LUCRARISA Nr. 8

WASURAREA TEMPERATURII

8.1. Prezentare. Traductoure de temperatură.

atentie traductoarelor din primul tip susmentionate (termocuplu, le măsurabile. Prin matura laboratorului se va acorda în continuare termorezistență, dispozitiv semiconductor). rat de acesta) permit acoperirea întregii game de temperaturi uzusde convergere și atemuare, de către un traductor fotoelectric și prelucrarea ulterioară într-un circuit de măsură a semnalului geneceptarea fascicolului luminos, pi n intermediul unui sistem optic deci superioare valoric și în general însoțite de emisie luminoasă - 200 + + 1000 + 1400°C (temperaturi in general reci, neinsotite in-(principiu de fapt pe care sînt și realizate, ele bazîndu-se pe relucrind in general in domenti de temperaturi + 600°C ; 2000 ; 2500°C, totdeauna de emisie luminoasă), în timp ce pirometrele de radiație, conductor (diod", termistor, varistor) se utilizează în domenii Traductoarele de tip termocuplu, termorezistență, dispozitiv semiductoare și adaptate cerințelor unui laborator de măsuri clectrice. toare utilizate și cîtewa scheme de măsură aplicabile acestor trao documentare asupra traductoarelor gi schemelor de măsură foarte bogată. Lucrarea îst propune a prezenta pe scurt principalel traducintilnită ca necesitate de măsură în practică, are, din acest motiv, "emperatura, una din mirimile neelectrice cel mai deg

8.1.1. Termocuplui ca traductor de temperatură

din asocherea a doul metale diferite (Fe - Constantam, Cromel -copel, El reprezintă un traductor generator, constituit

Pt - FtRh, etc), saw a două miiaje diferite, temperatura mediului (sau de referință to), peratura de măsurat T și punctele libere la cu un punct de sudură (vezi fig.8.1) la temintre capetele libere, in casul inegalită-

regiunile extreme (in jurul valorii de aparind o tensiune, Em, denumita tensiune cului din fig. 8.2, in afara unor coturi in termoelectromotoare și care, conform grafi-



0

-|-



40°C) și respectiv la limita superioară de măsură, determinată

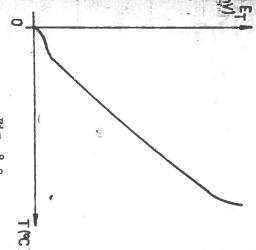
renta(T-To), conform relatied: valoric de tipul termoauplului este riguros proporțională ou dife-Er " kr(T-To)

rita repetabilitätii valorilor

o valoare relativ mică, dar dato

rintie E_T cu temperatura se obîn timp și rigurozității de vaeste de ordinul (2 + 10) $mV/100^{\circ}$ (,

Scnsibilitatea termocuplului



T(°C) de temperatură: conditii, obligatoriu a fi resmăsurare i se impun o serie de realizare a unei măsuri corecte pectate, ca o primă cerință de tin scheme ou inalte performante de măsură. Traductorului și schemei de

plului, dim punct de vedere a - corecta alegere a termocu-

limitelor de măsurare necesar a fi acoperite ;

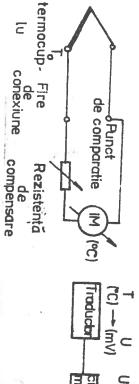
though En f (T), mai pretențioase), la limita de liniaritate inferioară a caracteris lA in timp si temperatură (eventual prin termostatare la schemele - stallitrea unei valori de referință, To, cît mai invariabi-

trometeare de contact să fie minimă, avînd în vedere valorile mici tensiumo pe ele, care ar conduce la insensibilizarea schemei de mătența ohmică propric să fie neglijabilă (și să ru apară căderi de ale Em) și de lungime care să nu depășenscă 1-2 m, astfel ca rezisdin materiale convenabile (alese astfel incit tensiunes contraelecsură); - conectarea traductorului la schema de măsurare cu conductoar

motoare de contact. de tensiune pe firele de conexiune și a tensiunilor contraelectrounei surse de t.e.m. auxiliare (compensatoare de c.c.) a căderilor - compensarea, la schemele cole mai pretentioase, cu ajutorul

este dată în fig. 8.3. termocuplului ca traductor de temperatură, într-o schemă de măsură Schema de principiu, la nivel de schemă bloc, de utilizare a

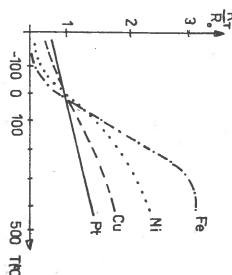
Tabelul 8.1



File. 8.3

8.1.2 Termorezistența ca traductor de temperatură.

rativă sintetică, conform celet din tabelul 8.1. nite în tehnica măsurării temperaturii, permițind o analiză compa-8.4 reprezint principalele tipuri de termorezistentă uzual întîlohndet a carel variație cu temperatura este bine cunoscută. Fig. Termorezistența reprezintă de fupt o rezistență



din care se confecționeasă satisfacă următoarele cerintermorezistențele trebule să In general, materialele

- marh temperatură, o, /3 cît mai - să aibă coeficienți de
- cit mai mare; - să aibă resistivitate
- 500 T(C) lor electrice 91 mecanice, petabilitate ou temperatura fizico-chimice și o bună retate in timp a proprietati-- să aibă o bună stabili-

în timp a rezultatelor;

46

rezistența, se limitează domeniul de măsurare în domeniul liniar de variatie al R_T în funcție de temperatură) ; tru care în funcție de materialul din care este confecționată termosă determine o relație R = f(T) cît mai liniară (motiv pen-

mui apropiate, pentru a asiguru interschimbabilitates ; - să permită realizarea unor traductoare cu caracteristică oît

Fier Cupru Nichel Platină Termorezistență - 200++600 (°C) Domeniu de 0-150 $0 \div 300$ -50-+200 temperatura (C) R-=R[1+d(1-1)+p(1-1)] RT=B[1+d(T-T)+A(T-T)] R=R[1+&(T-1)] $R_{T}=R_{T}^{2}+A(T-T_{0}^{2})+\beta(T-T_{0}^{2})$ linearitate bună Ecuație toare in domeniu mic de temperatură sensibilitate f. bună liniaritate corespunză sensibilitate bună linearitate destul sensibilitate mică dar mai mare ca Pt sensibilitate mică linearitate bună Caracteristici (ot, y mari) de bună functional e

Te. care este deobicei înscrisă pe termorezistența - traductor la livrarii limită (inferioare sau superioare) de măsurare termică, valoare far în celilalt braț o remistență de comparare corespunzătoare valounui instrument logometric, în unul din brate fiind termorezistența, tură în general este o schemă în punte Wheatstone sau intercalată Scheme de utilizare a termorezistentei ca traductor de tempera-- să fic ieftine, ușor de procurat, de montat și de întreținut.

8.1.3 Termistorul ca traductor de temperatură.

* tiei: rui rezistență variază cu temperatura (vezi fig. 8.5) conform rela-Termistorul este un dispositiv semiconductor, a ca-

negrativ velocic(gi urmarind alure curbed din fig. 8.5): filmd definit coeficientul de variațic al rezistenței cu temperatura,

$$\frac{L_{T}}{T^{2}} = -\frac{B}{T^{2}} \qquad (8.3)$$

rea schemelor de măsură, sînt : bute să se țină cont la alcătuitermistoarelor, față de care tre-Parametrii principali at

mită ca valoare a rezistenței la - rezistenta nominală, denu-

o anumită temperatură (la limita inferioară sau superioară de măsu-

tate bund a unor temperaturi pind ha 500-600°C)); in aliaje și tehnologii speciale permițind măsurarea, cu o sensibil niul de lucru 0 - 100 - 150°C ; există însă și termistoare realizats (în acest sens, se specifică faptul că termistoarele uzuale au domecare curba de variație a rezistenței devine asimptotică la abscisă rezistenței cu temperatura, condiționată de neimtrarea în zona în - domeniul de măsurare, determinat de o variație acceptabilă

riație a R_T= f(T)) a termistorului: variația rezistenței pe unitate de temperatură,în zona mediană de va - coefficientul termic, exprimat in procente pe grad și definind

di R

10-15 secunde, constanta termică de timp, & n sau inerția termică, de ordinul

mistorulut. Acen ac ac acces - curentul maxim admis, nentru a nu produce autoincălzirea ter-

libru al munții constituind faclibrare san curentul de dezceht se în munți echilibrute chu neechilibrate, rezistenta de echiîn circuite de misură ficîndu-(vezi fig. 8.6), conectaren lor peste 1000°d in forms variate Ti sinterizate la temperaturi le sînt oxizi de Hi, Mn, Co,Mg; care se realizează termistoare In General materialele din

dispozitiv semiconductor a cărui rezistență depinde de tensiunea a

Caracteristicile de funcționare ale variatorului,

8.1.4 . Varistorul en troductor de temperatura

Limentare a punții la 4+9 V.

la schemele de müsură în punte utilizate, limitenză tensiunea de a general valoares acessus curent este de ordinul 20-30 mA, ccea co

97

totea acestora, sînt arătate în fig. 8.7 și sînt descrise de rela plicată la borne sau curentul ce îl străbate, precum și de polari-

T (건) disc torul de măsură al temperaturii a) Fig. 8.6 cilindru Baiba

ția de dependență:

Fig. 8.7

яй se traducă într-o variație de tensiunc sau de curent, sau de code includerea sa într-un circuit la care modificarea de temperatură varistorului în scheme de măsurare a temperaturii este condiționață unde n se numeste coeficient de nelinfaritate. Utilizarea deci a

D

(fig.8.8). tiv cu mișcarea curentului prin el) rezistenței cu temperatura (respecteristica crescătoare de variatie a une constantă, se va utiliza caraccăldură si alimentat fiind la tensi nectaren sa în vecinătatea sursei d



nele diodei variază aproximativ liniar la menținerea constantă a în intervalul (- 200 + + 150)°C, domeniu în care tensiunea la bor-3**.1.5** Dioda semiconductoare ca traductor de temperatură. Domeniul de mäsurare al temperaturii se stabilește

curentului (vezi fig.

8.11 se remarcă sensibilitatea bună fe și de temperaturii și rezul.

ră definit de relațta:

= f(T) (8.12)

të totodatë principiul de mësu-

Din curveborishica $1_{c} = f(\Pi_{BE})$ presentath in fig.

8.1.6 Translakorul en braductor de temperatură.

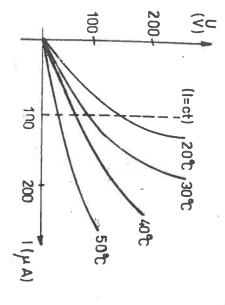
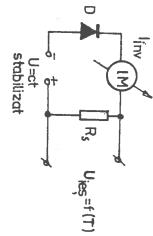


Fig. 8.9



sens invers prin diodă, între ele existînd relația: Fig. 8.10

1,6.10-10C), id, curent in sens direct, inv, curentul

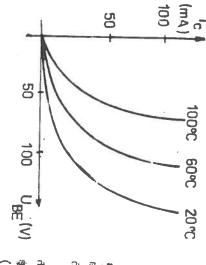
sarcina_electronului (e =

este constanta lui Boltznam $(k=1,38.10^{-23} \text{ J/k})$, e, ente

 $(\eta_0 = 2 \text{ pentru S1}), \mathbf{k}$

unde η este o constantă din fig. 8.10). te de relația: temperatura se definessarciny Rg (vezi schema $= 7 \frac{k}{e} \ln(\frac{id}{inv} + 1)$ St = 10 = siune pe rezistența de dă gau a căderii de tenrentului invers pe diodu-so po misurarea cucipiu de miguri bazîn-8.9), schema de prin-Sensibilitates cu

(8.6)



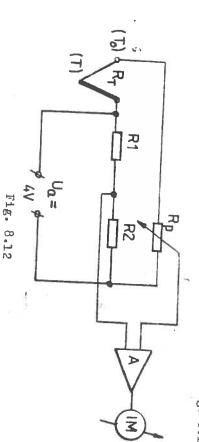
direct îm grade C. a curentului 1 c, putîndu-se face al potențiometrului de companyare etalonarea unghiului de rotire c= constant

mörime ca la dioda semiconduc-§i sensibilitatea de ordinul: toare. de timp de ordinul 10-15 secunde (2+5) mV/ $^{\circ}$ C, de acelaşi ordin de Se mentionează constanta

8.2. heme de misură. Apurate.

8.2.1 Formometro co termorezistență gi termocuplu.

0-350°C so realizează schema de măsură în punte din fig. 8.12, în Willizind no dermocuplu IEMI Fe - constantan,



din R_p se va etalona R_p în valori de temperatură, sau în regim de brată (IM este un instrument de zero), iar echilîbrarea făcîndu-se IM un millampermetru. Schema ponte lucra în regim de punte echili-111 11192 , A este un etaj de amplificare cu factor 102 : 103 , iar care R1,R2 si Rp sint constituite din rezistențe decadice 0 +

unde T este temperatura de măsură. De aici rezultă prin Limire o (8.10)

funcţie: $i_{inv} = f(T)$

pi respectiv: UT = IrT

(8.9)

(8.8)

(8.7)

din care:

 $U_d = 70 U_T \ln(\frac{1}{1 \text{inv}} + 1)$

id = inv(e 70T -1)

față de temperatură, ea este de ordinul: on traductor de temperatură. Reventad, valoric, la sensibilitatea exprimind tocmai principiul de utilizare al diodei semiconductoare

$$S_{T} \approx (2+6) \cdot 10^{-3} \text{ V/}^{\circ}\text{C}$$

punte dezechilibrată, $R_{\rm p}$ servind pentru e echilibrare indțială (Ja T = $T_{\rm o}$), după care dezechilibral punții (datorat T \neq $T_{\rm o}$, $E_{\rm T}$) apare sub forma unei deviații la instrumentul de mümură , el fiind fectalonat în valoit de temperatură.

Utilizarea termorezistențel ca traductor de temperatură se realizează prin îngloburea ci, aga oum s-a arătat la par.8.1.2 într-o schemă în pente sau o schemă cu logometru indicator (vezi fig. 8.1) a, respectiv b), în cars:

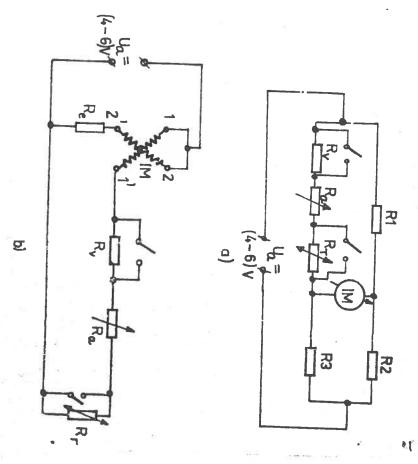


Fig. 8.13

- IM instrument de măsură (microampermetru fig.8.13 a, lorometru fig. 8.13 b);
- termorezisten ä;
- RU rezisten i de verificare (vezi par. 8.1.2);
- Ra rezistență de ajustare (pentru echilitrare fină inițială la zero a IM la R_{TO} fig.8.13 a, și aducerea acului milivoltactru-lui indicutor la valoarea prescrisă la începutul măsurătorii fig. 8.13 h);

P₁,R₂,R₃ - resistents decodice pentra echilibrace punti, o- 't.1.11152'.

Willisewer R_{V} , R_{U} , R_{T} so face in modul armitor: le incommtal müsurüril, se sourteirentieusi R_{T} , se introduce in circuit R_{V} si din R_{B} se soule militroluci exercitului cu lopometru, duri care se sourtei: cuiteasi R_{V} si se reintroduce R_{T} in circuit, cind militroluce se sourtei: cuiteasi R_{V} si se reintroduce R_{T} in circuit, cind militroluce indital trebule si indice o valoure corespunziitoare cu temperatura inițialia (T_{O}). Dimensionarea schemelor trebule asticl ficuti încit curcital de măsurare si nu producă autoincălzirea rezistenței de măsurare re si deci crori de măsurare. Se alege deci o tensiune de alimenture scăzutii (4+6V c.c.) cu care curentul de lucru nu depiscyte Ve lori de ordinul 10+30 mA.

Schema din fig. 8.14 permite utilizaren simultana atit a term

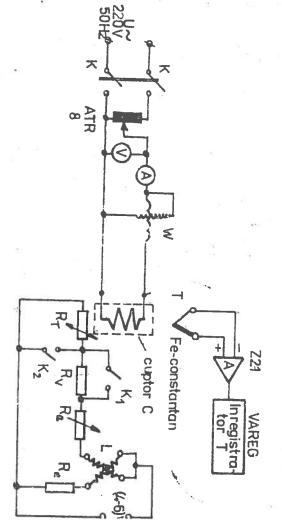


Fig. 8.14

cuplului cît și a termorezistenței la misurarea și urmirirea variatiei temperaturii lu un cuptor de laborator, aparatura utilizată iiind prezentată în continuare :

- C emplor ou registență electrică;
- L losometru (mělivoltmetru) indicator 0 + 250°C, limita de reglaj $R_{\rm m}$ la 200°C, olasă 1,5, pentru termorezistență de cupru; $R_{\rm m}$ termorezistență de cupru, 0+150°C;
- R. rezistență de verificare = 136,4152 la T = 250°C; Ra - rezistență le ajustare - decadr 10 x 152 + 10 x 0,152;

85

- suraă de alimentare 0+6V;

- întrerupiitor bipolar capsulat 250 V, 6+10 A;

 κ_{1} , κ_{2} - intreruphtoure monopolare (so pot realiza 31 din tire de co-

nexiuni);

T - termocuply Fe - constantan 0-350°C;

ATR 8 - subotronsformator & A, 1/2 h, 0-250V;

A - Ampermatru de c.a., clasë: 1-1,5, domendu 0-1-5A;

V - voltmetru de c.a., clasă l-1,5, domeniu 0-75V; A(Z21) - amplificator pentru inregistratorul VAREG (RSG);

0.1

Value - furegistrator, voltampermetru cu domenii maltiple, produc-

tie Motre Elansko (RSC);

W - wattmetru chectrodinamic, chasë 1-1,5, domenii 0-1-5A, 0-120V.

lui gi instrucțiunile de conectare ale înregistratorului gi amplificatorului său, prezentate la par. 8.1.3. tomo mentajulut în c.a., pentru a nu produce distrugerea cuptoru-NOTA: Se vor urmäri ou atemție chestiunilo referitoare la alimen-

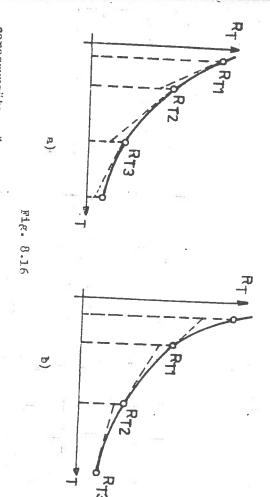
8.2.2 Termometre cu termistort.

rentului la valori prescrise (pentru evitarea fenomenului de autozi trandstorul (fig.8.15) conține elementul $R_{
m p}$ pentru limitarea cu-Schema de principiu în punte în carc se conectea-

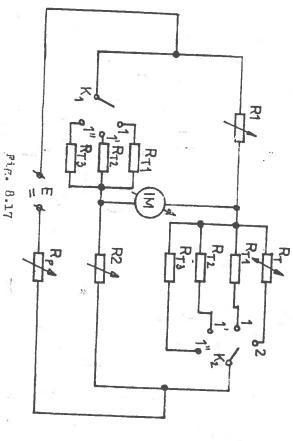
22 23

termistorului (fig.8.5) racteristica neliniară a avînd însă în vodere caschemei. Asemenea schemn, mei valori de calibrare a ratură, corespunzind ului la o anumitä tempereferință AN corespunzălui), termistorul propriu tei ohmice a termistorutoare walorii rezistonzis R_m çi rezistența de încălzire a termistorui

de temeratură (fig. 8.16 a) sau minime de rezistență (fig.8.16 h) prin liniarisarea pe portiuni a caracteristicii, la valori minime a caracteristicii R $_{T}$ = f(T). Extinderea domeniului se realizoazlphameniu restrîns de temperatură, considerînd liniarizată o porțiune Fig. 8.15 se poute aplica pe un do-



coresponsitor effora se realizeasi schema din fig.8.17 cu stabili-



RTT de misurare (început de scală, R_{F1} din fig. 8.16 a, capăt de scală, rea prin R₁,R₂ gi R_p čin fig. 8.16 b) ji měsurnre cu K2 pe 2 cuplind RT. cu K po l'1" sau l" a conditiilor inițialo

lori incipients de temperatura po fiecare demeniu. In seneral fuex incomut de scala, doci cf.fig. 8.16 a, linicrizarea făcindu-se la vacu domenii 0-60 $^{\circ}$ G, 0-120 $^{\circ}$ G și 0-180 $^{\circ}$ G, cu reglaj de zero inițial la So studioză de asemenea un termometru cu termistor HETRA (RSC)

ței de a realiza o scală est mai liniură de citire a valorilor de 40+50°C (un domenin); seest deziderat vine si în întîmpinarea cerim returd sint relativ greu de executat, motiv pentru care termometretemporaturi. le uznaho au domonii de temporatură ce m ocoperi moi mult de realizares unor termistori care să acopere asemenea gamă de tempo-

IPRS, avind R_{T20}°C = 64 R este presentată în fig. 8.18 pentru care Caracteristica termistorului utilizat pentru schema 8.17, tip

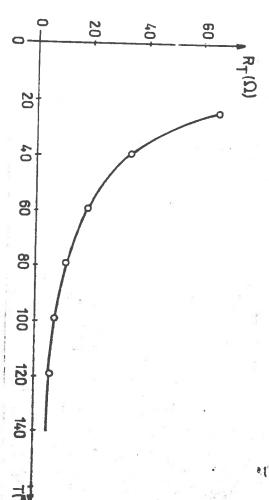


Fig. 8.18

elementale schemet din fig. 8.17 sint :

= 66\O; R_{T2} = 33\O; R_{T3} = 20\O;

 $R_1 = 4792$ potentiometru; $R_2 = 4792$ potentiometru;

= 10052 trimer; E = 4 V c.c.;

IM - MAVO 35 utilizat pe c.c., scala "mA".

fig. 0.19, punctele de conectare ale puntii și comutatore E1. E2 fiind realizate prin capse at cordone le concriunt. Realizarea plăcuței imprimate a circultului este arătată în

mul de măgură. ticii termistorului, conducind la o relativă insensibilizare a sobe-40-60°C 91 60-80°C; peste 80°C observam o aplatisare a caracterisbilitatea de variație a resistenței cu temperatura la 20-40°C, Domeniile de misurare ale temperaturii sint dictate de sensi-

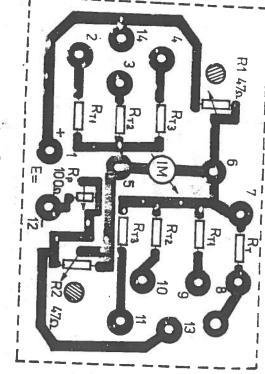


Fig. 8.19

Termometre cu diode semiconductoare.

schem bloc de mäsura este prezentată în fig. 8.20, meterializată la utilizarea diodei semiconductoere oa traductor de temperatură, Conform celor exprimate in par. 8.1.5 referitor

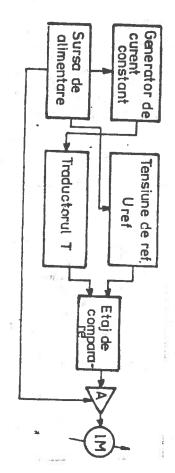
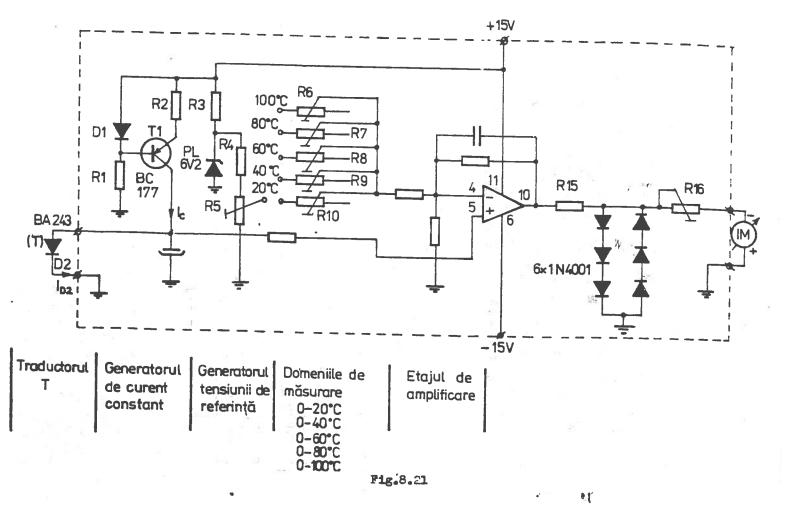


Fig. 8.20

orin schema din lig. 8.21.

departe de zona de saturare: tranzistor să lucreze la un curent de colector de valoare redusă, Dioda D în divizorul de polarizare a bazei I face ca acest

$$I_{\mathbf{C}} = I_{\mathbf{D}_{\mathbf{Z}}} = 0.5 \text{ mA}$$



reactic proutive sorie. filmd componsato.de D1 variatitle tensional Una ple transistorului T

Tensiunca culleasă de st resistente R2 cu rol de a introduce o pe traductor este comparati cu o tensiacu temperatura

astfel ca instrumentul de mäsurä IM (MAVO -35) sa poată fi utilizat 8.21 di asigurînd diferite valori ele factorului de amplificare stabilind domentible do misurare, conform celor ce refee din pe scule "mA". soare so uplică tensiunea de referință prin decade de rezistență, impedent'i mere de intrare în sohema de amplificare. Pe borns inverbe introped meinversoare a unui A.O. (AA 741) realizind asticl o diods la temperatura de 0°C (ea filme aproximativ 0,7V). zati \pm 15V. Semiroglobilul n_5 permite reglares tensionit de referință în domeniul 0-1,8 $V_{f g}$ suficientă pentru a compensa tensiunea pe lui de tensiune de referință fiind o schemă mult simplificată, aîn vedere alimentarea întregii scheme de la o sursă stabili-Tensiunen de pe dioda traductor de temperatură (\mathtt{D}_2) se aplicii referinții stabilită de dioda Zener PL6V2, schemu generatoru-

Termomethe on translatorre metaltce.

lermometre, mäannen temperetaril fäcindu-se fie mäsurind curentul Figura 8.22 pr rintă scheme simple de asemenea

Ec=6V 꼬

R1
$$\begin{bmatrix} R2 \end{bmatrix}$$
 $\begin{bmatrix} R3 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} U_2 \\ E_c = 6V \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} E_c = 6V \\ E_c = 6V \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} E_c = 6V \\ E_c = 6V \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} E_c = 6V \\ E_c = 6V \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} E_c = 6V \\ E_c = 6V \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} E_c = 6V \\ E_c = 6V \end{bmatrix}$ (8.13) iar cum:
$$\frac{\Delta U_{BE}}{\Delta m} = (2+4) mV/{}^{\circ}G \implies \hat{a}_{0} = f(T)$$
 (8.14)

Dimensionarea principială a schemei de măsură se face

in modul

nosaînd Bo (0+10V, de obtoet 6V). Considerind o sensibilitate medie: la valoares maximă T de măsurat, se alege R, astfel ca U,-hV, cuurmător : cunoscînd valoarea curentului rezidual de colector I co

$$\Delta T = 2 \text{ mV/}^{\circ} \text{G}$$

se determină amplificarea în tensiune necesară, cu relația:

$$A_{\text{U}} = \frac{E_{\text{c}} - 1}{T_{\text{max}} - T_{\text{mån}}} \frac{\Delta U_{\text{HS}}}{\Delta T}$$
(8.15)

rezistenta de l'atrare: iar din relația amplificării în funcție de elementele circultului și

$$A_{U} = \frac{\propto R_{3}}{R_{intr} + \frac{R_{1}}{R_{1} + R_{2}}}$$
 (8.16)

admitted of $R_2 = -R_1$ so determind R_2 . Resistents R_1 so determind dincondition:

$$U_{\text{BE}} = \frac{R_2 E_c}{R_{\text{J}} + R_2} \tag{8.17}$$

zeazi un instrument de sero, cursorul rezistențel Rp, le echilibrul pondență (« -- ° c). Dacă în locul instrumentului de măzură se utilido măsură și unul de compensare termică (vezi fig.8.23)); realizațe (MAVO-35, scala "mA") ctalonet in grade C sau ou o curbit de coresîn montaj în punte și instrumentul IM dispus în diagonala de măsură peratură, se utilizează în general scheme cu două tranzistoare, unul fluenței temperaturii mediului ambiant asupra traductorului de tem-Pentru a contracarn eroarea care poste apărea os urmare a in-

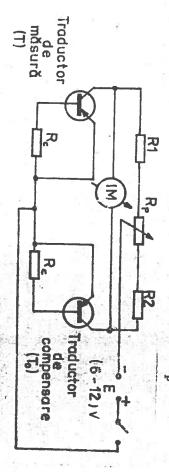


Fig. 8.23

puntil, ponte fi etalonat în valori de temperatură.

- Mod de lucru. Nicuriikori. Rezultate experimentale.
- 8.3.1 Permometre ou termorezistentă și cu termocuplu.

ensted ourboou cea a termocuplului Emef(T). precizie amplasat în vecinătatea traductorului. Se trec rezultatele în tabelul 8.1 și se ridică curba de etalonare, comparind slurs sdo misura în comparable cu temperatura indicată de un termometru de baie, do úlei de transformator al se notează deviația instrumentului r_{o} din r_{o} ($lpha_{iM}$ = 0). So realizerzä apoi incilziren termocuplului in tarmocupiu Fe - constantan 0-350°C (i se echilibre zi inital la So roulizenză schema din fig.8.12 cu traductor

The state of the s		Ta	Tabel 8.1	· -		•
Temperatura (°C)	51					
indicația instrumentu lui de măsură IM		11.5	ш		1 1 1 1 1	
lui de măsură IM			11			
					G.	

degechilibru al punții, în care s-a notat: repe procesul de încălzire notînd valorile de temperatură și indicaforma 8.1 91 ridicind graficul I=f(T). Din expresia curdntului de tille instrumentulud de mäsurä, completind datele intr-un tabel de inițială (descrisă la par.0.2.1) se introduce în circuit $R_{
m T}$ și se în-So realizează apoi schema din fir.8.13.a și după echilibrarea

$$R_4 = R_{a} + R_{T}$$
 (8.18)

 $R_{e}^{R_{1}(R_{1}+R_{2}+R_{3}+R_{4})} + R_{e}^{(R_{1}+R_{4})(R_{2}+R_{3})} + R_{1}^{(B_{1}+R_{2})(R_{3}+R_{4})}$ în care: E (R2 R4- R1R3) + R₁R₃(R₂+R₄)+ R₂R₄(R₁+R₃)

R1 este rezistenta interna a instrumentului de masura, calculata R_e este rezistema interna a surset $\approx 10^{-2}\Omega$; pe domendul de utilizare,

se poate determina R., respectiv R., prin notarea;

$$Ig = \frac{E(R_2R_4 - R_1R_3)}{R_4A + B} \Leftrightarrow R_4 \Leftrightarrow R_T$$
 (8.20)

deci ridica graficul $R_{\underline{T}} = f(\underline{T})$.

Expresia (8.19) posto fi simplificată mult considerind o stuație practică :

$$R_0 = 0$$
, $R_1 \rightarrow$

valiabilia mai ales la punți cu indicator electronic, ea devenind:

$$I_{g} = \frac{E(R_{2}R_{4} - R_{1}R_{3})}{R_{1}(R_{1} + R_{2})(R_{3} + R_{4}) + R_{1}R_{3}(R_{2} + R_{4}) + R_{2}R_{4}(R_{1} + R_{3})}$$
(8.22)

de unde se deduce:

$$R_{T}=R_{3}\cdot\frac{I_{g}[R_{1}(R_{1}+R_{2})+R_{1}R_{2}]+ER_{1}}{I_{g}[R_{1}(R_{1}+R_{2})+R_{1}R_{3}+R_{2}(R_{1}+R_{3})]+ER_{2}}-R_{a}$$
 (8.23)

expresie pe basa carcia se ve ridica graficul:

Referindu-ne acum la schema in figura 8.14, se menționează următorul mod de lucru :

- la temperatura ambiantă se efectuează reglarea seroului înstrumentului înregistrator, după ce în prealabile s-a ategat preamplificatorul Z21 avind comutatorul de domendi pe poziția "O". Se pune comutatorul de domenii din stînga pe poziția " [=] "" (amplificutor). Se așează selectorul de vitese pe poziția corespunzătoare vitezei de "120 mm/h", far cel exterior pe sero "O";
- se verifică dispozitivul de scriere (penița inscriptoare, cernentă, relele cu hirtie de înregistrat). Se închide apoi ușa cu geam a appratului înregistrator, acesta flind pregitit pentru înregistratre re ;
- se închide întrorupătorul K2, K1 fiind deschis, se reficară rezistența de compensare (ajustore) R2, pîră ce milivoltmetrul (logemetrul) indicator va indica temperatura de verificare T2 înscrisă pe rezistența de verificare R2 sau pe scala spuratului;
- se deschide K₂, se închide K₁, moment în care logometrul trebuie se indice (climentat fiind de la sursa U₈ 6V) temperature ambiants; în acest moment logometrul este pregătit de măsurare;

- se introduce bermocuplul di termoresistența în cuptor;
- se contental a reten instrumental înregistrator si se pune commutatorul de domenii al samulificatorului pe nozisia "6 mV". Se pornește dispositival de sagrenare el hîrtiei, apezînd selectorul extertor de vitaze pe pozitia "1" și se verifică dacă linda trase-tă corespunde la zero, după care se oprește;
- momentul incoloris masuratorilor cuprinde isnchideres intrerupatorului K, reginrea tensiumit de alimentare la U=50 i 60V, pornirea înregistratorului, pornirea cronometrului și citirea indicațiilor aparatelor A,V,W;
- se repetă cătirea de temperatură din minut în minut în primele zoce minute și apoi din trei în trei minute sau cinci în cinci minute pînă la atingerea stării de echilibru termic al cuptorului ;
- dup" efectuarea misurătorilor se deschide întrerupătorul K, se oprește înregistratorul, se decuplează logometrul de la tensiune și se sconte bîrtia înregistrată pentru studiu.

Regultatelle misuratorilor se trec în tabelul nr.8.2.

				Tube	Tabelul 8.2	8.2				1	
timo (mlo)	,	M .	E-1			1			4		
temperatura(C)			Ш				=	100		11	

Se ridică curba de încăluire și se compară cu cea înregistrută, în modul următor : se tau de pe înregistrore tensiunile termoelectromoteare corespunzătoure fiecărui tip și pe beze cerecteristicii termocuplului (fig.0.2) se compară curba ob inută experimental:

T = f(T)

cu aceasta.

Se trug concluzii referitoare la slura curbei experimentale a tensionii termoelectromotoare. Se va avca grifă să se regleze de fiecare detă munctul de zero al aparatelor la temperatura mediului maiant

8.3.2 Termometro cu termistori

Se studiază termometrul cu termistori Mesre (RSC) ei e face o verificare prin comparere cu un termometru ctalon, întro beie de ulei du transformator.

NOTA: Se recommnda un proces de încălzire relativ lent, pentru a nu avec erori de masurare, avind în vedere incride termică cova

mut mare a termomokralui ou mercur, decît a termintorului.

Utilizarea termometrului Metra se poate face și la lucrarea descrisă de schems 8.13, reprezentind o valoare de compar ție a temperaturii misurate.

Referitor 1: scheme termometrului descrisă în fig.8.17 și 8.19, se procedează în modul urmitor :

- se pune sub tensiume montajul qi cu R1,R2,R se reglensi echilibrul puntii ; comutatoarele K1,K2 sint pe poziția RT1;
- viatia occidi instrumentului de misură corespunzitoare domeniului 0-40°C. Pentru valori mei meri de temperatură (0-60°C, respectiv 0-80°C) se cupleasă K₁, K₂ pe R_{T2}, respectiv R_{T3} și se reinu echilibri în inițiale, după care prin cuplarea termistorului R_T în circult se not relua măsurările. În vocinătatea termistorului se ampluseată un interdere etalon cu mercur, rezultatele măsurătorilor (temperatură-deviație instrument de măsură curent) fiină trecute în tabelul 8.3; ridicînd apoi graficul I= f(T) și avînd ourba de etalonate a termistorului se preinu valorile rezistenței acestuia la valorile de temperatură măsurate (vezi fig. 8.18).

Tabel 8.3

ERT (%)	R_{T} (din calculul I_{g}) (rel.1124)	R _T (din fig. 11.17)	lg (mA)	Temperatura
ž.	-	. "	= = 1	
ī.				A
	a a		× ,,,	ns#
	17	ш		
	- 	я е з		
			1	ш
	=	200 =		8 c
	172	- 1	J. 1971) II.

Considerind expressa simplificată (8.22) a curentul. Le dezcchilibru al punții cu termistoare, între schema din fig.8.13.a nentru care a fost scrisă accastă expresie și cea din fig.8.17, existînd corespondența termenilor:

$$R_1 = R_1 ; R_2 = R_{T};$$

 $R_4 = R_{T1} ; R_2 = R_3,$

aceasta, pentru schema 8.17 permite calcului rezistenței traductorului $\mathbf{R}_{\mathbf{p}_{t}}$, conform expresiei :

$$R_{T} = R_{2} - \frac{I_{E} \left[R_{1} (R_{1} + R_{T1}) + R_{1} R_{T1} \right] + BR_{1}}{I_{E} \left[R_{1} (R_{1} + R_{T1}) + R_{1} R_{2} + R_{T1} (R_{1} + R_{2}) + ER_{T1} \right]}$$
(8.2

valorile acestuia fiind trecute in tabelul 8.3, calculind eroarea determinare:

$$\epsilon_{Rm} = \frac{R_{II}(fig. 8.17) - R_{II}(rel. 8.24)}{R_{II}(fig. 8.17)}$$
 (8.25)

8.3.3 Termometre cu diode semiconductoare

Dupë recunoasterea elementelor circuitului de măsură din schema 8.20, se procedează la măsurare în modul următor :

- se alimentează montajul de la o survă dublă de tensiune 1 15V, după ce inițial dioda traductorre (BA 243) a fost conectată;

NOTA: Nu se va porni montajul su miliampermetru conectat și fării traductor.

- pentru a etalona montajul este nevoie de cel puțin două valori de temperatură care să fie cunoscute cu precizie. Se introduce traductorul într-un mediu cu 0^{0} C (apă cu gheață) și din R_{5} se stabilește o valoare de referință, astfel încît acul instrumentului de mi sură să fie pe zero pe unul din domeniile cele mai sensibile ale sale. Se introduce apoi traductorul într-un mediu cu 20° C și se reglează din R_{10} amplificarea primului domeniu astfel ca la ieștrea AO (după R_{15}) potențialul să fie 2V și apoi din R_{16} se aduce indicația instrumentului de măsură la 1 mA. Se procedează similar și pentru celelalte domenii prin reglajul trimerelor R_{6} (100° C), R_{7} (80° C), R_{9} (40° C);

- odată etalonat montajul nu se mai acționează asupra acestor trimere, decît în cituații de deranjament accidental sau de modifioare brutală (mai mult de 20-30%) a tensiunii de alimentare.

NOTA: Se recomandă ca temperatura mediului ambiant să nu se m difice prea mult în timpul măsurătorilor (cu rai rult decît ± 10°0) pentru a nu afecta precizio de măsurare.

După efectuarea operațiunilor de etalonare se trece la măsurarea propriu-zisă alcătuind un tabel de tipul 8.4, verificind toate domeniile de măsură ale termometrului și ridicind graficele I=f(T), comparîndu-le cu ourbele teoretice descrise la par.8.1.1.

I(mA)	Temperatura (°C)
J. EN	
2	

3.3.4 Termometre cu tranzistoare

Se realizează una din schemele 8.22 și sohema 8.23, pentru care, după conectarea alimentării și stabilirii deviației inițiale nule a instrumentului de măsură, se modifică temperatura și se cituște valoarea tensiunii U2, respectiv a curentului prin înstrumentul de măsură IM și se trec valorile în tabelul 8.5.

Tabel 8.5

U ₂ sau (v) fig. 11.21	Tempe
1 IM (mA)	Temperatura
	•
-	
-22 <u>+</u>	
4	

Valorile de temperatură se citese pe un termometru etalon ou mercur, amplasat în imediata vecinătate a traductorului. Se ridică apoi curbele:

și se compară cu graficele prozentate la par.8.1.

Funcționfind în regim de punte echilibrată, cu instrument de zero în locul instrumentului de măsură, se etalonează cursorul potențiometrului $R_{\rm p}$ în valori de temperatură. Pentru ușurare se recomendă a se realiza un regim termic lent variabil în timp.

La toate schemele menționate se vor face observații cu privire la modul de utilizare, liniaritatea dependenței față de temperatură și compararea valorilor experimentale cu cele teoretice prezentute la par. 8.1.

REGLAREA TEMPERATURII

9.1 Traductoare. Principii de măsură.

Dintro dispositivele de reglere a temperaturii se utilizează în decsebi regulatoarele bipoziționale (milivoltmetre și logometre termoregulatoare) și termoregulatoarele electronice.

9.1.1 Regulatoare bipoziționale.

Se utilizează cînd nu sînt implicate legi de reglare complexe. Sînt simple, sigure, uşor de conectat şi de întreţinut. Conectarea în circuitul de utilizare se face printr-un releu
care are dou" stări : închis, deschis. Din punct de vedere electric

- prescriptorul (programatorul);
- comparatorul;
- amplificatorul.

Caractristica statică ideală corespunde saltului treaptă

In domeniul măsurării temperaturii cel mai des utilizate sînt milivoltmetrele și logometrele magneto-electrice termoregulatoare, aparate care combină funcția de măsurare (indicare) cu aceea de reglare și uneori cu cea de înregiatrare. Cele două funcții importante permit deci:

- mŭsurarea indicarea pe o scală gradată direct în unități de temperatură (de obicei în °G) a t.e.m. termoelectrice a unui termocuplu (milivoltmetrele) sau a variației unei termoreziatențe (logometrele) în funcție de temperatură;
- comanda (reglarea) elaborarea mărimii de comandă în scopul menținerii temperaturii între anumite limite. Comanda se realizează pe cale mecanică prin intermediul unui sistem de pirghii, reductoare și came acționate de un motor sincron alimentat de la rețea și care periodic compară indicația aparatului cu valoarea prescrisă, acționind în final um contactor R în funcție de rezultatul comparăriii. Schema de principiu este dată în fig. 9.1.a, iar variația mărimilor reglate și de comandă în fig. 9.1.b.

97 -