

2.3. Se va calcula rezultatul măsurării (rezultatul brut), ca media aritmetică \bar{R} a girului de n valori măsurate :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_k . \quad (1)$$

Eroarea medie pătratică a mediei aritmetice obținute din girul de măsurări este:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (dR_k)^2}{n(n-1)}} , \quad (2)$$

unde $dR_k = R_k - \bar{R}$ sunt abaterile valorilor individuale față de valoarea medie aritmetică (erori aparente).

Eroarea limită a mediei aritmetice, adică incertitudinea măsurării este :

$$\Delta_R = \pm t S_R , \quad (3)$$

unde t este un coeficient de amplificare care pentru $n = 30$ și nivelul de încredere $P^* = 95\%$ are valoarea $t = 2,05$ iar la $P^* = 99\%$, $t = 2,8$.

Intervalul cuprins între valorile extreme ale erorilor limită este intervalul de încredere al măsurării ($\pm \Delta_R$).

2.4. Rezultatul corectat al măsurării este :

$$R' = \bar{R} - \Delta R_c , \quad (4)$$

în care $(-\Delta R_c)$ este corecția datorată erorilor sistematice ale punctii, avind valoarea egală și sensul contrar erorilor sistematice. Valoarea erorii sistematice ΔR_c se determină experimental și teoretic urmărind într-un interval de timp îndelungat comportarea punctii. Această valoare ΔR_c se va indica în laborator.

Rezultatul creditat se obține prin asocierea rezultatului brut și a incertitudinii măsurării:

$$R_p = \bar{R} \pm \Delta_R \quad (5)$$

Incertitudinea se poate determina și ca valoare raportată:

$$\varepsilon_R = \pm \frac{\Delta_R}{\bar{R}} \cdot 100 . \quad (6)$$

Rezultatul corectat și creditat este combinația celor două rezultate precedente și care pentru cele două nivele de încredere avute în vedere, are forma:

$$R_p = \bar{R} - \Delta R_c \pm \frac{\Delta_R}{\bar{R}} . \quad (7)$$

Limitele intervalului de încredere corespund celor două valori extreme obținute din relația (7).

Rezultatele calculelor se trăc în tabelul 2.

Tabelul 2

\bar{R}	k	dR_k	k	dR_k	S_R	ΔR	ε_R	R'	R_{95}	R_{99}
Ω	n	Ω	n	Ω	n	Ω	%	Ω	Ω	Ω
1			11							
2			12							
.			.							

LUCRAREA 5

EXTINDEREA LIMITELOR DE MASURARE LA APARATELE DE MASURAT ANALOGICE

Aparatele analogice de măsurat au de obicei o limită inferioară și una superioară de măsurare iar între aceste limite se află domeniul de măsurare. Adesea limita superioară este insuficientă pentru măsurarea unei anumite mărimi electrice. Pentru extinderea acestei limite se utilizează dispozitive convertoare.

Limita superioară de curent a aparatelor de curent continuu se extinde cu gunturi, iar a celor de curent alternativ cu transformatoare de măsură de curent. Extinderea limitei superioare de tensiune a aparatelor de curent continuu și uneori și de curent alternativ, se face cu rezistențe adiționale, iar a aparatelor de curent alternativ se face cu transformatoare de măsură de tensiune sau condensatoare adiționale.

În această lucrare se prezintă cîteva din cele mai răspândite metode de extindere a limitelor de măsurare : gunturi, rezistențe adiționale, transformatoare de măsură.

Ca observație generală se menționează că dispozitivele convertoare amintite trebuie să aibă clasa de precizie superioară cu cel puțin o treaptă față de clasa de precizie a aparatului căruia i se atașează.

1. Probleme de studiat

1.1. Se realizează două ampermetre de curent continuu cu un instrument magnetoelectric și sunt:

1.2. Se realizează două voltmetre de curent continuu cu același instrument magnetoelectric și rezistență adițională.

1.3. Se va extinde limita de măsurare a unui ampermetru feromagnetic cu transformator de curent.

1.4. Se va realiza extinderea combinată a limitei de măsurare a unui wattmetru.

2. Schema de montaj

În lucrare se vor executa montajele din figurile de mai jos.

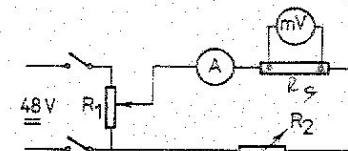


Fig. 1.

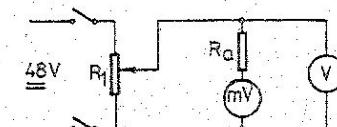


Fig. 2.

Aparatele și elementele componente ale schematicelor de montaj sint următoarele:

- pentru schema din figura 1

R_1 - reostat de 75Ω , $5A$;

R_2 - reostat de 29Ω , $5A$;

A - ampermetru magnetoelectric etalon $6mA \dots 6A$, $c = 0,5$;

R_s - gunt reglabil în trepte;

mV - milivoltmetru magnetoelectric $60mV$, $16, 2\Omega$.

- pentru schema din figura 2 :

R_1 - reostat de 3000Ω , $0,5 A$;

R_a - rezistență adițională (cutie de rezistențe în decade) ;

V - ampermetru utilizat ca voltmetru de clasa 1 ;

mV - milivoltmetru magnetoelectric 60 mV, $16,2 \Omega$;

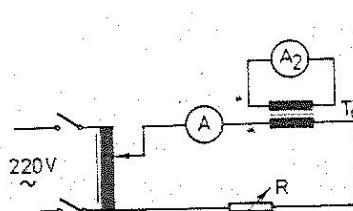


Fig. 3.

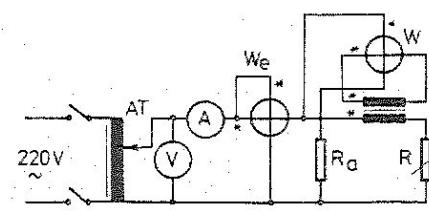


Fig. 4.

- pentru schemele din figurile 3 și 4 :

AT - autotransformator $220/0...250 V, 18 A$;

A - ampermetru feromagnetic $20 A$;

A_2 - ampermetru feromagnetic $5 A$;

V - voltmetru feromagnetic $300 V$;

T_c - transformator de măsură de curent $c_t = 0,5$;

R - reostat de $9 \Omega, 11,5 A$;

R_s - cutie de rezistențe în decade ;

W - wattmetru electrodinamic $5 A, 120 V$;

We - wattmetru ferodinamic de laborator $10 A, 240 V, c = 0,5$.

3. Modul de lucru

3.1. Din combinația unui gunt cu un instrument magnetoelectric se obține un ampermetru. În montajul din figura 1 guntul are valoare dată, astfel se va proceda la o operatie inversă celei obișnuite. Cunoscând valoarea guntului R_g pe domeniile de $1,5 A$ și $3 A$, se va calcula noul domeniu de măsurare I_n al ansamblului gunt - instrument magnetoelectric :

$$I_n = I_{on} \left(\frac{R_g}{R_s} + 1 \right), \quad (1)$$

unde I_{on} este domeniul de măsurare al instrumentului și

r_o - rezistența proprie a instrumentului.

Cunoscând numărul de diviziuni notate N de pe scara instrumentului se determină constanta ansamblului: $k_I = I_n/N$, (A/div) și se procedează la reetalonarea teoretică a noului ampermetru: $I = k_I \alpha$, (A), unde α este diviziunea notată căruia îi corespunde curentul I .

Apoi se trece la partea experimentală de constatare a clasei de precizie în care se incadrează noul ampermetru. Cu reostatul R_2 inițial pe rezistență maximă iar cu R_1 pe tensiune minimă se incepe creșterea lentă a curentului pînă cînd indicatorul milivoltmetrului vine în dreptul fiecărei diviziuni notate α , cu care concomitent se citește și indicația ampermetrului etalon, I_e . Operația se repetă și în sensul descrescător al curentului de la maxim pînă la zero.

Aparatul se va incadra în clasa de precizie cu indicele imediat superior celor mai mari valori a erorii reportate :

$$\varepsilon_I = \frac{|I - I_e|}{I_n} \cdot 100, \quad (\%) \quad (2)$$

I_e fiind media celor două citiri pentru același curent I .

Resultatele se trec în tabelul 1.

Tabelul 1

R_s	I_n	k_I	α	I	I_{ei}		I_e	ε_I	Concluzii
					1	2			

3.2. Legind în serie cu un instrument magnetoelectric o rezistență adițională se obține un voltmetru. Valoarea rezistenței adiționale se determină cu relația :

$$R_a = \frac{U_n}{U_{on}} - 1, \quad (3)$$

unde U_n este noul domeniu de măsurare al voltmetrului obținut și U_{on} - domeniul de măsurare al instrumentului.

În cadrul lucrării se vor realiza două voltmetre cu domeniile de măsurare de $15 V$ și $45 V$. Cu montajul din figura 2 se va determina clasa de precizie în care se incadrează noul voltmetru.

Se calculează rezistența adițională R_a pentru domeniile arătate, se calculează constanta aparatului $k_u = U_n/N$ (V/div) și se reetalonează voltmetrul : $U = k_u \alpha$ (V). Valoarea R_a se fixează pe rezistență reglabilă în decade. Verificarea incadrării într-o clasă de precizie standard se face comparând indicațiile U ale aparatului de verificat, la fiecare diviziune, cu valorile U_e citite la voltmetrul de comparație V . Se fac determinări atât în sensul strict crescător al deviației cât și în sens descreșcător.

Aparatul se va incadra în clasa de precizie cu indicele standardizat ($1,5$; $2,5$; 5) imediat superior celei mai mari valori a erorii reportate :

$$\varepsilon_u = \frac{|U - U_e|}{U_n} \cdot 100, \quad (\%) \quad (4)$$

Resultatele se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

U_n	R_a	k_u	α	U	U_{ei}		U_e	ε_u	Concluzii
					1	2			

3.3. Ca mai răspindită metodă de extindere a limitei de măsurare pentru ampermetre de curent alternativ este utilizarea transformatorilor de măsură de curent.

Transformatorul de curent are datele nominale : curentul primar nominal I_{1n} ; curentul secundar nominal I_{2n} (standard $5 A$ sau $1 A$); puterea secundară nominală S_{2n} ; frecvența nominală și clasa de precizie. Raportul de transformare nominală

c. si a ampermetrului din secundar C_2 :

$$c_B = c_t + c_2.$$

Cu ajutorul schemei din figura 3 se va verifica dacă ansamblul transformator de curent - ampermetru se încadrează în clasa de precizie c_2 . Pentru aceasta în primul rînd se verifică dacă rezistența internă a ampermetrului A_2 este mai mică decît impedanța secundară nominală a transformatorului de curent $Z_{2n} = S_{2n}/I_{2n}^2$. În caz contrar nu este îndeplinită o condiție de bază și verificarea nu are sens.

rezistența R se va pune pe valoare maximă și autotransformatorul va fi neîncărcat. Se mărește linia curentului din circuit prin reglarea autotransformatorului și a rezistenței R , aducând indicatorul aparatului A_2 în dreptul diviziunilor notate I_2 , simultan cu indicarea ampermetrului A a curentului din circuitul primar I_1 . Operația se repetă pentru variația lentă a curentului în sens descrescător. Încărcarea de măsurare relativă se calculează cu relația:

$$\xi_{\frac{I_2}{I_1}} = \frac{k_{In} I_2 - I_1}{I_{In}} 100 . \quad (5)$$

Condiția ca ansamblul să se încadreze în clasa c_a este $\xi_1 \leq c_a$ pentru oricare din determinări.

Rezultatele se trec în tabelul 3.

Tabelul 3

I_{1n} A	I_{2n} A	k_{In}	I_2 A	$\frac{I_{1i}}{I_1}$ → 1 → 2 → A	I_1 A	$-I$ %	Concluzii
15 A							

Observație. Dacă transformatorul de curent este în circuit, este interzisă funcționarea sa fi gol. Pentru a evita această situație, în lipsa unor aparațe legate în secundar, acestea se scurtcircuitează.

3.4. Cu ajutorul schemei din figura 4 se extinde domeniul de măsurare a unui wattmetru a cărei tensiune nominală este de același ordin de mărime ca tensiunea circuitului, iar curentul său nominal este sub valoarea cu întului din circuit. Transformatorul de curent T_c se va folosi pe domeniul de $I_{Tc} = 15 \text{ A}$, iar rezistența adițională R_a se va determina cu relația (3), în care r_o va fi rezistența bobinei de tensiune a wattmetrului W (extinderea se va face pentru tensiunea de $U' = 300 \text{ V}$). Înainte de a se extinde domeniul de măsurare, se va ajusta tensiunea la 100 V și 250 V, iar curentul de lucru al transformatorului de tensiune se va ajusta astfel încât să se obțină rezistența r_o .

Alimentind circuitul se va regla tensiunea între 100 V și 250 V, iar curentul între 5 A și 10 A; astfel se vor realiza cinci situații de sarcini. Citind indicațiile aparatelor, se va verifica dacă clasa de precizie rezultantă a ansamblului wattmetru W , transformator de curent, rezistență aditională este superioară erorii maxime în comparație cu aparatul de precizie W_e .

$$\varepsilon = \frac{P_x - P_e}{P_{xx}} 100 , (\%) \quad (6)$$

unde $P_{xn} = U_n I_n k_1 m \cos \varphi_n$; $k_1 = I_{1n}/I_{2n}$ (raportul de transformare al transformatorului de curent); $m = U'/U_n$ (factorul de multiplicare al domeniului de tensiune);

celelalte valori fiind datele nominale ale aparatului W

Dacă condiția $\varepsilon \leq c_p$ ($c_p = c_w + c_R + c_I$; c_w - clasa wattmetrului; c_I - clasa de precizie a transformatorului de curent; c_R - clasa de precizie a rezistenței adiționale), este satisfăcută, ansamblul se încadrează în clasa de precizie rezultantă.

Resultatele se trec în tabelul 4.

Tabeluk 4

Deci, dacă se montează corect cele trei transformatoare de curent, atunci prin ampermetrul A_h va trece curentul $\frac{1}{K_1}(I_1 + I_2 + I_3)$. Folosind domeniul de transformare 15/5 A, adică $K_1 = 3$, ampermetrul filtrului va indica toamna componenta omopolară a curenților.

3.2. Se are în vedere aceeași grijă privind închiderea secundarelor transformatoarelor de curent. Se conectează circuitul la rețeaua trifazată. Curentii de linie nu vor depăși limita de 5 A. În aceste condiții se realizează trei situații de dezechilibru, prin introducerea sau scoaterea becurilor din circuit, cînd indicările tuturor aparatelor. Tensiunile de fază se măsoară prin intermediul comutatorului voltmetric.

3.3. Cu valorile citite se vor construi diagramele de fazori pentru verificarea rezultatelor obținute pentru componenta omopolară. Se va acorda o atenție deosebită alegerii scării construcțiilor geometrice.

Rezultatele citirilor se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr. crt.	U_1 V	U_2 V	U_3 V	U_{12} V	U_{23} V	U_{31} V	I_1 A	I_2 A	I_3 A	I_4 A	I_5 A	I_h A	Observații

LUCRAREA 7

MASURAREA REZISTENȚELOR, INDUCTIVITATILOR SI CAPACITATILOR PRIN METODE INDUSTRIALE

A. Măsurări de rezistențe prin metoda ampermetrului și voltmetrului

1. Probleme de studiat

Se vor măsura rezistențele primarului și secundarului unui transformator cu miez de fier, atât prin montaj amonte cât și aval.

2. Schema de montaj

Se va realiza montajul din figura 1, în care :

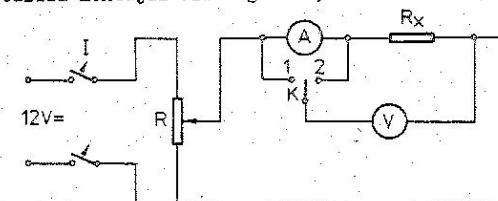


Fig. 1.

V – voltmetru magnetoelectric 15 V ;

A – avometru ;

R – reostat 75 Ω ; 3 A;

K – comutator monopolar.

3. Modul de lucru

După închiderea intreruptoarelor I se stabilește în circuit un curent mai mic decit cel admisibil pentru obiectul de măsurat. Vălarea rezistenței R_x se calculează cu următoarele relații :

- la montajul aval (K pe poziția 2)

$$R_{xav} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} \quad (1)$$

unde R_v este rezistența internă a voltmetrului ;

- la montajul amonte (K pe poziția 1)

$$R_{xam} = \frac{U}{I - R_a} \quad (2)$$

unde R_a este rezistența internă a ampermetrului.

Dacă R_x se determină cu formula aproximativă $R_x = \frac{U}{I}$, erorile sistematice de metodă vor fi date de relațiile :

$$\epsilon_{av} = \frac{R_x - R_{xav}}{R_{xav}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (3)$$

și

$$\epsilon_{\text{am}} = \frac{R_x - R_{x\text{am}}}{R_{x\text{am}}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (4)$$

In afară de erorile sistematice de metodă, măsurările sunt afectate și de erori datorate aparatelor de măsurat (erori instrumentale) și care se pot calcula astfel :

- pentru montajul aval

$$\frac{\Delta R_{x\text{av}}}{R_{x\text{av}}} = \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} \right) \left(1 + \frac{R_{x\text{av}}}{R_v} \right) \quad (5)$$

- pentru montajul amonte

$$\frac{\Delta R_{x\text{am}}}{R_{x\text{am}}} = \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} \right) \left(1 + \frac{R_v}{R_{x\text{am}}} \right) \quad (6)$$

unde erorile aparatelor de măsurat $\frac{\Delta U}{U}$ și $\frac{\Delta I}{I}$ rezultă în funcție de clasele lor de precizie.

Rezultatele se trec în tabelul 1.

Tabelul 1

Obiectul măsurării	U		I		R_a	R_v	$R_{x\text{av}}$	$R_{x\text{am}}$	R_x	E_{av}	ϵ_{am}	$\frac{\Delta R_{x\text{av}}}{R_{x\text{av}}} \cdot 100$	$\frac{\Delta R_{x\text{am}}}{R_{x\text{am}}} \cdot 100$
	V/div	A/div	I/div	V/div									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B. Măsurări de rezistențe cu ohmmetru

4. Probleme de studiat

Se vor măsura rezistențe chimice diferite.

5. Schema de montaj

Se va utiliza un avometru comutat ca ohmmetru serie, avind schema de principiu dată în figura 2a.

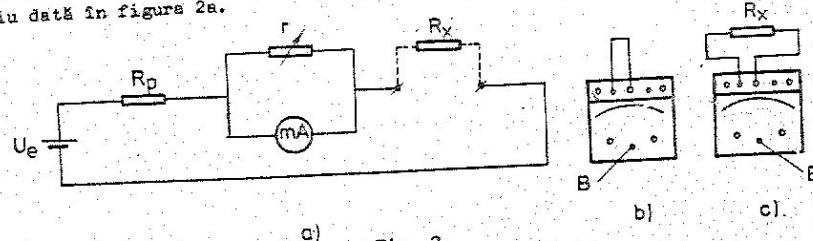


Fig. 2.

6. Modul de lucru

Se verifică existența bateriei de alimentare în locașul respectiv, se apăsa butonul B (fig. 2b) și se alege domeniul de măsurare în funcție de valoarea preestimată a rezistenței de măsurat.

Se scurtcircuitează bornele (+) și (kn) și se rotește butonul B pînă ce indicator atinge deviația maximă (reperul O).

Se desface legătura de scurtcircuitare a bornelor și se conectează rezistența de măsurat R_x (fig. 2c). Dacă deviație este neconvenabilă, se schimbă domeniul de măsurare și se repetă operațiile de mai sus.

Rezultatele se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

Obiectul măsurării	Domeniul de măsurare	R_x n
1	1	1
2	1	1
3	1	1

C. Măsurări de inductivitate proprie și capacitate prin metoda ampermetrului și voltmetrului

7. Probleme de studiat

Se va măsura în montaj amonte inductivitatea unei bobine cu miez de fier și capacitatea a două condensatoare.

8. Schema de montaj

Se va realiza montajul din figura 3, în care :

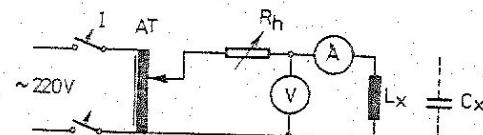


Fig. 3.

AT - autotransformator ;

R_h - reostat de 3000Ω ;

V,A - avometru .

9. Modul de lucru

Se execută montajul cu autotransformatorul pe minim, reostatul R_h pe maxim și comutatoarele A și V la avometru în pozițiile corespunzătoare limitelor maxime de măsurare în curent alternativ. Se închid intreruptoarele I, se mărește tensiunea cu ajutorul autotransformatorului la circa 80 V și se citesc indicațiile celor două apărate de măsurat ($U \sim$ și $I \sim$).

Inductivitatea bobinei se calculează cu relația :

$$L = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - (R_a + R)^2} \quad (7)$$

unde R_a este rezistența internă a ampermetrului și R rezistența bobinei, măsurată în curent continuu.

In continuare, se scoate montajul de sub tensiune, se trec din nou comutatoarele avometrelor în pozițiile corespunzătoare limitelor maxime de măsurare și se înlocuiește bobina cu condensatorul de măsurat. Procedind ca mai sus, se determină capacitatea condensatorului cu relația :

$$C = \frac{1}{2\pi f \sqrt{\frac{U_s^2}{r_s^2} - R_s^2}} . \quad (8)$$

Rezultatele se trec în tabelul 3.

Tabelul

Obiectul măsurării	U			I			Re a n	R a n	L a n	C a n
	V/div	div.	V	A/div	div	A				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	3	4	100	C2	55	100	100	100	100	100

D. Măsurări de inductivități mutuale prin metoda empermetrului și voltmetrului

10. Probleme de studiat

Se va măsura inductivitatea mutuală dintre bobinele unui transformator cu miez de fier, pentru trei poziții diferite ale miezului.

11. Schema de montaj

Se va realiza montajul din figura 4, în care

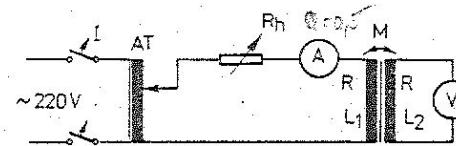


Fig. 4

AT = autotransformator 0-250 V

B = raportat de 29Ω , 5 A i

Y-A symmetre

12. Modul de lucru

Lucrarea se incepe cu AT pe pozitia de tensiune minimă, iar R_h pe pozitia de rezistență maximă. Se inchid intreruptoarele I și se regleză curentul cu AT și R_h la o valoare convenabilă. Se citesc indicațiile celor două aparate. Inductivitatea mutuală se calculează cu relația :

$$M = \frac{U_2}{\Omega T_2} , \quad (9)$$

valabilitatea numai dacă sunt îndeplinite condițiile $R_V \gg R_2$ și $R_V \gg \omega L_2$, unde R_V este rezistența voltmetrului. În caz contrar, relația de mai sus trebuie multipli-
cată cu factorul de corecție.

$$\sqrt{\frac{(R_2 + R_y)^2 + \omega^2 L_2^2}{R^2}}$$

Rezultatele se trăsă în tabelul 4.

Tabelul

deviație $\alpha_2 = 5 \dots 10$ mm în dreapta, iar valoarea lui R, corespunzătoare unei deviații nule, se obține prin interpolare, aproxiimând curba de variație a deviației funcție de rezistență de echilibrare R cu o dreaptă în intervalul $(R_1 ; R_2)$ (fig. 2). Rezultă valoarea interpolată:

$$R_2' = R_1 + (R_2 - R_1) \frac{d_1}{d_1 + d_2} . \quad (5)$$

3.4. Eroarea relativă care apare la măsurarea lui R_x cu puntea Wheatstone este dată de relația (3). Dacă echilibrarea s-a realizat prin interpolarea lui R , relația (3) devine :

$$\frac{\Delta R_X}{R_X} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{R_2 - R_1}{R_i} \cdot \frac{\Delta \alpha}{\alpha' + \alpha''}, \% \quad (5)$$

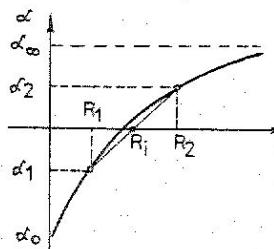


Fig. 2

unde erorile de construcție $\frac{\Delta a}{a}$; $\frac{\Delta b}{b}$ și $\frac{\Delta R}{R}$ au valorile indicate la punctul 2 iar $\Delta \alpha$ este cea mai mică diviziune care se poate distinge pe riglă (2 mm).

3.5. Sensibilitatea punctii se defineste prin relația :

$$S = \lim_{\Delta R \rightarrow 0} \frac{\Delta \phi}{\Delta R} \quad (7)$$

Se vor realiza, obligatoriu pentru fiecare rezistență măsurată, cîte o deviație α_1 respectiv α_2 , față de reperul 0, sensibilitatea fiind dată de relația:

$$S = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{R_2 - R_1} R_1 \quad (8)$$

3.6. Având aceste valori, se va determina valoarea corectată a rezistenței măsurate

$$R_{Y,G} = R_Y \pm \Delta R_Y, \quad (9)$$

eroarea absolută ΔR , fiind determinată cunoștința eroareea relativă de măsurare.

Rezultatele se trăc în tabelul 1.

Table VI

B. Puntea Wheatstone industrială

Vedere asupra puntii

1. borne de legătură pentru rezistență necunoscută;
 2. borne de alimentare cu 4 V, c.c.;
 3. tambur de reglare a rezistenței de echilibrare;
 4. orificii în care se introduce fișa, pentru realizarea rapoarte-
lor $\frac{E}{B}$;
 5. orificiu de rezervă pentru fișa de contact;
 6. cadrul galvanometrului de c.c.;
 7. buton de contact.

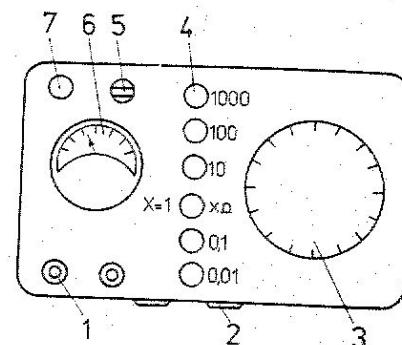


Fig. 2

4. Probleme de studiat

- 4.1. Se vor măsura aceleasi rezistențe ca la prima punte.
 4.2. Se va determina eroarea relativă a punctii industriale față de punctea din partea întâia a lucrării, și se vor explica motivele pentru care apar aceste erori.

5. Schema de monte

Puntea industrială Wheatstone este realizată după montajul din figura 4.

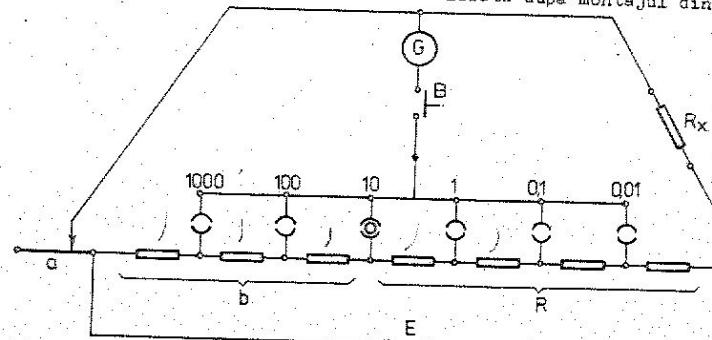


Fig. 4

6. Modul de lucru

- 6.1. Puneta se alimentează de la un redresor special de 4 V pe la bornele 2. Rezistorul de măsurat se leagă la bornele 1. Figa se introduce în unul din orificiile cu raport $\frac{R}{B}$ dat.

- 6.2. Se apasă pentru scurt timp, pe butonul 7 și se observă dacă acul indicator deviază. Eliberind butonul se modifică valoarea de pe tambur, rotindu-l. Se apasă iar pe buton și se observă deviația acului. Operația se va repeta pînă cînd

scul va acuza o deviație în sens contrar. Când am atins punctul aproximativ de echilibru, stunca se spașă în continuu pe buton și se reglesză din tambur pînă cînd acul indicator se oprește în dreptul divizionii zero. Rezistența R_x va avea valoarea produsului dintre raportul stabilit și indicația de pe tambur.

6.3. Eroarea relativă de măsurare a punctii industriale este dată de relația

$$C_R = \frac{R_X - R_{Xe}}{R_{Xe}} \cdot 100 \quad \%$$

und e :

R este valoarea măsurată cu puncte industrială;

R_{xe} - valoarea măsurată cu puntes montată din elemente separate, a cărei precizie este cu mult mai mare.

Rezultatele măsurărilor se trăc în tabelul 2.

Tabelul 2

Obiectul măsurării	R Ω	X div	R _x Ω	ε %	Valearea corectată
Rezistență stator	100	10,1			
Rezistență rotor	1000	115			

- 51

LUCRAREA

MASURAREA REZISTENTELOR MICI CU FUNTEA DURLA THOMSON

Puntea dublă Thomson servește la măsurarea rezistențelor sub 1Ω pînă la $10^{-6}\Omega$. Măsurarea unor rezistențe de valori foarte mici este posibilă datorită faptului că rezistențele de contact și de legătură la bornele rezistenței de măsurat se află dispuse într-un circuit auxiliar, evitîndu-se influența lor asupra circuitului de măsurare. Sursa de alimentare și indicatorul de nul utilizate sunt similare cu cele de la puntea Wheatstone.

Condiția de echilibru a punții duble Thomson se poate deduce din schema din figura 1 prin transfigurarea ei în schema unei punți de tip Wheatstone :

$$R_X = \frac{1}{\sigma^2} N + r \frac{R_2 a - R_1 b}{b(r + R_1 + R_2)}. \quad (1)$$

Pentru simplificarea expresiei (1), constructiv se alege $R_1 = a$ și $R_2 = b$ prin utilizarea unor rezistențe cu decade duble, iar rezistența r se alege cît mai aproape de valoarea zero, fiind realizată dintr-o bară de cupru. Cu aceste specificații condiția de echilibru (1) devine:

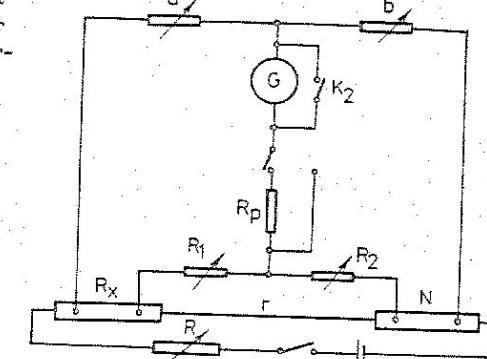


Fig. 1

$$R_{\frac{N}{2}} = \frac{a}{c} N . \quad (2)$$

Sensibilitatea punctii se defineste la fel ca la punctele Whistler.

$$S = \lim_{\Delta a \rightarrow 0} \frac{\Delta \alpha}{\Delta a}, \quad (5)$$

unde a este rezistentes de esibilismo.

Sensibilitatea punjii duble este direct proporțională cu sensibilitatea de tensiune a indicatorului de nul și cu intensitatea curentului din circuitul auxiliar; acest curent este însă limitat de incălzirea magnetului.

Eroarea relativă de măsurare maximă probabilă a lui R_x este

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta \alpha}{\alpha}, \quad (4)$$

unde $\frac{\Delta \sigma}{S}$ este eroarea de determinare a rezistenței de reglaj "s" din puncte

1. Probleme de studiat

1.1. Se va măsura rezistența electrică a următoarelor elemente: o bandă de cupru, mai multe gunturi, rezistență internă a unui ampermetru, rezistoare etalon de $0,01 \Omega$ și $0,001 \Omega$.

1.2. Se vor calcula eroarea relativă de măsurare și sensibilitatea punctui.

LUCRAREA 10

MASURAREA INDUCTIVITATILOR PROPRII SI MUTUALE

CU PUNTEA MAXWELL - WIEN

Puntea Maxwell - Wien (fig. 1) se utilizează pentru măsurarea parametrilor unei bobine după schema echivalentă serie.

Condițiile de echilibru ale punții sunt următoarele :

$$R_s = \frac{R_1 R_2}{R_e} ; \quad (1)$$

$$L_s = R_1 R_2 C_e . \quad (2)$$

Puntea poate fi folosită și pentru măsurarea inductivității mutuale dintre două bobine cuplate magnetic. În acest scop se fac două măsurări successive, cu bobinile legate în serie-aditiv și în serie diferențial (fig. 2). Dacă L_1, L_2 sunt inductivitățile proprii ale bobinelor și M inductivitatea mutuală dintre ele, prin cele două încercările se determină mărimile :

$$L_A = L_1 + L_2 + 2M ; \quad (3)$$

$$L_B = L_1 + L_2 - 2M , \quad (4)$$

inductivitatea mutuală rezultând din relația :

$$M = \frac{L_A - L_B}{4} . \quad (4)$$

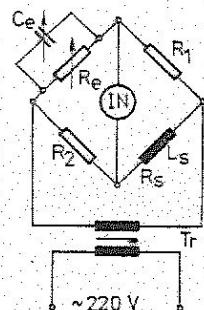


Fig. 1.

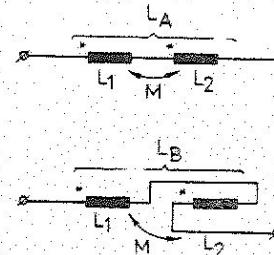


Fig. 2.

A. Puntea Maxwell - Wien montată din elemente separate

1. Probleme de studiat

Se vor măsura parametrii celor două bobine L_1 și L_2 ale unui variometru după schema echivalentă serie, precum și inductivitatea mutuală M dintre bobine-

- 55 -
la variometrului, realizându-se succesiv conexiunile indicate (fig. 2).

2. Schema de montaj

Se realizează montajul din figura 1, în care :
 R_e - cutie de rezistență în decade, de 111.111 Ω ;
 C_e - cutie de condensator în decade, de 11.111 μF ;
 L_s, R_s - parametru bobinei de măsurat ;
 R_1, R_2 - rezistențe etalon de 1000 Ω ;
 Tr - transformator de sondarie 220/5 V ;
 IN - indicator de nul electronic.

3. Modul de lucru

Când se conectează puntea la sursa de tensiune, indicatorul de nul trebuie să fie cu comutatorul sensibilității pe valoarea cea mai mică (pe poz. 1). R_e se fixează la o valoare intermedie (ex. 1000 Ω) iar C_e pe valoarea minimă. Pentru eliberarea punții, mai întâi se reglează rezistența R_s pînă ce se obține un minim. Se revine la R_e , apoi din nou la C_e , reglajul succesiiv continuindu-se pînă la obținerea celei mai mici deviații la indicatorul de nul. În situația de echilibru se notează valorile rezistenței R_s și capacitatii C_e și cu ajutorul lor se determină R_s și L_s .

Erorile relative de măsurare se calculează cu relațiile :

$$\frac{\Delta R_s}{R_s} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_e}{R_e} ; \quad (5)$$

$$\frac{\Delta L_s}{L_s} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta C_e}{C_e} , \quad (6)$$

unde: $\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_2}{R_2}$ sint erorile de construcție ale rezistențelor etalon; $\frac{\Delta R_e}{R_e}$ - eroare de construcție a cutiei de rezistență; $\frac{\Delta C_e}{C_e}$ - eroarea de construcție a cutiei de condensator.

Rezultatele măsurărilor inductivităților proprii se trăc în tabelul 1, iar cele obținute la măsurarea inductivităților mutuale în tabelul 2.

Tabelul 1

Obiectul măsurării	R_1 Ω	R_2 Ω	R_e Ω	C_e μF	R_s Ω	L_s H	$\frac{\Delta R_s}{R_s}$ %	$\frac{\Delta L_s}{L_s}$ %

Tabelul 2

Obiectul măsurării	R_1 Ω	R_2 Ω	R_e Ω	C_e μF	L_A H	L_B H	M H

B. Puntea RLC de laborator

Puntea descrisă permite măsurarea rezistențelor în curent continuu sau alternativ, a inductivităților și factorilor de calitate Q pentru scheme echivalente serie sau paralel, precum și a capacitaților și tangenței unghiului de pierderi pentru scheme echivalente serie sau paralel.

Principalele blocuri din care este constituită schema punții sunt (fig. 3): puntea de măsurare propriu-zisă P, care poate realiza 5 conexiuni diferite în funcție de impedanță măsurată, blocul de alimentare compus dintr-o surse de frecvență fixă de 1 kHz SFF și o surse de curent continuu SCC, un amplificator selectiv cu 4 etaje AS și un instrument indicator de nul IN.

In figura 4 este reprezentat panelul frontal cu elementele de comandă.

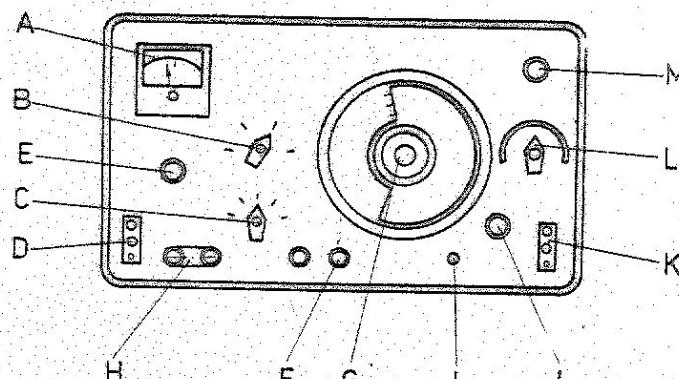


Fig. 4.

- A - instrument indicator de nul;
- B - selector de funcții RLC;
- C - comutator alimentare (INT - EXT);
- D - soclu alimentare de la o surse exterioară;
- E - controlul tensiunii sursei;
- F - borne măsurare;
- G - controlul scării Q și tg;
- H - borne polarizare;
- I - controlul scării RLC și comutatorul de urmărire;

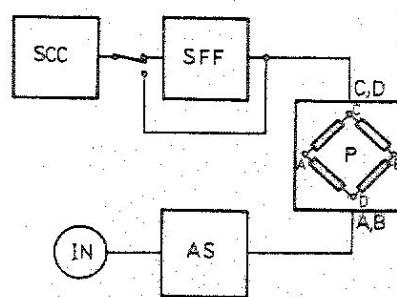


Fig. 3.

J - bornă pentru legare la pămînt;

K - soclu pentru un instrument indicator exterior;

L - selector de domenii RLC

M - controlul sensibilității instrumentului indicator.

4. Măsurarea inductivităților

a) Schema echivalentă serie

Se conectează inductivitatea de măsurat la bornile (P), apoi se rotesc potențiometrele (E) și (M) în sens anticlar pînă la limită și se aduce comutatorul de alimentare (C) în poziția "INT ~". Prin aducerea selectorului de funcții (B) pe poziția L_sQ_s, se realizează puntea Maxwell-Wien serie din figura 5.

La echilibru, se pot scrie relațiile :

$$R_s = \frac{R_2 R_4}{R_3} ; \quad (7)$$

$$L_s = R_2 R_4 C_3 ; \quad (8)$$

$$Q = Q_s = \frac{\omega L_s}{R_s} = \omega R_3 C_3 . \quad (9)$$

Cu ajutorul selectorului de domenii (L), care acționează asupra lui R₂ se alege un domeniu corespunzător valorii, estimate a inductivității L_s.

Acționind asupra potențiometrului (E) și (M) se imprime acului indicatorului de nul o deviație apropiată de limită maximă a scării.

Echilibrarea definitivă a punții se realizează cu ajutorul butonului (I) care acționează asupra lui R₄ și cu ajutorul butonului (G) care acționează asupra lui R₃. Echilibrarea se continuă pînă cînd se obține pentru sensibilitatea maximă o deviație minimă a instrumentului indicator de nul. Se citesc, pe cele două scării, valorile L și Q_s.

b) Schema echivalentă paralel

Conexiunea echivalentă paralel se utilizează în cazul unor factori de calitate Q > 10 sau în cazul măsurării inductivității unor bobine cu miez de fier.

In acest caz, prin acționarea selectorului de funcții care se aduce în poziția L_pQ_p, se realizează scheme din figura 6.

La echilibru se pot scrie relațiile:

$$R_p = \frac{R_2 R_4}{R_3} ; \quad (10)$$

$$L_p = R_2 R_4 C_3 ; \quad (11)$$

$$Q = Q_p = \frac{R_p}{\omega L_p} = \frac{1}{\omega R_2 C_3} . \quad (12)$$

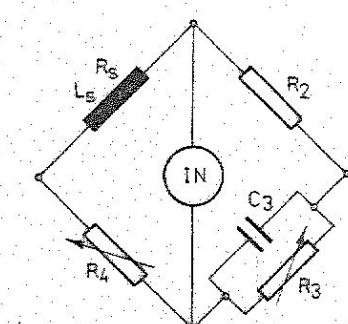


Fig. 5.

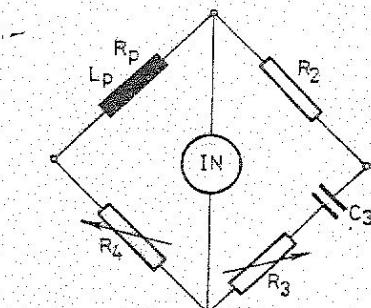


Fig. 6.

Echilibrarea punctii se realizează la fel ca în cazul precedent.

La măsurarea inductivității bobinelor cu miez de fier se poate aplica săturarea miezului de fier al bobinei utilizând fie sursa de frecvență fixă a punctii pentru saturare în curent alternativ, fie o surse exterică de curent continuu care se conectează la bornele de polarizare (H).

5. Măsurarea capacităților

a) Schema echivalentă serie

In acest caz, selectorul de funcțiuni (B) se aduce pe poziția C_s , $\text{tg} \delta_s$, realizându-se punctea de tip Wien serie reprezentată în figura 7.

La echilibru se pot scrie relațiile :

$$R_s = \frac{R_2 R_4}{R_3}; \quad (13)$$

$$C_s = \frac{R_2 C_4}{R_3}; \quad (14)$$

$$\text{tg} \delta = \text{tg} \delta_s = \omega \cdot C_s R_s = \omega R_4 C_4. \quad (15)$$

Echilibrarea punctii se realizează în mod similar cu cazurile precedente, la citirea rezultatelor utilizându-se schimbările C și $\text{tg} \delta_s$.

In schema echivalentă serie pot fi măsurate și condensatoare polarizate în curent continuu prin aplicarea tensiunii de polarizare la bornele (H).

b) Schema echivalentă paralel

Prin aducerea selectorului de funcții pe poziția C_p , $\text{tg} \delta_p$ se realizează punctea Wien derivatie reprezentată în figura 8.

La echilibru se pot scrie relațiile:

$$R_p = \frac{R_2 R_4}{R_3}; \quad (16)$$

$$C_p = \frac{R_2 C_4}{R_3}; \quad (17)$$

$$\text{tg} \delta = \text{tg} \delta_p = \frac{1}{\omega \cdot C_p R_p} = \frac{1}{\omega \cdot C_4 R_4}. \quad (18)$$

Echilibrarea punctii are loc în mod similar cu cazul precedent, rezultatul măsurătorii citindu-se pe schimbările C respectiv $\text{tg} \delta_p$.

6. Măsurarea rezistențelor

Pentru măsurarea rezistențelor, se utilizează o punte Wheatstone de tipul celei indicate în figura 9, care este alimentată în curent continuu.

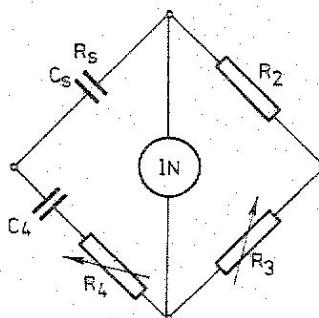


FIG. 7.

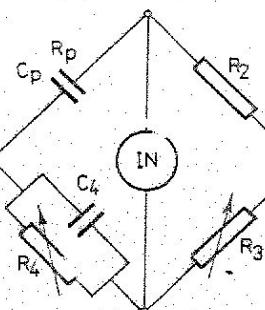


FIG. 8.

La echilibru se poate scrie relație:

$$R_1 = \frac{R_2 R_4}{R_3}. \quad (19)$$

Rezistența R_2 este reglabilă în trepte, permitând alegerea domeniului în care se presupune că se încadrează rezistența de măsurat.

Rezistența R_3 se menține constantă, cu excepția ultimului domeniu de măsurare. Rezistența R_4 permite echilibrarea finală a punctii și citirea rezultatului măsurătorii.

In continuare, se vor măsura parametrii a două bobine fără miez de fier precum și parametrii unui recetător de laborator, alegind, după caz, fie schema echivalentă serie fie schema echivalentă paralel. Se vor determina apoi prin calcul, parametrii schemei echivalente care nu au putut fi obținuți prin măsurare. Relațiile de transformare necesare se stabilesc prin egalarea expresiilor impudențelor pentru cele două tipuri de scheme echivalente.

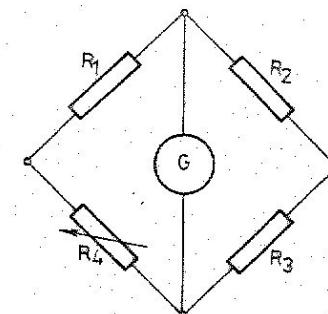


Fig. 9.

LUCRAREA 11

MASURAREA CAPACITATILOR CU PUNTEA WIEN SERIE

Puntea Wien serie (fig. 1) se utilizează pentru măsurarea parametrilor unui condensator cu pierderi după schema echivalentă serie.

Condițiile de echilibru ale punctii sunt următoarele :

$$R_s = \frac{R_1 R_2}{R_2}; \quad (1)$$

$$C_s = \frac{R_2 C_3}{R_1}, \quad (2)$$

iar tangenta unghiului de pierderi este :

$$\operatorname{tg} \delta = \omega R_s C_s = \omega R_3 C_3. \quad (3)$$

A. Puntea construită din elemente separate

1. Probleme de studiat

1.1. Se vor măsura parametrii schemei echivalente serie și tangenta unghiului de pierderi la trei condensatoare diferite.

1.2. Se vor calcula parametrii schemei echivalente paralel ai condensatoarelor (R_p și C_p).

2. Schema de montaj

Se realizează montajul din figura 1, în care :

R_1 - rezistență etalon de 1000 Ω sau 10.000 Ω;

R_2, R_3 - cutii de rezistență în decade, de 111.111 Ω;

C_3 - cutie de condensator în decade, de 11,11 μF;

C_s - parametru condensatorului de măsurat;

Tr - transformator de sonerie 220/5 V;

IN - indicator de nul electronic.

3. Modul de lucru

Când se conectează puntea la sursa de tensiune, indicatorul de nul trebuie să fie cu comutatorul sensibilității pe valoarea cea mai mică (pe poz. 1). C_3 se fixează la o valoare intermedie (ex. 0,7 μF), iar R_3 la valoarea inițială nulă. Pentru echilibrarea punctii, se reglează mai întâi R_2 pînă la obținerea unui minim la indicatorul de nul, apoi se măregă R_3 , pînă ce se obține un minim mai redus. Se revine la R_2 , apoi din nou la R_3 , reglajul successiv continuindu-se pînă la obținerea unei deviații la indicatorul de nul. În situație de echilibru se notează valorile rezistențelor R_2 și R_3 și cu ajutorul lor se determină R_s și C_s .

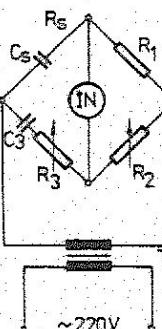


Fig. 1.

C. 7623 / 405368
Se repetă una din măsurările menținind raportul R_1/R_2 constant și reglind successiv C_3 și R_3 .

Erorile relative de măsurare se calculează cu relațiile:

$$\frac{\Delta R_s}{R_s} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3}, \quad (4)$$

$$\frac{\Delta C_s}{C_s} = \frac{\Delta R_1}{R_1} \frac{\Delta R_2}{R_2} \frac{\Delta C_3}{C_3}, \quad (5)$$

unde

$\frac{\Delta R_1}{R_1}$ este eroarea de construcție a rezistenței etalon;

$\frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{\Delta R_3}{R_3}$ - eroarele de construcție ale cutiilor de rezistență;

$\frac{\Delta C_3}{C_3}$ - eroarea de construcție a cutiei de condensator.

Rezultatul măsurărilor se trăc în tabelul de mai jos :

Obiectul măsurării	R_1	R_2	R_3	C_3	R_s	C_s	$\operatorname{tg} \delta$	R_p	C_p	$\frac{\Delta R_s}{R_s}$	$\frac{\Delta C_s}{C_s}$
	Ω	Ω	Ω	μF	Ω	μF		Ω	μF	%	%

B. Puntea DCL de laborator tip E-0704

Puntea tip E-0704 este un aparat de laborator care permite măsurarea abso-lută sau comparativă de rezistențe, capacitații și inductivității. Pe panoul din spate, puntea este prevăzută cu borne pentru măsurători în condiții speciale. Astfel se pot măsura condensatoare polarizate în curent continuu, inductivități cu curent de premagnetizare, precum și condensatoare sau inductivități la diferite frecvențe.

Puntea se compune din următoarele blocuri funcționale (fig. 2): puntea de măsurare propriu-săzisă P, care poate realiza conexiuni diferențiale în funcție de parametrul de măsurat, blocul de alimentare cuprinzînd o surse de curent continuu SCC, o surse de curent alternativ (50 Hz), o surse de frecvență fixă de 1 kHz, precum și borne pentru generator și polarizare externe GE;PE și detecto-rul de nul DN, ale cărui componente

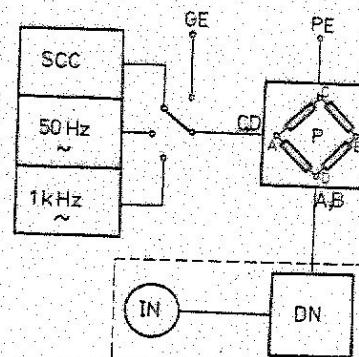


Fig. 2.

principale sint: un chopper mecanic, un transformator de măsură, un amplificator neliniar, instrumental indicator de nul și borne pentru conectarea unui detector de nul exterior.

Pe panoul frontal (fig. 3) se află dispuse elementele de reglare și semnalizare.

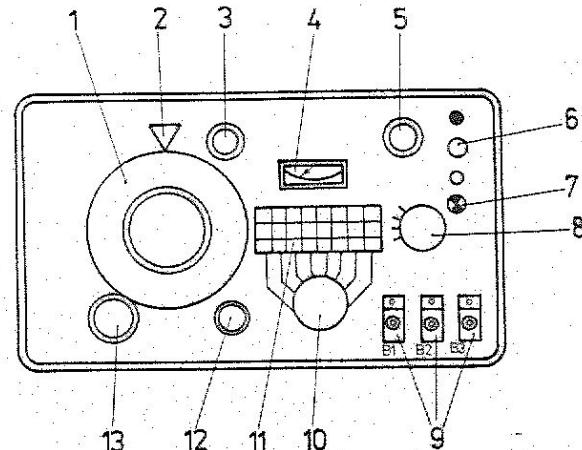


Fig. 3.

- 1 - Cadran indicator (potențiometrul R_1).
- 2 - Reper.
- 3 - Compensarea pierderilor la condensatoare - "tgf" (potențiometrele R_2 și R_3).
- 4 - Instrument indicator de nul.
- 5 - Reglarea sensibilității - "SENSIBILITATE" (potențiometrul R_{33}).
- 6 - Intrerupător de rețea: sus - "e" (pornit), jos - "0" (oprit).
- 7 - Bec de semnalizare pentru indicarea conectării aparatului la rețea.
- 8 - Comutator de funcții cu 5 poziții (K_2).
- 9 - Bornele pentru conectarea pieselor de măsurat (B_1, B_2, B_3); Borna B_1 este legată la găsiu.
- 10 - Comutator de game cu 8 poziții (K_1).
- 11 - Tabel pentru indicarea gamelor.
- 12 - Compensarea pierderilor la bobine - " Q_L - brut și fin" (potențiometrele R_4 și R_5).
- 13 - Buton demultiplicator al cadranelui indicator.

Pe panoul din spate se află dispuse bornele pentru alimentare de la un generator extern și bornele pentru conectarea unui detector extern sau a intrării emplificatorului unui osciloscop.

1. Măsurarea absolută a rezistențelor. Pentru măsurarea rezistențelor aparatul utilizează o punte de Wheatstone (fig. 4).

Condiție de echilibru a punții este :

$$R_x = (R_1 + R_5) \frac{R_{11}}{R_7} . \quad (6)$$

Punerea sub tensiune se face cu ajutorul intrerupătorului (6).

In continuare se procedează astfel:

- se reduce la minimum sensibilitatea (butonul 5);
- se pune comutatorul de funcții (8) pe poziția "H";
- se conectează rezistența de măsurat R_x la bornele B_1 și B_2 cu fire cât mai scurte și groase;
- se crește încet sensibilitatea pînă cînd acul instrumentului se află aproximativ la jumătatea scalei;
- cu comutatorul de game 10 (K_1) se caută gama pentru care acul instrumentului deviază la minim;
- se crește apoi treptat sensibilitatea, reglind acul instrumentului aproximativ la mijlocul scalei și se echilibrează puntea numai cu ajutorul cadranelui (13);
- în cas că se depășește diviziunea "x1" sau "x10" se trece comutatorul de game (10) pe gama următoare (spre rezistențe mai mici, respectiv spre rezistențe mai mari);
- se refacă din nou echilibrul punții cu ajutorul cadranelui (1);
- după terminarea echilibrării se citează rezultatul măsurării pe tabel și cadran.

2. Măsurarea absolută a capacitaților. Pentru măsurarea capacitaților aparatul utilizează o punte de tip Wien serie (fig. 5).

Condiție de echilibru a punții este :

$$C_s = (R_1 + R_5) \frac{C_6}{R_{11}} ; \quad (7)$$

$$\text{tgf} = \omega R_s C_s = \omega R_3 C_6 . \quad (8)$$

In vederea inceperei măsurării se cuplăază intrerupătorul (6). In continuare se procedează astfel :

- se reduce la minimum sensibilitatea;
- se pune comutatorul de funcții pe poziția "C";
- se conectează condensatorul de măsurat C_x la bornele B_1 și B_2 cu fire scurte și neacrenate (în cazul în care condensatorul

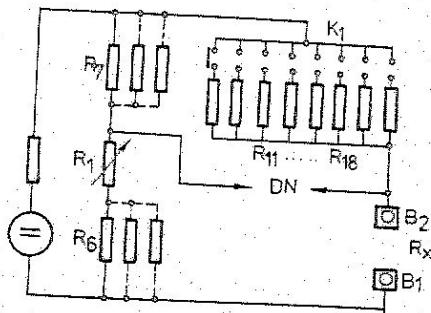


Fig. 4.

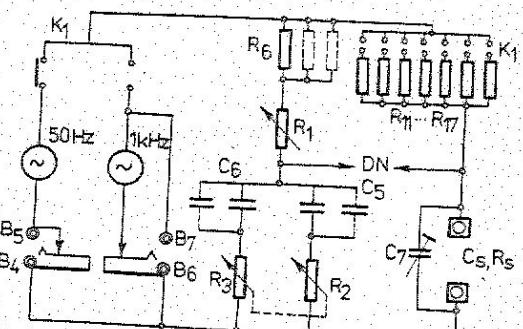


Fig. 5.

- are o bornă de masă marcată, aceasta se leagă la borna B_1 ;
- se crește puțin sensibilitatea și se cauță gama cu comutatorul de game;
- se echilibrează apoi treptat punctea cu ajutorul cadranelui (1) și al butonului "tg δ " (3);
- după terminarea echilibrării se citește rezultatul măsurării schimbând capacitatea proprie a bornelor.

3. Măsurarea absolută a inductivităților. Pentru măsurarea inductivităților aparatul utilizează o punte de tip Maxwell-Wien (fig. 6).

Condiția de echilibru a punții este :

$$L_s = (R_1 + R_6)C_5R_{12}; \quad (9)$$

$$Q = \frac{\omega L_s}{R_s} = \omega C_5(R_4 + R_{45} + R_5). \quad (10)$$

- Se pune sub tensiune aparatul cu ajutorul intreruptorului (6).
- Se reduce la minimum sensibilitatea.
- Se pune comutatorul de funcțiuni pe poziția "L".
- Se conectează inductanța de măsurat L_x la bornele B_1 și B_2 cu fire scurte și neecranate.
- Se crește puțin sensibilitatea și se cauță gama cu comutatorul de game.
- Se echilibrează apoi treptat punctea cu ajutorul cadranelui (1) și al butonului "Q - brut și fin".
- După terminarea echilibrării se citește rezultatul măsurării.

4. Măsurarea comparativă a rezistențelor. Puntea utilizată "-" reprezentată în figura 7. Pentru început, se procedează în mod similar cu cazurile precedente, punind apoi comutatorul de funcțiuni pe poziția "R%".

Se conectează rezistențele de comparat la bornele B_1 , B_2 , B_3 cu conductori având rezistență proprie cît mai redusă și se echilibrează punctea cu ajutorul cadranelui (1). După terminarea echilibrării, se citește rezultatul măsurării pe scara procentuală a cadranelui (1) care indică, direct în procente, abaterea valorii rezistenței legate la bornele "R%" față de valoarea rezistenței conectate la bornele "R".

5. Măsurarea comparativă a capacităților și inductivităților. Pentru efectuarea măsurării se procedează la fel ca în cazul precedent. Dacă comutatorul de game se află spre stînga, frecvența de măsurare este 50 Hz, iar dacă se află spre dreapta, frecvența de măsurare este 1 kHz.

Se vor măsura, cu ajutorul punctii RCL descrise în lucrare, parametrii schemai echivalente serie și unor condensatoare, determinindu-se prin calcul parametrii schemei paralel.

Se vor mai efectua măsurători comparative asupra unor rezistențe, utilizând rezistențe cunoscute cutii de rezistențe sau rezistențe etalon.

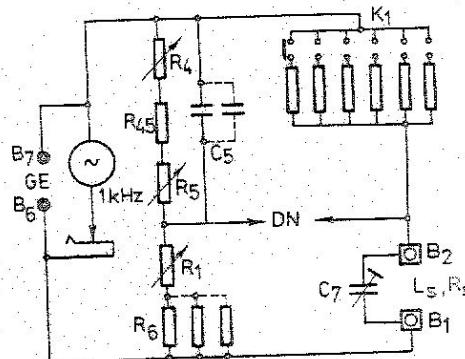


Fig. 6.

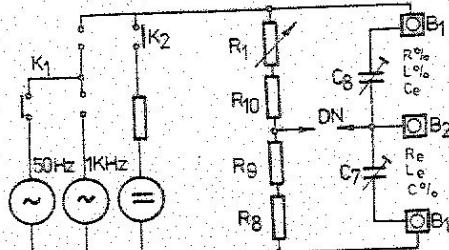


Fig. 7.

LUCRAREA 12

MASURAREA TENSIUNILOR ELECTROMOTOCARE PRIN METODA
DE COMPENSATIE

Compensatoarele de curent continuu sunt instalatii care permit măsurarea unei tensiuni necunoscute, prin compararea ei cu tensiunea electromotocare a unui element normal (tip Weston), sau cu o altă tensiune cunoscută cu precizie.

Spre deosebire de voltmetrele utilizate in scopuri asemănătoare, compensatoarele au următoarele avantaje :

- măsurarea are loc fără consum de curent de la circuitul asupra căruia se efectuează ;
- precizia este ridicată ajungind, în curent continuu la 0,001 %.

Instalațiile de compensare se pot asambla din elemente separate sau se prezintă sub forma unor aparate de sine stătătoare, avind diferite scheme electrice și moduri de deservire.

1. Probleme de studiat

1.1. Se vor măsura t.e.m. ale unor acumulatori cu plumb respectiv feronichel și a unei baterii uscate de 4,5 V (tip 3R12).

1.2. Se va măsura o rezistență de circa 100 - 200 Ω, prin comparație cu o rezistență etalon de 100 Ω, cu ajutorul metodei de compensație.

2. Schema de montaj

Se va realiza montajul din figura 1, în care :

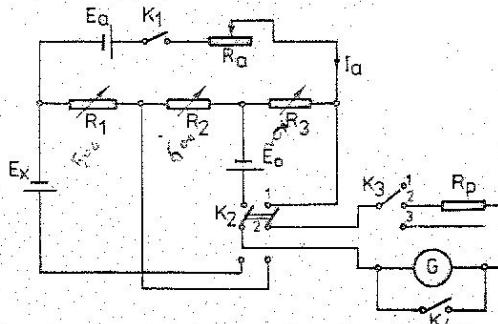


Fig. 1.

Ea - sursă de tensiune auxiliară 12 V ;

Eo - element normal Weston ;

Ex - tensiunea electromotocare de măsurat ;

R1, R2, R3 - cutii de rezistență în decade de 111.111 Ω ;

Ra - reostat de reglaj de 3000 Ω, în serie cu unul de circa 100 Ω ;

Rp - rezistență de protecție 100.000 Ω ;

G - galvanometru de curent continuu.

3. Modul de lucru

3.1. La începutul lucrării K1, K2, K3 sunt deschise, iar K4 închis. Cutiile de rezistențe R1 și R2 se pun pe pozițiile de 5000 Ω, iar reostatul Ra pe valoarea maximă.

3.2. Măsurarea tensiunii electromotocare se efectuează în două etape. Prima etapă, numită și tararea compensatorului, constă în stabilirea cu precizie a unui curent de 10^{-3} A în circuitul auxiliar. În acest scop pentru R3 se alege o valoare $R_3 = 1000 E_o$, se închide K2 pe poziția 1, se deschide K4, apoi se închide, pentru un scurt timp K3 pe poziția 2, observând deviația galvanometrului. Fără a modifica valorile rezistențelor R1, R2, R3, se reglează reostatul Ra pînă cind galvanometrul va da o deviație nulă. Se perfectează echilibrul cu K3 pe poziția 3. În această situație tensiunea electromotocare E_o va fi compensată de căderea de tensiune pe rezistența Ra, iar curentul în circuitul auxiliar va fi :

$$I_a = \frac{E_o}{R_3} = \frac{E_o}{1000 E_o} = 10^{-3} A. \quad (1)$$

Etapa a doua a măsurării constă în determinarea proprietății tensiunii E_x . Pentru aceasta, K3 fiind deschis, se trece K2 pe poziția 2 și se reglează rezistențele R1 și R2 pînă la echilibrarea completă a galvanometrului, dar astfel încît suma lor $R_1 + R_2$ să fie mereu 10000 Ω. Deci, dacă R1 se micșorează de exemplu de la 5000 Ω la 4200 Ω, R2 se mărește de la 5000 Ω la 5800 Ω. Nerespectarea acestei condiții falsifică rezultatele măsurării, întrucât se modifică valoarea curentului auxiliar I_a .

În momentul echilibrului, tensiunea electromotocare E_x este compensată de cădere de tensiune pe rezistența R1 și se obține :

$$E_x = R_1 I_a = 10^{-3} R_1, [V]. \quad (2)$$

3.3. Pentru măsurarea unei rezistențe prin comparație cu o rezistență etalon, se va executa montajul auxiliar din figura 2, în care :

E - sursă de tensiune de cca. 4 V c.c.;

R_x - rezistență de măsurat, de cca. 100 - 200 Ω ;

R_e - rezistență etalon 100 Ω .

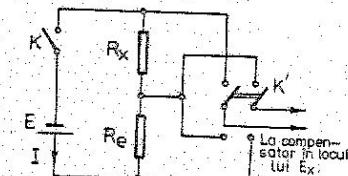


Fig. 2.

Măsurind cu compensatorul căderile de tensiune $U_x = R_x I$ la bornele rezistenței de măsurat R_x și $U_e = R_e I$ la bornele rezistenței etalon R_e , se obține :

$$R_x = R_e \frac{U_x}{U_e}. \quad (3)$$

Dacă R_{1x} și R_{1e} sunt valorile rezistenței R_1 a compensatorului, obtinute la măsurarea tensiunii U_x , respectiv U_e , rezultă :

$$R_x = R_e \frac{R_{1x}}{R_{1e}}. \quad (4)$$

Rezultatele obținute la punctele 3.2 și 3.3. se trec în tabelul 1.

Tabelul 1

T.e.m. de măsurat	R_3	R_2	R_1	E_x	Rezistența de măsurat	R_3	R_{2x}	R_{2e}	R_{1x}	R_{1e}	R_e	R_x
	Ω	Ω	Ω	V		Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω

LUCRAREA 13

MASURAREA PUTERILOR IN CURENT CONTINUU SI CURENT ALTERNATIV MONOFAZAT

Determinarea puterilor cu o anumită eroare maximă limită, reprezintă adesea un problemă importantă. Pentru efectuarea unei măsurări corecte trebuie să se disponă de aparete de măsură de precizie corespunzătoare și să se utilizeze o schema de măsurare adecvată.

Puterea în curenț continuu se poate măsura cu ajutorul voltmetrului și ampermetrului sau cu wattmetrul, în ambele cazuri fiind posibilă realizarea montajelor în aval sau amonte.

În curenț alternativ monofazat la frecvențe joase puterea activă se măsoară de obicei cu wattmetrul electrodinamic sau ferodinamic. Puterea reactivă se măsoară direct cu varometrul. Întrucât aceste aparate au răspândire mică, cel mai adesea în circuite monofazate puterea reactivă se măsoară cu wattmetru, voltmetru și ampermetru sau cu wattmetru și cosfimetru.

În această lucrare de laborator se vor prezenta metodele admise de măsurare a puterilor, urmând ca pe baza calculului erorilor să se stabilească care din metode este indicată în anumite situații particulare.

1. Probleme de studiat

1.1. Se măsoară puterea în curenț continuu în cel puțin cinci situații, în fiecare situație puterea se măsoară atât cu metoda voltmetrului și a ampermetrului cât și cu wattmetrul conectând voltmetrul, respectiv bobina de tensiune a wattmetrului în aval și amonte.

1.2. Se calculează erorile sistematice de metodă și erorile de măsurare instrumentale.

1.3. Se vor măsura puterile activă, reactivă și aparentă în cel puțin cinci situații, în fiecare situație se vor citi aparatelor cu și fără cosfimetru în circuit.

1.4. Se calculează erorile de măsurare instrumentale ale puterii reactive în cazul utilizării voltmetrului, ampermetrului și wattmetrului, și a utilizării wattmetrului și cosfimetrului.

2. Scheme de montaj

Pentru efectuarea măsurărilor în curenț continuu se va executa montajul din figura 1, în care:

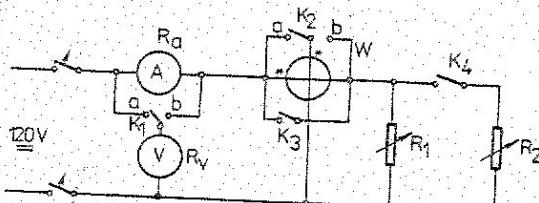


Fig. 1.

4. Modul de lucru

4.1. Pentru măsurarea cimpului magnetic pe axa bobinei se procedează astfel. Cu ajutorul reostatelor R_1 și R_2 se stabilește în bobină un curent continuu de $1,5 \text{ A}$, care trebuie menținut constant. Se placează traductorul Hall la capătul bobinei, perpendicular pe axă și se citează valoarea cimpului. Se deplasează apoi sonda din 10 în 10 mm , citindu-se de fiecare dată valoarea cimpului. Valorile obținute experimental se vor compara cu cele calculate, în prealabil, pe cale analitică.

Intensitatea cimpului magnetic pe axa unei bobine cilindrice (fig. 4) este dată de relația:

$$H = \frac{wI}{2l} (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2),$$

in conditiile in care $1 >> \sigma$
 $\sigma \ll a$.

Datele bobinei sunt: $a = 28\text{mm}$;
 $d = 7,5\text{mm}$; $l = 200\text{ mm}$; $w = 1984$ spire;
 $i_{\max} = 1,5\text{A}$.

Se va explica din ce se
există diferențe între valorile
calculate și cele măsurate.

4.2. Pentru circuitul magnetic reprezentat în figura 5 se determină inducția magnetică și direcția liniilor de cimp în nodurile rețelei. În fiecare din punctele respective, traductorul se va orienta astfel încât să se obțină deviația maximă a tensometrului.

In aceste conditii directia liniei de cimp va fi normala la placuta traductorului. Pe baza rezultatelor obtinute se va reprezenta pe hartie milimetrica sectorul liniilor de cimp dintre polii circuitului magnetic si se vor trasa cteva linii izomodul (de acelasi valoare a inductiei B).

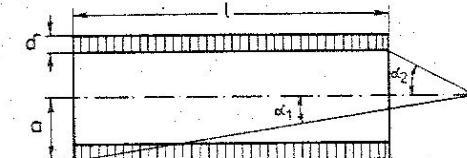


Fig. 4

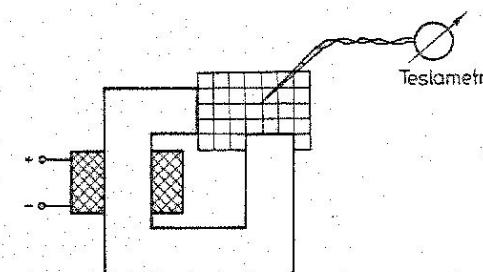


FIG. 5

LUCRAREA 1

RIDICAREA CURBEI DE MAGNETIZARE SI A CICLULUI STATIC DE HISTEREZIS PRIN METODA TORULUIIT

1. Probleme de studiu

- 1.1. Se va ridica curba de magnetizare a materialului din care este confecționat torul.
 - 1.2. Se va trasa ciclul static de histerezis al materialului pentru inducție maximă de 1,2 T.
 - 1.3. Se vor calcula pierderile prin histerezis pentru un regim sinusoidal de magnetizare.

2. Schema de monte

Se va executa montajul din figura 1 în sepa-

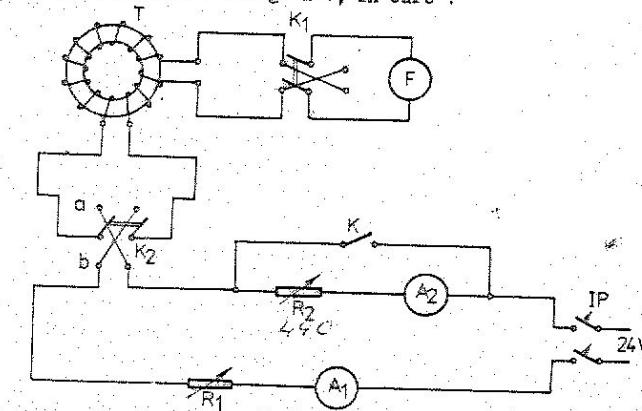


Fig. 1

T - torul din material feromagnetic, avind o înșurătură primară, $w_1 = 1384$ spire, și trei înșurături secundare, $w_2 = 5; 10; 20$ spire, cu dimensiunile:
 - diametrul mediu $d_{med} = 22$ cm;
 - secțiunea transversală a materialului $S = 3,54 \text{ cm}^2$;
 $K_1; K_2$ - inversoare bipolare;
 K - interrumpor monopolar;
 R_1 - reostat 29Ω , 5 A ;
 R_2 - reostat 440Ω , $1,3 \text{ A}$ cu bobinile legate în paralel;
 A_1 - ampermetru magnetoelectric 6 A , clasa $2,5;$;
 A_2 - avometru;
 F - fluxmetru.

3. Modul de lucru

a) Ridicarea curbei de magnetizare

- 3.1. Metoda terului este una din cele mai precise metode pentru determinarea caracteristicilor materialelor feromagnetiche. Dacă înășurarea de magnetizare

(primară) este uniform repartizată pe periferia torului, este îndeplinită condiția de dispersie magnetică nulă și intensitatea cimpului magnetic se poate calcula cu relația :

$$H = \frac{w_1 I}{l_{\text{med}}} \quad (1)$$

Considerând inducție magnetică uniformă repartizată pe secțiunea torului, B se poate calcula cu relația :

$$B = \frac{\Phi f}{S} = \frac{\Phi}{w_2 S} \quad (2)$$

unde fluxul magnetic Φ prin tor se măsoară cu ajutorul fluxmetrului.

3.2. Ridicarea curbei de magnetizare trebuie incepută de la starea de magnetizare nulă; pentru aceasta se recurge la demagnetizarea miezului magnetic. Înversorul K_1 se deschide iar K_2 se pune în una din cele două poziții ("a"). Reostatul R_1 se află pe poziție maximă, R_2 pe cea minimă iar K este închis. Se închide întrerupatorul automat IP și prin micșorarea lui R se stabilește un curent electric I_{max} , pentru care cimpul magnetic în miez ia valoarea $H_{\text{max}} = 110$ Asp/cm.

Să incepe inversarea curentului prin înășurarea de magnetizare a torului, înnevind inversorul K_2 din poziția "a" în "b", apoi din "b" în "a" și îngă mai departe, cu o frecvență de aproximativ 6 inversări pe secundă. După ce s-a deschis ciclul histerezis maxim de 3-4 ori, se micșorează curentul electric prin mărire rezistenței R_1 , iar operația de inversare nu se întrerupe nici un moment. Micșorarea curentului se face pînă la introducerea completă a lui R_2 . Se deschide K și se continuă micșorarea curentului prin introducerea treptată a lui R_2 și se termină prin oprirea în poziție de mijloc a lui K_2 . Miezul magnetic este astfel demagnetizat.

3.3. Cu reostatele R_1 pe poziția maximă și R_2 pe poziția de rezistență nulă, iar K deschis, se închide K_2 în poziția "a". Se mărește curentul electric la 0,2 A. Cu inversorul K_1 într-o poziție convenabilă din punctul de vedere al deviației acoului indicator al fluxmetrului, se inversează sensul curentului în înășurarea primară prin manipularea lui K_2 în poziția "b" și se citează deviația fluxmetrului, adică $\Delta\Phi_1$. Punind inversorul K_2 în cealaltă poziție (poz. "a"), se citează deviația $\Delta\Phi'_1$. Media celor două citiri dă dublul valorii inducției magnetice în punctul considerat :

$$\Delta\Phi_1 = \frac{\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi'_1}{2} \quad (3)$$

și

$$B_1 = \frac{\Delta\Phi_1}{2w_2 S} \quad (4)$$

3.4. După descrierea unui ciclu complet, punctul care reprezintă starea magnetică a miezului revine pe curba de magnetizare (fig. 2) și astfel se poate trece direct la mărirea curentului, fără a recurge la o nouă demagnetizare a miezului. Operațiile de la punctul 3.3. se repetă și pentru alte valori ale curentului, pînă la obținerea saturării (corespunzătoare curentului maxim de 6A).

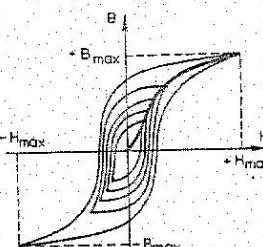


Fig. 2.

Cind reglajul din reostatul R_2 s-a epuizat, se închide K și se continuă prin modificarea lui R_1 . Cu perechile de valori (H, B) obținute se trasează curba statică de magnetizare a miezului.

3.5. Din curba de magnetizare se poate determina intensitatea cimpului magnetic corespunzător inducției magnetice de 1,2 T, deci se află valoarea curentului pentru această inducție. Astfel se determină virful ciclului static de histerezis care trebuie trăsăt.

b) Trasarea ciclului histerezis

3.6. Se demagnetizează miezul ca la punctul 3.2. Cunoscind curentul corespunzător inducției magnetice de 1,2 T, se închide K (reostatul R_2 fiind pe poziția de rezistență nulă) și se micșorează R_1 , pînă la obținerea acestui curent. Astfel miezul se află în starea magnetică reprezentată prin punctul M (fig. 3).

3.7. Se deschide K și se mărește R_2 pînă se obține un punct intermediar N. Se deschide K_2 , se închide K, se inversează poziția lui K_2 ("b"), apoi se inversează din nou (în poz. "a") și miezul se află iar în starea M.

In timpul acestor manevrări cursorul lui R_2 rămîne în poziție invariabilă.

Fig. 3.

3.8. Se închide K_1 , se deschide K și se citește deviația fluxmetrului. Se obține variația de inducție ΔB_1 , din care se determină ordonata punctului N. Se procedează similar cu încă un punct din cadrul intui.

3.9. Prin operațiile de la punctul 3.7, se revine în M și se deschide K_2 . Se măsoară astfel ΔB_2 , obținindu-se valoarea inducției remanente (punctul Q din fig. 3).

3.10. Se revine în punctul M. Cu K închis, R_2 se pune pe rezistență maximă. Se deschide K_2 , se deschide K și se pune K_2 în poz. "b" (curent invers). Cu R_2 se stabilește un curent corespunzător punctului P. După parcurgerea ciclului se revine în M, apoi în timp foarte scurt se deschide K, se pune K_2 în poz. "b" și se citează deviația fluxmetrului. Se obține o deviație ΔB_3 , cu care se construiește punctul P.

3.11. În modul descris mai sus, se revine mereu în punctul M și se fixează curentii corespunzători punctelor din al treilea cadrant, pînă la atingerea punctului T.

Trebuie acordată atenție deosebită menținării punctului ce reprezintă starea magnetică a miezului în permanentă pe ciclul considerat.

3.12. Ciclul static de histerezis se completează cu punctul $(-H_{\text{max}}, -B_{\text{max}})$, și cu simetrica față de origine a ramurii obținute prin măsurări.

Datele și rezultatele obținute se trăsăt într-un tabel.

c) Calculul pierderilor prin histerezis

3.13. Densitatea de volum a energiei transformată în căldură prin fenomenul de histerezis magnetic este proporțională cu aria ciclului histerezis :

$$W_h = S_h \cdot a \cdot b, \quad \left[\frac{J}{m^2 \text{ ciclu}} \right] \quad (5)$$

unde :

- S_h este aria ciclului histeresis in cm^2 ;
- a - scara intensității cimpului magnetic in Amp/m ;
- b - scara inducției magnetice T/cm .

Cunoscind densitatea de masă a materialului studiat ($\gamma_{Fe} = 7550 \text{ kg/m}^3$) se pot determina pierderile specifice de putere prin histeresis pentru un regim sinusoidal de magnetizare:

$$P_h = f \frac{S_h \cdot a \cdot b}{\gamma_{Fe}}, \text{ W/kg} \quad (6)$$

unde f este frecvența cimpului magnetizant.

LUCRAREA 19

DETERMINAREA CARACTERISTICILOR DINAMICE ALE MATERIALELOR FEROMAGNETICE

Deoarece în majoritatea cazurilor materialele magnetice moi sunt folosite în cimpuri alternative, determinarea caracteristicilor de magnetizare în aceste condiții prezintă un interes deosebit.

Spre deosebire de ciclul static de histeresis, aria ciclului dinamic de magnetizare $B = f(H)$ este proporțională cu suma dintre pierderile prin histeresis și prin curenți turbionari. Astfel, lărgimea ciclului, pentru aceleși valori maxime ale inducției, este mai mare în curenț alternativ decât în curenț continuu.

Forma ciclului dinamic de magnetizare, pentru un material dat, depinde de valoarea maximă a inducției, forma curbei de variație a inducției și de frecvență.

O caracteristică importantă a materialelor feromagnetică este curba dinamica de magnetizare $B_{max} = f(H_{max})$, care reprezintă locul geometric al vîrfurilor ciclurilor de magnetizare. Raportul :

$$\mu_m = \frac{B_{max}}{H_{max}} \quad (1)$$

este permeabilitatea dinamică aparentă a materialului. Aceste caracteristici diferă de cele determinate în cimpuri continue cu atât mai mult cu cât frecvența este mai ridicată și grosimea toalelor din care este confectionat miezul magnetic este mai mare.

A. Determinarea curbei dinamice de magnetizare prin metoda ampermetrului și voltmetrului

1. Probleme de studiat

1.1. Se va ridica, prin puncte, curba dinamică de magnetizare a unui tor confectionat din material feromagnetic de mare permeabilitate.

1.2. Se va calcula valoarea lui μ_m pentru porțiunea liniară a curbei de magnetizare.

2. Schema de montaj

Se va realiza montajul reprezentat în figura 1 :

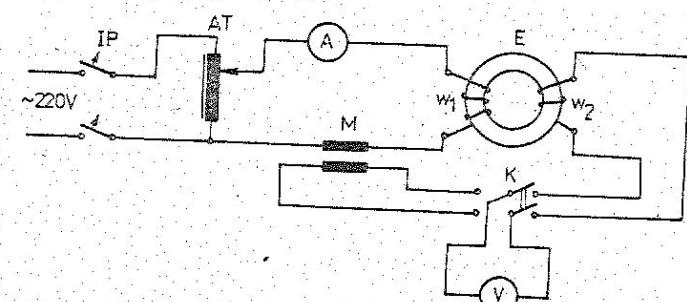


Fig. 1.

OSCILOSCOPIUL CATODIC

1. Schema bloc a osciloscopului catodic

In figura 1 este dată schema bloc a unui osciloscop catodic. Elementele componente principale ale osciloscopului sunt :

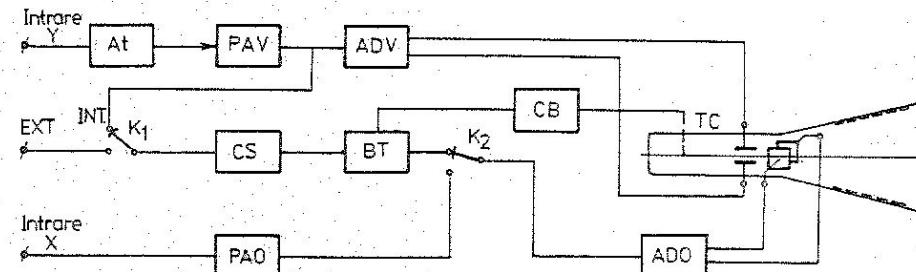


Fig. 1.

1. Tubul catodic (TC). Reprezintă dispozitivul de afișare al osciloscopului. Un fascicul de electroni creat de un cated incălzit este focalizat, accelerat și apoi deflectat de două sisteme de electrozi (plăci). După o accelerare finală, electronii bombardează un ecran fluorescent, producind o pată luminosă - spotel. Deplasarea spotelui pe ecran formează imaginea corespunzătoare semnalului investigat.

2. Atenuatorul (At) pentru reducerea semnalului aplicat la intrarea Y, la un nivel acceptabil pentru blocurile electronice din aval. Atenuatorul este un divisor de tensiune compensat în frecvență, având 8 - 10 trepte fixe de atenuare, obținându-se astfel coeficienții de deflexie marcati la comutatorul V/div.

3. Preamplificatorul și amplificatorul de deflexie verticală (PAV și ADV) amplifică semnalul la valoarea necesară plăcilor de deflexie verticală. Banda de frecvență a amplificatorului de deflexie verticală determină în mare măsură calitatele osciloscopului.

4. Baza de timp (BT) este constituită în principal din generatorul de baleaj. Aceasta furnizează o tensiune liniar - variabilă (tensiune în dungi de ferăstrău), ce permite defăgurarea în timp a semnalului aplicat la intrarea Y. Dacă semnalul de analizat este periodic, și tensiunea bazei de timp trebuie să fie periodică, iar raportul frecvențelor - un număr întreg, pentru ca imaginea de pe ecranul tubului să fie staționară.

5. Circuitul de sincronizare (CS) este introdus în schema tehnicii în scopul asigurării raportului de frecvențe (menționat mai sus) întreg și stabil. La osciloscoapele moderne el mai are rolul de a alege momentul în timp de unde să înceapă afișarea semnalului de studiat. Tensiunea de baleaj poate fi sincronizată din in-

terior, folosind semnalul care se aplică amplificatorului de deflexie verticală, sau din exterior.

6. Circuitul de blocare (CB). Actionind asupra unei grile a tubului catodic, permite fasciculului de electroni să treacă către ecran pe durata directă a tensiunii de baleaj, asigurînd, prin negativarea puternică a grilei, stingerea spontană în timpul revenirii acestei tensiuni (se impiedică astfel aparitia pe ecran a traseului de întoarcere).

7. Amplificatorul de deflexie orizontală (ADO) amplifică tensiunea bazei de timp înainte de a fi aplicată plăcilor de deflexie orizontală. Amplificatorul poate amplifica și tensiuni de altă formă, provenite din exterior; acestea se aplică la borna de intrare X, apoi la intrarea preamplificatorului PAV.

Dintre circuitele auxiliare cele mai folosite se amintesc: circuitele de calibrare a amplitudinii și de calibrare a durelei, blocul de alimentare, circuitul pentru modularea intensității spotelui, circuitele pentru deplasarea spotelui pe verticală și orizontală.

In unele osciloscoape speciale (numite osciloscoape cu memorie) există sisteme pentru asigurarea unei persistențe variabile a imaginii pe ecran. Prezența imaginii poate fi cuprinsă între 0,2 s și câteva zile.

Pentru vizualizarea simultană a două sau mai multe semnale pe ecranul acestuia și tub, se folosește fie un tub catodic multiplu, fie un comutator electronic. În cazul din urmă, semnalele sunt aplicate simultan la intrările a două (sau patru) amplificatoare identice, denumite în mod usual canale de amplificare.

Parametrii cei mai importanți pentru caracterizarea unui osciloscop sunt sensibilitatea și banda de frecvență; osciloscoapele putind fi clasificate după aceste criterii.

2. Elementele de comandă, semnalizare și acces ale unui osciloscop

Pe panoul frontal al unui osciloscop se află, în general, următoarele elemente principale de comandă și semnalizare, purtînd inscripții și simboluri corespunzătoare :

1. Comutator de rețea, cu două poziții: conectat, deconectat.
2. Potențiometru pentru reglajul luminosității spotelui, prin modificarea negativării grilei față de cated.

3. Potențiometru pentru focalizarea fasciculului de electroni, prin modificarea tensiunii anodului de focalizare.

4. Potențiometru pentru reglarea astigmatismului, cu ajutorul căruia se aduce forma spotelui cît mai aproape de un cerc.

5. Două potențiometre pentru reglarea poziției spotelui pe ecran. Deplasarea imaginii pe ecran se realizează aplicind, suplimentar, plăcilor de deflexie tensiuni continue reglabile. Unele osciloscoape sunt prevăzute cu semnalizatoare de poziție ale spotelui. Centrarea spotelui este usorată de o placă transparentă, aplicată pe suprafața ecranului, în exterior, prevăzută cu o rețea de linii (numite linii reticulare) trasate la 1 cm distanță sau mai des, și care pot fi independent luminate.

6. Comutatorul atenuatorului în trepte verticale, care permite alegerea în trepte a coeficiențului de deviație verticală (în V/div sau mV/div).

7. Potențiometru pentru reglarea fină a coeficiențului de deviație verticală, prin modificarea fină a amplificării semnalului.

8. Comutator tripozitional al intrării Y:

- CC - există cuplaj direct între borna de intrare Y și atenuator-amplificator;
- CA - cuplajul se realizează printr-un condensator de blocare a componentei continue a semnalului (această intrare este utilă pentru vizualizarea semnalelor periodice cu componentă continuă mare);
- O - cuplajul se întrerupe, intrarea în atenuator-amplificator fiind pusă la masă.

9. Comutator pentru alegerea în trepte a coeficientului de deviație pe orizontală numit și coeficient de baleaj (in TIME/div), prin modificarea capacitatii condensatorului din schema generatorului de baleaj. Cu acest comutator se reglează deci, în trepte, frecvența tensiunii de baleaj.

10. Potențiometru pentru reglarea fină a coeficientului de deviație pe orizontală, adică a frecvenței tensiunii de baleaj.

11. Comutator pentru selectarea sursei de sincronizare dorită:

- INT - sincronizare internă (prin semnalul studiat). Se recomandă în casul semnalelor periodice de amplitudine constantă;
- EXT - sincronizare externă (prin intermediul unui semnal din exterior). Se utilizează cind semnalul vizualizat are amplitudini variabile; RETEA-sincronizare de la rețea, folosită mai ales în cazul vizualizării sursei de alimentare, a semnalelor modulate cu paraziți.

12. Comutator pentru alegerea modului de sincronizare:

- AUTO - sincronizare automată; generatorul de baleaj lucrează în regim relaxat, declanșarea bazei de timp fiind comandată automat, indiferent de prezența sau absența semnalului la intrare (în lipsa semnalului apare trasa pe ecran);
- DEGL - sincronizare pe fenomen (declanșare); baza de timp este declanșată de semnalul de studiat sau de un semnal de sincronizare extern. În lipsa acestora baza de timp se găsește într-o stare de aşteptare, iar trasa nu spore;
- MONO - mod de funcționare singular. Se utilizează pentru observarea unui semnal o singură dată, cind baza de timp generează un singur impuls în dinte de ferestru, sincron cu semnalul de studiat. Funcționarea este utilă pentru vizualizarea și fotografarea fenomenelor singulare, al căror moment de apariție este necunoscut.

13. Potențiometru pentru nivelul semnalului de sincronizare. Cu ajutorul acestuia se alege momentul declanșării bazei de timp.

14. Comutator pentru alegerea modului de cuplaj al sursei de sincronizare:

- CC - semnalul pentru comanda sincronizării este cuplat direct, componenta sa continuă nefiind rejectată;
- JF - semnalul pentru comanda sincronizării este transmis printr-un filtru trece-jos. Se utilizează pentru a reduce perturbarea sincronizării datorită zgometului de înaltă frecvență;
- IF - semnalul pentru comanda sincronizării este transmis printr-un filtru trece-sus. Se utilizează pentru a reduce perturbarea sincronizării datorită brumului.

15. Potențiometre pentru reglajul etalonării bazei de timp și a amplificării pe verticală (etalonarea coeficientilor de deviație pe orizontală și pe verticală).

16. Comutator pentru cuplarea amplificatorului de deflexie orizontală la baza de timp sau la borna de intrare X.

Unele osciloscoape dispun de o unitate de amplificare Y cu două canale, pentru vizualizarea simultană a două semnale distincte. Cele două canale A și B și prelucrăză independent în amplitudine semnalele aplicate la intrările Y_A și Y_B , fiecare canal conținând blocurile clasice: atenuator și preamplificator. În acest caz, pe panoul frontal al osciloscopului se mai găsesc:

17. Comutator pentru modurile de lucru posibile:

- A - lucrează numai canalul A, semnalul aplicat la intrarea Y_A se afișează pe ecran;
- B - lucrează numai canalul B, semnalul aplicat la intrarea Y_B se afișează;
- ALT - semnalele aplicate la intrările Y_A și Y_B sunt afișate alternativ, comutarea de la un canal vertical la celălalt făcindu-se la sfârșitul tensiunii liniar variabile a bazei de timp;
- COM (CHOPPED) - afișarea este comutată de la un canal vertical la celălalt, cu o frecvență fixă (ex. 300 kHz);
- A+B - se afișează pe ecran suma sau diferența semnalelor aplicate la intrările Y_A și Y_B (adică $Y_A + Y_B$), după pozițiile unor comutatoare de polaritate.

18. Comutator cu trei poziții pentru selectarea canalului de sincronizare, în funcție de semnalul care comandă (declanșă) baza de timp:

- A - baza de timp este declanșată de semnalul aplicat la intrarea Y_A ;
- B - baza de timp este declanșată de semnalul aplicat la intrarea Y_B ;
- COMP - baza de timp este declanșată de semnalul compus.

Pe panoul frontal al unui osciloscop se află următoarele elemente de acces:

- Borne coaxiale (BNC de tip mamă) pentru intrările Y_A și Y_B ;
- Bornă coaxială (BNC) pentru intrarea X.
- Bornă coaxială (BNC) pentru aplicarea semnalului extern de sincronizare.
- Borne de ieșire pentru unul sau două semnale calibrate în amplitudine și durată, necesare etalonării osciloscopului.
- Bornă de masă.

Pe panoul din spate al osciloscopului se pot găsi următoarele elemente de acces:

- Bornă coaxială (BNC) de intrare pentru modularea luminozității spectuluui.
- Bornă coaxială (BNC) care furnizează un semnal dreptunghiular, având frecvența bazei de timp (cu coeficient de umplere reglabil).
- Bornă coaxială (BNC) care furnizează un semnal de tensiune liniar variabilă.

3. Accesorii

Ce accesorii principale, se livrează întotdeauna un set de sonde de măsură (cap de probă), compus din două sau trei sonde, care permit culegerea semnalului de investigat dintr-un montaj și aplicarea lui la borna coaxială de intrare a osciloscopului.

Dacă nu prelucrează semnalul, se spune că este o sondă 1:1, fiind formată din: cap de prindere, clemă de masă, cablu coaxial și bornă coaxială (BNC de tip tătăș) pentru cuplarea cu bornă coaxială (BNC de tip mamă) de la intrarea Y.

Pentru măsurări în înalță frecvență se folosesc sonde 1:10 sau 1:100, care reprezintă divizoare de tensiune compensate, cu ajustare manuală. În figura 2 este dată schema unei sonde 1:10.

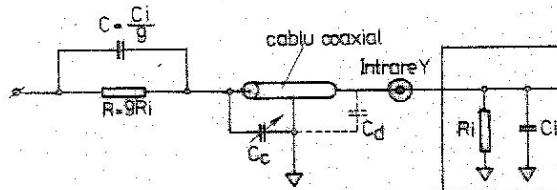


Fig. 2.

În înalță frecvență devine importantă și capacitatea distribuită parazitară C_b a cablului. Compensarea sondei se face aplicând la intrarea ei tensiunea drept-unghiulară de la ieșirea circuitului de calibrare și reglind condensatorul ajustabil (trimerul) C_c pînă când impulsul pe ecran va avea o formă perfectă.

4. Unele aplicații ale osciloscopului catodic

4.1. Calibrarea osciloscopului

Utilizarea osciloscopului pentru măsurări cantitative impune calibrarea diviziunilor ecranului (etalonarea coeficienților de deviație verticală și orizontală). Tensiunea de calibrare poate fi luată din exterior de la un generator de tensiune (și se măsoară în acest caz cu un aparat de precizie) sau din interior, de la blocul de calibrare a tensiunii și frecvenței și se aplică surseșiv la bornele de intrare Y și X. În cazul folosirii tensiunii interne de calibrare, potențiometrul pentru reglajul fin al amplificării trebuie rotit în poziția extremă corespunzătoare indicației CALIBRARE.

4.2. Măsurarea tensiunilor electrice

Deplasarea pe verticală a spotului fiind proporțională cu tensiunea aplicată la intrarea Y, osciloscopul, în prealabil calibrat, se poate folosi cu ușurință pentru măsurarea tensiunilor.

Pentru măsurarea unei tensiuni continue se procedează astfel: Se aplică tensiunea de măsurat la intrarea Y și se determină deplasarea spotului pe verticală d_v [div]. Valoarea tensiunii se obține cu relația:

$$U = d_v C_v \quad (1)$$

unde C_v este coeficientul de deviație pe verticală [V/div].

La măsurarea tensiunilor alternative trebuie să se ia în considerare faptul că osciloscopul indică valoarea de virf. Pentru o tensiune sinusoidală, valoarea efectivă rezultă din relația:

$$U_{ef} = \frac{d_v C_v}{2\sqrt{2}} \quad (2)$$

4.3. Măsurarea duratei unor impulsuri și/sau a intervalelor de timp

Studiul semnalelor sub formă de impulsuri formează cel mai larg domeniu de utilizare a osciloscopului.

Pentru măsurarea duratei unui impuls se calibrează, în prealabil, baza de timp (se etalonază coeficiențul de deviație orizontală). Se aplică apoi semnalul la intrarea Y și se reglează comutatorul coeficiențului de balansaj (TIME/div) pînă când se obține distanță maximă posibilă între fronturile impulsului de măsurat sau între punctele alese pe o formă de undă corectă. Cu potențiometrele pentru deplasarea spotului pe verticală și pe orizontală se incadrează impulsul pe ecran în mod corespunzător (fig. 3). Măsurind distanța d_H pe orizontală între cele două fronturi sau puncte, de-a lungul reticulului central, se determină durata (lățimea) impulsului sau intervalul ales, cu relația:

$$t_i = d_H C_H \quad (3)$$

unde C_H este coeficientul de deviație orizontală, citit pe comutatorul TIME/div.

În cazul măsurării unor impulsuri periodice, se poate calcula frecvența de repetiție a impulsurilor:

$$f = \frac{1}{t_i} \quad (4)$$

Eroarea relativă maximă de măsurare se obține cu relația:

$$\epsilon = \epsilon_{BT} + \epsilon_d \quad (5)$$

în care ϵ_{BT} este eroarea maximă datează bazei de timp și ϵ_d – eroarea de citire dată de expresia $2 \Delta/d_H$, Δ fiind eroarea de citire maximă, exprimată în diviziuni ($\Delta \approx 0,1$ div).

Dacă osciloscopul are două canale Y, pe unul din ele se poate aplica o tensiune cu frecvență cunoscută de la un generator de semnal sinusoidal, iar pe celălalt impulsul investigat. Din comparaerea celor două imagini de pe ecran se poate determina durata impulsului (fig. 4). Precizia de măsurare crește foarte mult dacă frecvența tensiunii alternative auxiliare se măsoară cu un frecvențmetru digital (se elimină astfel eroarea bazei de timp). Montajul utilizat și imaginile care se obțin pe ecran sunt date în figura 5.

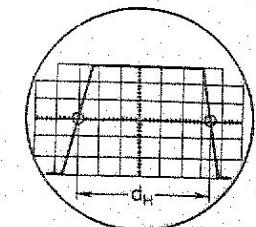


Fig. 3.

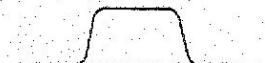


Fig. 4.

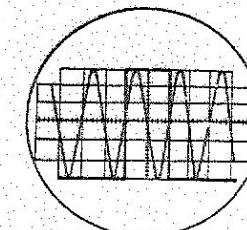
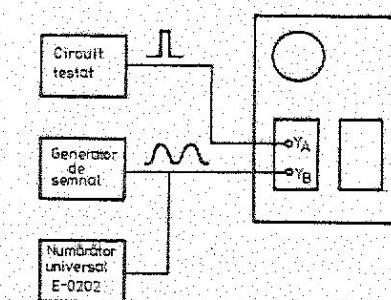


Fig. 5.

4.4. Măsurarea defazajelor

Utilizând un osciloscop cu două canale, defazajul dintre două tensiuni de aceeași frecvență se poate determina vizualizându-le simultan pe ecranul osciloskopului (fig. 6). Defazajul rezultă din relația :

$$\varphi = 360 \frac{b}{a}, \quad (6)$$

unde a și b sunt segmentele corespunzătoare perioadei, respectiv defazajului dintre curbe, măsurate pe ecran în lungul axei orizontale.

Dacă osciloscopul are un singur canal Y, se folosește metoda elipsei. Aceasta constă în aplicarea celor două tensiuni la intrările Y și X, care vor determina pe ecran o elipsă (fig. 7). Defazajul dintre tensiunile respective rezultă din relația :

$$\sin \varphi = \frac{a}{b}. \quad (7)$$

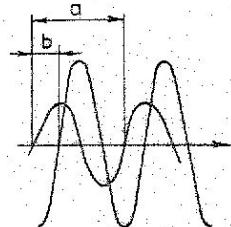


Fig. 6.

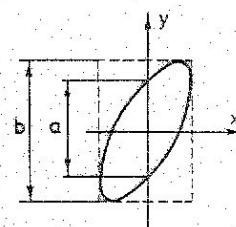


Fig. 7.

Pentru anumite valori particulare ale unghiului de defazaj se obțin imagini caracteristice (fig. 8).

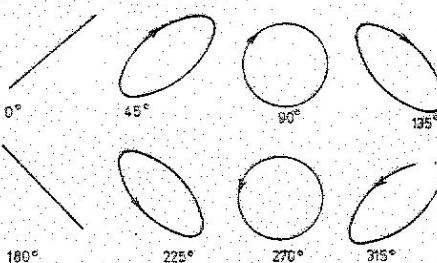


Fig. 8.

Prin această metodă defazajul rezultă numai în mărime și nu ca semn. Determinarea semnului se poate face introducând la unul din semnale un mic defazaj cunoscut ca mărime și semn.

Inainte de măsurare trebuie să se verifice dacă cele două amplificatoare (Y și X) introduc același defazaj. Pentru aceasta se aplică la ambele intrări ale osciloscopului același semnal. Dacă nu se obține o linie dreaptă ci o elipsă, se determină defazajul corepunzător φ_0 , procedind ca mai sus. În acest caz, defazajul măsurat dintre două semnale, φ_m , este :

$$\varphi_m = \varphi + \varphi_0,$$

dе unde:

$$\varphi = \varphi_m - \varphi_0. \quad (8)$$

4.5. Măsurarea frecvențelor

Se realizează comparând, cu ajutorul osciloscopului, frecvența de măsurat cu frecvența dată de un generator etalon. Pentru măsurare se utilizează schema de principiu reprezentată în figura 9. Dacă raportul f_x/f_e este un număr rational (de forma k_1/k_2 , k_1 și k_2 fiind numere întregi fără divizor comun), pe ecran apar o serie de curbe, cunoscute sub denumirea de figuri Lissajous, ale căror forme variază în funcție de raportul frecvențelor și de defazaj (fig. 10). Notind cu n_H și n_Y numărul punctelor de intersecție ale curbei cu două drepte, una orizontală și una verticală, frecvența necunoscută rezultă din relația:

$$\frac{f_x}{f_e} = \frac{n_Y}{n_H}. \quad (9)$$

O altă metodă de măsurare a frecvenței constă în modularea luminosității spotului. Se folosește, în acest scop, un generator de impulsuri cu frecvență cunoscută și cu posibilitate de reglare a frecvenței.

Semnalul de măsurat se aplică la borna Y, iar semnalul generatorului etalon la borna "MODULATIE-2", ce-l va cupla capacativ pe grile tubului catodic (fig. 11). Pe ecranul osciloscopului se obține semnalul de măsurat cu interruperi în cadrul semnalului etalon. Se reglează frecvența generatorului etalon pînă cînd imaginea devine stabilă. Se notează cu "n" numărul de segmente pe o perioadă a semnalului necunoscut. Frecvența măsurată va fi :

$$f_x = \frac{1}{n} f_e. \quad (10)$$

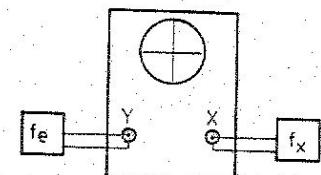


Fig. 9.

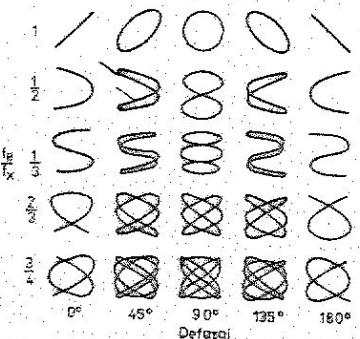


Fig. 10.

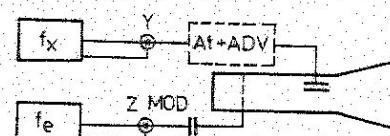


Fig. 11.

