

Lucrarea 10

Osciloscopul

1. Obiectivul Lucrării

Lucrarea are drept scop deprinderea utilizării corecte a osciloscopului din punct de vedere al conectării în circuit, citirii și prelucrării informațiilor de măsurare.

2. Principii Teoretice

Osciloscopul este cel mai utilizat aparat electronic, având o multitudine de funcții de măsură a parametrilor semnalelor electrice.

La osciloscopul cu tub catodic, purtătorul de informație este fasciculul de electroni care este modulat în intensitate și deviat între două perechi de plăci de deflexie pe orizontală (plăcile P_x) și pe verticală (plăcile P_y). Caracteristica de ieșire în sensul general este curba desenată de fasciculul de electroni pe ecran. Aceasta poate fi privită analitic, descrisă de ecuația:

$$y = y(x) \quad (1)$$

și se obține în urma aplicării a două semnale $y(t)$, respectiv $x(t)$ plăcilor de deflexie pe verticală P_y (figura 1), respectiv plăcilor de deflexie pe orizontală P_x .

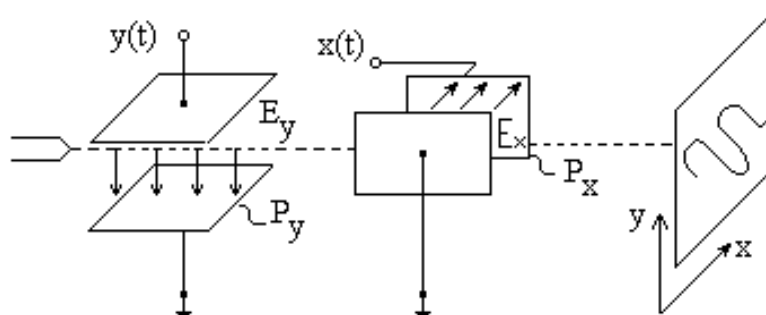


Fig. 1 Tubul catodic - schema de principiu

Spotul de electroni va fi deviat de câmpurile electrice E_x și E_y create între plăci. Urma luminoasă lăsată de spot pe ecran reprezintă în coordonate x - y la o scară dată, tocmai curba $y(x)$ analitic obținută prin eliminarea timpului dintre ecuațiile parametrice ale semnalelor $x(t)$, respectiv $y(t)$.

Regimul de funcționare cel mai utilizat al unui osciloscop este regimul y - t , adică reprezentarea semnalului $y(t)$ după evoluția lui în timp; deci pe verticala ecranului este vizualizată amplitudinea semnalului, iar pe orizontală este reprezentată axa timpului.

Prin urmare, axa x trebuie transformată într-o axă de timp, iar axa y într-o axă de tensiune.

Dacă plăcilor de deflexie pe orizontală ale osciloscopului li se aplică un semnal linear variabil în timp (figura 2), care este descris de ecuația:

$$x(t)=t \quad (2)$$

atunci pe ecranul osciloscopului apare semnalul:

$$y=y(x)=y(t) \quad (3)$$

Semnalul bază de timp = dinte de fierăstrău:

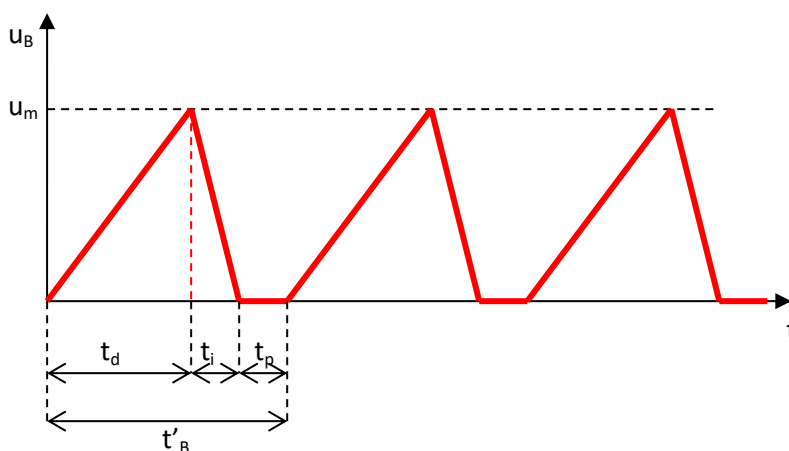


Fig. 2 Semnalul generat de baza de timp

- $t_d \rightarrow$ durata cursei directe \rightarrow are loc o baleiere completă a ecranului de la stânga la dreapta cu viteză constantă a spotului de e^-
- $t_i \rightarrow$ durata cursei inverse \rightarrow întoarcerea spotului (în realitate este stins)
- $t_p \rightarrow$ durata pauzei \rightarrow fascicolul de e^- este blocat în stânga
- $u_m \rightarrow$ este o valoare constantă pentru un osciloscop dat

Semnalul în dinte de fierăstrău prezentat în figura 2 se numește semnal bază de timp și se obține prin intermediul unui integrator Miller.

De remarcat că vizualizarea unei imagini pe ecranul osciloscopului este condiționată de fenomenul de remanență a stratului de fosfor depus pe ecran - remanență care se referă la păstrarea urmei lăsată de spot atunci când el se deplasează spre dreapta cel puțin până la următoarea revenire în stânga ecranului.

Fenomenul de remanență numit și persistență constă în proprietatea fosforului de a emite radiații în spectrul vizibil, după impactul cu fascicolul de electroni.

Durata persistenței la osciloscoapele obișnuite este de ordinul micro - mili - secundelor.

Spotul de electroni, modulat în interiorul plăcilor Py este deflectat pe durata unui dinte de fierăstrău de la stânga spre dreapta pe lățimea unui ecran întreg. Pentru a putea urmări evoluția unui semnal în timp, este important ca urma lăsată pe durata celui de al doilea dinte de fierăstrău să se suprapună peste urma lăsată pe durata primului dinte de fierăstrău ș.a.m.d., obținând o imagine stabilă pe ecran. Acest lucru se realizează dacă baza de timp este sincronizată. Există două posibilități de sincronizare a bazei de timp cunoscute sub numele: baza de timp automată (autooscilantă) pe poziția AUTO a comutatorului de sincronizare și baza de timp declanșată, selectabilă pe poziția TRIGG (DECLANȘAT) a comutatorului de sincronizare.

În cazul bazei de timp declanșate, când se aplică un semnal la intrarea osciloscopului, circuitul de intrare furnizează la ieșire impulsuri dreptunghiulare, numite impulsuri de sincronizare, care declanșează baza de timp. Fronturile impulsurilor de sincronizare sunt sincrone cu anumite puncte de pe forma de undă a semnalului care se găsesc la același nivel de tensiune reglabil din potențiometru NIVEL (LEVEL) numit în sens propriu potențiometru de sincronizare.

În cazul bazei de timp automate, în absența semnalului de intrare, un oscilator interior (multivibrator) furnizează impulsuri dreptunghiulare care sunt integrate de integratorul Miller, deci semnalul dinte de fierăstrău este în regim „autooscilant”. În acest caz, pe ecranul osciloscopului apare o linie orizontală numită trasă, care reprezintă urma lăsată de defilarea spotului de electroni pe ecran.

În prezența semnalului de vizualizat, multivibratorul se comportă ca un monostabil declanșat de impulsurile de sincronizare și furnizează impulsurile dreptunghiulare.

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 3 în care ambele canale sunt identice, având fiecare modulele: atenuator, preamplificator, amplificator de deflexie, linie de întârziere. 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 .

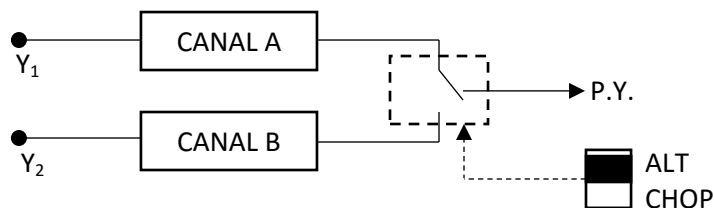


Fig. 3 Modul de comutare ale canalelor

➤ Modul de lucru ALTERNAT este ilustrat în figura 4. 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 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.

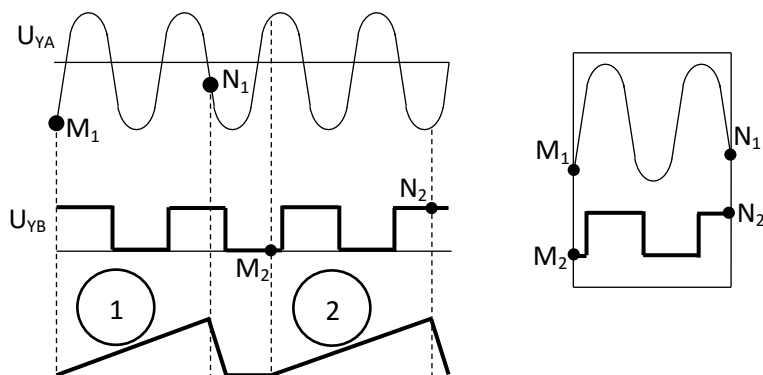


Fig. 4 Modul de lucru alternat

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 5, 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 5.b (semnalele sunt chopate - fragmentate), iar datorită frecvenței de comutare ridicate între canale liniile trasate pe ecran par neîntrerupte.

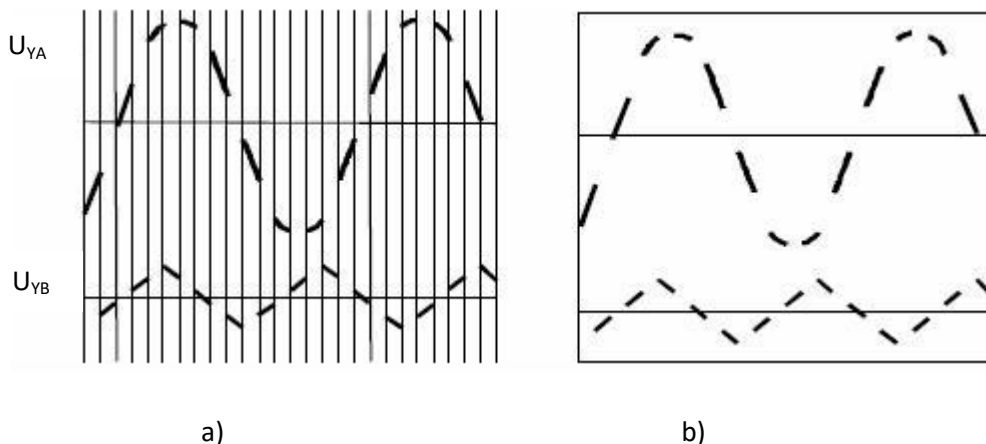


Fig. 5 Modul de lucru CHOPPAT

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 formele de undă sunt 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. ...

Oscilosoapele cu două canale au posibilitatea sincronizării bazei de timp cu impulsurile de sincronizare provenite de la semnalul aplicat canalului A, de la cel aplicat canalului B sau de la ambele canale. De asemenea, oscilosoapele moderne permit sincronizarea bazei de timp și cu alte semnale în afară de cel aplicat intrării “Y”. Aceste semnale se numesc, relativ la baza de timp - surse de sincronizare și pot declanșa baza de timp direct sau după ce în prealabil a fost filtrat.

Toate aceste surse de sincronizare și moduri de cuplare sunt selectabile de pe panoul frontal al osciloscopului în funcție de pozițiile comutatoarelor sau din meniu, astfel (pentru osciloscopul Hameg HM 303-6):

- “INT” - corespunde sincronizării cu semnalul de vizualizat - poziție uzual folosită;
- “50 Hz” sau “LINE” - 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.);
- “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 ca fiind semnalul purtător;
- “DC” - declanșarea bazei de timp se face de către semnalul direct;
- “AC” - semnalul de sursă de sincronizare a fost trecut printr-un condensator (deci fără componenta de c.c.);

- “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;
- “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;
- “TV” – se utilizează pentru vizualizarea semnalelor video. Acest lucru este posibil datorita separatorului activ TV Sync încorporat care asigură separarea impulsurilor de sincronizare din semnalul video.

Un osciloscop modern are posibilități de baleiere a imaginii prin intermediul a două baze de timp. 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 poziționează 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. Spunem că s-a introdus "lupa de timp".

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

a) A intensificat de B.

Se consideră pentru început baza de timp B pe poziția AUTO. În figura 6 a) sunt reprezentate printr-un tren de impulsuri A, B, C, D semnalele aplicate intrării "y", prin canalul 2, impulsurile de sincronizare.

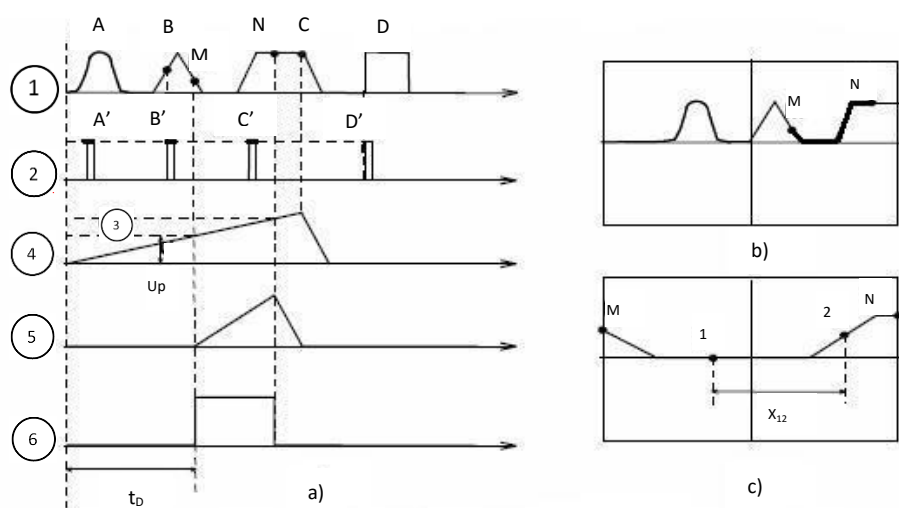


Fig. 6 Diagrame de semnale ale bazei de timp principală A și secundare B (a), imaginile obținute pe ecran în cazurile A intensificat de B (b) și B întârziat (c)

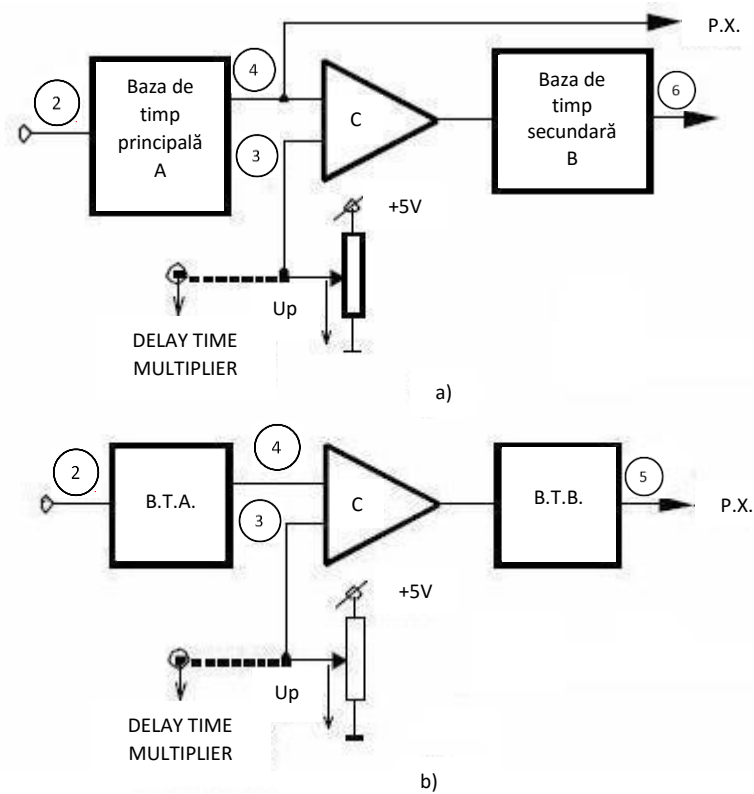


Fig. 7 Schema de principiu pentru modul A intensificat de B (a) și B întârziat (b)

Baza de timp A, semnalul 4 , se aplică unui comparator de intrare C (figura 7 a)). 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 6 b) s-a reprezentat imaginea pe ecran în acord cu formele de undă din figura 6 a).

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 de întârziere t_i . 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_i se calculează cu relația :

$$t_i = C_{xA}m \quad (4)$$

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

Porțiunea intensificată MN- reprezentată în figura 6 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".

b) Modul de lucru cu B întârziat

Acest mod de lucru este ilustrat în figura 6 c) în care se remarcă faptul că întârzierea este produsă de baza de timp A și deflexia de baza de timp B. Cum $C_{xB} < C_{xA}$ în acest caz imaginea apare detaliată pe ecran (vezi figura 6 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 :

$$M = \frac{C_{xA}}{C_{xB}} \quad (5)$$

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

$$t_{12} = C_{xB} X_{12} \quad (6)$$

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 8, reluând exemplul semnalelor din figura 6 a).

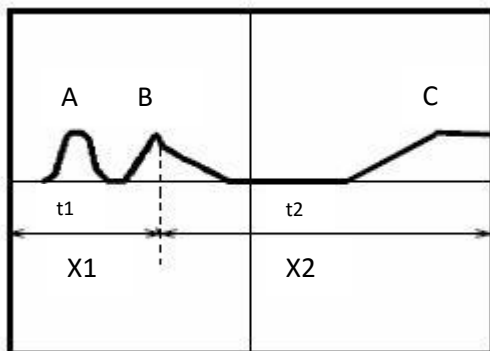


Fig. 8 Modul de lucru A + B

3. Studiul osciloscopului HM 303-6

Osciloscopul HM 303-6 permite examinarea tensiunilor și a majorității semnalelor repetitive în domeniul de frecvență până la 35 MHz (-3 dB).

Osciloscopul HM 303-6 are trei moduri de lucru:

- Y-t;
- X-Y;
- testarea componentelor.

Principalele caracteristici tehnice ale osciloscopului și panoul frontal al acestuia sunt prezentate în figura 9. Elementele ce apar pe panoul frontal al osciloscopului sunt prezentate în tabelul 1.

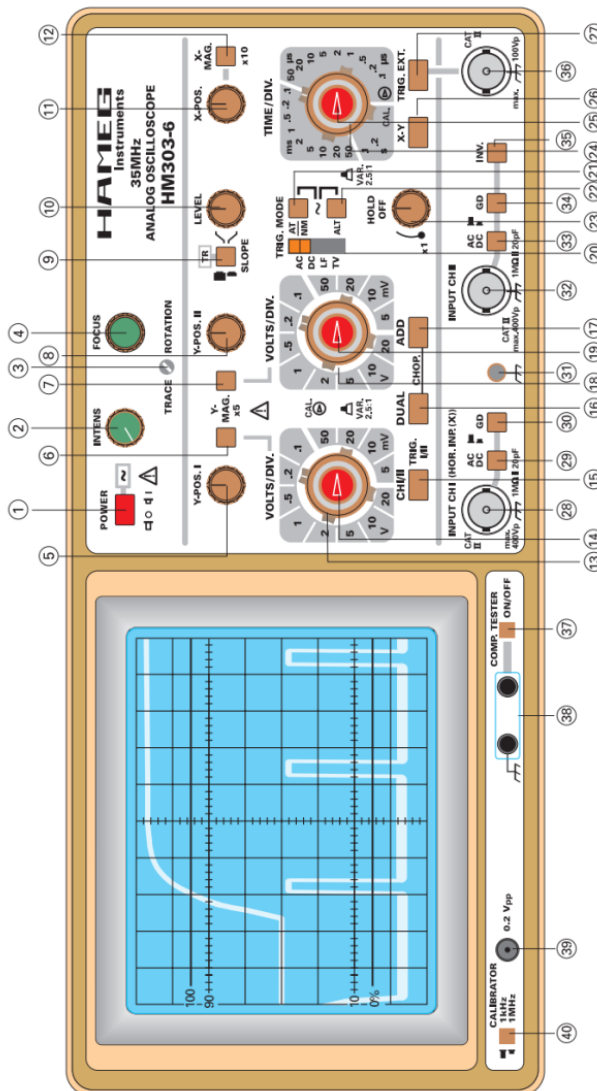


Fig. 9 Panoul frontal al osciloscopului HM 303-6

Tabelul 1.

1. Buton Pornit/Oprit	11 Buton reglare semnalul 1 și 2 pe axa X	21. Selector trigger automat sau manual	31. Conector potențial de referință (legat la pământ)
2. Buton reglare intensitate luminoasă	12. Buton mărire sensibilitate axa X (semnalul 1 și 2)	22. Reglare trigger în modul ALTERNAT	32. Intrare semnal canal 2
3. Potențiomtru pentru compensarea câmpului magnetic al pământului	13. Selector scală VOLTS/DIV semnalul 1	23. Buton control vizualizare semnal	33. Selector AC/DC
4. Buton reglare focus imagine	14. Reglaj factor de atenuare semnalul 1	24. Selector scală TIME/DIV	34. Semnal deconectat/conectat – canal 2
5. Buton reglare semnalul 1 pe axa Y	15. Selector canale citire CH I sau CH II	25. Reglaj variabilă bază de timp	35. Buton inversare semnal canalul 2
6. Buton mărire sensibilitate axa Y (semnalul 1)	16. Buton neapăsat – reprezentarea unui canal Buton apăsat – reprezentare ambele canale în modul ALTERNAT	26. Buton selector mod de lucru X-Y	36. Trigger extern
7. Buton mărire sensibilitate axa Y (semnalul 2)	17. Buton însumare semnale (1+2)	27. Selector sursă trigger (extern/intern)	37. Selector mod testare
8. Buton reglare semnalul 2 pe axa Y	18. Selector scală VOLTS/DIV semnalul 2	28. Intrare semnal canal 1	38. Conector componente pentru testare
9. Selector pantă a semnalului trigger	19. Reglaj factor de atenuare semnalul 2	29. Selector AC/DC	39. Calibrator
10. Buton reglare nivel trigger	20. Selector trigger AC-DC-LF-TV DC: AC: 10Hz-100MHz. DC:DC-100MHz. LF: DC-1.5kHz. TV: Trigger pentru ferestre	30. Semnal deconectat/conectat – canal 1	40. Selector frecvență calibrator

3.1 Reglaje preliminare. Calibrarea osciloscopului

Reglajele de ASTIGMATISM și FOCALIZARE: Reglajul de astigmatism este realizat de către producător.

Pentru reglajul de focalizare se aduce comutatorul „timp/div ” pe poziția „X” în care baza de timp este decuplată, prin apăsarea butonului X-Y (26). Dacă nu se aplică semnal la niciuna din intrările osciloscopului, pe ecranul osciloscopului apare un punct care poate fi deformat, dar simetric față de centru (figurii 10 (a)).

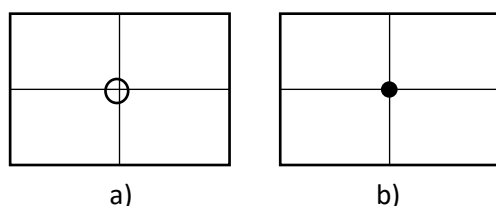


Fig. 10 Reglajul de focalizare

Din reglajul FOCALIZARE (potențiometrul 4 în figura 9) punctul se reduce la dimensiuni cât mai mici (figura 10 (b)).

Reglajul LUMINOZITATE (BRILL) trebuie făcut cu atenție deoarece un impact puternic de electroni pe ecran poate produce arderea luminoforului .

Reglajul POSITION (verticală sau orizontală) constă în modificarea componentei de c.c. a amplificatorului de deflexie pe verticală respectiv pe orizontală. Servește la încadrarea corectă a imaginii pe ecran.

Calibrarea pe verticală și orizontală se aplică la intrarea „Y” semnalului preluat de la calibratorul intern. Intrarea „Y” se selectează pe poziția c.a. - în care componenta de c.c. a semnalului este rejectată. Pe ecran apare un semnal dreptunghiular cu coeficient de umplere 0,5.

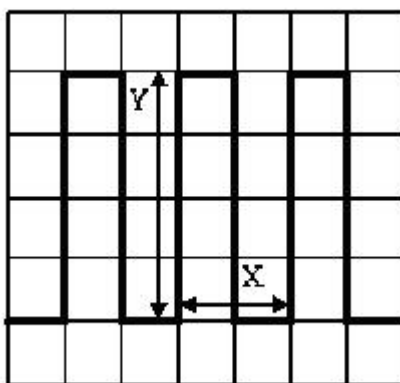


Fig. 11 Semnalul furnizat de generatorul calibrat

În figura 11 s-a reprezentat imaginea pe ecran pentru un coeficient de deflexie pe verticală ales $C_y = 50 \text{ mV/div}$ și un coeficient de baleaj ales $C_{xT} = 0,5 \text{ ms/div}$. Osciloscopul este calibrat pe verticală dacă amplitudinea semnalului determinată prin relația:

$$U = C_y Y \quad (7)$$

este 0,2 V. În caz contrar se reglează din potențiometrul de etalonare CAL.

Calibrarea pe orizontală este realizată dacă perioada T a semnalului, determinată cu relația:

$$T = C_{xT} \times \quad (8)$$

este de 1ms când frecvența semnalului de calibrare este de 1KHz, și 0,5ps/div când frecvența semnalului de calibrare este de 1MHz.

OBSERVAȚIE IMPORTANTĂ: Numai după verificarea calibrării osciloscopului pe orizontală și pe verticală coeficienții de deflexie C_y și C_{xT} coincid cu cei inscripționați pe scările comutatoarelor V/div respectiv Timp/cm și numai din acest moment se pot face corect măsurători de tensiuni și intervale de timp.

3.2 Compensarea sondei divizoare 1:10

O sondă divizoare în raportul 1/10 are schema principală din figura 12:

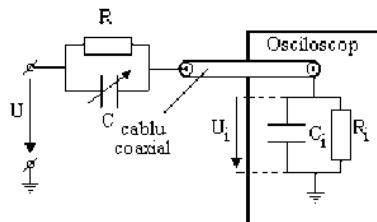


Fig. 12 Sondă de osciloscop cu atenuare

Sonda realizează o divizare a tensiunii U în raportul:

$$m = \frac{U}{U_i} = \frac{Z + Z_i}{Z_i} = 1 + \frac{Z}{Z_i} \quad (9)$$

unde:

$$Z = \frac{R \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{1 + j\omega CR} \quad (10)$$

și:

$$Z_i = \frac{R_i}{1 + j\omega CR} \quad (11)$$

deci:

$$m = 1 + \frac{R}{R_i} \frac{1 + j\omega C_i R_i}{1 + j\omega CR} \quad (12)$$

Se observă că m este un număr complex, deci un semnal de intrare suferă o modificare a spectrului de frecvență la ieșirea din sondă. Pentru ca spectrul de frecvență al semnalului să rămână intact - deci semnalul să nu suporte decât o atenuare - este necesar să se îndeplinească condiția:

$$R_i C_i = RC \quad (13)$$

numită condiție de compensare. În acest caz raportul de atenuare este un număr real:

$$m = 1 + \frac{R}{R_i} \quad (14)$$

Cum din fabricație R_i se impune de valoare $1M\Omega$ rezultă că sondele de atenuare 1/10 au rezistența $R = 9M\Omega$

Capacitatea C_i a osciloscopului nu poate fi menținută la valoare constantă - chiar pentru același tip de osciloscop. Din acest motiv este necesar un reglaj numit de compensare al capului divizor de tensiune 1/10 - prin reglarea capacității C a condensatorului tip trimmer din interiorul sondei. Verificarea compensării sondei se face aplicând semnalul de calibrare prin sondă. În figura 13 sunt prezentate trei tipuri de imagini posibile:

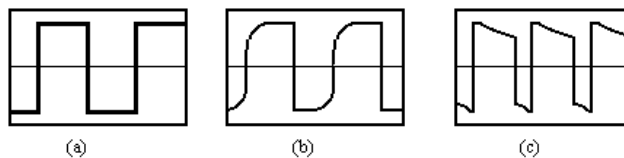


Fig. 13 Imaginea poate fi afectată dacă sonda nu este compensată corect

- imaginea (a) corespunde sondei compensate;
- imaginea (b) corespunde sondei subcompensate;
- imaginea (c) corespunde sondei supracompensate.

OBSERVAȚIE:

Prin reglajul capacității trimmerului C din capul divizor are loc în același timp o compensare și a capacității parazite introduse de cablul coaxial al sondei.

3.3 Reglajul de magnitudine

Aceste reglaje se referă la modificarea (micșorarea) în raportul 1/10 a coeficientului de baleiaj C_{XT} cu butonul „X-MAG” apăsător și modificarea în raportul 1/5 a coeficientului de deflexie pe verticală C_Y cu butonul „Y-MAG” apăsător. Are loc modificarea în raportul 1/10 a câștigului aplicatorului de deflexie pe orizontală, respectiv în raportul 1/5 a câștigului aplicatorului de deflexie pe verticală. Deci imaginea apare mărită pe orizontală de 10 ori și/sau pe verticală de 5 ori.

Dacă butoanele „X-MAG” și/sau „Y-MAG” nu sunt apăstate coeficientul de baleiaj și/sau coeficientul de deflexie pe verticală au valorile inscripționate pe scara comutatoarelor Timp/div, respectiv V/div.

Aceste reglaje trebuie avute în vedere la măsurări de intervale de timp și/sau de amplitudine.

4. Măsurări specifice

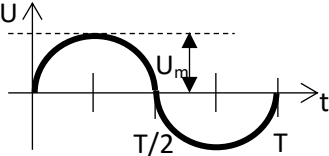
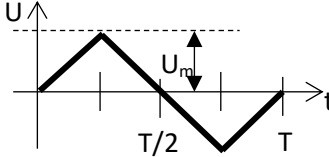
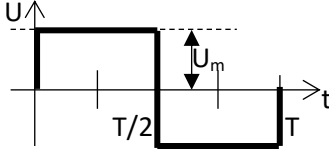
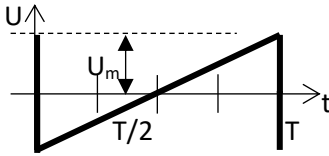
Aparatură necesară pentru măsurările cu osciloscopul:

- generator de semnal de bandă largă 0 ÷ 50 MHz, nivel 0 ÷ 10 V, impedanța de ieșire 50Ω, diferite forme de undă;
- voltmetru (multimetru) numeric BK Precision 5491/5492;
- sursă stabilizată de tensiune continuă (2 x 30 V/2A) (pentru vizualizarea tensiunilor continue).

4.1 Determinarea caracteristicilor formelor de undă uzuale

În tabelul 2 se prezintă câteva valori caracteristice ale unor forme de undă uzuale.

Tabelul 2

Forma de undă	Valoare efectivă	Valoare medie	Coeficient de vârf	Coeficient de formă	Coeficient de distorsiune
	U	U_{med}	k_v	k_f	k_d
Sinus	$\frac{U_m}{\sqrt{2}}$	$\frac{2U_m}{\pi}$	$\sqrt{2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$	0
Triunghi	$\frac{U_m}{\sqrt{3}}$	$\frac{U_m}{2}$	$\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,156$	0,120
Dreptunghi	U_m	U_m	1	1	0,435
Rampă	$\frac{U_m}{\sqrt{3}}$	$\frac{U_m}{2}$	$\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,156$	0,626
Reprezentarea grafică a formelor de undă uzuale					
Sinus					
Triunghi					
Dreptunghi					
Rampă					

La măsurarea unor semnale periodice cu forma de undă uzuală se va realiza schema de montaj din figura 14, utilizând următoarele aparate:

MN – multimetru numeric, tip BK Precision 5491/5492:

GS – generator de funcții de bandă largă 0 ÷ 50 MHz;

O – osciloscop folosit în mod monocanal, tip HM 303-6.

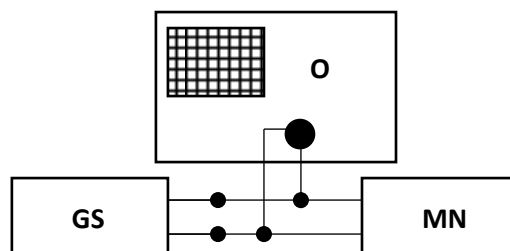


Fig. 14

Pentru măsurarea semnalelor periodice se realizează schema de montaj din figura 14, corespunzând funcției de voltmetru numeric. De la generatorul de semnal GS se reglează mărimea de măsurat pe frecvența de 500Hz, 1000 Hz, cu următoarele forme de undă: sinus, triunghi, dreptunghi, rampă.

Pentru fiecare semnal citit de pe osciloscop se vor trece în tabelul 3 mărimile caracteristice semnalului (pe fiecare axă în parte: Axa X – perioadă, frecvență; Axa Y – mărime vârf la vârf, amplitudine). Pentru fiecare semnal analizat se va calcula, în funcție de forma de undă, și valoarea efectivă.

Tabelul 3

Forma de undă	Perioada [s]		Frecvența [Hz]		Mărime vârf la vârf [V]		Amplitudine [V]		Valoarea efectivă [V]	
	500 Hz	1000 Hz	500 Hz	1000 Hz	500 Hz	1000 Hz	500 Hz	1000 Hz	500 Hz	1000 Hz
Sinus										
Triunghi										
Dreptunghi										
Rampă										

Pentru fiecare formă de undă analizată ce se vizualizează pe ecranul osciloscopului, la frecvențele de 500 Hz respectiv 1000 Hz, se reglează un

minim de 3 valori de tensiune indicate de multimetrul numeric. Rezultatele se trec într-un tabel de forma tabelului 4.

Tabelul 4

Forma de undă	Coeficient de vârf	Coeficient de formă	Valoarea indicată	Valoarea medie	Valoarea efectivă	Valoarea maximă
	$k_v=U_m/U$	$k_f=U/U_{med}$	U_i [V]	U_{med} [V]	U [V]	U_m [V]
Sinus						
Triunghi						
Dreptunghi						
Rampă						

În cazul măsurării mărimilor alternative trebuie luat în considerare faptul că multimetrul numeric BK Precision 5491/5492 măsoară valoarea efectivă a tensiunilor sinusoidale prin scalarea valorii medii, iar valorile caracteristice se calculează cu relațiile :

$$U_{med} = \frac{U_i}{k_{f \sin}} \quad [V] \quad (15)$$

$$U = U_{med} k_f = \frac{k_f}{k_{f \sin}} u_i \quad [V] \quad (16)$$

$$U_m = U k_v = \frac{k_f k_v}{k_{f \sin}} u_i \quad [V] \quad (17)$$

Cu aceste valori se completează tabelul 4

În urma efectuării lucrării, se vor analiza rezultatele obținute și se vor formula concluzii referitoare la posibilitățile de măsurare ale unor mărimi alternative de alte forme decât sinusoidale.

4.2 Măsurarea defazajului. Măsurarea diferenței de timp între două impulsuri

La măsurarea defazajului se va realiza schema de montaj din figura 15 utilizând următoarele aparate:

GS1, GS2 – generatoare de funcții de bandă largă 0 ÷ 50 MHz ;
O – osciloscop cu două canale, tip HM 303-6.

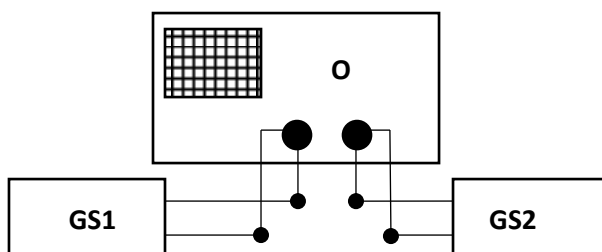


Fig. 15

Unul dintre impulsuri este considerat 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. În aceste condiții, se vor realiza următoarele etape:

- Se alege modul de lucru ALTERNAT (ALT) sau CHOPAT (COMUTAT).
OBSERVAȚIE: -Modul ALTERNAT se alege când impulsurile sunt de frecvență înaltă, modul CHOPAT se alege când impulsurile sunt de frecvență joasă.
- Se fixează comutatorul "SINCRONIZARE" (TRIGGER, SYNC) pe poziția canalului A (I) pe care s-a introdus semnalul de referință.
OBSERVAȚII: -Semnalul de referință precede semnalul de comparat în timp.
-Dacă unul din semnale este în opoziție de fază față de celălalt se va comuta "INVERSARE" (INV) la canalul B (II), dar la calcularea finală se va ține cont de acest lucru.

- Se rotește comutatorul V/div , pentru a produce patru sau cinci diviziuni pe verticala caroiajului ecranului osciloscopului.
- Se rotește din butonul LEVEL pentru a se obține o imagine stabilă pe ecran.
- Se ajustează pozițiile pe verticală a celor două impulsuri din butoanele POSITION.
- Se ajustează "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 măsoară diferența în timp (pe orizontală) a celor două impulsuri.
- Se multiplică diferența găsită cu valoarea coeficientului de baleaj C_{xT} , citită pe poziția comutatorului Timp/div. Dacă s-a folosit "Mărirea dimensiunii pe orizontală" (MAG, EXPANSION) pe poziția X 10 se va împărți rezultatul cu 10.

OBSERVAȚIE:

Se va putea măsura diferența de fază pe axa timpului până la $1/B(\text{MHz})$ unde B este banda de trecere a amplificatorului vertical ($B = 35 \text{ MHz}$ la HM-303-6). Se va avea grijă în alegerea semnalului de referință.

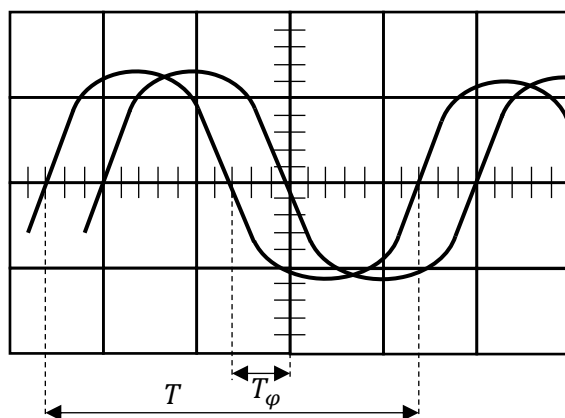


Fig. 16 Măsurarea defazajului între două semnale

Defazajul dintre cele două semnale conform figurii 16 este:

$$\varphi = \frac{T_\varphi}{T} \cdot 360^\circ \quad (18)$$

4.3 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

$$x = A \sin \omega_1 t \quad (19)$$

și

$$y = A \sin \omega_2 t \quad (20)$$

pe ecran va apărea 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.

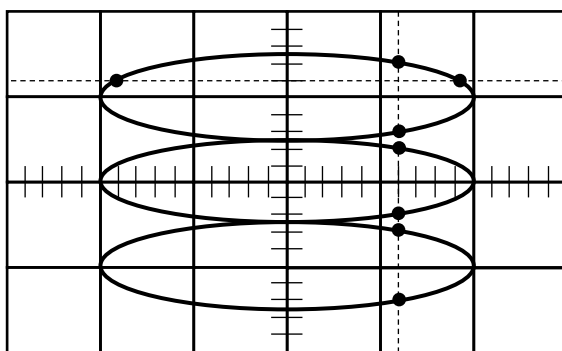


Fig. 17 Figură Lissajous

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

$$N_x f_x = N_y f_y \quad (21)$$

Pentru exemplul din figura 17 unde $N_x = 2$ și $N_y = 6$, rezultă $f_x = 3f_y$.

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 la aprecierea stabilității generatoarelor sinusoidale de semnal și a defazajelor.

5. Analiza rezultatelor

Se vor face aprecieri asupra metodelor de măsurare prezentate în lucrare și a posibilității de utilizare în diferite aplicații.

6. Notații

Tabelul 5 prezintă notațiile folosite în această lucrare.

Tabelul 5

Termen	Explicație
C	Capacitate
C_{xA}	Coeficientul de baleiaj al bazei de timp A
C_{xB}	Coeficientul de baleiaj al bazei de timp B
C_{xT}	Coeficientul de baleiaj
C_y	Coeficient de deflexie pe verticală
k_d	Coeficient de distorsiune
k_f	Coeficient de formă
k_v	Coeficient de vârf
M	Coeficientul de mărire
R	Rezistență
T	Perioada
t_i	Timpul de întârziere
t_{12}	Interval de timp între două puncte 1-2
U	Amplitudine/Tensiune

x	Semnal
y	Semnal
Z	Impedanță