor ceasornicului, până ce voltmetrul  $V$  indică o tensiune  $U_1$  cu care este alimentată rezistența cuptorului. Căldura dezvoltată de rezistența cuptorului la încălzirea acestuia.
- Prin încălzire cuptorul cedează căldura către mediul ambiant. În momentul stabilizării regimului, căldura dezvoltată de rezistența cuptorului este egală cu căldura cedată mediului ambiant.
- Stabilizarea se constată urmărind variația temperaturii indicată de termometrul  $t$  citită la intervale de 5 minute. Dacă la trei citiri succesive temperatura rămâne constantă, se consideră regimul ca fiind permanent și se pot face citirile exacte ale temperaturii, indicate de termometrul 2, precum și a tensiunii  $u$  indicată de instrument.
- Se repetă operația rotind cursorul autotransformatorului până ce voltmetrul va indica tensiunea  $U_2$  și după stabilizarea regimului se vor face citirile temperaturii  $t$  indicate de termometrul 2 și a tensiunii milivoltmetrului 5.
- Se vor face cel puțin două citiri după care instalația se va opri (cursorul autotransformatorului se aduce la zero și se scoate cordonul electric din priză).
- Rezultatele citirilor se trec într-un tabel de forma următoare:

Tabelul 1.1

Nr. crt.	U (V)	t (°C)	t <sub>0</sub> (°C)	θ (°C)	u (mV)	e <sub>θ</sub> (mV)
1						
2						

Cu cele două valori t<sub>1</sub> și t<sub>2</sub> se calculează valorile θ<sub>1</sub> și θ<sub>2</sub> și se formează sistemul:

$$e_i = a\theta_i + b\theta_i^2,$$

valorile e<sub>i</sub> se iau din tabel.

Rezolvarea sistemului duce la determinarea celor două constante a și b și implicit a curbei e<sub>t</sub> = f(t).

**Exemplu de calcul:**

Nr. crt.	U (V)	t (°C)	t <sub>0</sub> (°C)	θ (°C)	u (mV)	e <sub>θ</sub> (mV)
1	5	75	25	50	2,4	2,64
2	15	160	25	135	6,4	7,04

$$e(t) = u \left( \frac{R_{ext}}{r} + 1 \right) \text{ unde } R_{ext} = 1,75 \Omega, r = 5 \Omega$$

S-a rezolvat apoi sistemul e<sub>i</sub>(θ) = aθ<sub>i</sub> + bθ<sub>i</sub><sup>2</sup>, unde θ<sub>i</sub> = t<sub>i</sub> - t<sub>0</sub>, t<sub>0</sub> = 25° C și s-au obținut următoarele valori: a = 0,051115, b = 0,0000337

Cu aceste valori se poate trasa curba de etalonare: e<sub>(t)</sub> = at + bt<sup>2</sup> (fig. 4)

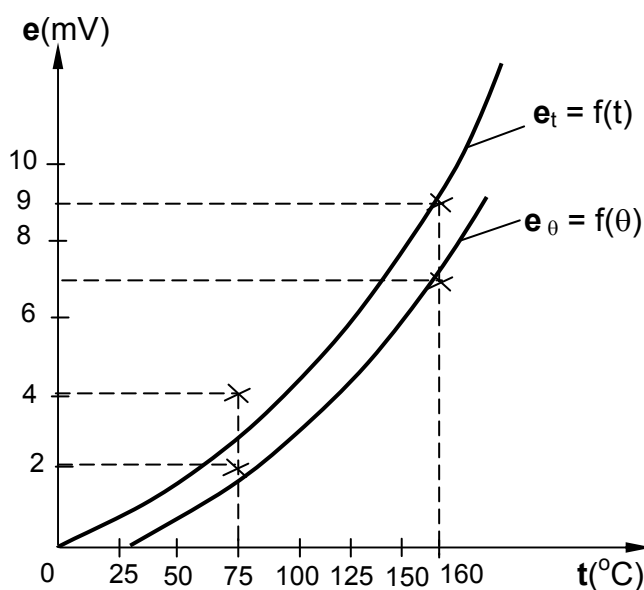


Figura 1.4 Curba de etalonare