

CAP.I. APARATELE DE MĂSURĂ
ANALOGICE

Caracteristicile metrologice ale aparatelor de măsurat analogice

Principalele caracteristici metrologice ale unui aparat de măsurat analogic sunt:

- intervalul de măsurare
- sensibilitate
- constanță
- produsul de sensibilitate
- precizia
- consumul propriu
- capacitatea de reproducere
- fiabilitatea metrologică
- tipul de rezervor

Intervalul de măsurare - reprezintă intervalul de măsură pe întinderea căreia aparatul furnizează informații de măsurare în limitele unor eroare presteabilă

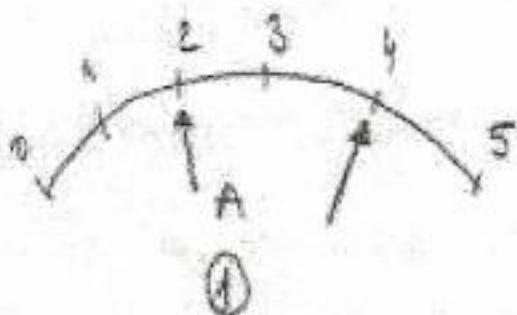


- intervalul de măsurare 0-5 A
- 0 este limită inferioară de măsurare
- 5 este limită superioară de măsurare



- 1 este limită inferioară de măsurare
- 4 este limită maximă

MT
- C3 -



$$C = \frac{\Delta I_{\max}}{I_{\max}} \cdot 100$$

$$\Delta I_{\max} = \frac{C \cdot I_{\max}}{100} = 1 \frac{5}{100} = 0,05 \text{ A}$$

$$I = 4 \pm 0,05 \text{ A}$$

$$I = 2 \pm 0,05 \text{ A}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta I_{\max}}{I} \cdot 100 \rightarrow \text{eroare relativă}$$

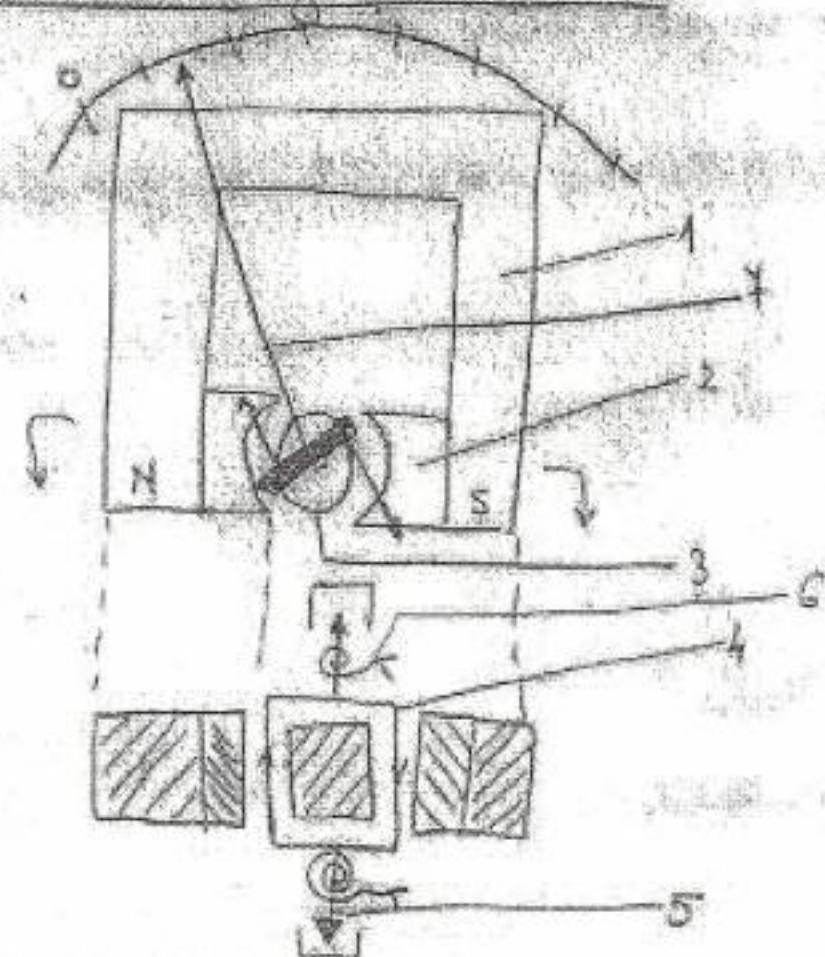
$$\varepsilon_1 = \frac{0,05}{4} \cdot 100 = 1,25\%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,05}{2} \cdot 100 = 2,5\%$$

Prima măsurare este deosebit de mai precisă decât a doua.
eroare.

Aparate ~~magnetice~~ magneto-electrice

Instrumentul magneto-electric



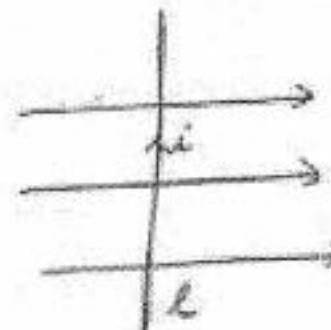
7. Acel indicator (dispozitiv de citire a dateilor obinute)

1. Magnet permanent (1)
2. Piez polare din matav. feromagnetic moale
3. Mies kilimetric din material foarte rigid moale
4. O bobină moabilă de fier dreptunghulară cu poale roti între polii mag. permanent
5. 2 semicirc. pt. susținerea bobinei moabile
6. 2 transilient capătul căreia sunt rezistențe în adâncime

2.1

Funcționarea în c.c.

Prin bobină trece un curent i



$$F = B \cdot i \cdot l$$

$$M_a = F \cdot d$$

$$M_n = D \cdot \alpha$$

D - constantă a rezistenței

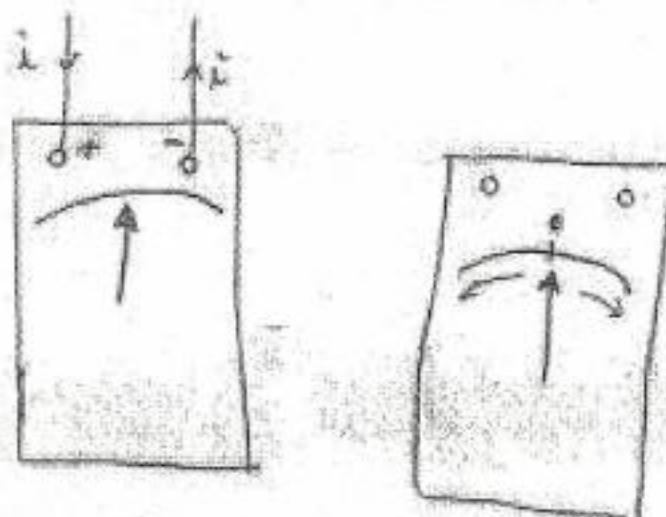
$M_a = M_n \rightarrow$ se opresc mișcările bobinei

$$M_a = F \cdot d = B \cdot i \cdot l \cdot w \cdot d = \Phi \cdot l$$

Φ - fluxul mag. total care străbate bobina

$$\Phi \cdot i = D \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{\Phi}{D} \cdot i \rightarrow \text{deviația acului indicator}$$

$\alpha \propto i$



← putem cunoaște circumstânțe
în circuit

Toate aparatele pt c.c. nu se pot folosi pt c.a.

Principalele mitere de eroare care constituie variațiile temperaturilor mediului ambient.

Principalele caracteristici metrologice:

- precisiune bună ($0,2; 0,1$)
- sensibilitate ridicată
- consum propriu relativ redus
- capacitate de reacordare mică

Ampérmetru, voltmetru și voltampermetru magneto-electrică

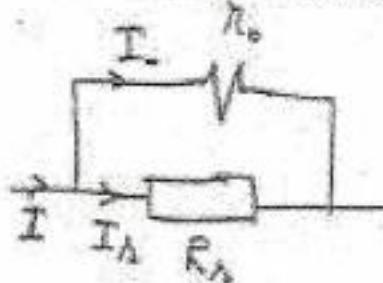
1) Ampérmetru

$$I_0 = 30 \text{ mA}$$

$$R_0 = 2 \Omega$$

$$U_0 = R_0 \cdot I_0 = 60 \text{ mV}$$

- Pt a măsurare curentă mai mare decât are aparatul



→ sunt în paralel

$$R_s \cdot I_s = R_0 \cdot I_0$$

$$R_s = \frac{R_0 \cdot I_0}{I_s} = \frac{R_0 \cdot I_0}{I - I_0} = \frac{R_0}{\frac{I}{I_0} - 1} = \frac{R_0}{m - 1}$$

$$m = \frac{I}{I_0} - \text{raport de multiplicare a curentului}$$

$$m = \frac{6}{0,05} = 120$$



* Cu cît curentul este mai mare cu atât rezistența reziduală este mai mică.

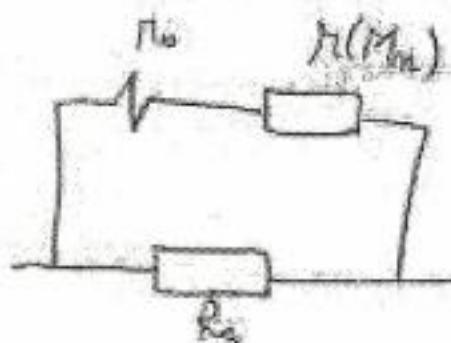
Sunturi se confectionează din manganimă ($\text{Cu}, \text{Ni}, \text{Mn}$) → rezistență proporțională cu depinde de temperatură.

Sunturile pot fi simple sau multiple, extinse sau interioare aparatelor.



Când aparatul are dimensiuni prea mari atunci suntul este exterior.

Compensarea erorilor de temperatură

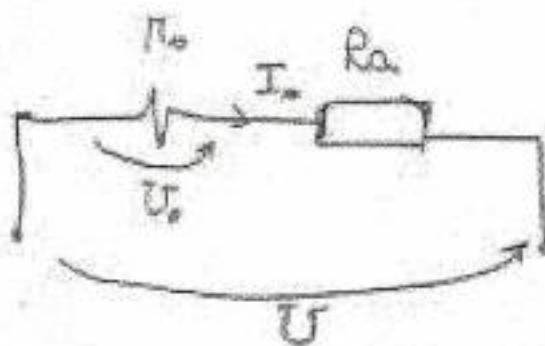


$R(M_m)$ - rezistență de compensare
a erorii de temperatură

$$R = (4 \dots 6) R_0$$

2) Voltmetru

$$U = m \cdot U_0$$



m - raport de multiplicare a rezistenței adiționale.

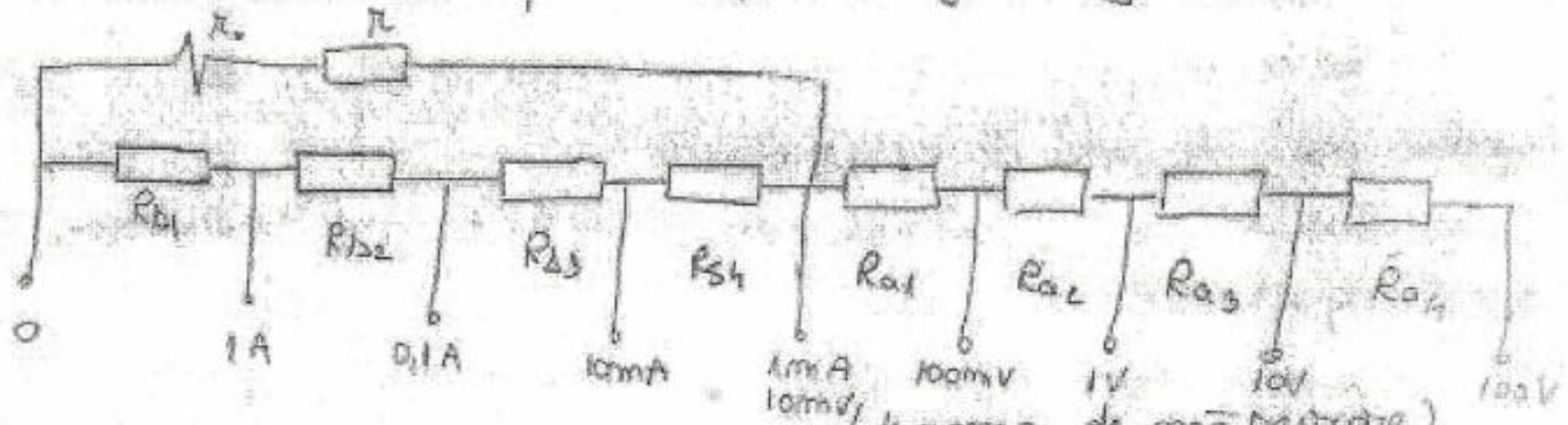
$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U}{R_0 + R_a} = \frac{m U_0}{R_0 + R_a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_a = R_0(m-1)$$

$$m = \frac{600}{0,06} = 10.000 \Omega$$

Un ampermetru voltmetru magneto-electric nu prezintă eroare de temperatură.

3) Voltampermetru - sunt aparate magneto-electrice care pot măăsni atât tens. cât și curenti cu diversele gamme de măăsurare



n - reducerea erorilor de temp.

Galvometre magneto-electrice (de c.c.)

Galvometrele de c.c. sunt instrumente magneto-electrice de f. mare sensibilitate destinate detectoarei sau măăsurării unui curent continuu 10^{-6} - 10^{-4} A sau a unor tensiuni 10^{-3} - 10^{-2} V și folosite pt. detectarea unor curenti și tens. f. mici.

Ohmmetre si Megohmmetre magneto-electrice

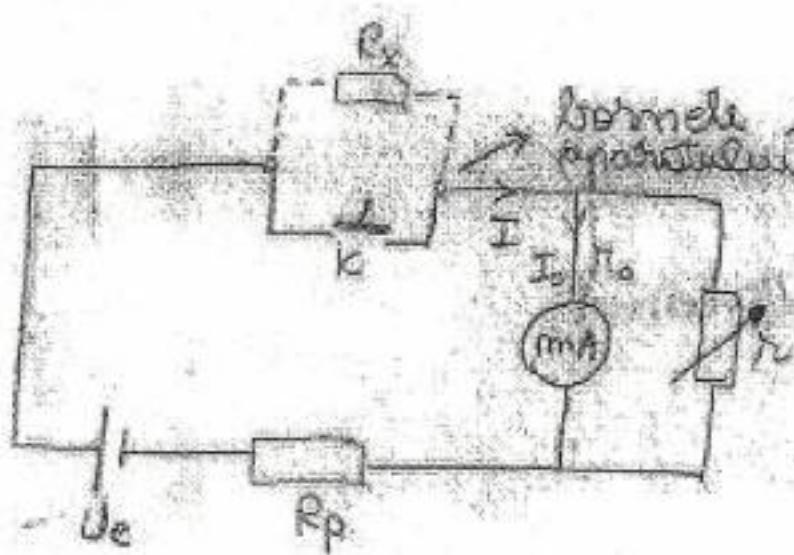
Ohmmetre $10^1 \dots 10^5 \Omega$

Megohmmetre $10^1 \dots 10^3 M\Omega$

Ohmmetru pot fi separate independent sau parții componente ale multimetrelor (parate pe funcții multiple).

Ohmmetre de tip serie $10^2 \dots 10^5 \Omega$
de tip paralel $10^{-1} \dots 10^2 \Omega$

Schemă unui Ohmmetru de tip serie



E - tensiune de alimentare (furnizată de un element galvanic - o baterie măsoară de $1,5 \dots 4,5 V$)

K - butonă (ptim necesară tensiune la rezistență)

R - rezistență reglabilă

mA - miliampermetru

$$U = E \cdot \frac{R_o R}{R_o + R}$$

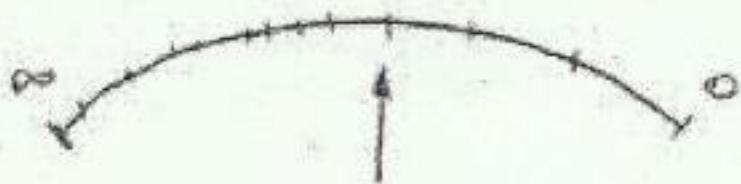
$$I = \frac{U}{R_x + R_p + \frac{R_o R}{R_o + R}}$$

$$I_o = \frac{I R}{R_o + R}$$

$$\Rightarrow I_o = \frac{R U}{R_x + R_p + \frac{R_o R}{R_o + R}}$$

$$I_o = \frac{U}{R_o} = \frac{I \frac{R_o R}{R_o + R}}{(R_x + R_p)}$$

$$\omega = \frac{\phi}{B} I_o = f(R_x)$$



$$R_x = \infty \quad \alpha = 0$$

$$R_x = 0 \quad \alpha = \alpha_{\max}$$

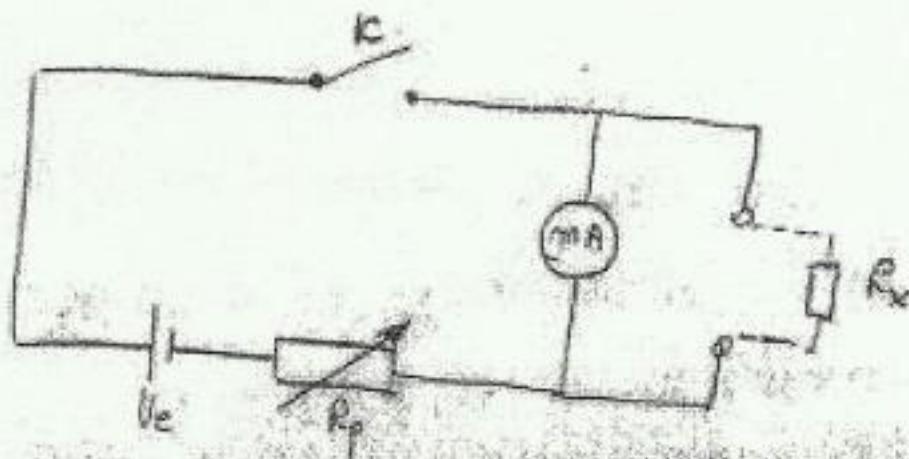
- singurul aparat care are scara inversă

Pf. $R_x = R_p + \frac{n n_0}{n+n_0} = R_i \quad \alpha = \frac{\alpha_{\max}}{2} \quad \frac{\Delta R_x}{R_x} = \text{minimum}$

R_i - rezistență internă a instrumentului

Schema unui ohimmetru

de tip paralel



$$\alpha = f(R_x) \rightarrow \text{aparatul poate fi etalonat}$$



$$R_x = 0 \quad \alpha = 0$$

$$R_x = \infty \quad \alpha = \alpha_{\max}$$

$$R_i = \frac{n_0 \cdot R_p}{n_0 + R_p}$$

5.

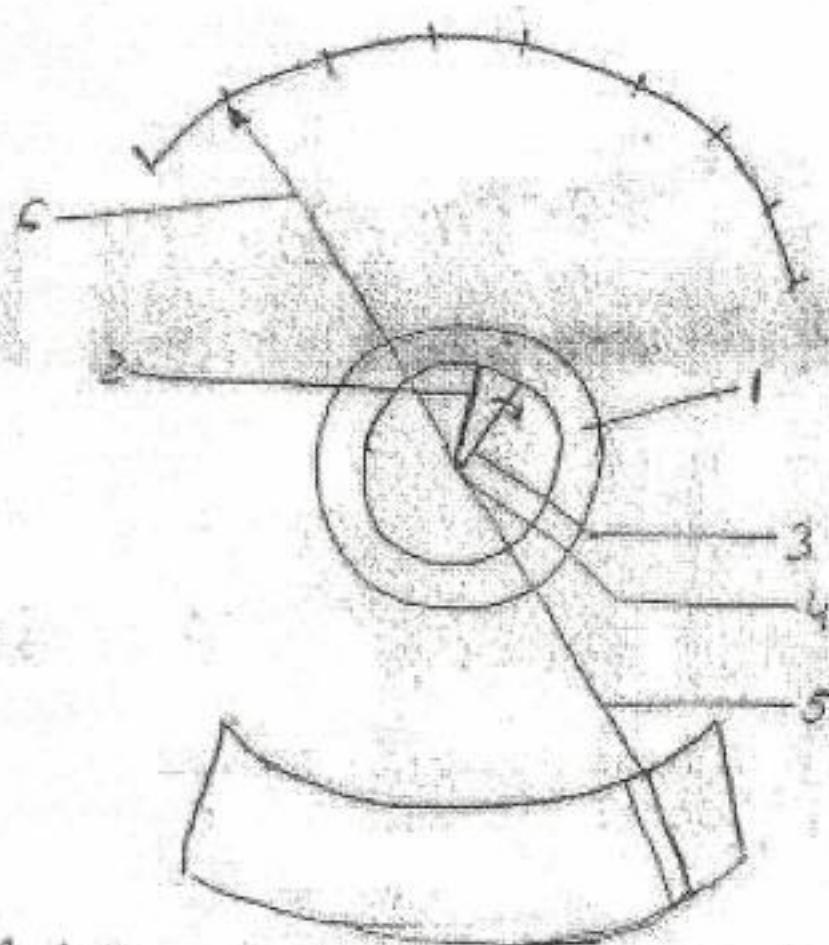
Megohmmetre (la rezistență de izolare ale transformatorelor, motorelor electrice)

- sunt ohmetre cu schema serie în poziție curcuită de alimentare este de înaltă tensiune (500-2500V)

Aparate feromagnetică

Funcționarea se bazează pe interacțiunea dintre compusul magnetic creat de o bobină fixă parcurgă de curentul de măsurat și una sau mai multe plăci feromagnetică

Instrumentul feromagnetic



1. Bobină cilindrică fixă parcurgă de curentul de măsurat
2. Plăci feromag. fixă
3. Plăci feromag. mobilă
4. Axul instrumentului
5. Dispozitiv pneumatic de amortizare a oscilațiilor aceluia indicator
6. Dispozitiv de setare a plăcilor instrumentului

Conf. teoremei faraday generează în comp. \rightarrow \odot
mag:

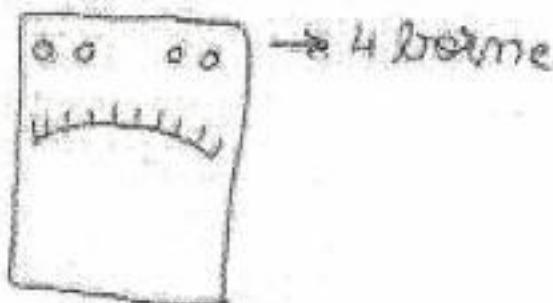
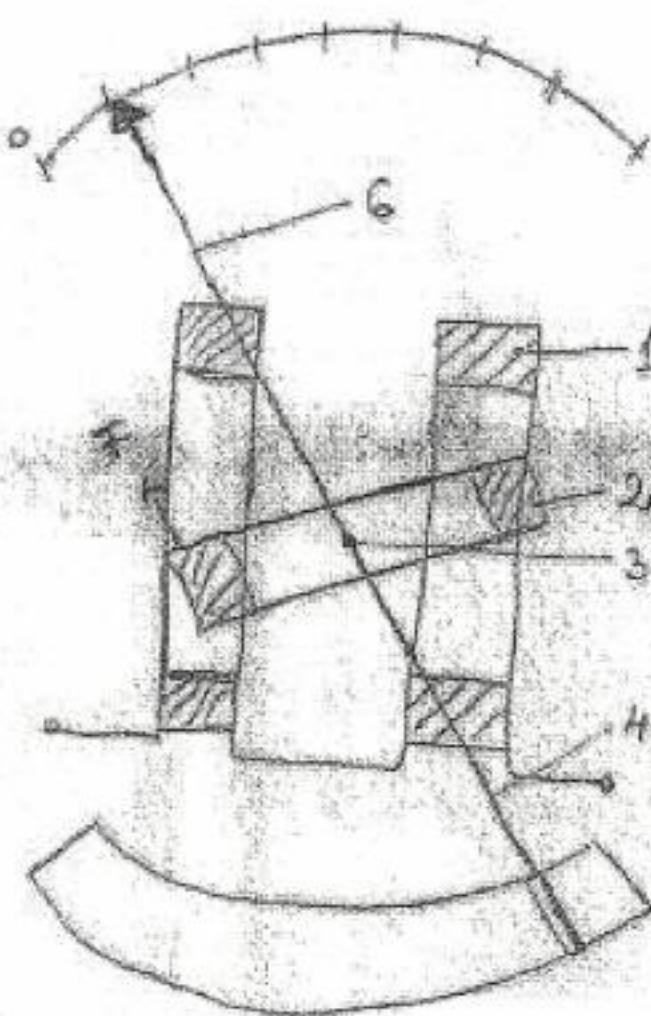
$$M_a = \frac{\partial \Phi_m}{\partial \alpha} \quad \Rightarrow M_a = M_n$$

$$\Phi_m = \frac{1}{2} L I^2$$

$$d = \frac{1}{2D} I^2 \frac{\partial L}{\partial \alpha}$$

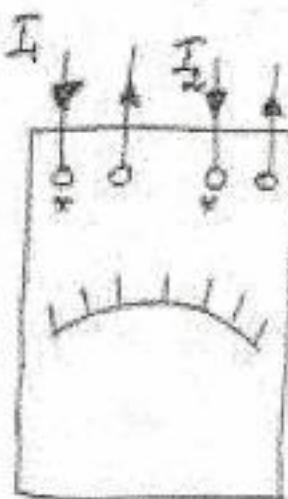
Aparate electro-dinamice

Functia acestor aparate se bazeaza pe interactiunea dintre una sau mai multe bobine fixe si una sau mai multe bobine mobile parcurse de curenti.

Instrumentul electrodinamic

- 1 - două bobine cilindrice plasate II fixe
 - 2 - o bobină cilindrică pleoibă fixată de axul instrumentului
 - 3 - core și poale roti în int. bobinelor fixe.
 - 4 - dispozitivul de rugărire a patrui mobilă (ax pe logonu)
 - 5 - ressorturi spirale
 - 6 - dispozitivul de ridicare a pernițelor instrumentului
- creștere membr. rigid

6.1

Funcționare în c.c.Prim bobinile fixe $\rightarrow I_1$, prim bobinile mobile $\rightarrow I_2$  F - forță egale de remanție contrar

- crește mom. activ al instrumentului

Teorema forțelor generalizate în cimp magnetic

$$M_a = \frac{\partial W_m}{\partial \alpha}$$

$$W_m = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2 + L_{12} I_1 I_2$$

L de bobinile fixe

energia magnetică a sistemului

$$M_a = I_1 I_2 \frac{\partial L_{12}}{\partial \alpha} \rightarrow \text{momentul activ}$$

 $M_R = D \alpha \rightarrow$ mom. rezistent creat de relee și ressorturi care opun mișcării

$$M_a = M_R \Rightarrow \alpha = \frac{1}{D} I_1 I_2 \frac{\partial L_{12}}{\partial \alpha}$$

$$\frac{\partial L_{12}}{\partial \alpha} = K \Rightarrow \alpha = \frac{K}{D} I_1 I_2$$

Funcționare în c.a.

- funcționare și în c.a.

$$i_1 = \sqrt{2} I_1 \sin \omega t$$

$$i_2 = \sqrt{2} I_2 \sin(\omega t - \psi)$$

$$\alpha = \frac{K}{D} I_1 I_2 \cos \psi$$

7.

Surse de erozi:

- variațiile temperaturii mediului
- variațiile de frecvență ale curentului
- prezenta compunilor mag. externe

Carcacteristici metrologice:

- precizie foarte bună (ele mai precise operate de măs. analog)
- aparat etalon pt. verificarea altor apărate
- clasa 0,05; 0,1
- sensibilitate mică
- consum propriu ridicat
- capacitate de măsurare redusă

Aste instrumente se folosesc în mod curant ca ampermetre, voltmetre, wattmetre, normometre și confirmetre

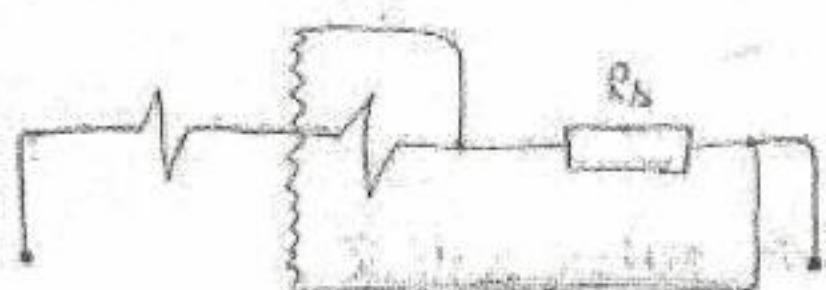
la măs. factorul de putere

Ampermetre și voltmetre electrodinamice

Ampermetre electrodinamice

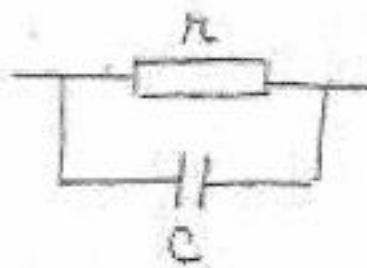


- cu o puco bobină marcată cu + și -
 - se obțin puini legării în serie cu bobineler ap. electrodinam.
 - $I_m \leq 0,5A$
- $I_m > 0,5A \rightarrow$ schema

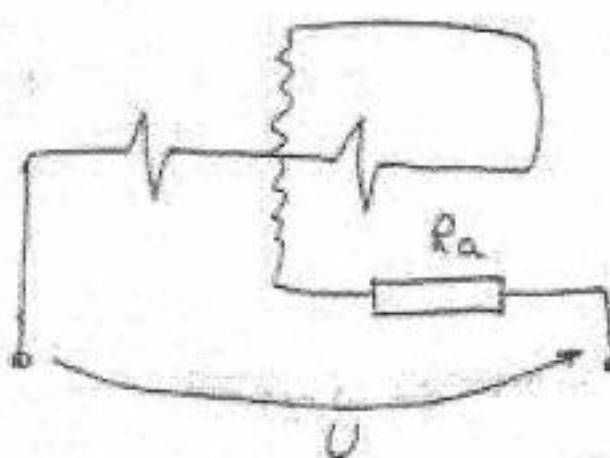


7.1

- curentii măriți trece prin bobinile fixe, apoi prin mure, apoi prin bobinile mobile
- pentru compensarea erorilor se leagă anumul:



Voltmetre electrodinamice



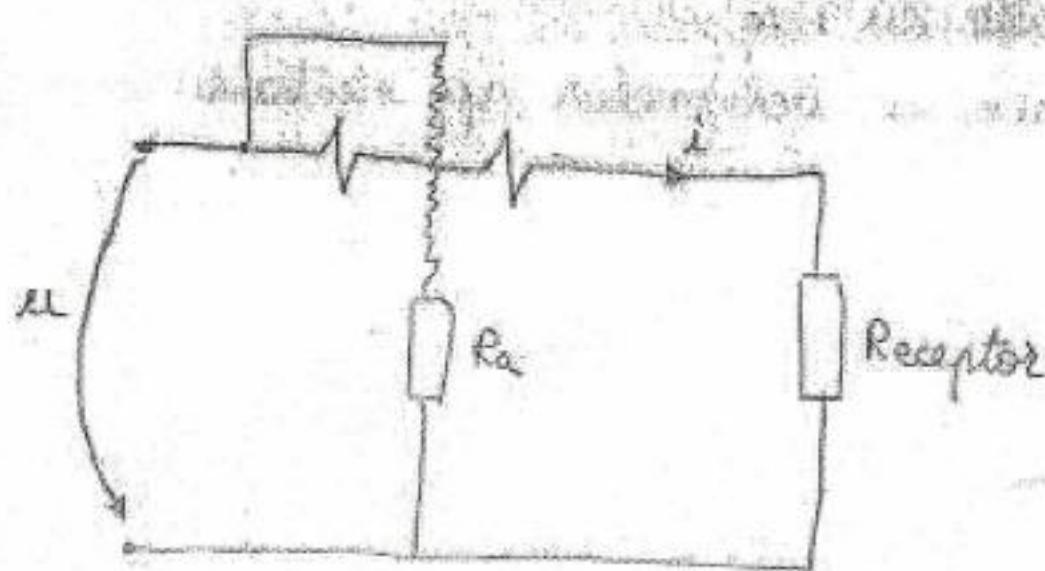
- se ia un ampermetru și se leagă
pe \parallel cu \parallel R_a , în serie

Wattmetre și varometre electrodinamice

Se folosesc pt măsurarea celei două componente active și reactive

Wattmetre

Un W. electrodinamic este un instrument electrodinamic având bobinile fixe astfel dimensionate încât să reziste curentului din circuit împreună cu măs. putere. Dacă bobina mobilă legată în serie cu R_a să suporte tens. circuitului,



- În aceste cond. aparatul măs. putere activă

B.

$$\alpha = \frac{K}{D} I_1 I_2 \cos \varphi$$

$$u = \sqrt{2} U \sin \omega t$$

$$i = \sqrt{2} I \sin(\omega t - \varphi)$$

$$I_1 = I$$

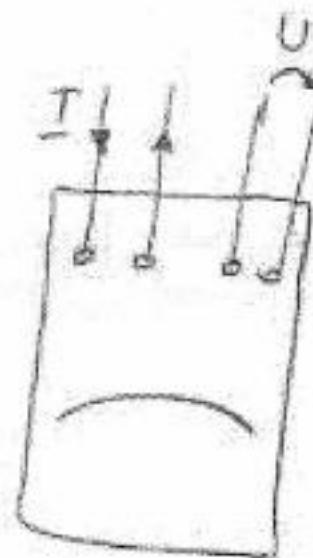
$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$\Psi = \varphi$$

$$\alpha = \frac{K}{D} I \frac{U}{R_2} \cos \varphi$$

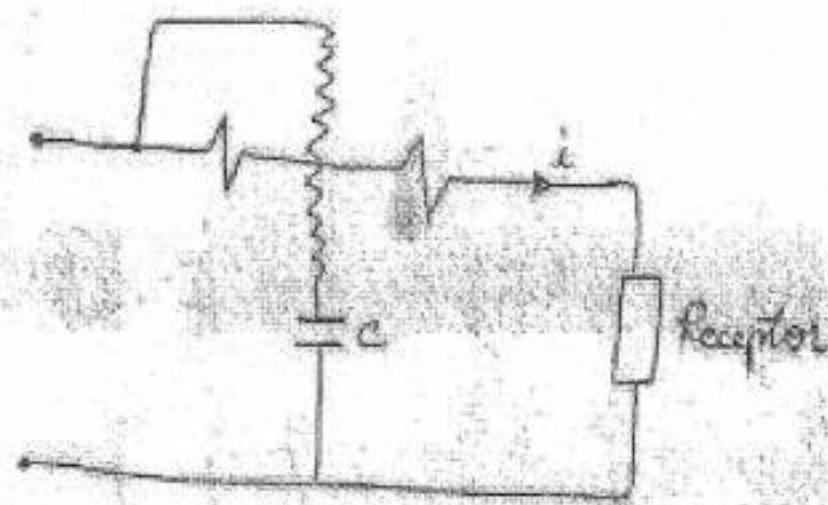
$$\alpha = K U I \cos \varphi$$

$\alpha = k P$



Varmetru

$$Q = UI \sin \varphi$$



Pentru transformarea Wattmetru varmetru se leagă C în secul R.

Aparate de măsurare cu redresor

Sunt constituite prin întârșiruri magneto-eiectoare asociate cu diverse redresori. Cele mai utilizate redresori sunt diodele semi-conductoare (se Ze, Si).

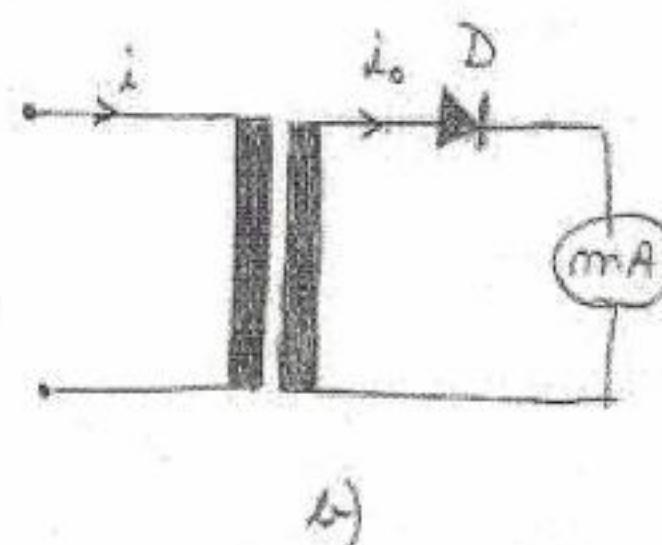
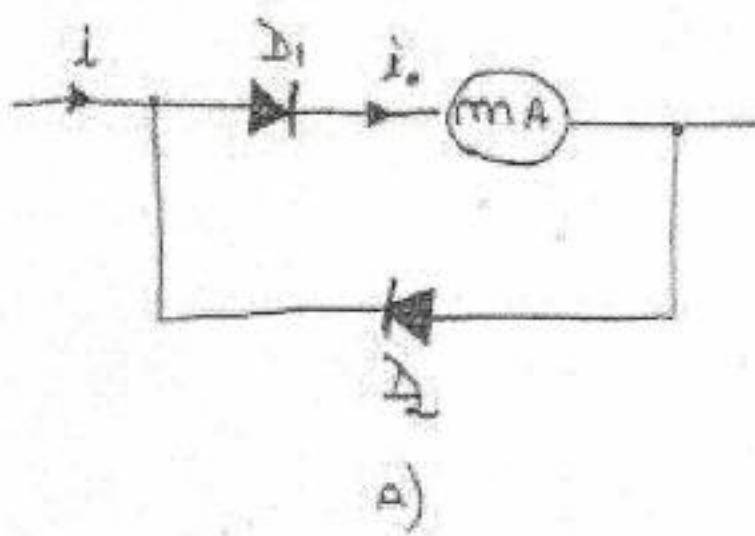
Schemele de redresare a c.a. utilizate în ap. cu redresor

Se pot grupa 2 categorii:

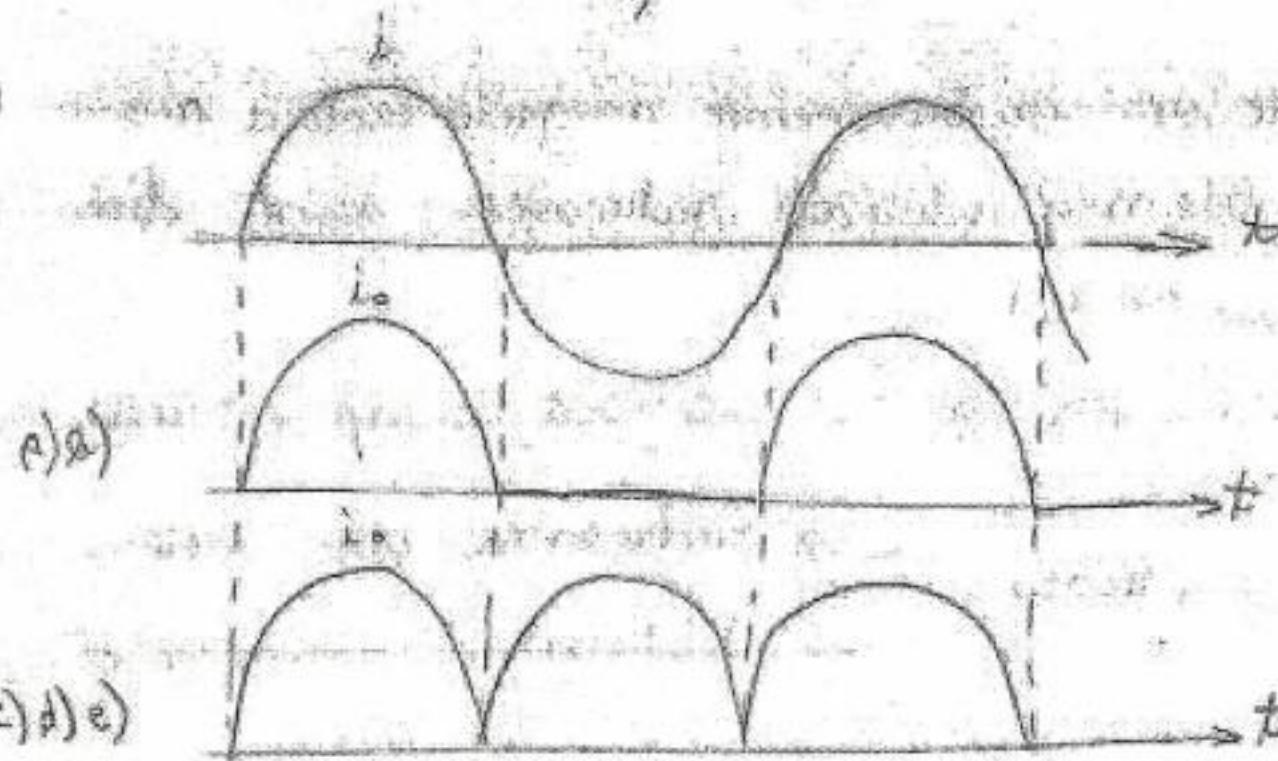
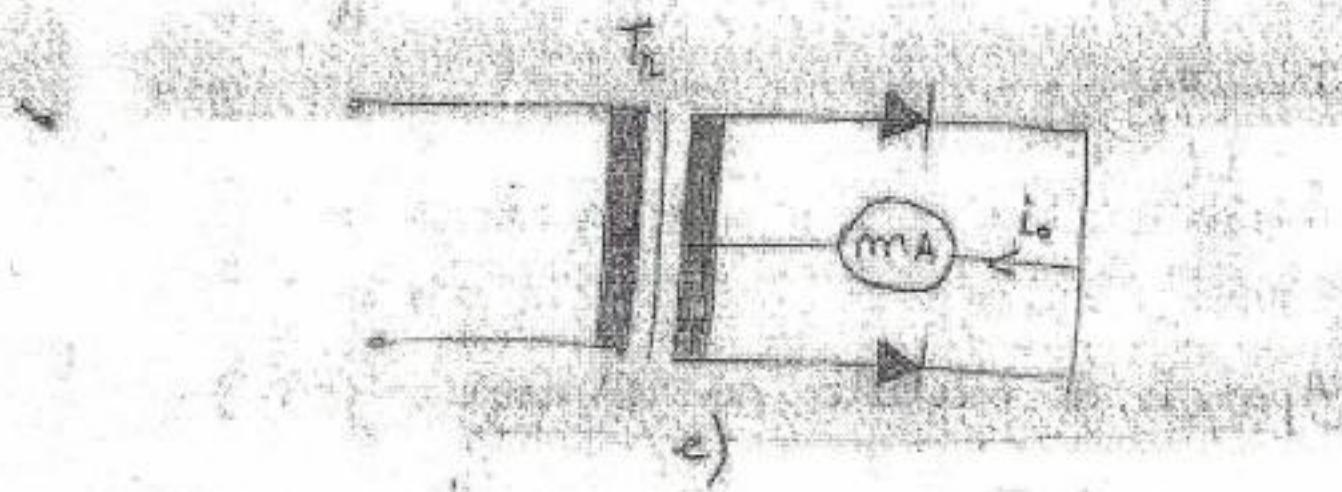
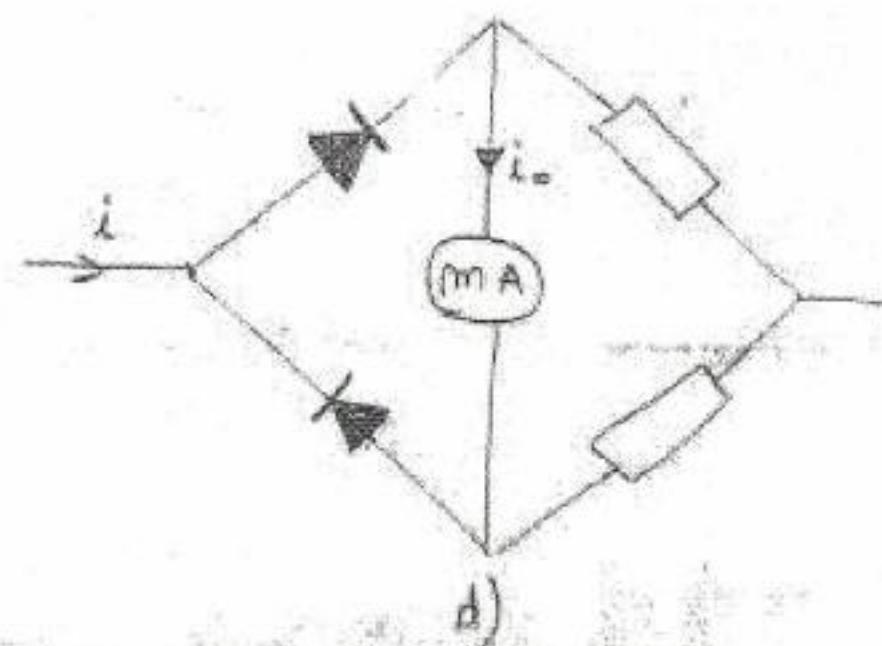
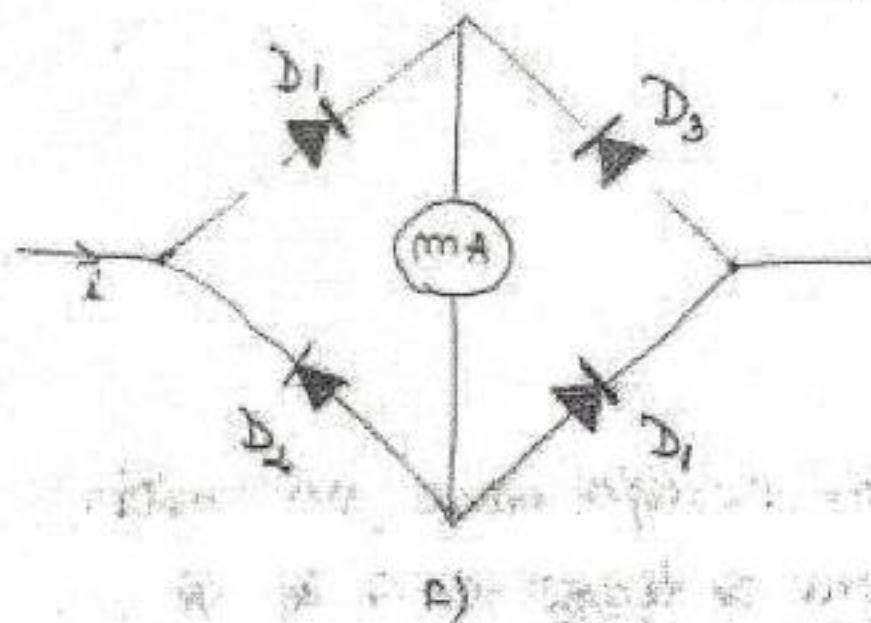
- pt. redresarea unui alternant;
- pt. redresarea ambelor alternan-

8.1

Scheme pentru redresarea unei alternante



Scheme pentru redresarea ambelor alternante



8.2.

- a) - utilizează 2 diode semiconductoare
- în alternanță (+) intră în conductie D_1 ,
 - apoi se blochează D_1 și intră în conductie D_2 ,
 - se repetă apoi totul periodic
 - D_2 - rol f. important: ajută să primă conectarea aparatului
 - currentul să nu fie redresat în tot circuitul - ci numai în aparat
- b) - folosește un ~~transformator~~ transformator
- în secundar currentul trece numai în alt (+)
 - în alt (-) D este blocată
- c) - punte Graetz
- pe diagonale punctul - instrumentul magnetolectric
 - în ambele alternanțe i. o. are același sens prim aparat
- d) - punte Graetz incompletă
- 2 diode sunt înlocuite cu $2R$
 - în alt (+) se redresă și se paralelă prim instrument
 - R - rezist. pt. instrument
 - amplitudinea curentului redresat va fi mai mică decât la
 - sensibilitatea mai mică decât la schema c) - dezavantaj
 - avantaj: precizie mai mare decât punte complete (pentru mai puține diode)
- e) - schema cu tr. cu prize mediană
- în alt (+) currentul trece prin $D_1 \rightarrow$ prim instrument
 - în alt (-) currentul trece prin $D_2 \rightarrow$ prim instrument

$$\alpha = \frac{\Phi_0}{D} i \rightarrow \text{deviația instrumentului magneto-electric}$$

$\propto \frac{1}{D^2}$

$$\alpha = \frac{\Phi_0}{D} \cdot I_{\text{med}} \quad \alpha \propto I_{\text{med}}$$

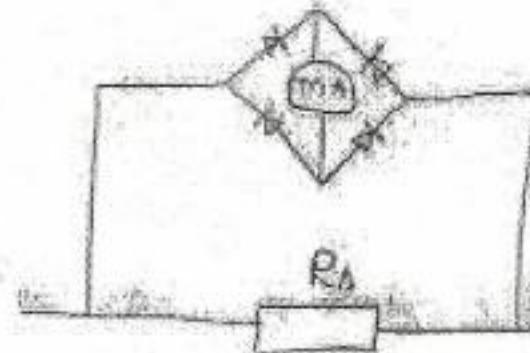
$$k_f = \frac{I}{I_{\text{med}}} \rightarrow \text{coefficientul de formă a curentului}$$

$$\alpha = \frac{\Phi_0}{D} \cdot \frac{I}{k_f} \rightarrow \text{numai r.p. și valoare constantă a factorului de formă}$$

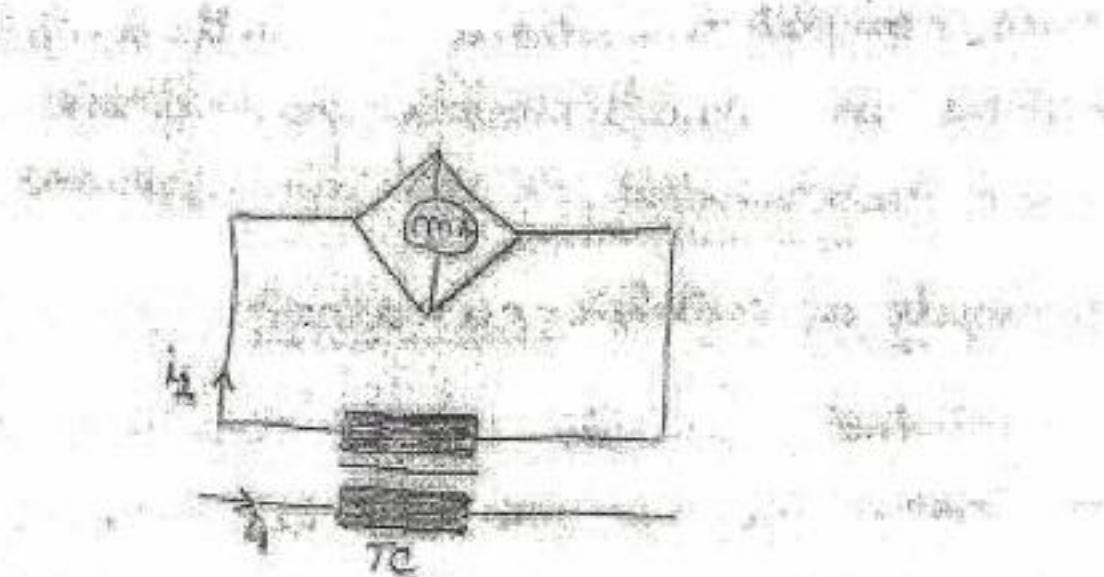
$k_f = 1,11$

Aparătele cu redresor sunt etalonate în c.a. sinusoidal și se măsoară ele măsoară valori efective în regim sinusoidal. În regim sinusoidal aceste aparăte măsoară valori medii ale curentului care se obțin împărțind indicațile aparatului la 1.

Ampoumetru, voltmetre și multimetre cu redresor



Ampoumetru cu redresor



Transformator de curent (reducător de curent)



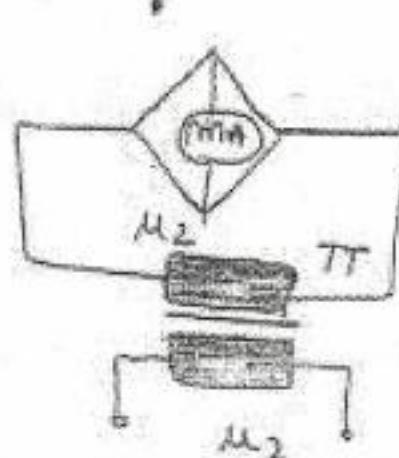
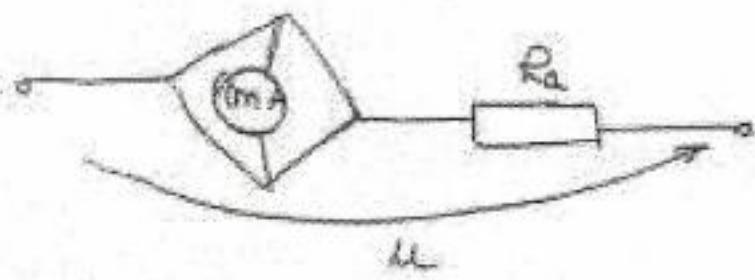
$$k = 1,2,5,10,50,100\dots$$

3.1

$$I_m = 10A \quad k = 1000 \Rightarrow I_2 = 10mA$$

Transformatoarele de curent se folosesc foarte mult în industria energetică.

Voltmetru cu redresor



$$\frac{U_1}{U_2} = k_u$$

k_u - raport de transformare a transf. de tensiune

Se folosesc în rețelele de distribuție electrică, în industria energetică.

Multimetre cu redresor

- dacă completăm schema volt-ampermetru cu șa puncte de referințe um multimetre cu redresor
- în r.c. redresorul nu este din schema

Avantajele aparatelor cu redresor

- sensibilitate ridicată (se pot realiza voltmetre de r.c. care să măsoare curenti de ordinul mA).
- rezistență proprie foarte mică (rezistență internă foarte mare)
- se pot realiza multimetre sub un volum foarte redus

* după modelul de lucru

- puncte echilibrate

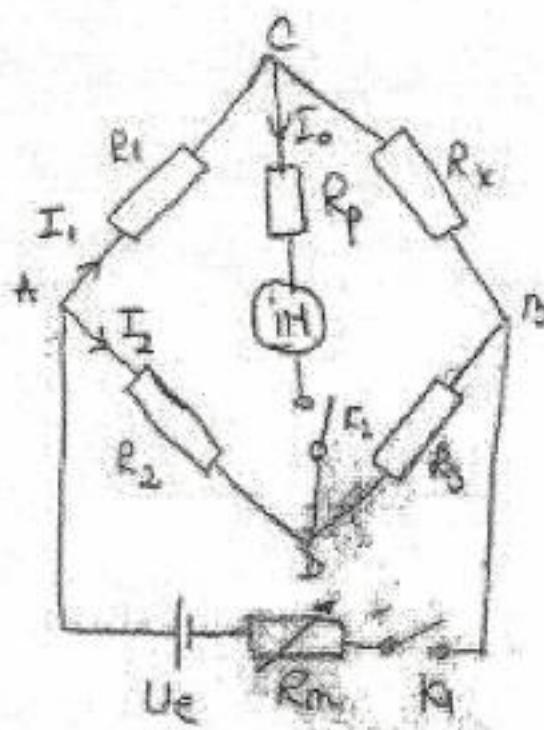
- puncte neechilibrate

Puncte echilibrate extrilibrante

- este o punct de r.c. destinate măsurării R între $10^1 - 10^6 \Omega$

- este una dintre cele mai precise metode

Schemă punctu



- este o puncte simple cu 4 lățuri : R_1, R_2, R_3, R_x

- R_x - este rez. măsurată pe care se urmărește să fie măsurată

- R_1, R_2, R_3 - rez. cunoscute cu precizie (rez. de comparație)

- U_e - tensiune de tens. cont. (acumulator, elem. galvanică)

- R_m - rezistență reglabilă

- R_p - rez. de protecție

- GM - indicator de nul (galvanometru de ac.

IM - rezistență mem. în care $I_o = 0$ (punica este în echilibru). Dacă se pună galvanometru este de f. mare sensibilitate

Condiția de echilibru

$$V_C = V_D \Rightarrow U_{AC} = U_{AD} \quad (\text{avândă căduri de tens. pe cele 2 lățuri})$$

$$\Rightarrow U_{CB} = U_{DB} \quad (-\text{ii}-)$$

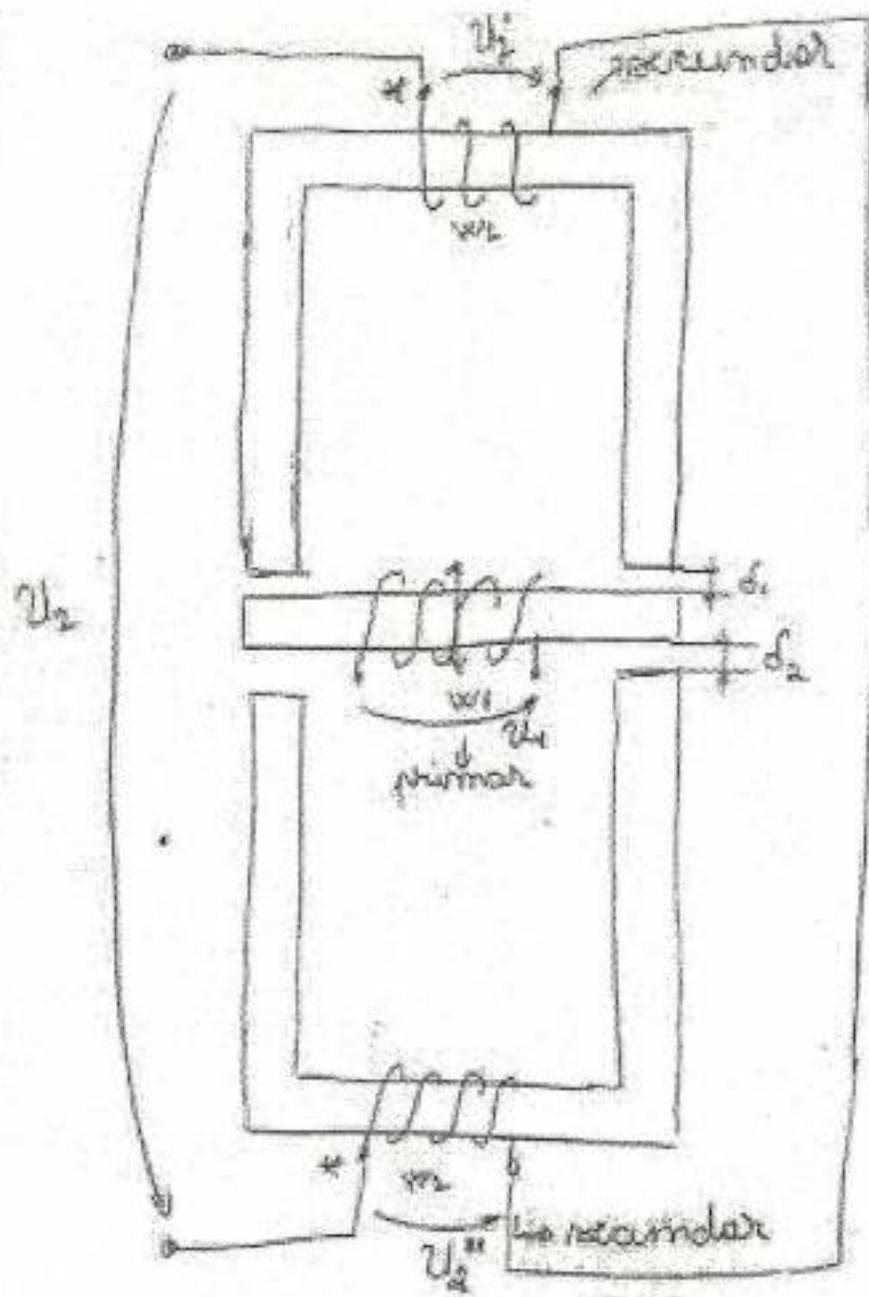
$$I_o = 0 \quad U_{AC} = U_{AD} \rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2$$

$$U_{CB} = U_{DB} \rightarrow R_x I_1 = R_3 I_2$$

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_3}{R_2} \Rightarrow R_1 R_3 = R_x R_2$$

→ cond. de echilibru
a punctu W.

$$R_x = R_3 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$



$$U_2 = U_2' - U_2''$$

$$x=0 \Rightarrow f_1 = f_2 \Rightarrow U_2' = U_2'' \Rightarrow U_2 = 0$$

$$x \neq 0 \Rightarrow f_1 \neq f_2 \Rightarrow U_2' \neq U_2'' \Rightarrow U_2 \neq 0$$

$$U_2 = kx$$

- aici nu mai este nevoie de preamplificator

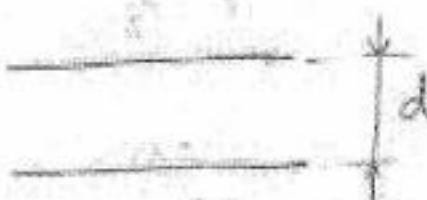
De ce se numește ac. trac. cu cîrc. mag. închis?

- Fluxurile mag. produse de bobine trac prin miezul mag. și prin suportul ac.

Producători capacitive de deplasare

- ac. producători măsoară deplasarea j. mărită
- funcționă prin variație pe ~~lungime~~ var. cap. cu un condensator plan cu suprafețe distante dintre arm. cu suprafete paralele cu permisivitatea electrică similară cu aerul.

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$

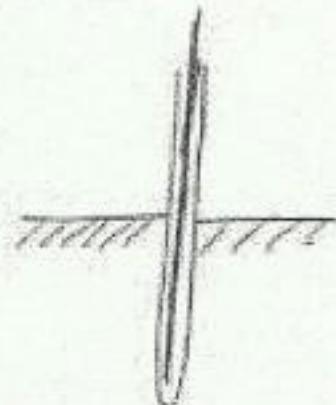


Ex - producători

spa relativă ($\epsilon_r = 81$)

- pp. că lichidul este conductor electric.

- într-oține tige într-un mat. electricizant.

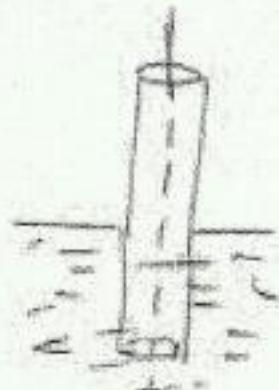


- armături: tiga + lichid

- dielectric: materialul

- pp. că rezervorul și electriști lichidul sunt izolanti

- introducem 1 tigă + 1 tub

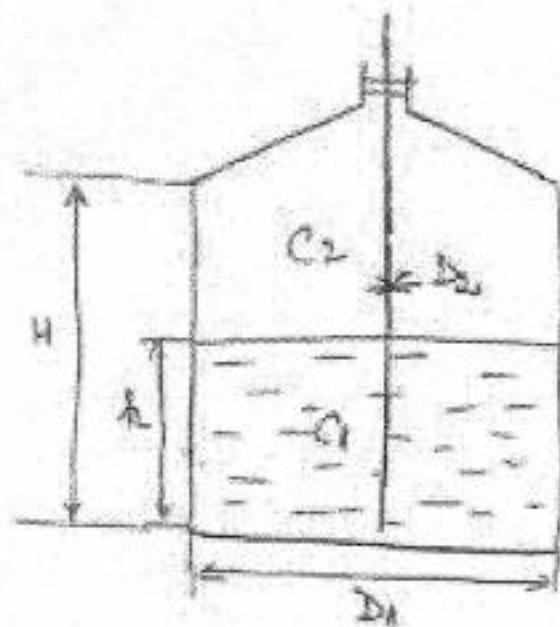


- armături: tiga + tub

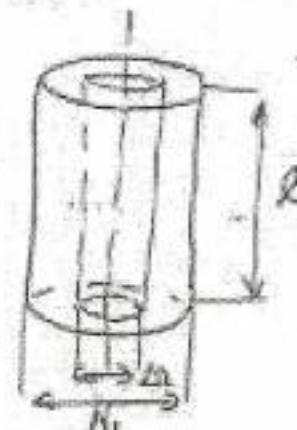
- dielectric: lichidul

Producție capacitive de niveli

- se fol. pt. măs. lichidelor din rezervore (este măsura de rezervor mai din industria chimică sau petrochimică)

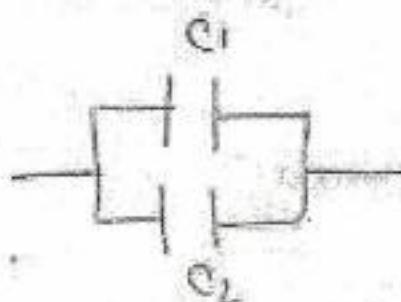


- este o tige de cupru de 1 cm - 1,5 cm.
- este cu C_1 cilindrică (o aranătură este rezervorul, iar altul este tige)



$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r l}{\ln \frac{R_1}{R_2}}$$

- în rezervor se formează 2 cond. unul este cel din lichid de înălțimea h , iar al doilea este cel din aer cu înălțimea $H-h$.
- condensatoarele sunt legate în paralel



$$C_{\text{parallel}} = C_1 + C_2$$

$$C = C_1 + C_2 = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r \cdot h}{\ln \frac{R_1}{R_2}} + \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r (H-h)}{\ln \frac{R_1}{R_2}} = \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln \frac{R_1}{R_2}} [h(\epsilon_r - 1) + H]$$

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln \frac{R_1}{R_2}} [h(\epsilon_r - 1) + H]$$

→ C variază
liniar cu R .
 H = const.

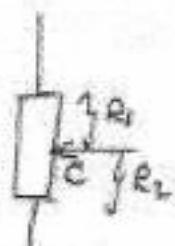
→ mare avanaj.

Pentru ca punctul să fie în echilibru trebuie ca una dintre cele 3 rezistorante să fie reglabile. Astfel avem:

- puncte cu rez. variabilă $R_3 \cdot \text{var}.$ $\frac{R_1}{R_2} = \text{const}$
- puncte cu raport variabil $R_3 = \text{const}$ $\frac{R_1}{R_2} - \text{var}$

Rez. variabilă \rightarrow o cutie de rezistență cu 6 decade ($R_{\max} = 111.111 \Omega$)
 $R_{\min} = 0 \Omega$

Pt raport variabil \rightarrow potentiometru (de precizie ridicată)



Punctile cu rez. var. sunt mai precise (de la biserătoare) cu eroare între 0,001...1%, iar cele cu rap. var au eroare între 0,1...1%.

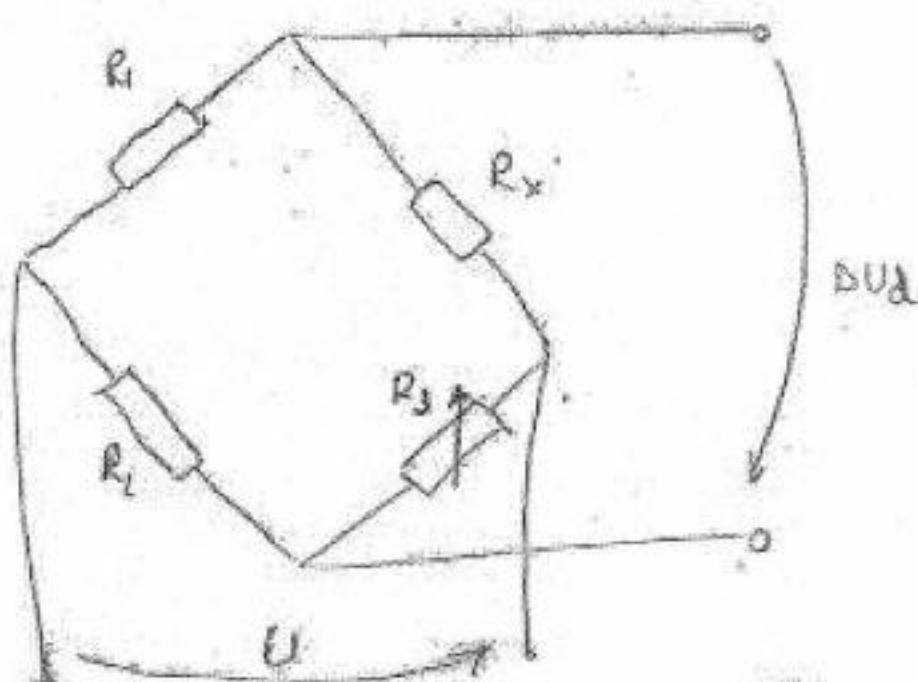
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \underbrace{\frac{\Delta R_1}{R_1}}_{0,01\%} + \underbrace{\frac{\Delta R_2}{R_2}}_{0,01\%} + \underbrace{\frac{\Delta R_3}{R_3}}_{0,05\%}$$

eroile relative de construcție ale celor 3 rez. de comparație

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = 0,07\%$$

Puncte stabilizatoare mecanice

- se utilizează pt măsurarea unor rezistențe mici ΔR_x cu rez. mecanic R_x în jurul valorei normale R_{x0} .
- se folosesc pt măsurări ale mărimilor măcărătoare prim întreneștiul unor producători rezistențe.



DUD - tens. de echilibru a punctului

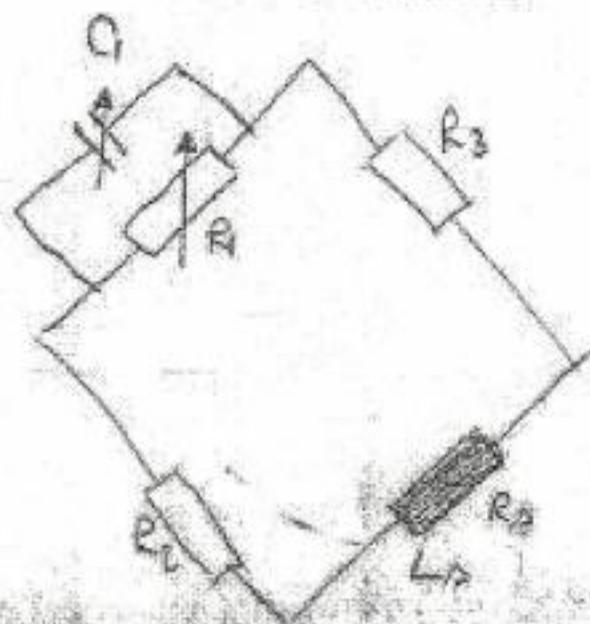
Concluzie

Punctul W are o rez. condensator de echilibrat, o rez. mărimi necunoscute și o rez. parametru variabil.

Punctul de c.a. are 2 rez. de echilibrat, 2 mărimi necunoscute și 2 parametri variabili.

Puncte de inductanță

Punctul Maxwell - Wien - pt. măsurări de inductanță propriu



$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$\frac{R_1}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$N_2 = R_2$$

$$N_3 = R_3$$

$$N_4 = R_4 + j\omega L_d$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1} (R_4 + j\omega L_d) = R_2 \cdot R_3$$

$$R_1 (R_4 + j\omega L_d) = R_2 R_3 (1 + j\omega R_1 C_1)$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

$$j\omega L_d = R_2 R_3 / R_1 C_1 \Rightarrow L_d = C_1 R_2 R_3$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

$$L_d = C_1 R_2 R_3$$

→ rez. de echilibrat a punctului M-W

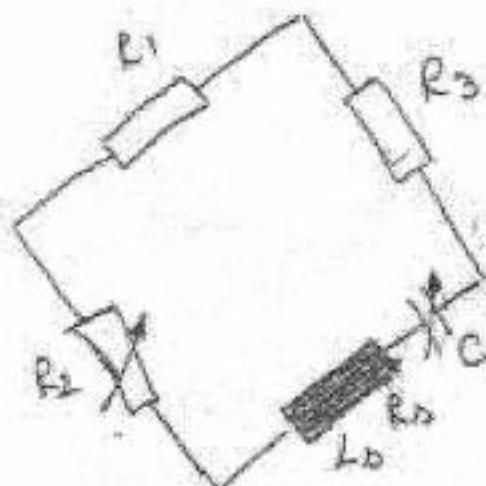
$$R_d = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$L_d = C_1 R_2 R_3$$

Pt. echilibreaza purtă se reglează succesiv cei doi paramevariabili R_1 și C până la ambele deviații indicatorului de măsură.

Puncte de rezonanță

Condiția de echilibru



$$R_1(R_2 + j\omega L_s + \frac{1}{j\omega C}) = R_2 R_3$$

$$\boxed{R_1 R_3 = R_2 R_3}$$

$$\omega L_s - \frac{1}{\omega C} = 0$$

\Rightarrow

$$\boxed{L_s = \frac{R_2 R_3}{\omega}}$$

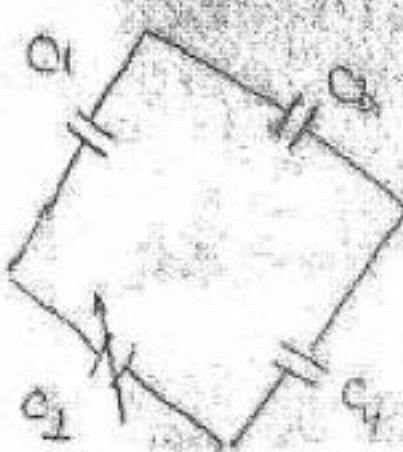
$$\boxed{L_s = \frac{1}{\omega C}}$$



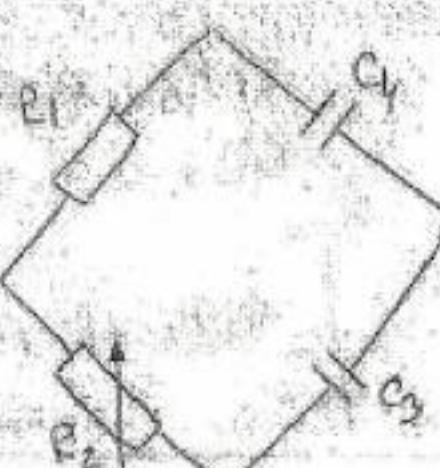
Este în rezonanță cind impedanța inductoarei este egală cu impedanța capacitivei.

Această rezonanță se poate face și pt. măsurarea de capacitate în frecvență. Pentru astăma măsurării capacitatii se leagă C constantă și se mărește L_s mărialit. Pt. frecvență $\omega = 2\pi f$.

Puncte de rezonanță

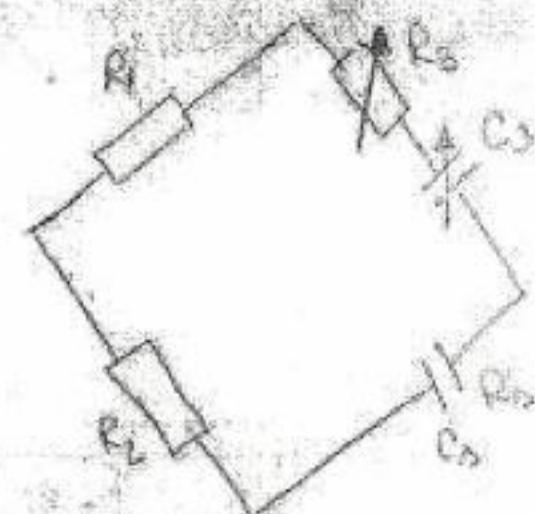


a)



b)

Sunturi Serie



c)

a) $\frac{1}{j\omega C_1} \cdot \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} \cdot \frac{1}{j\omega C_3} \Rightarrow C_1 C_4 = C_2 \cdot C_3 \rightarrow$ cond. de ochi.

$$C_4 = \frac{C_2 C_3}{C_1}$$

b) $R_1 \frac{1}{j\omega C_2} = R_2 \cdot \frac{1}{j\omega C_1} \Rightarrow e_2 = \frac{R_1 C_1}{R_2}$

Prințele și scheme se folosesc pt. capacitatea condensatoarelor ideale. și ultima pt. măs. cap. ideală cu pierderi)

Compensatore de c.c.

Compensatorul - este un aparat care permite măsurarea unei tensiuni mecanoscute prin compararea acesteia cu o tensiune de referință cunoscute cu precizie.

- Compensatoarele prezintă 3 avantaje făcând de voltmetre:
 - măsurare tensiuni foarte comună de curent
 - precizie deschisă de ridicată (pot măsura tens. în c.c. cu eroare de 0,0001%, iar în c.a. 0,01%)
 - sensibilitate foarte mare (pot măsura și tensiuni și mici)
- D.p.d.v. al schema de principiu compensatoarele pot fi:
 - cu rezistență variabilă și curent constant
 - cu rezistență constantă și curent variabil.

Compensator cu rezistență variabilă și curent constant

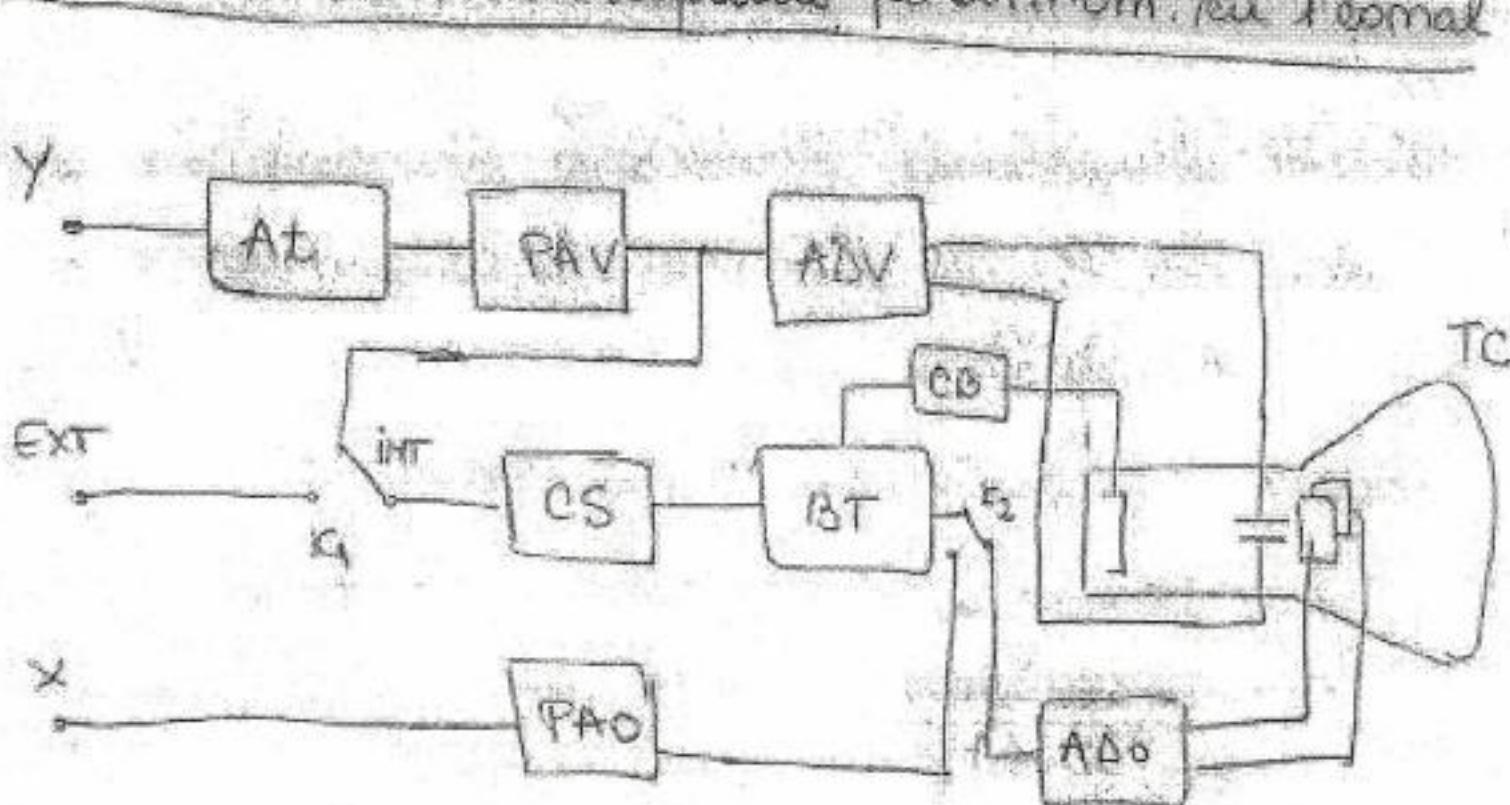
- stocarea informațiilor de măsurare
- procesarea numerică a informațiilor de măsurare
- determinarea tuturor valorilor caracteristice ale măsurării și a înțelegerii.
- comunicarea cu un calculator electronic

Clasificarea osciloscopelor:

- 1) - analogice
 - digitale
- 2) - fără memorie (nu permite stocarea informațiilor, doar vizualizare)
 - cu memorie
- 3) după nr. de matrice se pot fi vizualizate
 - cu un canal (permite vizualizarea unei rg. matrice)
 - cu mai multe canale (2, 4, 8, 16) - permit vizualizarea mai multor matrice pe ecran

Oscilloscope analogice fără memorie cu un singur canal

Schema bloc a osciloscopului fără mem. cu 1 canal



C - este un cilindru pe baza căreia se poate extinde și core să poată suporta presiunea la temperatură mare.

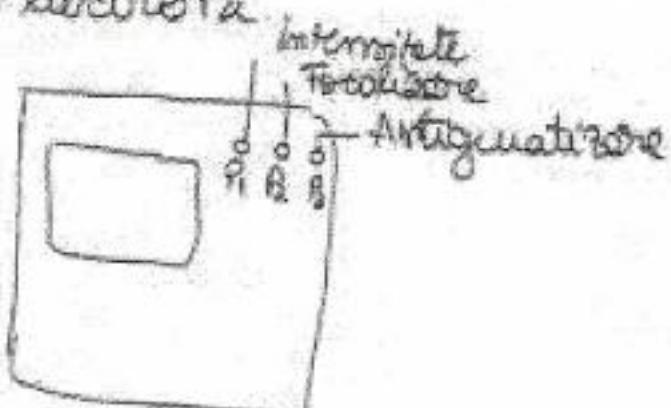
- pe poarta frontală se depune un material termoizolativ

C + F → rol: să emite electroni liberi în interiorul C

A₁ → rolul de preaccelerare

G → rolul: modifică marimea de electroni care trece de la anod și cauză

↳ cilindru metalic prevăzut cu un orificiu pe unde trăiește electronii
- modificarea dif. de potențial determină modificarea forcii de la electronii



A₂ → este tot un cilindru

⇒ primul potențialul său pozitiv crează un câmp electrostatic care ajută la focalizarea fasciculu lui de electroni și îndărjunge pe acestuia să focalizeze un punct luminos

A₃ → este tot un cilindru prevăzut cu un orificiu

⇒ potențialul său nu poate schimba

⇒ faza de focalizare îndărjunge pe electroni și apare un număr ^{număr} de puncte luminosă mai mici

Y → rolul: dacă aplicăm un anumit → apare câmp electrostatic, iar electronii vor fi atrăgați de placă + și respinși de placă - și fasciculul merge în sus

X → rolul: deviază fasciculul în plan orizontal (face același lucru ca și Y).

EPA - este o spirale care se depune în formă de trombonice

- este făcut dintr-o oțelă cu o formă soloidală

→ rolul de accelerare a fasciculu lui de electroni (a-a cavitare)

Tc - tubul cotoodic (partea principale) - pe ecrouul ac. se
visualizează simbolul măr. de înălțime

At - attenuator

PAV - preamplificator pt. deflexia verticală

ADV - amplificator pt. deflexia verticală

PAD - preamplificator pt. deflexia orizontală

ADo - amplificator pt. deflexia orizontală

CS - circuit de rămăreșteare

RT - rezon de timp

CD - circuit de blocare a fasciculu lui de electroni

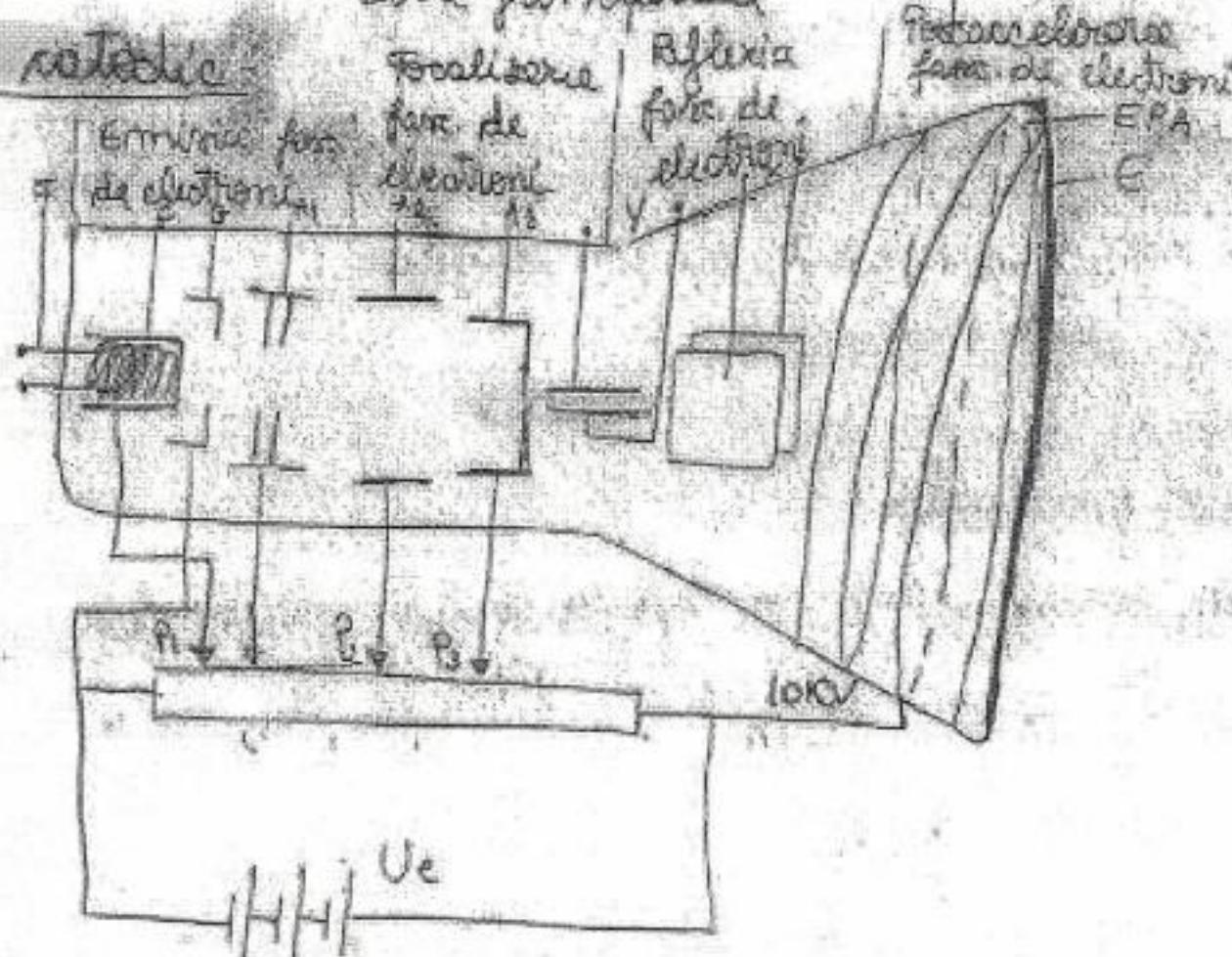
Y, X - intrări principale

EXT - altă intrare (nu folosit)

V₂ - se punte pe poziția din schema atunci când folosesc corăulit

V₃ - rămasine ca în schimb să fie 39% din colectoare

Tubul cotoodic



F - filament

C - cotood

G - grile de comandă

A₁ - primul anod
(anod de accelerare)

E - anod

A₂ - al doilea anod
(anod de focalizare)

A₃ - anod de antiguialoare (anod 3rd)

Y - plăci pt. deflecție verticală

X - plăci pt. deflecție orizontală

EPA - electric field of acceleration

Regim comutat = procesarea comutatorului de pe o poziție pe alta
se face cu frecvență de 100 kHz

- frecvență boala de timp se poate modifica în limite largi
- frecvență boala de timp trebuie să fie apropiată de frecvența semnalului pe care vrem să-l vizualizăm.

Regimuri de funcționare

1. vizualizarea numai a semnalului aplicat la y_1
- CE pe poz. 1 în permanentă

2. vizualizarea numai a semnalului aplicat la y_2
- CE pe poz. 2 în permanentă

3. vizualizarea simultană a celor 2 semnale y_1, y_2 în reg. altă
- comanda comut. electronică se face de la boala de timp
- dacă frecvență boala de timp este mică:

- apare y_1 ... dispărere
- apare y_2 ... dispărere

- dacă frecvență boala de timp este mare:

- apar cele 2 semnale simultan pt. CE:
 - persistență imaginea pe ecran
 - persistență imaginea pe retină

Concluzie: Pt. a folosi acest regim - semnalele trebuie să aibă
frecv. relativă mare (de primul setător, mulțumită de He)
- dacă frecv. este mare \Rightarrow - imagini pălpăile
- nu dispără prima de tot
- și apare la-a doua

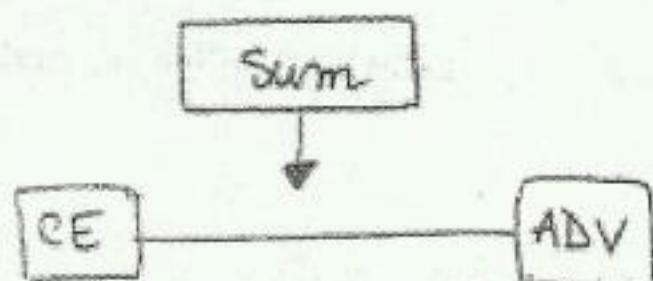
4. vizualizarea simultană a celor 2 semnale în regim comutat
- CE ne comandă de la osc. electronic cu frecv. de 100 kHz
- timp de $10\mu s$ CE e pe poz. 1 \Rightarrow se afișează un mic
segment din curvă
- apoi la fel pt. semnalul 2
- fenomenul se repetă
- în final cele 2 curvă apar formate din multe segmente
succesive

- dacă intervalul este mic \Rightarrow mii de segmente \Rightarrow curbele se văd continue
- dacă frecv. sunt mari, se văd numai câteva segmente din care este formată curba

Concluzie: Se recomandă regimul comutat pt. vizualizarea semnalelor de joasă frecvență.

5. Vizualizarea sumei sau diferenței celor 2 semnale ($\pm y_1, \pm y_2$)

- trebuie introdus în schema bloc un sumator:



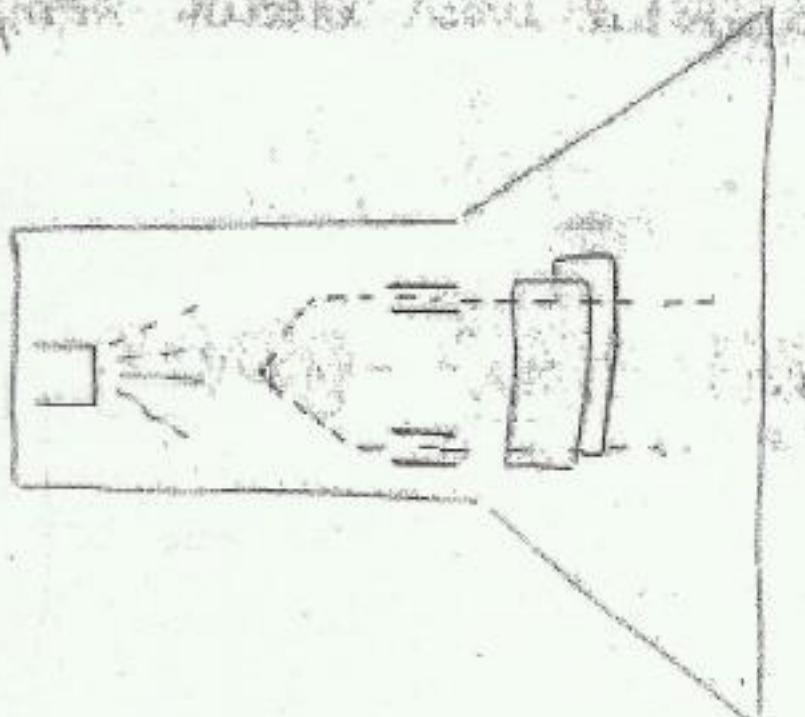
6. Vizualizarea produsului a 2 semnale

- în loc de sumator se introduce multiplicator electronic

Pe acest principiu se pot realiza osciloscope cu mai multe canale.

Oscilloscope cu tub catedre de construcție specială

a)



- face se devide în 2 faze paralele
- 2 perechi de placi pt. deflexia orizontală

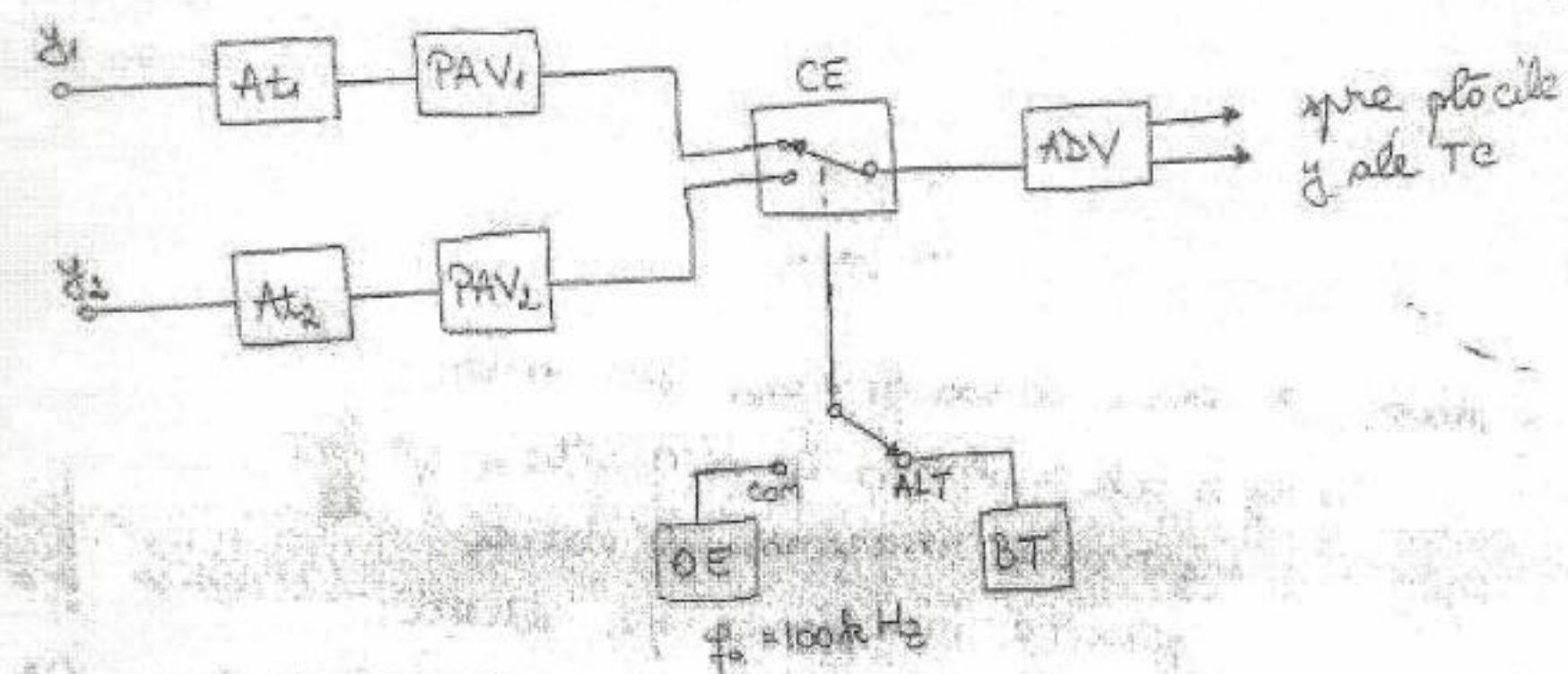
MT
- C10 -

Oscilatoare analogice cu mai multe comale

Osc. cu mai multe comale se pot grupa în:

- osc. cu tub catedic obisnuit și comutator electronic
- osc. cu tub catedic de construcție specială

Schemă bloc a osc. cu 2 comale (doar parte care difere de osc. cu 1 comal)



At - attenuator

- 1, 2 - pe fiecare intrare

PAV - preamplificator deflexie verticală

CE - comutator electronic cu 2 poziții

BT - boala pe timp

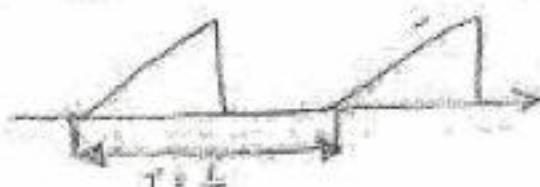
- de aici se face comanda comutatorului (alternat)

- de aici se face comanda comutatorului de la 100 kHz

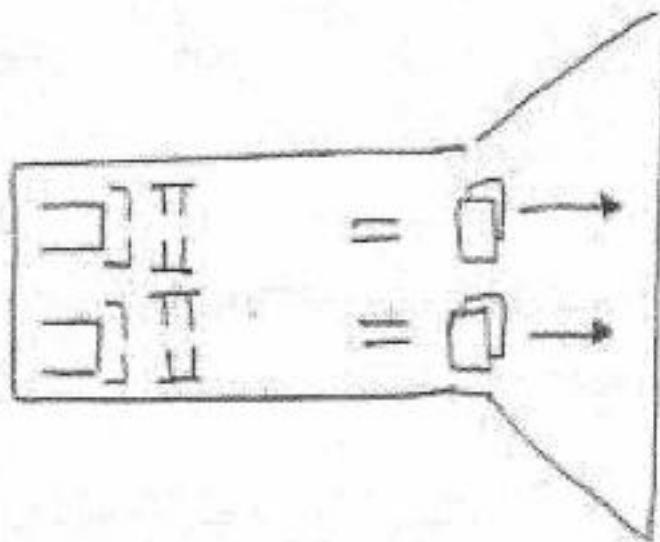
OE - oscilator electronic cu frecv. de 100 kHz

- face comanda comutatorului de la 100 kHz pe poziția com (comutat)

regim alternat = comutatorul trece de pe o poziție pe alta
cu frecvență boala de timp



b)



- toti potenții sunt dublați
- tub catedic de construcție dubletă (toate blocurile sunt dublate)
- cel mai performant osciloscop cu 2 canale
- preț ridicat \Rightarrow rar

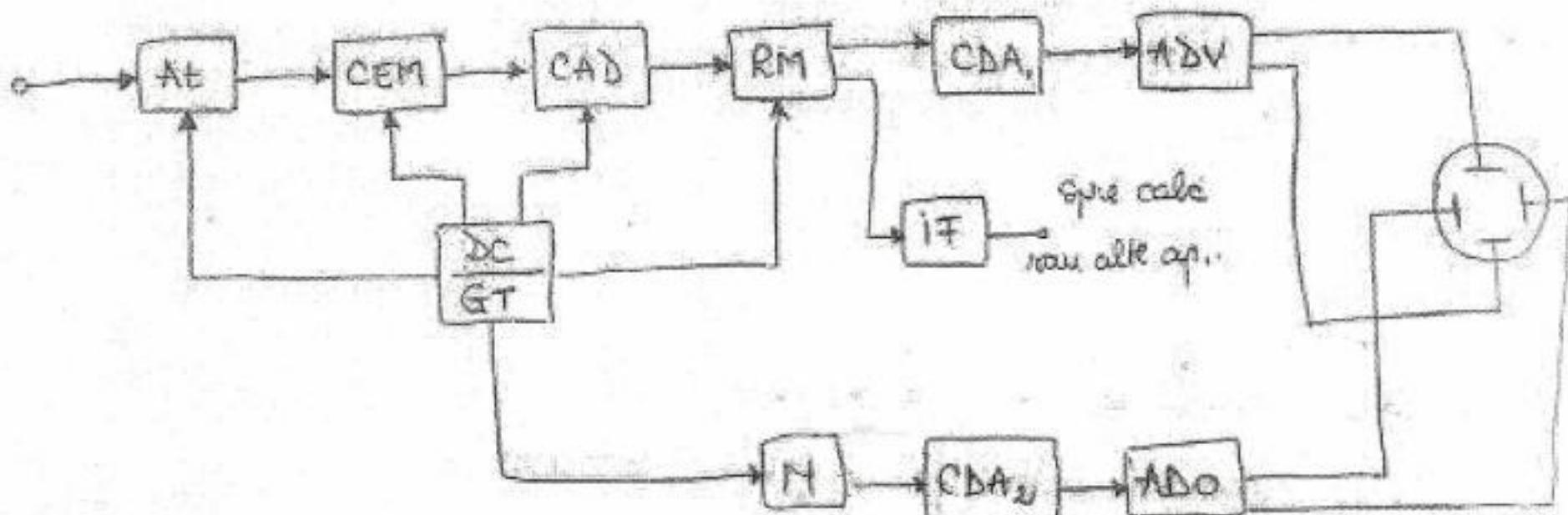
Osciloscopul digital plastic

Osciloscopul digital plastic

Avantaje

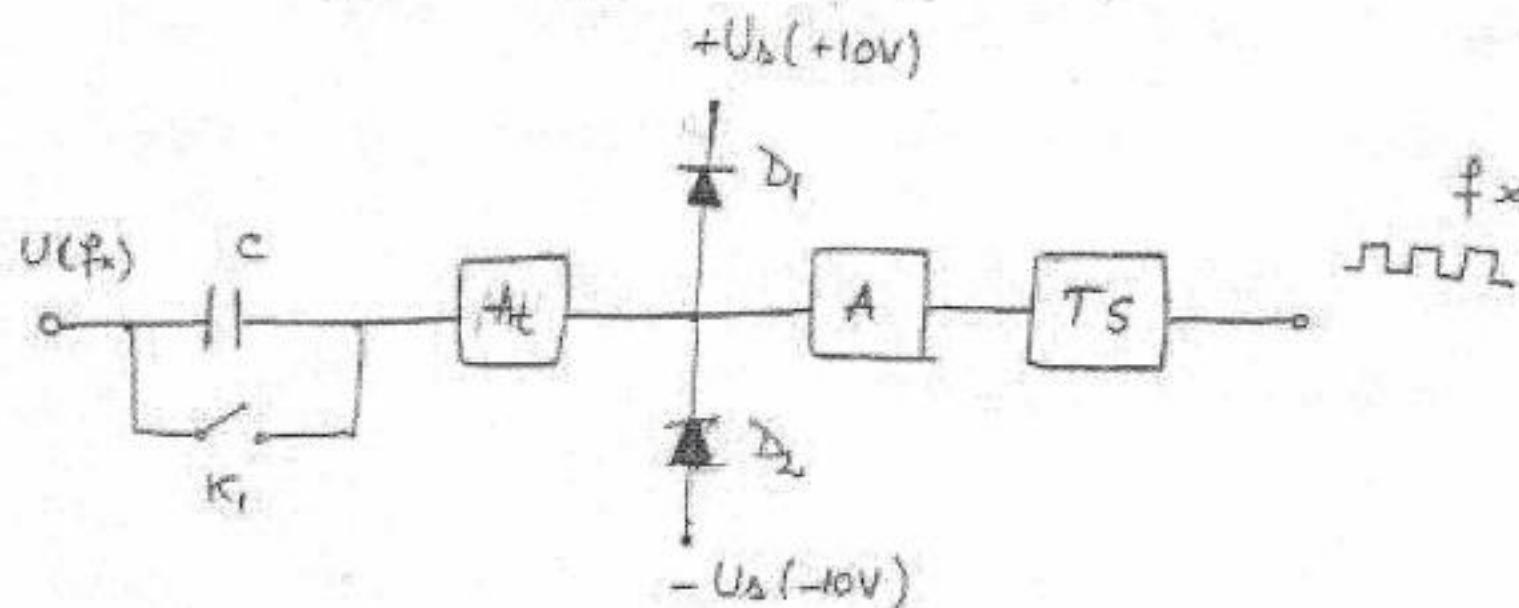
- permit stocarea inf. de măsurare (ex. cu memorie)
- permit precizarea numerică a inf. de măsurare fie cu un calculator de pc, fie cu ajutorul unor aplicații digitale
- permit conectare la pc, fie cu ajutorul unor blocuri componente din interfacă.

Schema bloc:

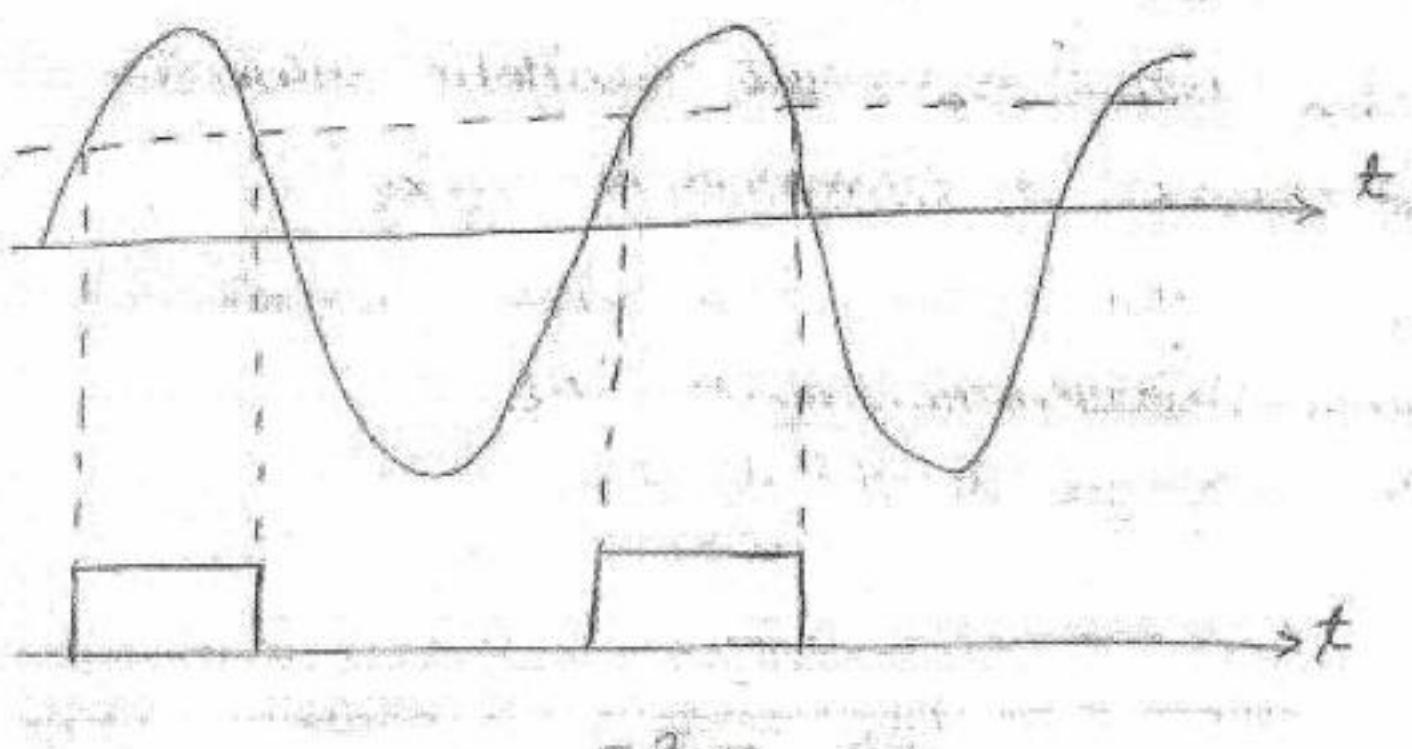


Circuitul de intrare (cI)

- parte analogică a aparatului



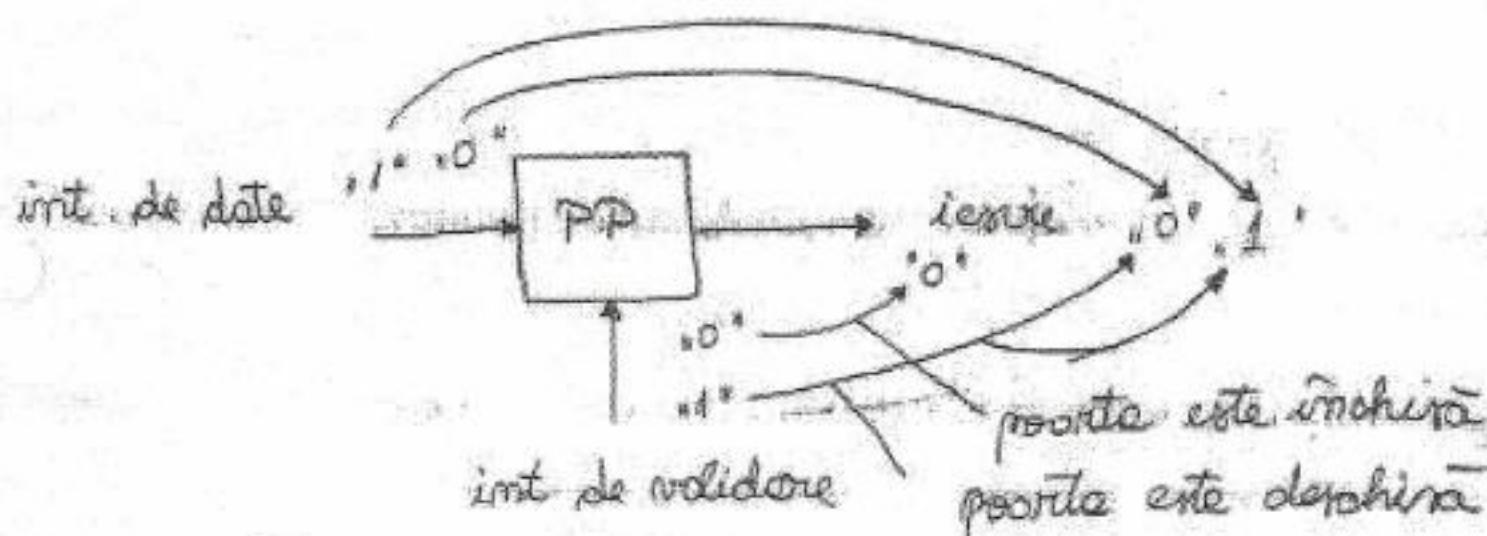
- la intrare se aplică tens. a cărei frecv. vrem să o măsurăm
- C are rolul de a elimina componenta continuă a tensiunii
- dacă tens. e sinusoidală se scurta circuitează C
- atenuatorul (At) reduce tensiunea între un report cunoscut și precizie
- cele 2 diode (D_1, D_2) reprez. un etaj de protecție pt. blocurile coreunioare împotriva supratensiunii
 - D_1, D_2 dacă vorfurile de tens. nu mai depășește se transmit tens. limitată
- amplificatorul (A) mărește tensiunea
- At + A → asigură ap. un domeniu larg de măsurare
- TS = Trigger Schmitt
 - trigger = circuit oscilant instabil



- la ieșire TS apar o succesiune de impulski rectangulare de terminare
 - TS este de fapt un fil de convertor analog - digital
- Rel CI: → convertirea tens. cont. în impulsuri cu frecv. f.

Poarta principală (PP) - este un CLC de tip și

- are 2 intrări și 2 ieșiri



Muxmatorul de impulsuri (M)

- lucrează în sistem binar (mag. în binar material)

Rezistorul de memorie (memorie RAM) RM

- stochează informația primită de la N

Decodificator (D)

- transformator de cod: binar → decimal
- rap. va afișa rezultatul în decimal

Dispozitivul de afișaj (DA)

- afișează sub formă numerică rezultatul măsurării
- se folosesc 3 tipuri de dispozitive de afișaj:
 - tuburi NiXiE - cele mai puțin utilizate
 - diode electroluminiscente LED
 - diode cu cristale lichide LCD

Tub Nixie = tub cu decarcări în gaze care dispune de 10 cotori de forma cifrelor decimale și un anod comun
- dacă se aplică o tens. de 150V între cotorul 2 și anod \Rightarrow cotorul devine luminescent \Rightarrow se vede cifra 2

Avantaje Nixie: • contrast foarte bun
• durată de viață mare ($10^6 - 10^7$ ore)

Desavantaje Nixie: • aprinderea tubului necesită tensiuni ridicate: 150V

LED = diode semicond. pe baza de galuț, arseniu sau iod
- în conductie emite lumină
- curentul prin LED: 5-25A
- tensiune de funcție: 1,5-3V
- puterea consumată este de 40mW (deci mult mai puțină)
- afișajele cu 7 segmente \rightarrow afișarea unei cifre decimale se face cu 7 diode
- consumul total al diodelor sunt în conductie: 300mW
- dacă se afișează rezultatul cu 8 cifre: 2,5W
- se folosesc numai în cazul ap. stativăre (alimentată de retea)

LCD

Desavantaje: • contrast mai puțin decât la LED
• sunt dispozitive pasive (nu emite lumină)
• reflectă lumină extinsă

Avantaje: • consumul de putere de 1000 ori mai mic
• se folosesc în aparatele portative (alim. de la baterii)

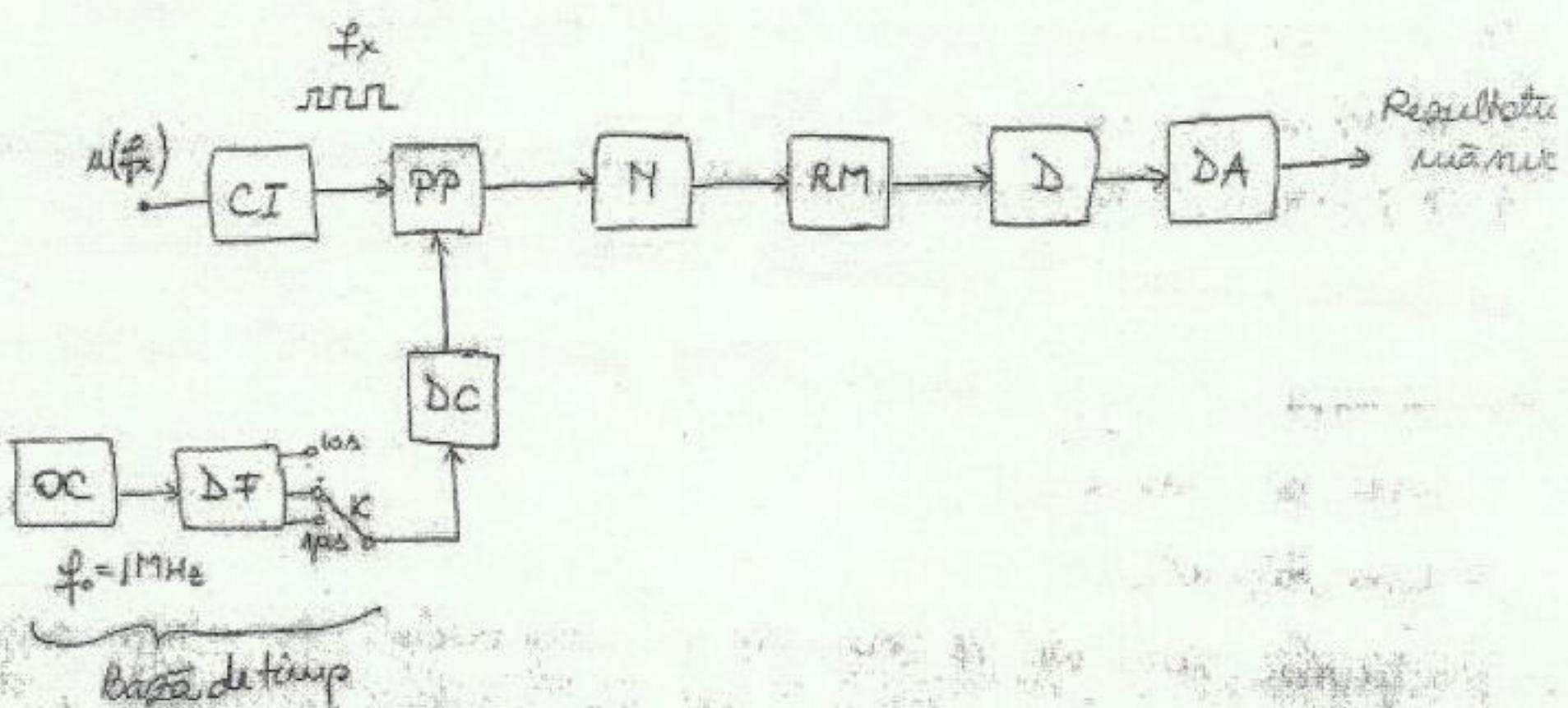
Oscilatorul cu quart (OC)

- oscilator electronic care furnizează la ieșire impulsuri cu freqv. de 1 MHz
- rolul quartului este acela de a stabili se frecvența oscilatorului

Aparat pt. măsurarea mărimilor temporale

Un aparat cu funcții multiple: permite măsurarea frecvenței, perioadei, raporturi de frecvențe, defasajelor în intervalelor de timp.

Schemă bloc a numărătorului universal utilizat ca prezentor



CI - circuit de intrare

PP - poarta principală

N - număratör de impulsuri

RM - registrul de memorie

D - decodificator

DA - dispozitiv de afisaj

OC - oscilator cu quart

DF - divizor de frecvență

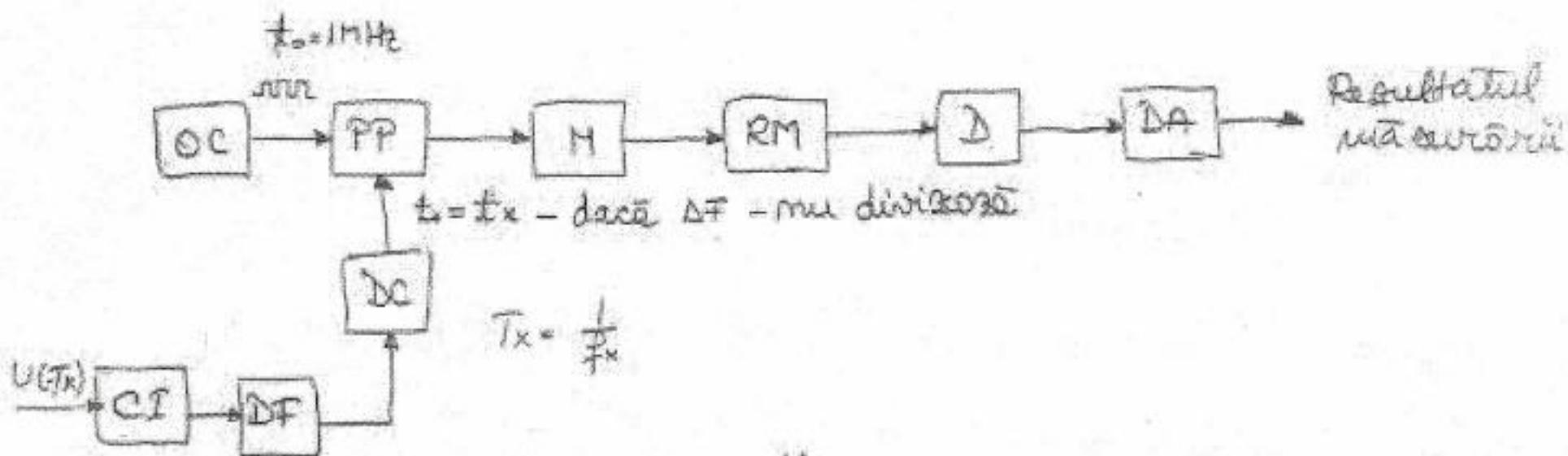
DC - dispozitiv de comandă

K - comutator cu 7 poziții $\mu s \dots 1\Delta$

MT
-C12 -

Numărătorul universal utilizat ca periodmetru

- permite măsurarea perioadei ($P = \frac{1}{f}$) $f = \frac{1}{P}$



- pp. pă la se aplică $f_x = 50\text{Hz}$

$$T_x = \frac{1}{f_x} = 0,02\Delta$$

- pp. că nu introducem Δf în numarul din CI întră direct în DC

$$\text{atunci } t_0 = T_x = 0,02\Delta$$

$$N = t_0 \cdot f_0 = 0,02 \cdot 10^6 = 20.000$$

- se aplică $20.000 \mu\Delta$

Precizia de măsurare (eroare relativă)

$$N = T_x \cdot f_0 \rightarrow T_x = \frac{N}{f_0}$$

$$\frac{\Delta T_x}{T_x} = \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta f_0}{f_0}$$

$\Delta f_0 = \pm 1$

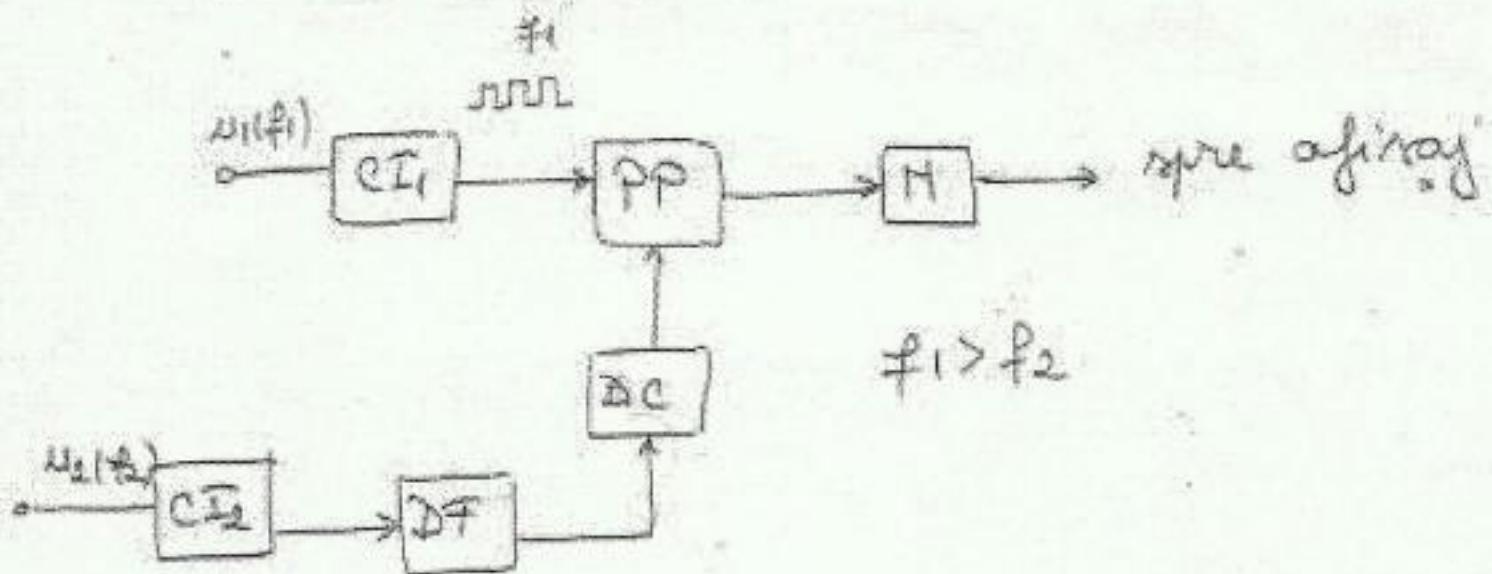
$\approx 0 \rightarrow f_0 \text{ aproape de } 0 \rightarrow \text{eroare } \frac{\Delta f_0}{f_0} \text{ neglijată}$

$$\frac{\Delta T_x}{T_x} = \pm \frac{1}{N} = \pm \frac{1}{T_x \cdot f_0}$$

ex: $\frac{\Delta T_x}{T_x} = \pm \frac{100}{20.000} = \pm 0,005\%$ eroare de măsurat

- Nr. universal se recomandă să fie utilizat ca frecvență metru pl. măsurări f. mari și ca periodmetru pt. măs. f. mici

Număratoreul universal utilizat pentru măsurarea raporturilor dintre două frecvențe



- pp. și DF nu e pres. în circuit $\Rightarrow t_0 = \frac{1}{f_2}$
- În intervalul de timp t_0 , ω^2 de impulseni care nu trece prin poarta , nr. de impulseni numărate de H nu fi:

$$N = \frac{f_1}{f_2}$$

$$H = t_0 \cdot f_1 \cdot \frac{f_1}{f_2}$$

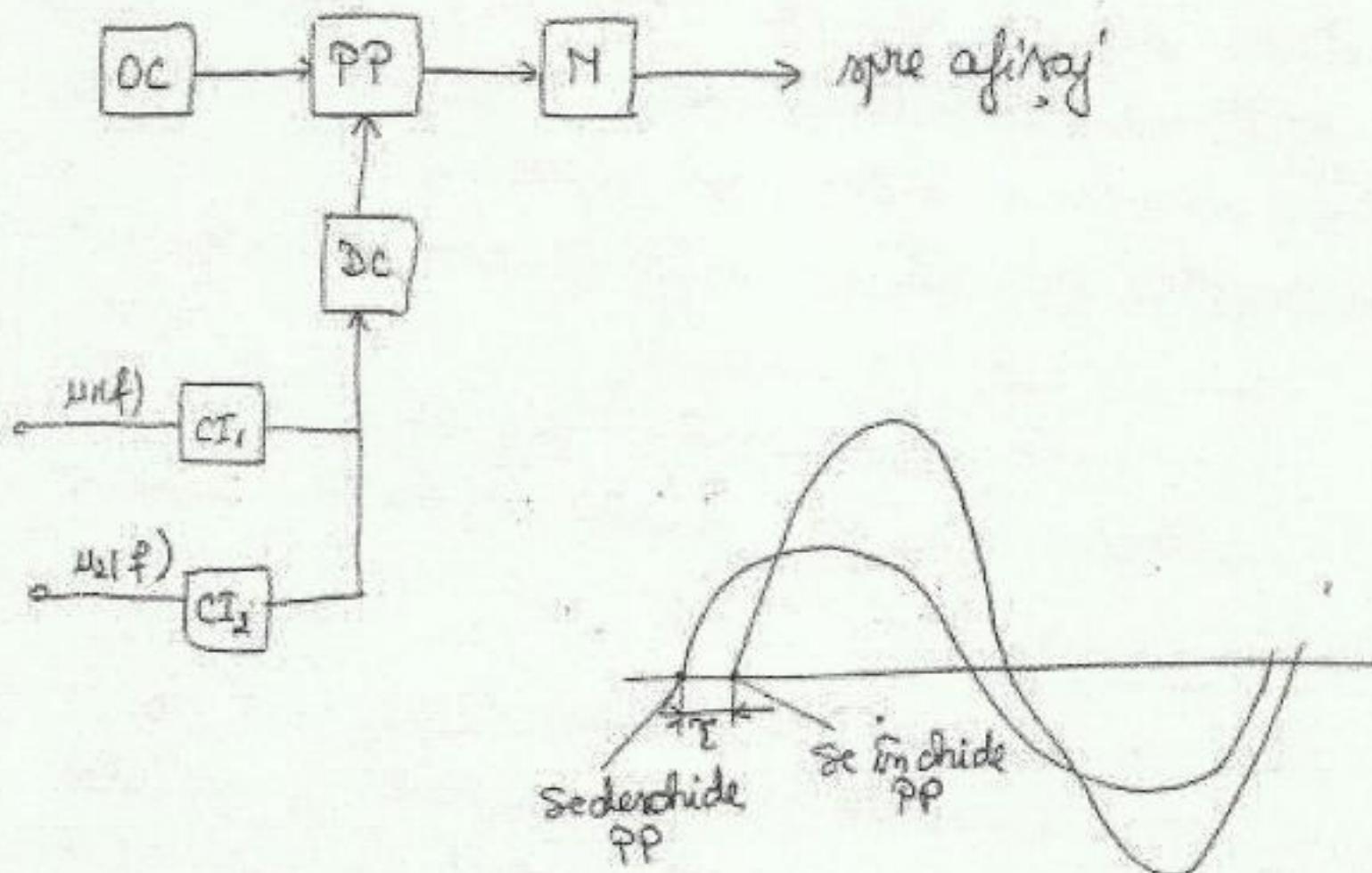
$$\left. \begin{array}{l} f_1 = 5000 \text{ Hz} \\ f_2 = 50 \text{ Hz} \end{array} \right\} H = 100 ; \text{ eroarea relativă } \frac{1}{H} = \frac{1}{100} \cdot 100 = 1\%$$

- deoarece vrem să introducem neodată eroarea introducem DF în circuit.

Număratoreul universal utilizat pentru măsurarea diferențelor și a intervalelor de timp

- Poate fi folosit ca fotometru sau cronometru

Schemă de principiu a unui cronometru (relo electronic)



- celăi 2 circuite de intrare (C_1 , și C_2) se neglește a.i.
 - ele să dea un impuls la ieșire în mom. trecește prin 0 spre vectorii pozitivi a tens. aplicate la intrare

$$T = t_0 \cdot f_0 = \tau f_0$$

$$q = 3^{\frac{2}{3}}$$

H=5000

♀ = 50 Hz

$\varphi_0 = 16^\circ$ He

Clasificarea transductoarelor

- După natura măr. măelectrice de măsurat
 - t. de temperatură
 - t. de presiune
 - t. de forță
 - t. de viteză etc
- După modul de variație a măr. de ieșire
 - t. analogice (numărul de la ieșire este continuu)
 - parametrice (pariile) - resistivă, inductivă, capacitive
 - generatoare (active)
 - speciale
 - de radiație
 - cu fibre optice
 - t. digitale (numărul de la ieșire este discretizat)
 - de radiație
 - cu fibre optice

Amplificare

- T. param - converteste măr. de intrare într-un semnal \rightarrow num. de parcurgări de perioadă \rightarrow variație de rez.
- T. resistivă \rightarrow " \rightarrow variație de rez.
- T. inductivă \rightarrow " \rightarrow var. de ind.
- T. capacitive \rightarrow " \rightarrow var. capacitive
- T. generatoare - conv. energie mecanică, termică, optică sau chimică în responz. măr. măelectrice de măsurat în energie electrică (sunt mici generatoare de energie electrică)
- T. speciale \rightarrow transductoarele de radiație nucleare, laser, ultrasunet etc.
 - \rightarrow transductoare cu fibre optice
 - \rightarrow transductoare cu efect Hall

Digitale

- T pt. măs. vitezelor
- Se încercă să realizeze una transductoare integrată și din unul sau mai puțin tradi. inteligentă

Producătoarele nu sunt numai elemente componente ale instalațiilor de măsurare, ci sunt și elemente comp. specifice aparatelor de automatizare.

Producătorul reprezintă interfața dintre mărimile și procesul de măsurat.

Cu scopul de a tipiza blocurile componente ale instalațiilor de măsurare și ale instalațiilor de automatizare → producătorul de măsură industrial are în întregimea sa un semnal de intrare și un semnal de ieșire care să fie uniform, și să fie transformat în semnal de măsură. Semnalul de ieșire este codificat uniform, în sensul că măr. lor de ieșire este

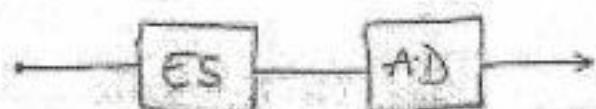
codificat uniform, în sensul că măr. lor de ieșire este

fie tens. cont ($u = 1 \dots 5V$)
fie curent cont ($i = 2 \dots 10mA$)
($i = 4 \dots 20mA$)

Dacă producătorul arată o le ieșire \rightarrow ori am o le intrare
ori producătorul este defect.

Pt. a realiza un producător cu semnal uniform, pe lângă elem. sensibil care real. convertește trebuie să aibă și un convertor special numit adaptor.

Structura



ES - elem. sensibil

AD - adaptor

- adaptorul convertește mărimile ~~de~~^{lui} ES în curent continuu ($2 \dots 10mA$).

① { Prin sensor înțelegem elementul sensibil (ES).
Combinarea dintre ES + AD → producător.

② { ES → producător

ES + AD → producător cu semnal uniform

Nec. folosim cosul ②

- sunt cele mai precise transductoare resistive
- au un preț ridicat

Nichelul : - intervalul de măsurare: $-400^{\circ}\text{C} \dots +300^{\circ}\text{C}$
 - rezistență minimă: $R_m = 100\Omega$
 - caracteristica lor este nelineară
 - prețul este redus

Ciprul : - intervalul de măsurare: $-30^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$
 - rezistență minimă: $R_m = 10; 25; 100\Omega$
 - caracteristica este liniară

Cum se realizează o termoresistenta?

Filul de Pt., Ni, Cu se înfășoară pe o baza izolantă (de helenită). Acestea se introduce într-un tub de oțel sau metal rezonabil (10-25mm sau mai mult). Tubul se termină la un capăt cu o cutie sau conexiuni unde putem conecta și firme.

OBS! Schema de măsurare a temp. cu termoresistente trebuie să fie astfel dimensionată a.t. curentul din termoresistente să nu depășească 10mA.

Constanta de timp a acestor transductoare este relativ mare, de ordinul minutelor. (Transductorul într-o rezistență cuprinde de la 1000 m secundă până la 3-4-5 min). Astfel de transductoare se folosesc numai pt. măsurări statice (măsurarea unei mărimi care este constantă în timp: o temperatură sau variație în timp).

MT
-C16-

Transductoarele resistive de temperatură

Funcționare

- se bazează pe variația rezistenței unor conductoare și semiconductoare cu temperatură

Clasificare

- T. r. de t. cu materiale conductorice (termoresistente)
- T. r. de t. cu materiale semiconductoare

Transductoare resistive cu mat. conductorice

$$\text{Legătura: } R = R_0 [1 + \alpha (V - V_0) + \beta (V - V_0)^2] \rightarrow \text{Legea de var. a unei conductorice}$$

R - rezistență conductorului la temp. V

$$R_0 = \frac{R}{1 + \alpha (V_0 - V_0)}$$

α, β - coeficienți de variație a rezistenței cu temp.

- OBS!
- Materialele trebuie să aibă rezistențe și căd mai mare
 - α să fie căd mai mare și ca transductorul să fie căd mai sensibil
 - β să fie căd mai mic
 - dacă β este mare \Rightarrow reacția este neliiniară
 - mai puțin sensibil de rel. liniară
 - Materiale cu ac. condiții: platina (Pt), nichelul (Ni) și cupru

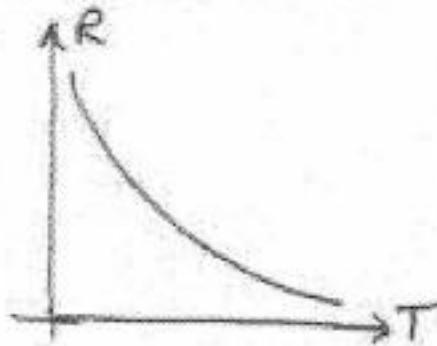
Caracteristicile materialelor

- Platina
- intervalul de măsurare: $-196^{\circ}\text{C} \dots +830^{\circ}\text{C}$
 - rezistență nominală: $R_m = 100 \Omega$
 - caracteristica liniară care β f. mic, neglijabil

- coeficientul de variație a rez. cu temp.

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} = -\frac{1}{T_0} \quad \alpha < 0$$

- rezistență redată cu creștere temperaturii ($\alpha < 0$)



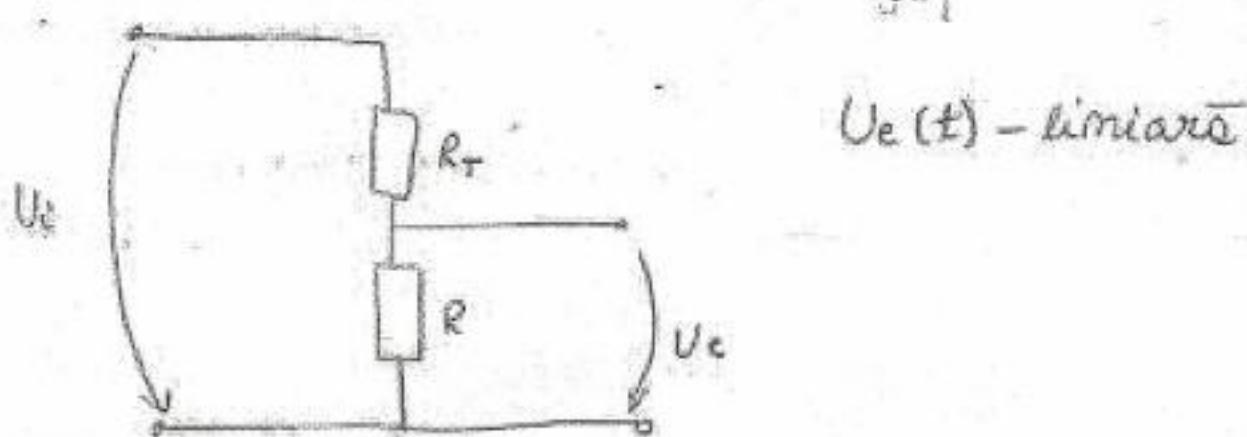
- α în val. absolută este mai mare ca la termoresist, adică este mai sensibil.

Căracteristice

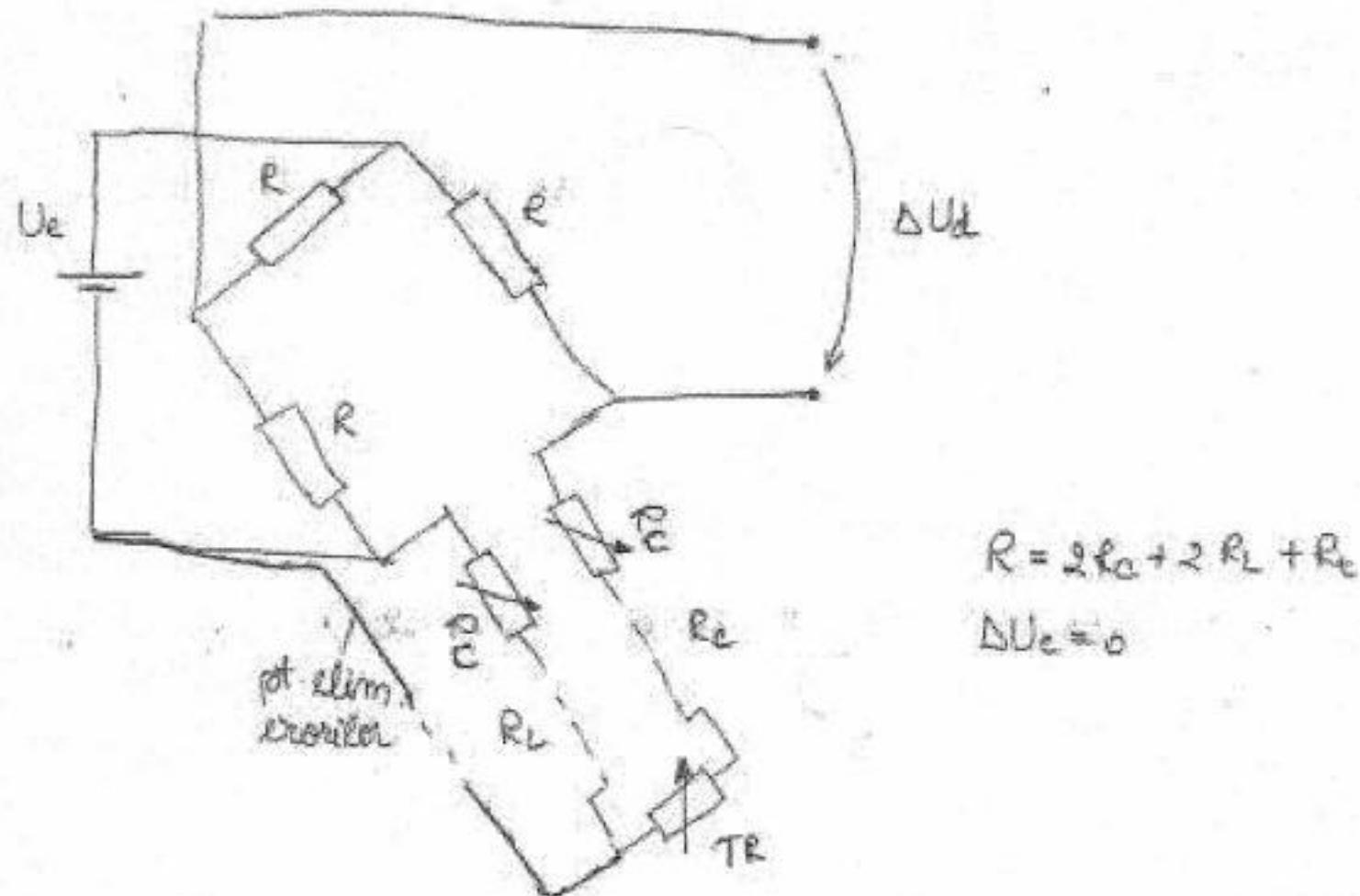
- intervalul de măsurare: $-40^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C} \dots +300^{\circ}\text{C}$ (mai recent)
- rezistență nominală: $R_n = \text{viteza}_2 \dots \text{viteza}_K$
- constantă de timp este faza de ordinul secundelor sau minute (0,2 - 0,3 s)
- Termistorul sunt extrem de potrivit pt. măsurări dinamice (care se modifică în timp).
- cu caracteristică melindărat
- un mecanism dispărță mare a caracteristicilor lor, (nu putem găsi 2 termistoruri perfect identice)

Schemele de măsurare

- Se pune problema limitării rezistenței termistorului



Schema de măsurare - este tot puncte V în următoare mecanice libere



$$R = 2R_e + 2R_L + R_2$$

$$\Delta U_d \approx 0$$

Pt eliminarea eroilor schema cu 2 conductoare are 2 rezistențe:

- rezistențile termică și rezistența corecă conductoarele pot să fie de ori considerabile : pt. eliminarea lor - în practică fol. schema cu 3 conductoare

Producătorul rezistiv de fier din mat. semiconductoare

Cel mai reprezentativ semiconducator folosit ca producător de fier este termistorul.

Termistorul este un amestec de cupru, nichel, manganiș, cobalt, zinc și titan. ($\text{Cu}, \text{Ni}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Zn}, \text{Tl}$) și se realizează prin sinteză la colă (metoda de colă se face de rău de gra).

În fierul prezent se introduc și cele 2 conductoare de legătură.

Legătură: $R = R_0 e^{\left(\frac{E_a}{T} - \frac{E_0}{T}\right)}$ → Legătură de contact vel. a unui semiconducator

T - temp. absolute exprimată în K R_0 - rezist. la T_0

T_0 - fierul $E_a = 2500 \sim 13000 \text{ K}$ R - rezist. la T

- primul intermediul deformatiilor se mai poate măsura
 mecanică
 construcții tensiunile mecanice din int. corpuri

Legea lui Hooke:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

ε - deformare

σ - tensiune mecanică

E - modul de elasticitate

- funcționarea pe principiul variației rez. unui cond. și semicond sub acțiunea tens.mec.



l - lungimea

S - acțiunea

f = rezistență la ro

$$R = f \cdot \frac{l}{S}$$

- sub acțiunea F se modifică: $-l : l \rightarrow l + \Delta l = l(1 + \frac{\Delta l}{l})$

$$= l(1 + \varepsilon)$$

- f se modifică sub acțiunea $F \rightarrow$ efect piezoresistiv

$$f \rightarrow f + \Delta f = f(1 + \frac{\Delta f}{f}) = f(1 + \tau)$$

$$-S \rightarrow S - \Delta S = S(1 - \frac{\Delta S}{S}) = S(1 - \frac{2\pi n \Delta r}{\pi r^2}) = S(1 - 2\frac{\Delta r}{r})$$



Δr

$$\Delta S = 2\pi r \cdot \Delta r$$

μ = coef. lui Poisson

$$\mu = \frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta l}{l}} \Rightarrow \frac{\Delta r}{r} = \mu \cdot \varepsilon \Rightarrow S = S(1 - 2\mu \varepsilon)$$

- pt. major. materialelor cond $\mu \approx 0,3$

$$R' = f(1 + \tau) \cdot \frac{l(1 + \varepsilon)}{S(1 - 2\mu \varepsilon)} \quad - \text{rezist. firului supus } F$$

$$R' = f \cdot \frac{l}{S} (1 + \tau)(1 + \varepsilon)(1 + 2\mu \varepsilon)$$

↔ neglijabilă fără de

$$\frac{1}{1-x} \approx 1+x+x^2+\dots \approx 1$$

$x < 1$

$$R' = R(1+\tau)(1+\varepsilon)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R'-R}{R} = \tau + \varepsilon + 2\mu\varepsilon$$

$$S = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{\tau + \varepsilon + 2\mu\varepsilon}{\varepsilon} \rightarrow \text{semisilitotie relativ}$$

$S = 1 + 2\mu + \frac{\tau}{\varepsilon}$

$$S = 2\dots - 2,2$$

ex: $S=2 \rightarrow$ dacă se alungă firul cu 1%, rezist. să fie modificată cu 2%.

Materiale folosite: - f mare

- f mic

- coef. de dilatare lineară a mat. să fie apropiat celui al stâlbului

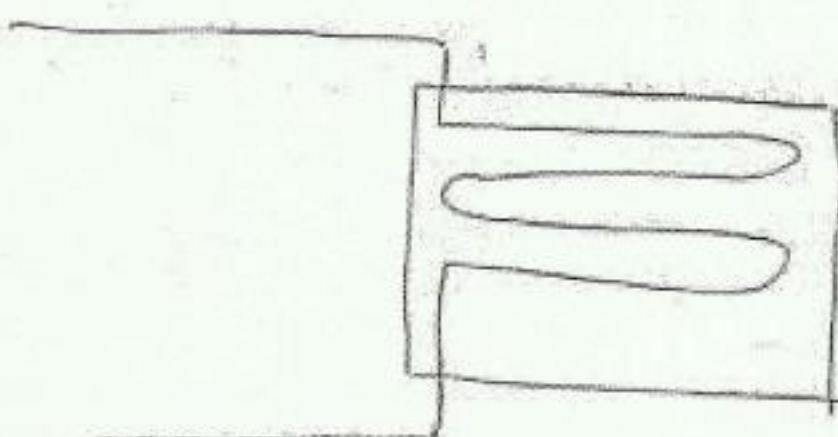
- aliaje: constantan și Cr+Ni

Mod de realizare:

$\phi = 0,0125 \text{ mm}$
 $0,02 \text{ mm}$ } diametru firului
 $0,025 \text{ mm}$

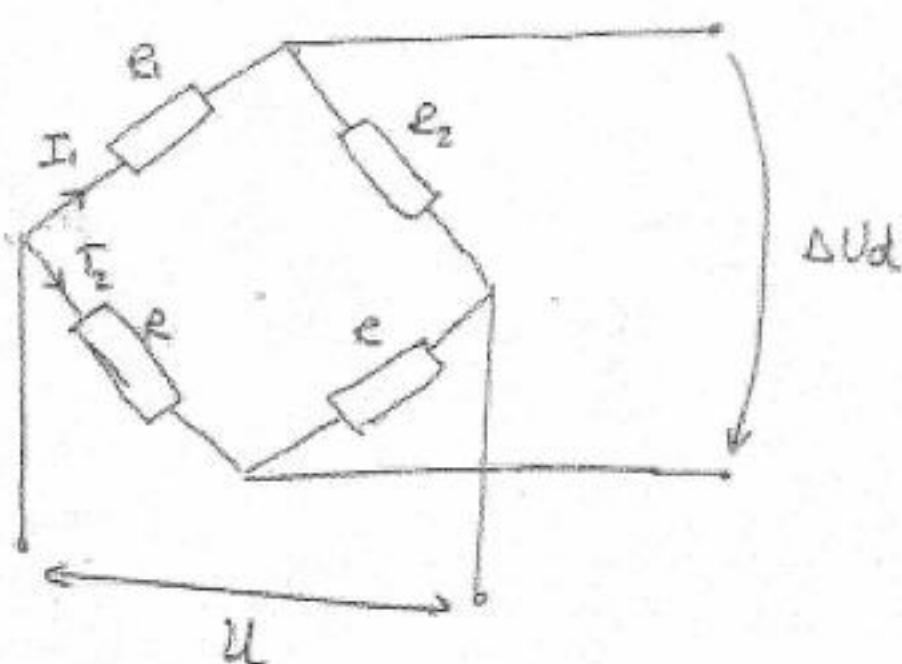
- raport izolant de forma unei dreptunghiuri

- firul se lipeste de suportul izolant sub forma unei serpe



- se lipesc produsele pt. a-l proteja

Schemă:



R = jumătate din rez.
totală a trunchiului

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

$$R_1 = R_2 \quad \Delta U_d = 0$$

$R_1 \neq R_2 \rightarrow$ puncte se deschid
bruse $\Rightarrow \Delta U_d \neq 0$

$$\Delta U_d = -R_1 I_1 + R_2 I_2 = R \cdot \frac{U}{2R} - R_1 \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{U}{2} \cdot \frac{R_1 + R_2 - 2R_1}{R_1 + R_2} = \frac{U}{2} \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_1 + R_2}$$

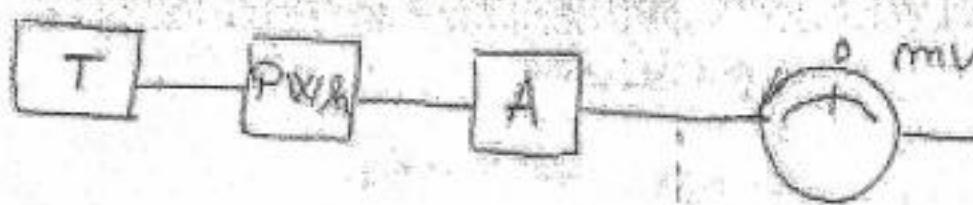
$$R_1 = R = \Delta R$$

$$R_2 = R + \Delta R$$

ΔR - variația R făcă de poziția de mijloc a curgătorului

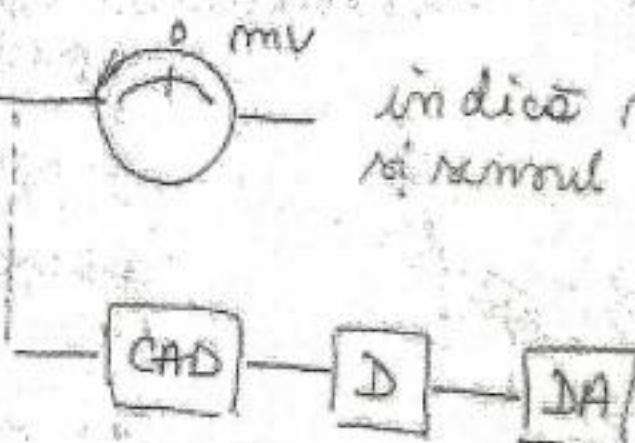
$$\boxed{\Delta U_d = \frac{U}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R}}$$

Analitic:



indice maximus
în razul deplasării

Digital:



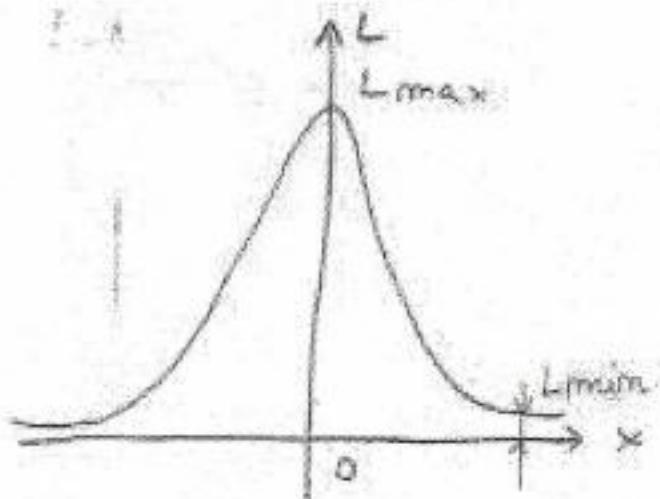
C/A/D - convertor A/D tensiune - cod numeric

D - decodificator

DA - dispozitiv de afisare

Trunchioare termometrice rezistive

- folosite pt măs. deformațiile mecanice - elastice ale corpuriilor supuse unor eforturi de întindere și compresie și încovoiu.

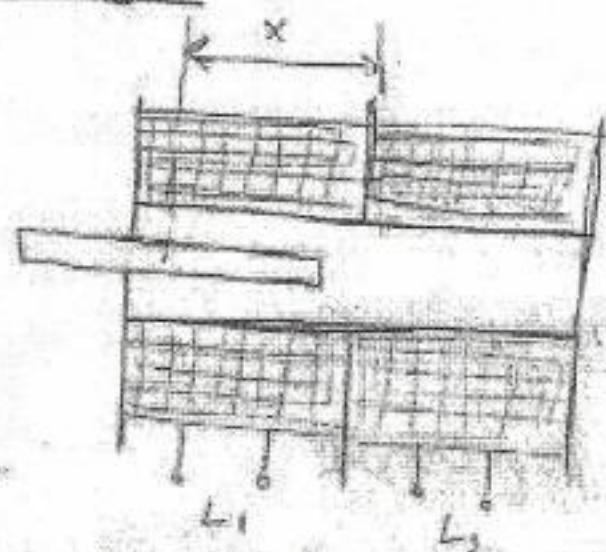


→ proprietăți productului
- nu este convenabilă pt. că este puternic melanjară

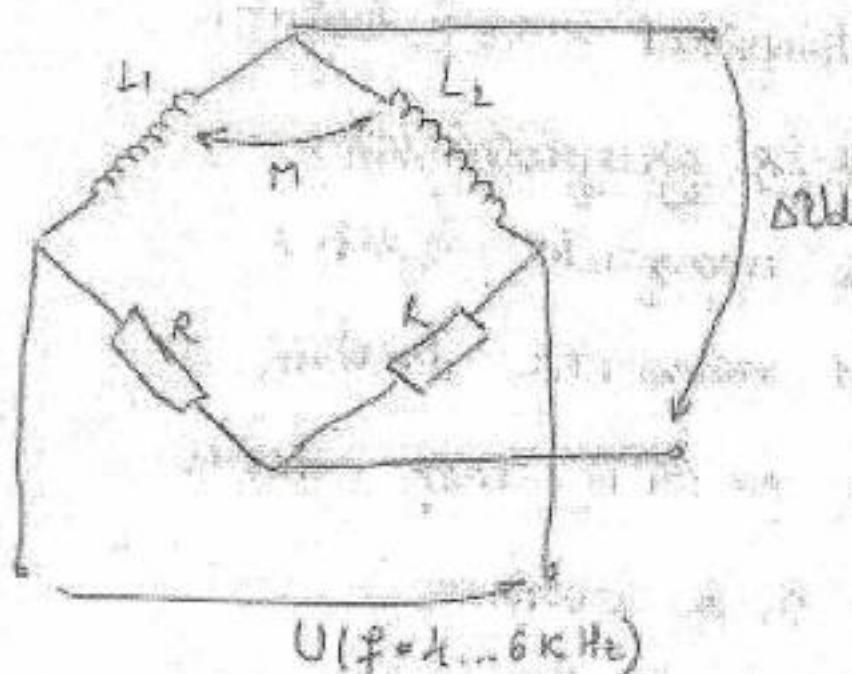
- Ac. producțor nu poate scrie numărul magnetice miezului ferromagnetic (este un mecanism).

$$x \in [-100 \dots +100 \text{ nm}]$$

Plecăjor



- Cele 2 bobine au o inducție mutuală între ele (când flui într-o traversă în mijloc de la cele două bobini)



Dacă $x = 0 \Rightarrow$ punctul nu și echilibrat ($\Delta U_d = 0$)

$x < 0 \Rightarrow$ punctul nu este echilibrat ($\Delta U_d \neq 0$) > 0
 $L_1 > L_2$

$x > 0 \Rightarrow$ punctul nu este echilibrat din nou ($\Delta U_d \neq 0$) < 0
 $L_2 > L_1$ (rezistența de forță cu 180° în c.a.)

Fotoresistente

SPB

scd

Sunt mărci rezistoare pe bază de sulfure de plumb \rightarrow sulfu de cobaltic sau SCD. Cu prop. de rezistență lor se schimbă la acțiunea radiației luminoase.

- Funcționarea lor se bazează pe efectul fotoelectric interior

- Acest efect constă în:

• sub acțiunea rad. luminoase o parte din electronii de valență ~~se~~ din atomi care constituie fotoresist. free în bandă de conductie devinând electroni liberi \Rightarrow micșorarea rez. elect. a partii produse.

- ~~Unicitatea acestor~~ fotoresistente $\rightarrow k = 1 \dots 10 \frac{mA}{lm}$
semilibilitate

Transductoare parametruice inductive

1. Transductoare inductive de deplasare

- Se folosesc pt. măsurarea deplasării lor liniare și unghiul

- Funcționarea lor se bazează în general pe deplasarea unei mărci feromag. în interiorul unor bobine.

- Dupa construcția lor se grupăză în:

– T. cu circuit magnetic deschis

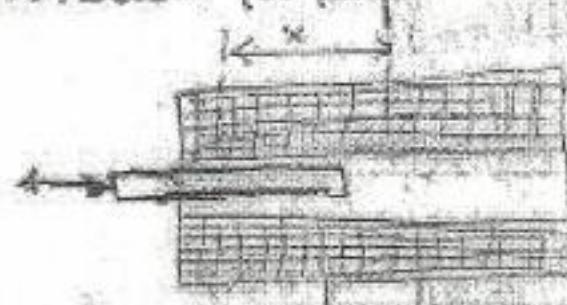
– T. cu circuit magnetic închis

T. inductive de deplasare cu cire. mag. deschis

- este construit dintr-o bobină

în interior

împreună cu deplasarea unui miez feromag.



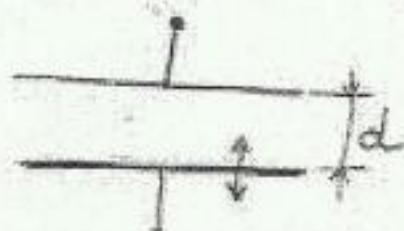
x - distanța dintre planul median al bobinei și planul median al miezelui

- C se modifică cu date cu modif. lui d sau s.

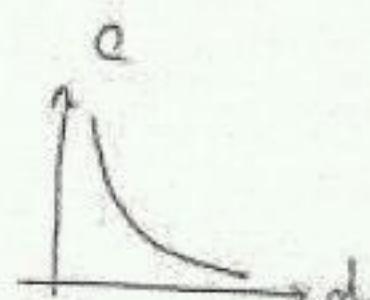
Tipuri

- 1) T. cu var. d
- 2) T. cu var. s
- 3) T. cu var. ϵ_r

T. capacitive cu var d



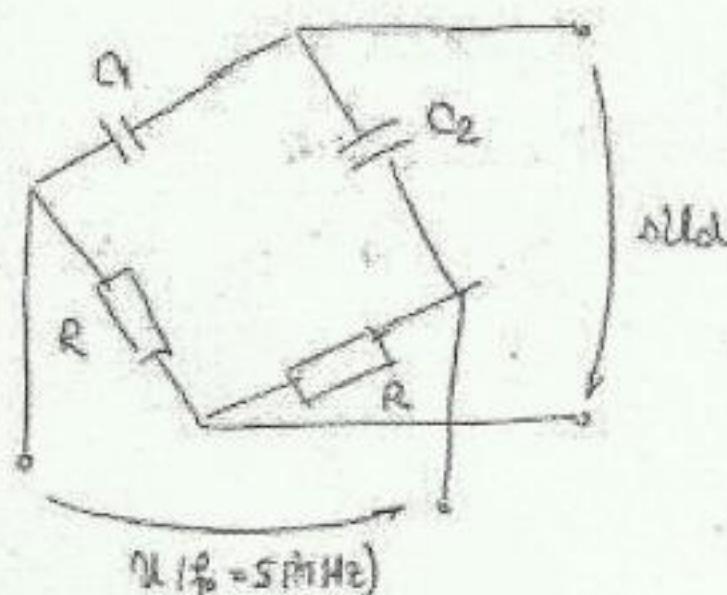
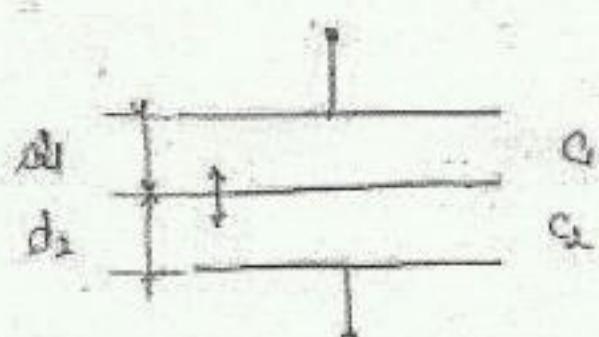
$$- C \text{ este ip. cu } d \rightarrow C = \frac{k}{d}$$



- caracteristice defavorabile

- nu se folosește t. capacitive sub ac. formă

- se fol. s. formă diferențială s. ac. transformări



$$\begin{aligned} \text{dacă } d_1 = d_2 &\Rightarrow C_1 = C_2 \Rightarrow \Delta U_d = 0 \\ d_1 > d_2 &\Rightarrow C_1 < C_2 \Rightarrow \Delta U_d \neq 0 \\ d_1 < d_2 &\Rightarrow C_1 > C_2 \Rightarrow \Delta U_d \neq 0 \end{aligned}$$

$$\boxed{\Delta U_d = k \cdot x}$$

x-deplasarea armăturii mobile făcă de la poziția sa de origine
 $x \in [-10, \dots, +10] \text{ mm}$] grad. de sensibilitate $0,1 \mu\text{m}$