

STUDIUL ȘI MĂSURĂTORI CU OSCILOSCOPUL CATODIC

1. Studiul osciloscopului HM 303-6

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

Osciloscopului HM 303-6 are trei moduri de lucru:

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

1.1 Caracteristici tehnice generale

1.2 Reglaje preliminare. Calibrarea osciloscopului.

Principalele caracteristici tehnice ale osciloscopului și Panoul frontal sunt prezentate mai jos.

Deviere verticală

Moduri de operare:	Canalul I sau II separat, CH I și CH II alternativ sau chopat
Frecvență Chopper:	aprox 0,5 MHz
Sumă sau diferență:	Canalul I și Canalul II
Inversare:	CH II
Modul XY:	CH I (X) și CH II (Y)
Domeniul de frecvență:	2 x DC – 35 MHz (-3 dB)
Timp de creștere, supracreștere:	<10 ns, ≤1%
Coeficient de deviere:	12 pași calibrați 5mV/div. – 20V/div. (în secvență 1-2-5), variabil 2,5:1 (necalibrat) până la 50V/div.
Precizie pentru poziție calibrată:	± 3%
Extindere Y x 5:	(calibrat) la 1mV/div (±5%) în domeniul de frecvență DC – 10MHz (-3dB)
Impedanță de intrare:	1MΩ // 20pF
Cuplare de intrare:	DC-AC-GD (masă)
Tensiune de intrare:	max. 400V (DC + vârf AC)
Linie de întârziere:	aprox. 70 ns

Declanșare

Automat (vârf la vârf):	≥0,5 div, ≤20Hz – 100MHz
Normal cu control de nivel:	≥0,5 div, DC – 100MHz
Indicator pentru declanșare:	LED
Front:	pozitiv sau negativ
Surse:	CH I sau II, linie(rețea de alimentare) și extern CH I alternat cu CH II
Cuplare:	AC (10Hz – 100MHz), DC (0 - 100MHz), LF (0 – 1,5kHz)
Separator activ	
TV Sync:	activ (pozitiv si negativ)
Extern:	≥0,3Vpp (30Hz – 50MHz)

Deviere orizontală

Baza de timp:	20 de pași calibrați (secvență 1-2-5), 0,2 s/div – 0.1 μ s/div ($\pm 3\%$) variabil 2,5:1 până la 0,5 s/div
X-MAG. x10:	$\pm 5\%$; 10ns/div: $\pm 8\%$
Timp de Reținere (Holdoff):	variabil până la aprox. 10:1
Lățime de bandă Amplificator X:	0 – 2,5 MHz (-3dB)
Intrare Amplificator X:	prin Canalul I
Sensibilitate:	vezi Canalul I
Schimbarea fazei X-Y:	$< 3^\circ$ sub 100 kHz

Tester de componente

Tensiunea de testare:	aprox. 7Vrms (în gol)
Curentul de testare:	aprox 7mA rms (în scurt)
Frecvența de testare:	aprox 50 Hz
Conectori pentru testare:	două bare Φ 4mm. O bornă de test este legată la masă (la nului de protecție)

Informații generale

Ecran CRT dreptunghiular:	8x10 cm, grilă internă, D14-364GY/123 sau ER151-GH
Tensiunea de accelerare:	aprox 2000V
Rotația trasei:	reglabilă de pe panoul frontal
Calibrator:	 0,2V $\pm 1\%$ și 2V ≈ 1 kHz/1MHz (tr<6ns)
Tensiunea de alimentare:	100-240 V AC $\pm 10\%$, 50/60Hz
Consum de putere:	aprox. 36 W ați la 50Hz
Temperatura ambiantă:	0°C ... +40°C
Sistem de protecție:	Clasa de protecție I (IEC 1010-1)
Greutate:	aprox. 5,6kg,
Dimensiuni / Culoare:	285 x 125 x 380 mm Culoare: maro tehnic

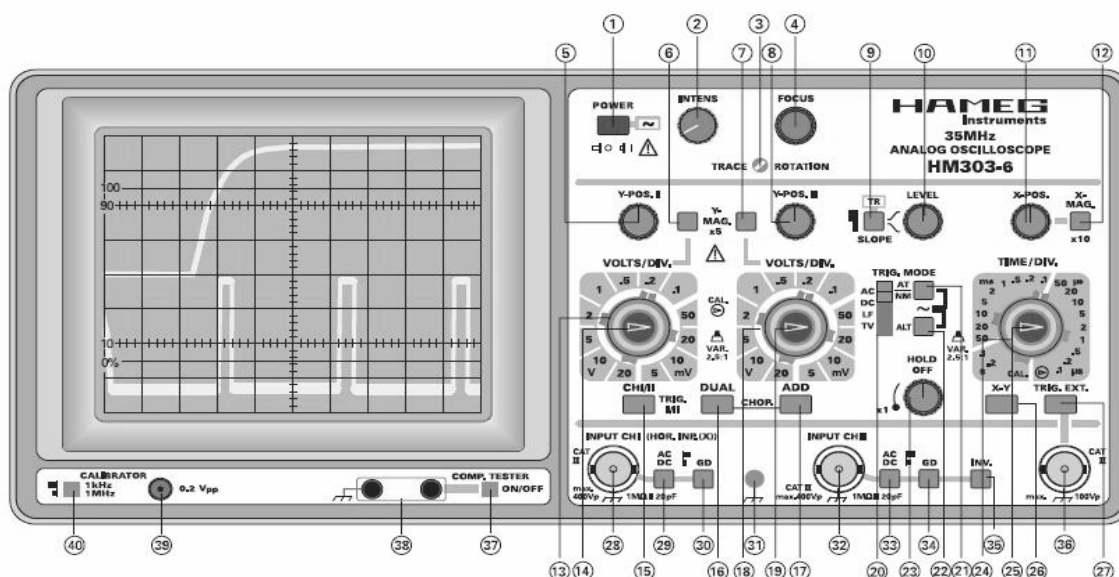


Fig. 1 . Panoul frontal al osciloscopului HM 303-6

A. Reglajele de ASTIGMATISM , FOCALIZARE

- Reglajul de astigmatism este realizat de producător.
- Pentru reglajul de focalizare se aduce comutatorul „time/div” pe poziția „X” în care baza de timp este decuplată, prin apăsarea butonului X-Y (26). Dacă nu se aplică semnal la nici una din intrările osciloscopului, pe ecranul osciloscopului apare un punct care poate fi deformat, dar simetric față de centru (fig. 2 a).

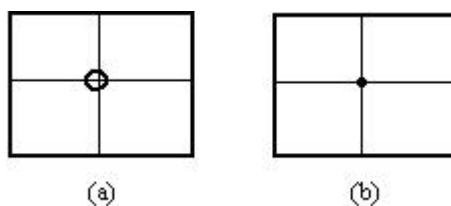


Fig. 2 Reglajul de focalizare

Din reglajul FOCALIZARE (potențiometrul 4 în figura 1) punctul se reduce la dimensiuni cât mai mici (fig. 2.b).

B. Reglajul LUMINOZITATE (BRILL)

- trebuie făcut cu atenție deoarece un impact puternic de electroni pe ecran poate produce arderea luminoforului .

C. 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.

D. 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.

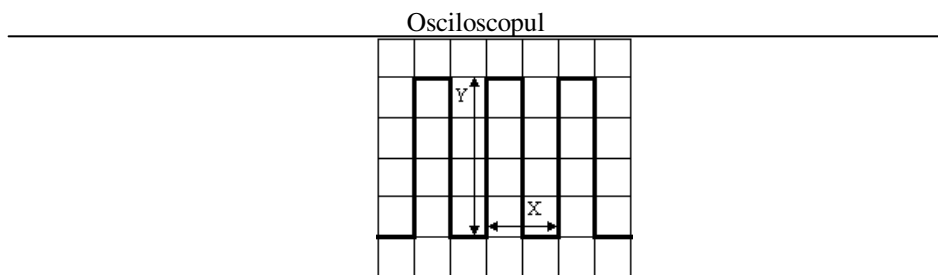


Fig.3 Semnalul furnizat de generatorul calibrat

În figura 3 s-a reprezentat imaginea pe ecran pentru un coeficient de deflexie pe verticală ales $C_y = 50 \text{ mV/div}$ și un coeficient de baleiaj ales $C_{xT} = 0,5 \text{ ms/div}$. Osciloscopul este calibrat pe verticală dacă amplitudinea semnalului determinată prin relația:

$$U = C_y Y \quad (1)$$

este $0,2 \text{ V}$. În caz contrar se reglează din potențiometrul de etalonare CAL.

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

$$T = C_{xT} x \quad (2)$$

este de 1 ms când frecvența semnalului de calibrare este de 1 KHz , și $0,5 \mu\text{s/div}$ când frecvența semnalului de calibrare este de 1 MHz .

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.

F. Compensarea sondei divizoare 1:10

O sondă divizoare în raportul $1/10$ are schema principală din figura 4

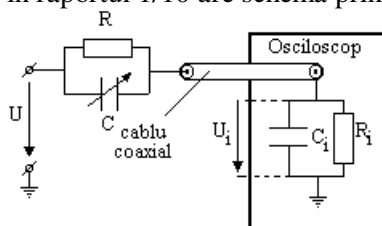


Fig. 4 Sonda de osciloscop cu atenuare

Sonda realizează o divizare a tensiunii U în raportul :

$$m = \frac{U}{U_i} = \frac{Z + Z_i}{Z_i} = 1 + \frac{Z}{Z_i} \quad (3)$$

unde :

$$Z = \frac{R \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{1 + j\omega CR} \quad (4)$$

și:

$$Z_i = \frac{R_i}{1 + j\omega CR} \quad (5)$$

deci :

$$m = 1 + \frac{R}{R_i} \frac{1 + j\omega C_i R_i}{1 + j\omega CR} \quad (6)$$

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 a semnalului să rămână intact - deci semnalul să nu suporte decât o atenuare este necesar să se îndeplinească condiția :

$$R_i C_i = RC \quad (7)$$

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

$$m = 1 + \frac{R}{R_i} \quad (8)$$

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 a 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 fig. 24 sunt arătate trei tipuri de imagini posibile:

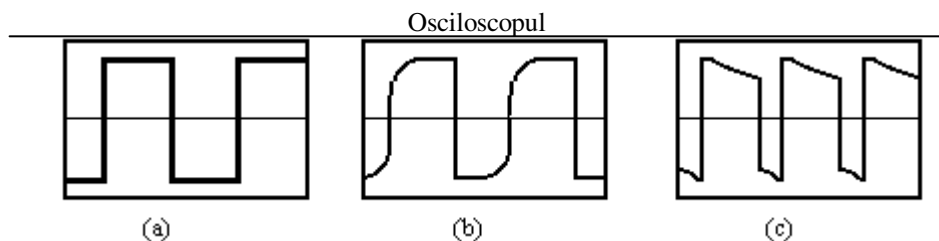


Fig. 5 Imaginea poate fi afectată dacă sonda nu este compensată corect

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

OBSERVAȚIE:

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

G. Reglajele de magnitudine

Aceste reglaje se referă la modificarea (micșorarea) în raportul 1/10 a coeficientului de baleiaj C_{xT} , cu butonul „**X-MAG**” apăsat și modificarea în raportul 1/5 a coeficientului de deflexie pe verticală C_y , cu butonul „**Y-MAG**” apăsat. 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/cm, respectiv V/cm.

De aceste reglaje se va avea în vedere la măsurări de intervale de timp și/sau de amplitudine.

1.3. Verificarea caracteristicilor tehnice ale aparatului

A. Aparatura necesară

- autotransformator reglabil ATR - 8;
- transformator 220/24 V;
- multimetru MF 35;
- sursă dublă stabilizată de tensiune continuă (2 x 60 V/1A sau 2 x 30 V/1A);

- generator sinusoidal de bandă largă 10Hz ÷ 10 Mhz, nivel 10 mV ÷ 10 V, impedanța de ieșire 50 ÷ 75Ω;
- generator de impulsuri 10 Hz - 10 Mhz, nivel 10 mV - 50 V;
- frecvențmetru numeric (șase cifre);
- voltmetru numeric;
- reostat de laborator (0,8 A sau 1,3 A);
- punte de capacități (10 pF - 100 pF);
- generator de semnal complex TV;
- voltmetru electronic (10 Hz - 10 Mhz);
- cutii decadică de rezistențe, 2 buc.

B. Verificarea frecvenței de calibrare - se face prin conectarea frecvențmetrului numeric la borna „800 mV“. Frecvența semnalului trebuie să fie $1 \text{ KHz} \pm 0,5 \%$.

În funcție de rezultatul măsurării se răspunde la acest punct:

Frecvența calibrator:

- etalon;
- neetalon.

C. Măsurarea coeficienților de deviație verticală

Se execută montajul din figura 25 în care:

1 - este o sursă stabilizată; 2 - un voltmetru numeric; 3 - osciloscopul E 0102, având borna de masă legată în punctul 0; 4 - două reostate (0,8 A sau 1 A).

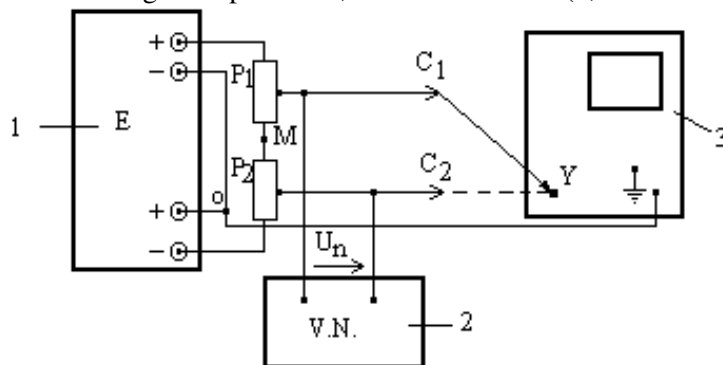


Fig. 6 . Montajul pentru măsurarea coeficienților de deviație pe verticală

Modul de lucru:

- inițial: sursa (1) are la cele două ieșiri tensiunea reglată 0-2 V. Cursoarele potențioamelor C_1 și C_2 sunt inițial la același potențial, poziția M, încât $U_n=0$;

Osciloscopul

- se selectează baza de timp pe poziția AUTO, se reglează din potențiometrul POSITION, până când trasa ajunge în dreptul liniei mediane a caroiului;
- coeficientul de deflexie pe verticală C_y - ia pe rând valorile 20 mV/div până la 20 V/div în 10 trepte;
- se cuplează cursorul C_1 la borna de intrare Y și se modifica poziția cursorului până când trasa sare cu două diviziuni față de linia mediană;
- se cuplează cursorul C_2 la borna Y (după decuplarea lui C_1) și se reglează din C_2 până când trasa sare cu două diviziuni sub linia mediană;
- se citește tensiunea U_n la voltmetrul numeric;
- se calculează valoarea U_{nm} măsurată din datele citite la osciloscop cu formula: $U_{nm} = C_y Y$ (21) unde Y s-a impus 4 diviziuni (2+2).

Se calculează eroarea coeficientului de deflexie pe verticală ϵ_y :

$$\epsilon_y = \frac{U_{nm} - U_{un}}{U_n} 100[\%] \quad (9)$$

Se completează tabelul 1

Nr. crt.	C_y [V/div]	U_n [V]	U_{nm} [V]	ϵ_y [%]
1	20mV/div			
2				
	20 V/div			

Valoarea maximă admisibilă a erorii ϵ_y trebuie să fie mai mică decât $\pm 3\%$ (după cum s-a prescris în cartea tehnică a aparatului).

D. Verificarea benzii de trecere a amplificatorului axei y:

- se aplică la intrarea „Y” un semnal sinusoidal de referință de frecvență $f = 1$ KHz și amplitudine constantă și corespunzătoare unei deviații de 4 div (indiferent de poziția comutatorului „V/div”).
- se variază frecvența generatorului de o parte și de alta a frecvenței de referință. Deviația nu trebuie să scadă cu mai mult de 3dB (de $\sqrt{2}$ ori) la :
 - 10 Hz și 10 MHz pentru intrarea în c.a.;
 - 10 MHz - pentru intrarea în c.c.

Dacă deviația scade cu 3 dB la frecvențele inferioare f_1 și superioare f_2 , banda de frecvență reală a osciloscopului este:

$$B = f_2 - f_1 \quad (10)$$

E. Verificarea supracreșterii răspunsului la impuls

- se selectează comutatoarele „V/div” pe poziția 20 mV/div și timp/div pe poziția 0,2 μ s/div.
- se aplică la intrarea „Y” impulsuri de referință (cu $f = 1$ MHz și durata frontului egală cu 20 ns $\pm$ 5ns).

Pe ecranul osciloscopului apare o imagine ca în fig. 26. Se determină supracreșterea răspunsului amplificatorului la impuls cu formula:

$$\varepsilon = \frac{a}{A} 100[\%] \quad (11)$$

care trebuie să fie $\leq 5 \%$.

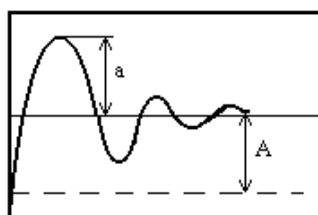


Fig. 7 Supracreșterea răspunsului amplificatorului la impuls

OBSERVAȚIE: Valori mai mari ale coeficientului de supracreștere sunt un indiciu că panta de cădere a câștigului amplificatorului Y este mai mare decât 6 dB/octavă (vezi fig. 5).

F. Măsurarea rezistenței interne R_i a amplificatorului Y

Se execută montajul din fig. 27

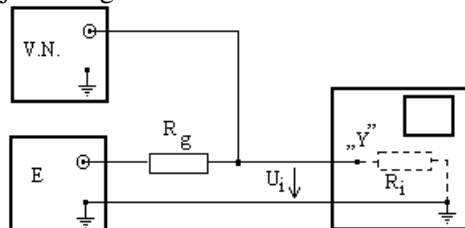


Fig. 8 Măsurarea rezistenței de intrare a amplificatorului

- E – sursă de tensiune continuă;

- VN - voltmetru numeric;
- R_g - rezistență de 1 M Ω (la nevoie se pot lua și valorile 100 K Ω sau 10 K Ω) de la o cutie decadică de rezistențe.

Se măsoară cu voltmetrul numeric tensiunea U_i la borna „Y” și tensiunea în gol E_g a sursei. Din relația:

$$\frac{U_i}{E_g} = \frac{R_i}{R_i + R_g} \quad (12)$$

cunoscând U_i , E_g și R_g se determină:

$$R_i = \frac{R_g}{\frac{E_g}{U_i} - 1} \quad (13)$$

OBSERVAȚIE:

1. Alegând $R_g = 1\text{M}\Omega$ și dacă în urma reglajului se obține $U_i = E_g / 2$ rezultă că $R_i = 1\text{M}\Omega$, ceea ce este de așteptat - pentru a fi în concordanță cu cartea tehnică a aparatului.
2. Pentru $R_g = 100\text{K}\Omega$ trebuie să se obțină raportul $E_g / U_i = 1,1$ pentru că R_i să aibă valoarea de 1 M Ω .

G. Verificarea coeficientului de baleiaj. (Facultativ)

- se pune comutatorul timp/cm în poziția „X - Extern” (1 V/div).
- se aplică la borna X - Extern un semnal sinusoidal de referință, $f = 1\text{KHz}$ - cu o amplitudine corespunzătoare unei deviații de 8 div. și se poziționează astfel încât să fie simetrică față de axa verticală a rețelei reticulare.
- se măsoară amplitudinea semnalului aplicat cu multimetrul numeric E 0302. Se verifică valoarea vârf la vârf a tensiunii de 8 V_{VV} : 8 V_{VV} = $U_{\text{mas}} 2\sqrt{2}$.

Dacă egalitatea nu este satisfăcută este necesară o calibrare și a canalului X.

1.4. Măsurători specifice

A. Măsurători de tensiuni continue

Se selectează baza de timp AUTO, se fixează trasa pe linia mediană a ecranului;

- Tensiunea continuă se introduce pe intrarea „Y”, având comutatorul de intrare pe poziția DC;

- Comutatorul de polaritate este pe poziția “+”;
- Trasa va sări în sus – dacă polaritatea tensiunii este pozitivă și în jos pentru polaritate negativă.

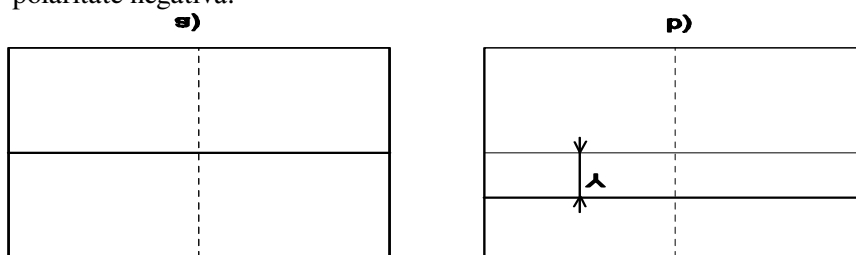


Fig. 9 Deplasarea trasei la măsurarea tensiunilor continue

Valoarea tensiunii este :

$$E = C_y Y$$

unde Y reprezintă înălțimea saltului și C_y coeficientul de deflexie pe verticală, selectat de la comutatorul V/cm.

B. Măsurări de tensiuni alternative

- Comutatorul intrării „Y” se pune pe poziția **DC**;
- Baza de timp se alege pe poziția TRIGG (DECLANȘAT). Se va roti butonul de sincronizare NIVEL, până când imaginea devine stabilă.

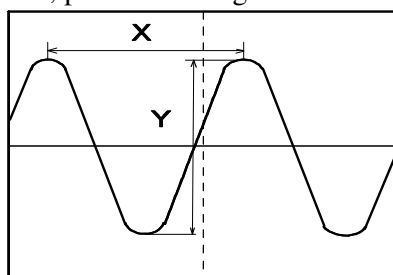


Fig. 10 Măsurarea tensiunii și a perioadei

Cu Y și X măsurate ca în figură se determină :

- Tensiunea vârf la vârf :

$$U_{VV} = C_y Y \quad (14)$$

- Amplitudinea semnalului:

$$U_V = U_{VV}/2 = C_y Y/2 \quad (15)$$

- Valoarea eficace (în cazul unui semnal sinusoidal):

$$U = U_{VV}/(2\sqrt{2}) = C_y Y/(2\sqrt{2}) \quad (16)$$

- Perioada semnalului:

Osciloscopul

$$T = C_{XT} x \quad (17)$$

- Frecvența semnalului :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{C_{XT} \cdot x} \quad (18)$$

OBSERVAȚII :

1. La efectuarea măsurărilor osciloscopul este în prealabil calibrat pe verticală și orizontală;
2. La măsurarea tensiunii continue, sensul polarității este dat și de comutatorul de polaritate “+, -” (INVERT). Astfel, un salt în sus al trasei indică o polaritate negativă a semnalului, pentru comutatorul de polaritate pe poziția “-”.
3. Dacă se folosește o sondă cu atenuare 1/10, în calculul tensiunii se va înmulți rezultatul cu 10.