

1. OSILOSCOPUL CU DOUĂ CANALE; MĂSURĂTORI SPECIFICE

1.1. Considerații teoretice

Un osciloscop cu două canale are particularitatea importantă că spotul electronic comută între cele două canale de intrare, redând pe ecran imagini a două semnale. Modul de comutare este ilustrat schematic în figura 1 în care ambele canale sunt identice, având separat modulele : atenuator, preamplificator, amplificator de deflexie. Ieșirile amplificatoarelor de deflexie sunt preluate prin intermediul unui comutator electronic comandat în modurile ALTERNAT sau CHOPPAT și aplicate plăcilor de deflexie pe verticală P_y .

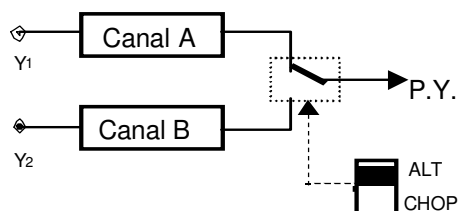


Fig. 1. Moduri de comutare ale canalelor de intrare

Modul de lucru ALTERNAT este ilustrat în figura 2.

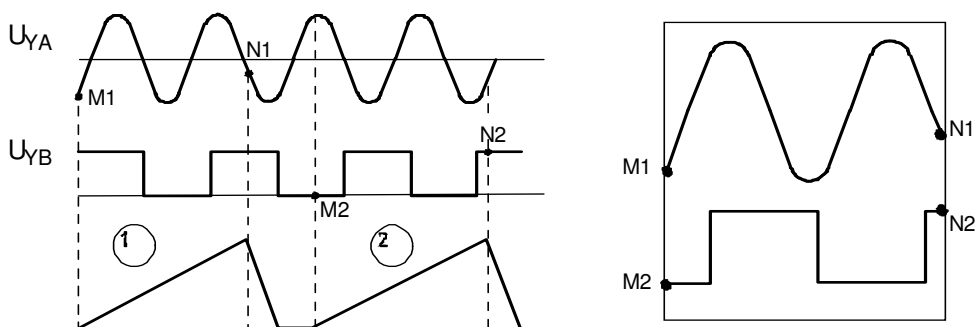


Fig. 2 Modul de lucru alternat

Primul dinte de fierăstrău **1** deflectă imaginea semnalului, preluat de la canalul A, în timp ce canalul B este decuplat. Următorul dinte de fierăstrău **2** deflectă imaginea semnalului preluat de la canalul B în timp ce canalul A este decuplat. Pe ecran apar cele două imagini “simultan”, cu condiția ca durata de remanență a ecranului să fie cel puțin mai mare decât jumătate din perioada semnalului de frecvență mai mică, adică în timp ce apare imaginea corespunzătoare semnalului unui canal imaginea precedentă să rămână pe ecran.

Prin urmare modul de lucru ALTERNAT este adecvat pentru vizualizarea semnalelor de perioade mici, deci de frecvențe mari.

Modul de lucru CHOPPAT este ilustrat în figura 3 în care pe durata cursei directe a dintelui de fierăstrău comutatorul electronic comută cu frecvență fixă între cele două canale, încât semnalele deflectate sunt constituite din linii întrerupte ca în figura b (semnalele sunt chopate – ciopârțite).

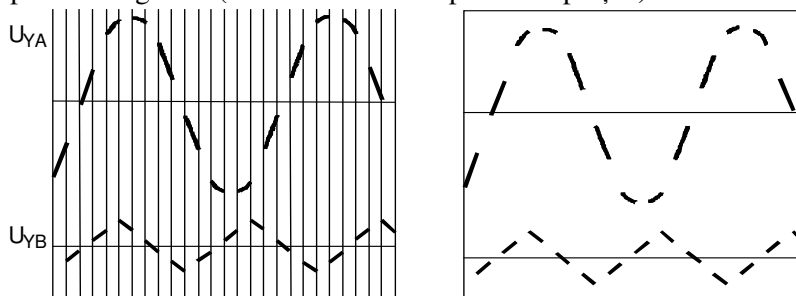


Fig. 3. Modul de lucru CHOPPAT

Dacă coeficientul de baleiaj C_x nu are valori mari, imaginile pe ecran apar continue. Modul de lucru CHOPPAT se folosește pentru vizualizarea semnalelor de frecvență joasă.

OBSERVAȚII

1. Există un interval de frecvență unde se poate lucra în condiții egale în oricare dintre cele două moduri.
2. Indiferent ce mod de lucru se alege semnalele trebuie să fie de frecvențe apropiate.
3. La modul de lucru CHOPPAT semnalele vizualizate pe ecran sunt aliniate, adică puse una sub alta. Deci, acest mod este pretabil la măsurarea defazajelor.
4. La modul de lucru ALTERNAT semnalele nu mai sunt aliniate, decât în situația când sunt de frecvențe egale.

Modul de lucru “A + B”.

În acest caz semnalele de pe cele două canale se adună algebric în funcție de semnul comutatoarelor de polaritate “+”, “-”. Acest mod de lucru este foarte util la compararea formelor de undă a două semnale, în studiul compunerii semnalelor, etc. ...

1.2. Sincronizarea bazei de timp

Osciloscopul cu două canale

Osciloscopul cu două canale prezintă un comutator de sincronizare cu patru poziții – ilustrat în figura 4.

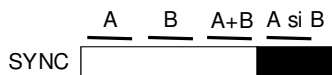


Fig. 4 Comutatorul de selecție a sursei de sincronizare

Sensul poziției “A și B” este de exemplu că baza de timp este declanșată de impulsurile de sincronizare provenind și de la semnalul canalului A și de la semnalul canalului B.

A. Surse de sincronizare. Modul de cuplare

Osciloscoapele moderne permit sincronizarea bazei de timp și cu alte semnale în afară de cel aplicat intrării “Y”. Aceste semnale se numesc, relative la baza de timp, surse de sincronizare – selectabile prin comutatorul surselor de sincronizare ilustrat în figura 5

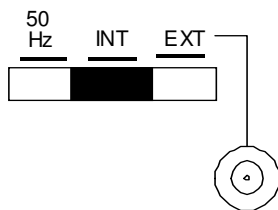


Fig. 5 Selectorul surse de sincronizare

Pe poziția “50 Hz” (sau notația “LINE” la unele osciloscoape) baza de timp este sincronizată cu un semnal de 50 Hz, semnal provenit de la rețea. Se folosește pentru vizualizarea unor semnale de frecvență multiplă a rețelei (cazul redresoarelor, mașinilor electrice, etc.). Poziția INT corespunde sincronizării cu semnalul de vizualizat – poziție uzual folosită.

Pe poziția EXT – bornei alăturate (de tip BNC) i se aplică un semnal (de regulă sinusoidal) exterior care constituie sursa de sincronizare a bazei de timp. Se folosește la vizualizarea unor semnale complexe, de exemplu semnal modulat în amplitudine unde sursa de sincronizare va fi folosită semnalul purtător.

B. Modul de cuplare a surselor de sincronizare

Semnalul sursă de sincronizare poate declanșa baza de timp direct sau după ce în prealabil a fost filtrat de anumite componente din semnal.

În figura 6 este ilustrat comutatorul de cuplare a surselor de sincronizare.

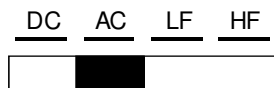


Fig. 6 Selectorul de cuplare a surselor de sincronizare

Pe poziția “DC” – declanșarea bazei de timp se face de semnalul direct. Pe poziția “AC” semnalul de sursă de sincronizare a fost trecut printr-un condensator (deci fără componenta de c.c.).

Pe poziția “LF” semnalul de sursă de sincronizare a fost trecut printr-un filtru trece jos. Se folosește în cazul în care semnalul de vizualizat este încărcat cu paraziți de înaltă frecvență. Pe poziția “HF”, semnalul sursă de sincronizare este trecut printr-un filtru trece sus – se folosește când semnalul de vizualizat este încărcat cu paraziți de joasă frecvență.

1.3. Măsurători specifice

1.3.1. Măsurarea timpului de creștere și cădere a unui impuls folosind o singură bază de timp

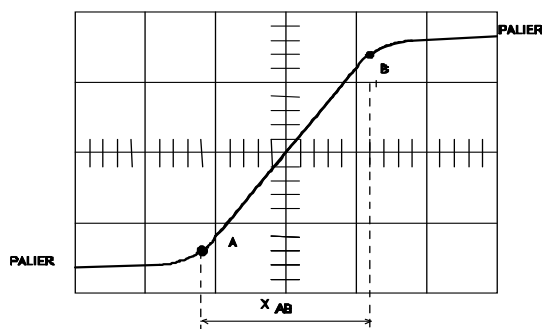


Fig. 7. Măsurarea timpului de creștere și cădere

Timpul de creștere t_c a unui impuls se definește ca fiind timpul necesar frontului ascendent să se desfășoare între limitele 10 % și 90 % din amplitudinea impulsului. Fie aceste puncte A și B de pe frontul ascendent ca în figura 7. Distanța X_{AB} pe orizontală între A și B este proporțională cu timpul de creștere a impulsului.

Se va avea grijă ca imaginea să arate ca în figură, adică reglând din comutatorul T/div să se aleagă un coeficient de deflexie pe orizontală destul de mic încât imaginea să fie “întinsă” în zona frontului. De asemenea este de dorit ca imaginea să fie “întinsă” și pe verticală pentru a se putea aprecia cât mai bine pozițiile de 10 % , respectiv 90 % din amplitudine – cuprinsă între cele două

palier. pentru aceasta se va regla adecvat din butoanele “VARIABLE” și “V/div”.

Timpul de creștere măsurat al impulsului este :

$$t_{cm} = X_{AB} C_{XT} \quad (1)$$

Timpul real de creștere al impulsului este dat de relația :

$$t_c = \sqrt{t_{cm}^2 - t_{co}^2} \quad (2)$$

unde t_{co} este timpul de creștere al canalului de amplificare pe verticală al osciloscopului, care se calculează cu relația :

$$t_{co} = 0,35/B \quad [\mu s] \quad (3)$$

B fiind banda de trecere a canalului Y exprimată în MHz.

OBSERVAȚII

Baza de timp trebuie să rămână calibrată.

1.3.2. Măsurarea diferenței de timp între două impulsuri

Unul din impulsuri este de referință și se aplică intrării, canalului A(I), celălalt impuls este de comparat și se aplică intrării canalului B(II). Dar cele două semnale pot fi de frecvențe diferite, imaginea pe ecran poate fi instabilă. Cum trebuie procedat ?

- Se va pune comutatorul “Modului desfășurării pe verticală” (MODE) pe poziția ALTERNAT (ALT) sau COMUTAT (CHOP, COM).

OBSERVAȚII

- Poziția (ALT) se alege când impulsurile sunt de frecvență înaltă, poziția (COM) se alege când impulsurile sunt de frecvență joasă.
- Se va pune comutatorul “SINCRONIZARE” (TRIGGER, SYNC) pe poziția canalului A pe care s-a introdus semnalul de referință.

OBSERVAȚII

- Semnalul de referință precede semnalul de comparat în timp.
- Dacă unul din semnale este în poziție de fază față de celălalt se va comuta “INVERSARE” (INVERT, NORM (INV) a canalului B (II), dar la calcularea finală se va ține cont de acest lucru.
- Se va roti comutatorul V/div, pentru a produce patru sau cinci diviziuni pe verticala carioajului ecranului osciloscopului.
- Se va roti din butonul LEVEL pentru a se obține o imagine stabilă pe ecran.

- Se vor ajusta pozițiile pe verticală a celor două impulsuri din butoanele POSITION (↑).
- Se va ajusta "Poziția spotului pe orizontală" (POSITION) a canalului A (I) – de referință pentru ca începutul impulsului de referință să-l așezăm pe o linie verticală a caroiajului ecranului osciloscopului.
- Se va măsura diferența pe orizontală în timp a celor două impulsuri.
- Se va multiplica diferența găsită cu valoarea coeficientului de baleaj C_{XT} , citita pe poziția comutatorului T/div . Dacă s-a folosit "Mărirea dimensiunii pe orizontală" (MAG, EXPANSION) pe poziția $X 10$ se va împărți rezultatul prin 10 – așa cum se știe.

1.3.3. Măsurarea diferenței de fază între două semnale

OBSERVAȚIE

Se va putea măsura diferența de fază pe axa timpului până la $1/B(MHz)$ unde B este banda de trecere a amplificatorului vertical ($B = 50 MHz$ la E-0103 și $B = 60 MHz$ la OS – 150).

Modul de lucru este descris la paragraful : "măsurarea diferenței de timp între cele două impulsuri". Se va avea grijă în alegerea semnalului de referință.

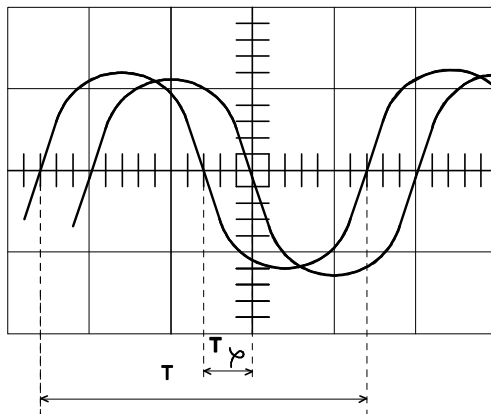


Fig. 8 Măsurarea defazajului între două semnale

Defazajul dintre cele două semnale conform figurii 8 este :

$$\varphi = \frac{T_{\varphi}}{T} \cdot 360 \quad (\text{grade})$$

1.3.4. Măsurarea frecvenței

Măsurarea frecvenței unui semnal periodic cu ajutorul osciloscopului catodic este indicată numai când nu se dispune de un frecvențmetru numeric (vezi figura 9).

A. Măsurarea frecvenței cu ajutorul figurilor Lissajous

Această metodă este indicată în cazul măsurării frecvenței unor semnale sinusoidale. Se aplică intrării Y, semnalul sinusoidal provenit de la un generator de semnal calibrat în frecvență, iar intrării X semnalul de măsurat.

Dacă cele două semnale au ecuațiile parametrice în raport cu timpul

$$x = A \sin \omega_1 t$$

și

$$y = A \sin \omega_2 t,$$

pe ecran va apare o curbă loc geometric $f(x,y)$, obținută prin eliminarea timpului din cele două relații. Se demonstrează că dacă raportul frecvențelor ω_1/ω_2 este un număr rațional curba obținută este închisă și se numește figură Lissajous.

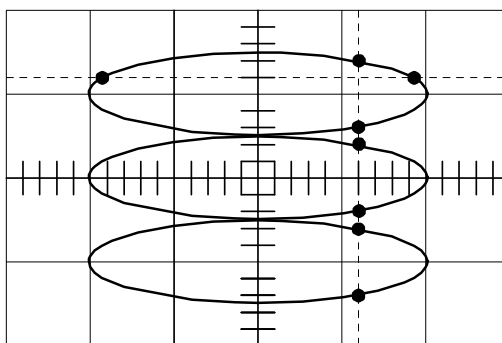


Fig. 9. Figură Lissajous

Notând cu N_y numărul de puncte de intersecție a unei drepte verticale cu figura Lissajous (care nu trece prin punctele de intersecție ale curbei) și cu N_x numărul de puncte de intersecție a unei drepte orizontale cu figura, există următoarea relație :

$$N_x f_x = N_y f_y \quad (4)$$

Pentru exemplul din figură, în care am considerat $N_x = 2$, $N_y = 6$, rezultă $f_x = 3f_y$.

B. Determinarea stabilității unui generator sinusoidal în raport cu un generator de referință

Dacă imaginea nu este stabilită pe ecran înseamnă că frecvențele celor două semnale diferă ușor. Diferența de frecvență se determină astfel :

Se măsoară intervalul de timp Δt în care imaginea a suferit o “rotație” completă și se calculează :

$$f_x - f_y = \frac{1}{\Delta t} \quad (5)$$

Dacă f_x este frecvența de referință a generatorului stabil, Δt reprezintă o măsură a instabilității generatorului de frecvență f_y .

OBSERVAȚII

1. La obținerea curbelor Lissajous pentru a se obține imagini clare, este de preferință să nu se lucreze în regim calibrat – pentru a ajusta dimensiunile imaginii pe orizontală și verticală.
2. Curbele Lissajous – imagini “spectaculoase” nu servesc în primul rând la măsurarea frecvențelor, cât în primul rând la aprecierea stabilității generatoarelor sinusoidale de semnal și a defazajelor.

C. Măsurarea frecvenței prin modularea axei Z a tubului catodic (Facultativ)

În acest caz măsurarea frecvenței se poate face prin două metode, însă de fiecare dată se va aplica grilei tubului catodic un semnal dreptunghiular provenit de la un generator calibrat în frecvență, semnal de amplitudine suficientă ca să blocheze fascicolul de electroni în semialternanța negativă a sa – se poate folosi un semnal de amplitudine 5 V.

Pentru a folosi prima metodă se va aplica semnalul de măsurat la intrarea y a osciloscopului și se va regla frecvența f_0 a generatorului de impulsuri până când imaginea pe ecran este staționară – ca în figura 10.

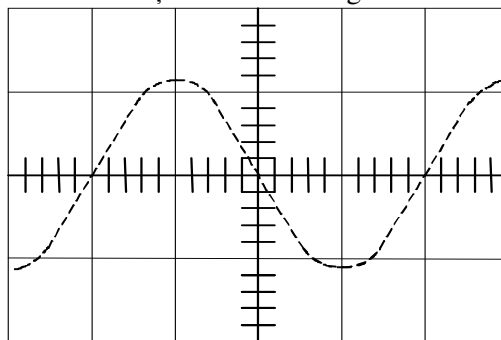


Fig. 10. Măsurarea frecvenței prin modularea axei Z, în modul y(t)

Se notează cu N numărul de întreruperi în decursul unei perioade T a semnalului și se va calcula frecvența de măsurat cu relația :

$$f_x = \frac{f_0}{N}.$$

În cazul celei de-a doua metode se va aplica semnalul de măsurat simultan intrărilor x și y ale osciloscopului, obținându-se pe ecran un cerc (ce constituie figura Lissajous în cazul compunerii a două semnale sinusoidale identice).

Se reglează frecvența generatorului de impulsuri până când imaginea de pe ecran este staționară (fig. 11), valoarea frecvenței de măsurat este dată de aceeași relație :

$$f_x = \frac{f_0}{N}$$

unde N este numărul de întreruperi

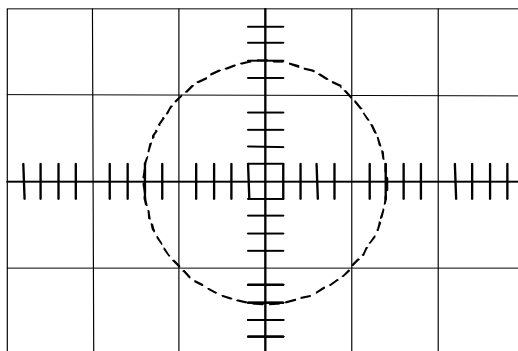


Fig. 11. Măsurarea frecvenței prin modularea axei Z , în modul x - y

D. Măsurarea defazajului cu ajutorul figurilor Lissajous

Fie două semnale sinusoidale de aceeași frecvență ce se vor aplica intrărilor x și y ale osciloscopului :

$$\begin{cases} u_x = U_x \sqrt{2} \sin \omega t \\ u_y = U_y \sqrt{2} \sin (\omega t - \varphi) \end{cases} \quad (6)$$

Ca urmare fascicolul de electroni va fi supus acțiunii a două oscilații perpendiculare :

$$\begin{cases} x = X_{\max} \sin \omega t \\ y = Y_{\max} \sin (\omega t - \varphi) \end{cases} \quad (7)$$

Compunerea acestor două oscilații, determină un loc geometric pe ecran, a cărei ecuație se poate scrie prin eliminarea parametrului t între cele două oscilații :

$$\frac{y^2}{Y^2} - \frac{2xy}{XY} \cos \varphi + \frac{x^2}{X^2} = \sin^2 \varphi \quad (8)$$

Relația de mai sus indică ecuația unei elipse cu semiaxele înclinate oblic față de orizontala ecranului. Pentru a simplifica citirea defazajului se va încadra elipsa într-un pătrat delimitat de liniile orizontale și verticale ale rastrului ecranului folosind următoarele reglaje :

- se întrerupe canalul x și se reglează din comutatorul V/div și $VARIABLE$, până când imaginea se încadrează pe verticală între cele două laturi orizontale ale pătratului, amplitudinea oscilației pe verticală este $Y = A$;
- se întrerupe canalul y și se execută același reglaj pe orizontală obținând $X=A$.

În acest moment se deblochează ambele canale și pe ecran se va observa elipsa încadrată tangent la pătratul de latură $2A$.

Deoarece $X = Y = A$ ecuația devine :

$$y^2 - 2xy \cos \varphi + x^2 = A^2 \sin^2 \varphi.$$

Pentru a găsi defazajul procedăm în două moduri :"

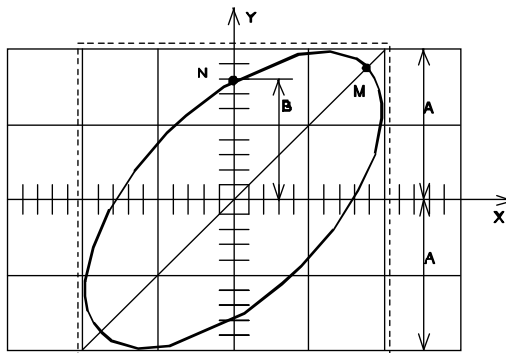


Fig. 12. Măsurarea defazajului în modul x-y

a) Se observă că pentru $x = 0$ se obține : $Y = A \sin \varphi$, sau notând cu B ordonata punctului N se obține :

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{B}{A} \right).$$

Cazurile particulare se obțin :

- 1) pentru $\varphi = 0^\circ$; $\varphi = 360^\circ$; $y = x$ - prima bisectoare;
- 2) pentru $\varphi = 180^\circ$ $y = -x$ - a doua bisectoare

3) pentru $\varphi = 90^\circ; 270^\circ$ $y^2 + x^2 = A^2$ – un cerc.

OBSERVAȚII

Prin această metodă defazajul se obține numai ca mărime nu ca și semn și observând modul în care se deformează elipsa ; dacă defazajul total a crescut rezultă că defazajul este de același semn cu cel introdus, iar dacă defazajul total scade, defazajul inițial este de semn contrar cu cel introdus.

b) Notăm cu M punctul de intersecție dintre elipsă și prima bisectoare a ecranului dată de ecuația $y = x$. Intersectând deci ecuația elipsei cu cea a primei bisectoare se obține :

$$2x^2 - 2x^2 \cos \varphi + x^2 = A^2 \sin^2 \varphi \quad (9)$$

din care rezultă abscisa punctului M :

$$x = A \cos \frac{\varphi}{2} \quad (10)$$

și ordonata :

$$y = x = A \cos \frac{\varphi}{2} \quad (11)$$

și distanța $\overline{OM}$ este dată de relația :

$$\overline{OM} = A \sqrt{2} \cos \frac{\varphi}{2} \quad (12)$$

Astfel prima bisectoare poate fi etalonată în grade electronice, ca diagonala unui pătrat cu latura A și în punctul de intersecție a elipsei cu prima bisectoare se va citi direct valoarea defazajului :

$$\varphi = 2 \arccos \frac{\overline{OM}}{A\sqrt{2}} \quad (13)$$

OBSERVAȚIE :

Sunt valabile aceleași considerații privitor la semnul defazajului.

E. Schema de montaj. Aparatura necesară

Se execută montajul din figura 13 în care defazajul este realizat dintr-un grup RC, având fie R variabil, fie C variabil.

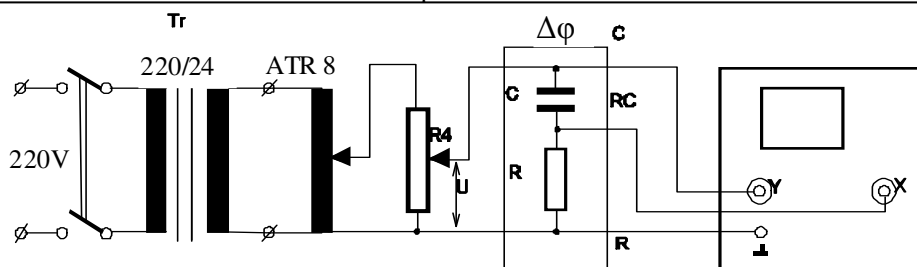


Fig. 13 Schema de montaj pentru măsurarea defazajelor.

În figura 14 este reprezentată diagrama fazorială a tensiunilor U_X și U_Y aplicate intrărilor x și y ale osciloscopului, defazate cu unghiul φ .

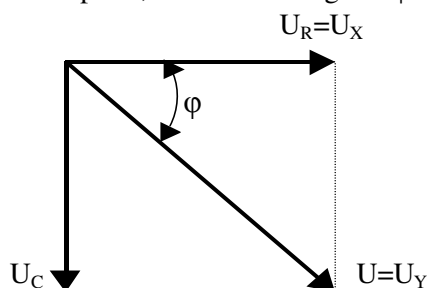


Fig. 14 Diagrama fazorială a tensiunilor U_X și U_Y

Aparatura necesară :

K - întrerupător bipolar;

T₂- transformator de 220/24 V;

ATR8 – autotransformator 8 A;

$\Delta\varphi$ – defazor, format dintr-un grup RC;

R_h – reostat de laborator 180 240 Ω

F. Modul de lucru

- Se aleg coeficienții de deviație pe verticală și orizontală de 1 V/div;
- Din cursorul autotransformatorului și a reostatului R_h se reglează o tensiune de (2 – 3) V;
- Cu intrarea “Y” liberă, pe orizontală va apărea un segment orizontal de mărime x, care se poziționează până se întinde pe un număr întreg de diviziuni. Se conectează intrarea “y” și se reglează din comutatorul VARIABLE până când elipsa ce apare pe ecran va fi încadrată într-un pătrat.
- Se determină defazajul după metodele a) și b) expuse mai sus pentru limitele extreme de reglaj a rezistenței R (sau a capacității C) și pentru două valori intermediare.

Osciloscopul cu două canale

- Se realizează o mască de forma unui pătrat cu latura $A = 8 \text{ div.}$ și se gradează în grade electrice diagonala pătratului (prima bisectoare) după relația :

$$\overline{OM} = A\sqrt{2} \cos \frac{\varphi}{2}$$

Datele se trec în tabelul 1.

Nr. crt.	$\varphi [^\circ]$	$\cos (\varphi/2)$	A [mm]	OM [mm]
1	0			
2	10			
	...			
	90			

Tabelul 1

2. OSCILOSCOPUL CU DOUĂ BAZE DE TIMP

2.1. Considerații generale

Un osciloscop modern are posibilități de baleiere a imaginii prin intermediul a două baze de timp. În concordanță cu osciloscopul vom nota cu A – baza de timp principală (bază de întârziere) și B - baza de timp secundară (bază întârziată). Sunt practicabile următoarele moduri de lucru :

A – în care baleierea imaginii se produce de către baza de timp A (modul obișnuit – studiat);

A intensificat de B – modul în care deflexia se face de către baza de timp A și o porțiune a imaginii este intensificată prin intermediul bazei de timp B – care nu contribuie la deflexie ci polarizează grila Wehnelt a tubului catodic și astfel intensitatea spotului de electroni va fi mai puternică;

B întârziat – este modul în care deflexia se face de către baza de timp B care este însă declanșată cu întârziere de către baza de timp A;

A + B – este modul în care imaginea se deflectă prin intermediul ambelor baze de timp, cu coeficienți de deflexie diferiți – astfel încât o porțiune de imagine (deflectată de baza de timp B) este mai detaliată. E ceea ce se spune că s-a introdus “lupa de timp”.

În continuare se va explica mecanismul de funcționare a două moduri de lucru :

A intensificat de B.

Se consideră pentru început baza de timp B pe poziția AUTO.

În figura 15 a) sunt reprezentate prin **1** un tren de impulsuri A, B, C, D aplicate intrării “y”, prin **2**, impulsurile de sincronizare.

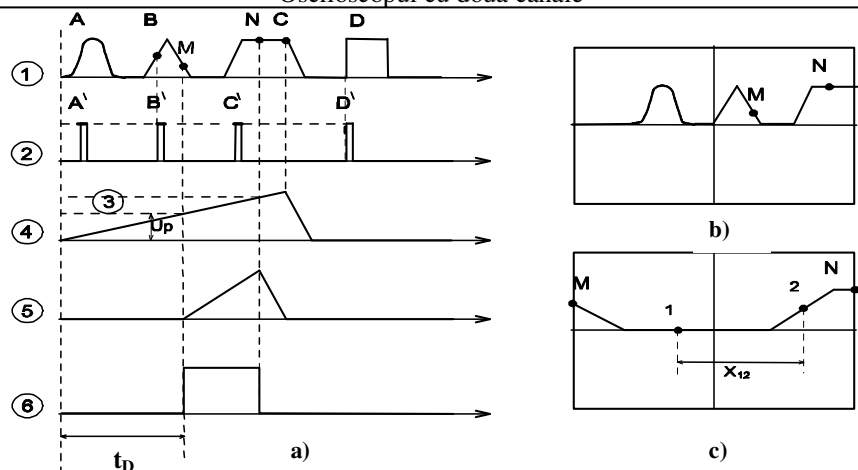


Fig. 15. Diagrame de semnale ale bazei de timp principală A și secundară B

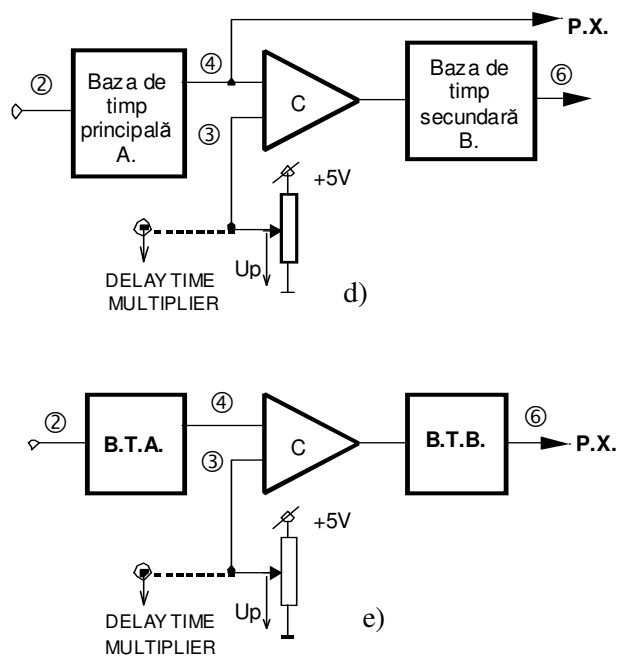


Fig. 16. Schema de principiu pentru modulele A intensificat de B d) și B întârziat e)

Baza de timp A, semnalul 4, se aplică unui comparator de intrare C (fig.16 d). Celelalte intrări a comparatorului i se aplică o tensiune continuă U_p , 2, reglabilă de pe panou de la butonul de tip micrometric, notat DELAY TIME

MULTIPLIER (Reglarea timpului de întârziere). În momentul în care rampa dintelui de fierăstrău **4** atinge nivelul U_p , comparatorul C basculează și declanșează baza de timp B, care furnizează impulsul dreptunghiular **6** ce se aplică grilei Wehnelt a tubului catodic, poziționând-o, astfel încât va avea loc o emisie suplimentară de electroni și imaginea apare intensificată. În figura 15 b) s-a reprezentat imaginea pe ecran în acord cu formele de undă din figură

Baza de timp A se aplică plăcilor P_x și produce deflexia pe orizontală.

De remarcat că baza de timp B, deci și porțiunea intensificată, sunt declanșate cu întârziere dată de timpul t_D – din figură. Se remarcă proporționalitatea dintre timpul t_i și tensiunea U_p . Deci întârzierea este reglabilă din butonul DELAY TIME MULTIPLIER, a cărui diviziuni au semnificația de (cm) (deoarece timpul reprezintă o dimensiune orizontală – și orice dimensiune pe ecran reprezintă lungimi).

Dacă m este valoarea citită pe scara multiplicatorului de întârziere, timpul de întârziere t_D se calculează cu relația :

$$t_D = C_{xTA} m$$

unde C_{xA} este coeficientul de baleiaj al bazei de timp A.

Porțiunea intensificată MN – reprezentată în fig.15 b) este cu atât mai întinsă cu cât coeficientul de baleiaj C_{xB} al bazei de timp B este mai mare, dar nu mai mare decât C_{xA} – deoarece în acest caz toată imaginea ar fi intensificată și fenomenul nu ar fi recunoscut.

Reglând din potențiometrul DELAY TIME MULTIPLIER se modifică timpul de întârziere în mod continuu și porțiunea intensificată “defilează pe ecran”.

Modul de lucru B întârziat:

Acest mod de lucru este ilustrat în figura 15 c în care se remarcă faptul că întârzierea este produsă de baza de timp A și deflexia de baza de timp B. Cum $C_{xTB} < C_{xTA}$ în acest caz imaginea apare detaliată pe ecran – vezi figura 15 c). De remarcat este că tocmai porțiunea MN, în prealabil intensificată a fost în acest caz detaliată. Se spune că s-a introdus lupa de timp pe porțiunea intensificată. Coeficientul de mărire (se referă numai la dimensiunea orizontală) se determină cu relația :

$$M = \frac{C_{xTA}}{C_{xTB}} \quad (14)$$

și un interval de timp între două puncte 1–2 de pe ecran se determină cu relația :

$$t_{12} = C_{xTB} x_{12} \quad (15)$$

OBSERVAȚII

1. Pe poziția TRIGG a bazei de timp B, baza de timp întârziată B se declanșează condiționat de apariția primului impuls de sincronizare, astfel încât reglând continuu din potențiometrul “Multiplicatorului de întârziere” imaginea intensificată nu mai se plimbă pe ecran ci “sare”. Acest mod de lucru se folosește la vizualizarea unor semnale fie instabile, fie cu fronturi abrupte. Sincronizarea se face reglând din butonul NIVEL (LEVEL) al bazei de timp B.
2. Modul de lucru A + B are un mecanism de funcționare asemănător. Un circuit comutator, după trecerea timpului de întârziere reglat, comută plăcilor P_x dinte de fierăstrău al bazei de timp B în locul bazei de timp A, imaginea apărând ca în figura 17, reluând exemplul semnalelor din figura 15 a).

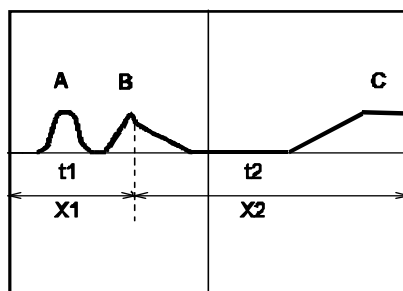


Fig. 17. Modul de lucru A + B

2.2. Măsurarea perioadei folosind două baze de timp

- Inițial osciloscopul are selectată baza de timp A;
- Se aplică la borna “y” un semnal periodic (de exemplu ca în figura 18 a).

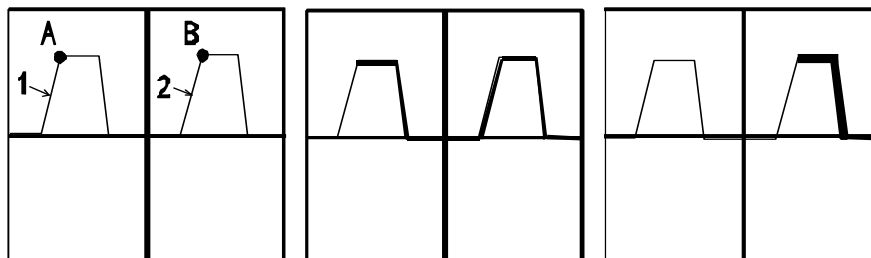


Fig. 18. Măsurarea intervalelor de timp în modul de lucru A int. B

a) Modul de lucru A intensificat de B

Se trece selectorul bazelor de timp pe poziția A intensificat de B. Se reglează din potențiometrul DELAY TIME MULTIPLIER până când începutul porțiunii intensificate coincide cu punctul A de pe frontul 1 al primului impuls. Se notează diviziunea m_1 .

Se reglează în continuare întârzierea până ce începutul porțiunii intensificate coincide cu punctul B de pe frontul 2 al impulsului următor. Se notează diviziunea m_2 .

Perioada se determină cu relația :

$$T = (m_2 - m_1)C_{xTA} \quad (16)$$

unde C_{xTA} este coeficientul de baleiaj al bazei de timp A.

b) Modul de lucru B întârziat

Considerând tot semnalul din figura a) se selectează modul de lucru B întârziat.

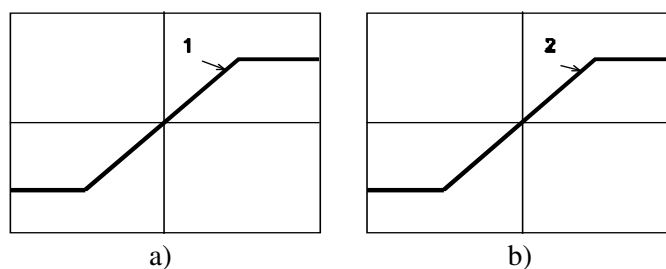


Fig. 19. Măsurarea intervalelor de timp în modul de lucru B întârziat

Se reglează din butonul de întârziere deplasarea imaginii pe ecran până când frontul 1 trece prin centrul ecranului figura 19 a) și se notează diviziunea

m_1 . Se reglează în continuare până ce următorul front 2 trece prin centrul ecranului și se notează diviziunea m_2 .

Perioada se calculează cu relația similară :

$$T = (m_2 - m_1)C_{xTA}. \quad (17)$$

2.3. Erori de măsurare

Pentru ambele cazuri eroarea maximă de determinare este dată de relația :

$$\varepsilon_{max} = \varepsilon_{BT} + \varepsilon_p + \varepsilon_c \quad (18)$$

unde $\varepsilon_{BT} = 3\%$ este eroarea bazei de timp pentru modul de lucru A intensificat de B, și

$$\varepsilon_{BT} = 3\% \frac{C_{xA}}{C_{xB}}$$

- pentru modul de lucru întârziat;

$\varepsilon_p = 0,2\%$ este eroarea de liniaritate a potențiometrului de întârziere;

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{c1} + \varepsilon_{c2} \quad (19)$$

este eroarea de citire având două componente :

$$\varepsilon_{c1} = \frac{2 \Delta}{X_{max}} 100 \quad [\%]; \quad \varepsilon_{c2} = \frac{2 \Delta'}{m_2 - m_1} 100 \quad [\%] \quad (20)$$

unde : $\Delta = 0,05$ cm este eroarea de citire a liniei spotului : $\Delta = 0,05$ div. – este eroarea absolută de apreciere a gradației potențiometrului de întârziere; X_{max} este ecartul ecranului.

Se fac măsurători asupra perioadei pentru semnale de frecvență 1 KHz, 10 KHz, 100 KHz, 1 MHz care se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr crt	A INT. B	B ÎNT.	m_2 [cm]	m_1 [cm]	T [s]	ε_{sr} [%]	ε_{c1} [%]	ε_{c2} [%]	ε_c [%]	ε [%]
	f [KHz]									
1	1									
4	1000	1000								

2.4. Măsurarea duratei impulsurilor

Se procedează analog ca la măsurătorile precedente.

Se ține seama că durata D a impulsului se definește ca intervalul de timp între două puncte de nivel 50 % de pe forma de undă a semnalului (fig. 20).

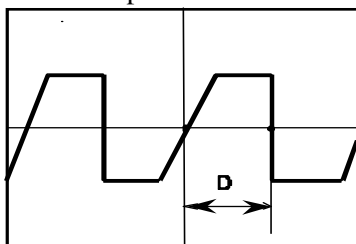


Fig. 20 Măsurarea duratei impulsurilor

Rezultatele măsurătorilor se trec într-un tabel similar în care în coloana a șasea se trece durata D (s).

2.5. Măsurarea defazajului cu ajutorul bazei de timp întârziate

Se execută montajul din figura 13.

Se lucrează pentru început cu baza de timp A . Se aplică tensiunea U_x – canalului A și tensiunea U_y canalului B – alegându-se pentru ambele canale aceiași coeficienți de deflexie pe verticală C_y . Se axează imaginile perfect față de orizontală, mai întâi pentru un canal apoi pentru celălalt canal (fig. 21 a).

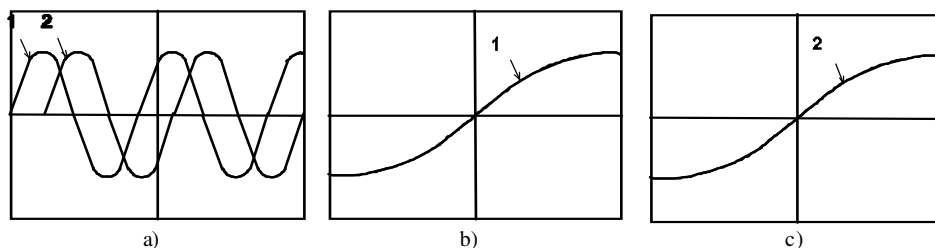


Fig. 21 Măsurarea defazajului cu ajutorul bazei de timp întârziate

Se trece pe poziția B întârziat și se reglează din întârziere până când frontul 1 al primului semnal trece prin centrul ecranului, notându-se gradația m_1 . Apoi se trece frontul 2 al celui de-al doilea semnal prin centrul ecranului notându-se diviziunea m_2 . Dacă T este perioada semnalului defazajul se găsește cu relația :

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} 360^\circ \text{ [grade]} \quad (21)$$

Eroarea de măsurare este :

$$\varepsilon_{\varphi} = 2 E \quad (22)$$

unde ε se determină analog ca la măsurarea perioadei. Se completează tabelul 13.4.

Tabelul 3

Nr. crt.	A int B	B întâr- ziat	m ₂ [cm]	m ₁ [cm]	T [s]	φ° [°]	ε _{c1} [%]	ε _{c2} [%]	ε _{BT} [%]	ε [%]
	f [KHz]									
	1									
	1000	1000								

2.6. Măsurarea gradului de modulație a semnalelor modulate în amplitudine

Gradul de modulație a semnalelor modulate în amplitudine se definește în acord cu figura 22 prin relația :

$$m_{mA} = \frac{A - B}{A + B} \quad (23)$$

unde A și B reprezintă amplitudinea maximă, respectiv minimă a semnalului.

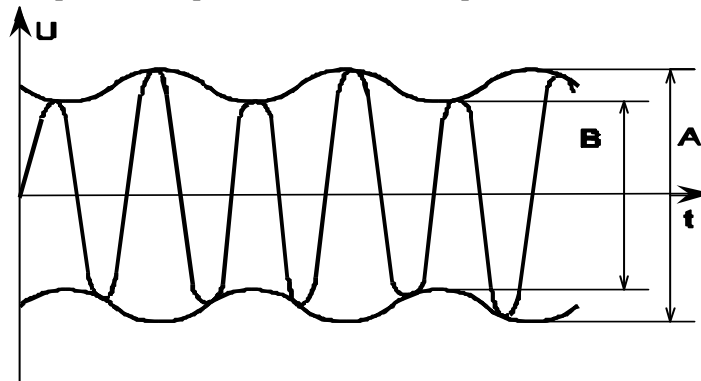


Fig. 22. Semnal modulat în amplitudine

MODUL DE LUCRU. APARATURA FOLOSITĂ.

Se execută montajul din figura 23 în care E reprezintă o sursă de tensiune continuă (tip MULTISTAB), C.M.A. –circuit de modulare în amplitudine.

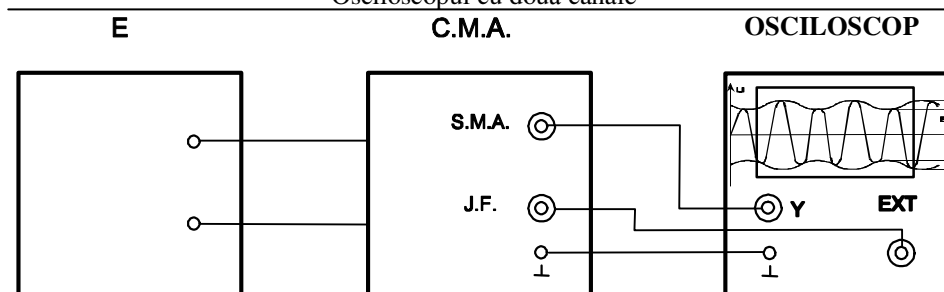


Fig. 23. Montaj pentru măsurarea gradului de modulație

Semnalul modulat în amplitudine SMA se aplică bornei “y” și semnalul de modulator de joasă frecvență se consideră semnal sursă de sincronizare – care se aplică bornei de sincronizare EXT. Sincronizarea se realizează rotind la nevoie din butonul NIVEL.

2.7. Măsurarea puterii active cu ajutorul osciloscopului catodic (Facultativ)

A) Metoda directă

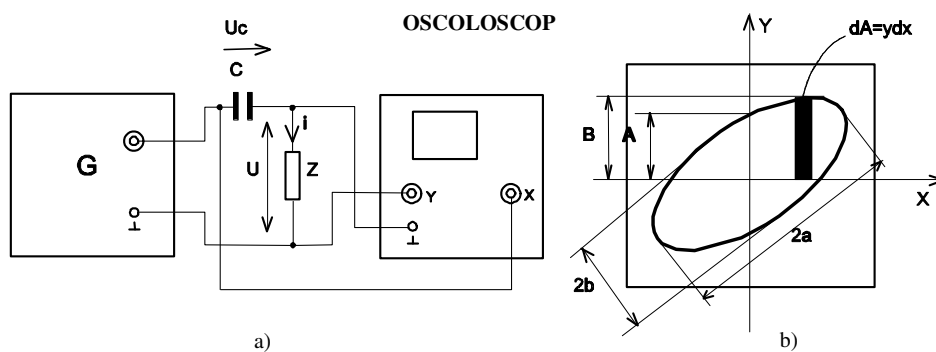


Fig. 24. Montaj pentru măsurarea puterii active

Se execută montajul din figura 24 a) în care:

- G este un generator de semnal sinusoidal;
- Z un receptor (RLC, RL, RC, R);
- C o capacitate aleasa astfel încât :

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \ll Z$$

pentru $f = 100 \text{ KHz}$ se poate lua $C = 100 \text{ nF} - 1 \text{ }\mu\text{F}$ cele două tensiuni U_c și U aplicate plăcilor P_x și P_y , având aceeași frecvență, pe ecranul osciloscopului apare o elipsă (fig.24 b).

Aria elipsei se poate scrie :

$$A = \int dA = \int y dx \quad (24)$$

Dar :

$$y = \frac{U}{C_y} \quad x = \frac{U_c}{C_x} \quad (25)$$

unde C_y și C_x sunt coeficienți de deviație pe verticală și orizontală (V/cm).

Rezultă :

$$dx = \frac{dU_c}{C_x} = \frac{1}{C C_x} i dt$$

și deci aria elipsei se scrie :

$$A = \frac{1}{C_y} \frac{1}{C_x} \frac{1}{C} \int u i dt = \frac{1}{C} \frac{1}{C_y} \frac{1}{C_x} T \left(\frac{1}{T} \int u i dt \right) = \frac{1}{C f} \frac{1}{C_y C_x} P \quad (26)$$

De unde rezultă puterea activă :

$$P = C f C_y C_x A \quad (27)$$

Dar :

$$A = \pi ab$$

unde a și b sunt semiaxele elipsei.

Deci :

$$P = \pi ab C_y C_x C_f \quad (28)$$

și factorul de putere al circuitului :

$$\cos \varphi = \left(1 - \frac{A^2}{B^2} \right)^{1/2} \quad (29)$$

B) Metoda de substituție

La unghiuri de defazaj mari suprafața elipsei este foarte mică și precizia metodei scade. În figura 25 se indică un montaj de precizie mare, în care față de montajul precedent se montează un circuit paralel $R_m - C_m$ - reglabile din două

Osciloscopul cu două canale

cutii decadică de rezistență și capacitate prin legarea în paralel a celor trei elemente de circuit : $R = 1 \text{ k}\Omega$; $L = 0,25 \div 0,5 \text{ H}$; $C = 10 \div 1000 \text{ nF}$.

Frecvențele de lucru se vor lua : 1 KHz, 10 KHz, 100 KHz.

Aparatura folosită :

- G – generator de semnal;
- C – condensator fix $C = 1 \mu\text{F} \div 100 \text{ nF}$;
- C_m – cutie decadică de capacitate $0 \div 10^5 \text{ ohmi}$;
- K – întrerupător cu două poziții.

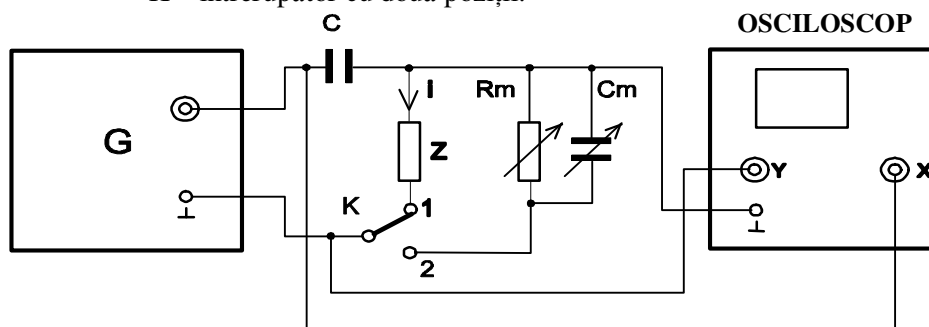


Fig. 25. Montaj pentru măsurarea puterii active prin metoda de substituție

- La început întrerupătorul bipolar se închide pe poziția 1, obținându-se o elipsă pentru care se reține forma și mărimea descriindu-se pe o hârtie de ozalid aplicată pe ecran.
- Se trece K pe poziția 2 și se variază R_m și C_m până când pe ecranul osciloscopului se obține o elipsă identică cu prima. În această situație puterea activă va fi :

$$P = U^2 / R_m \quad (30)$$

unde U este tensiunea aplicată plăcilor de deflexie pe verticală. Conform figurii 24 b :

$$U = \frac{B}{\sqrt{2}} C_y$$

În mod analog :

$$\cos \varphi = (1 - \frac{A^2}{B^2})^{1/2}$$

C. Modul de lucru

Se va măsura puterea activă a unui receptor R, RL, RC, RLC;

Se execută montajele din figurile 24 și 25.

Rezultatele măsurărilor se trec în tabelele de mai jos :

Osciloscopul cu doua canale

Tabelul 4

Nr crt	Z	C _y [V/cm]	C _{yx} [V/cm]	a cm	b cm	C [F]	A cm	B cm	A cm ²	P [w]	cos φ
	R RC RL RLC										

și pentru metoda de substituție :

Tabelul 5

Nr crt	Z	C _y V/cm	C _{yx} V/cm	R _m [Ω]	C _m [F]	A cm	B cm	U' [V]	P' [w]	cos φ	i [A]
	R RC RL RLC										

OBSERVAȚII

1. Curentul I absorbit de impedanța Z se determină cu relația :

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

2. Metoda a doua deși mai precisă se aplică direct circuitelor Z cu caracter capacitiv. Pentru circuite Z – inductive, axele elipsei trebuiesc rotite cu 90° înainte de a trece comutatorul pe poziția 2, după care se procedează analog.

3. OBSERVAȚII. CONCLUZII

Se vor face comparații între : performanțele și caracteristicile osciloscopelor cu care s-a lucrat; precizia măsurării; posibilitățile de măsură.