

Измерение чувствительности осциллографа

$$K = \frac{x}{2 \cdot U_m} = \frac{x}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_g} \quad \text{где}$$

K - чувствительность осциллографа

x - длина отрезка на экране

U_g - действующее напряжение прибора

Проводим многократные прямые измерения для x и U_g

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$$

$$\langle U_g \rangle = \frac{U_{g1} + \dots + U_{gn}}{n}$$

$$\langle K \rangle = \frac{\langle x \rangle}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \langle U_g \rangle} \quad (\text{косвенные измерения})$$

Найдем абсолютную погрешность измерения K

$$\delta K = \frac{\Delta K}{\langle K \rangle} \Rightarrow \Delta K = \langle K \rangle \cdot \delta K$$

$$\delta K = \sum_{i=1}^2 \left| \frac{\partial \ln K}{\partial x_i} \right| \Delta x_i = \left| \frac{\Delta x}{x} \right| + \left| - \frac{\Delta U_g}{U_g} \right| =$$

$$= \frac{\Delta x}{\langle x \rangle} + \frac{\Delta U_g}{\langle U_g \rangle}$$

Δx - погрешность измерения длины
(длины шкалы)

ΔU_g - зависит от масса точности

$\Delta U_g = (\%) \cdot U_{gbc}$, где U_{gbc} - макс. значение измерения напряжения

$$\Delta R = \langle R \rangle \cdot \left(\frac{\Delta x}{\langle x \rangle} + \frac{\Delta U_g}{\langle U_g \rangle} \right)$$

$$R = \langle R \rangle \pm \Delta R = \langle R \rangle \pm \langle R \rangle \left(\frac{\Delta x}{\langle x \rangle} + \frac{\Delta U_g}{\langle U_g \rangle} \right)$$

$$R = \frac{\langle x \rangle}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \langle U_g \rangle} \pm \frac{\langle x \rangle}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \langle U_g \rangle} \left(\frac{\Delta x}{\langle x \rangle} + \frac{\Delta U_g}{\langle U_g \rangle} \right)$$

$$U_x(t) = A \cos \omega t$$

$$U_y(t) = B \cos \omega t, \quad U_y = B \cos(\omega t + \pi)$$

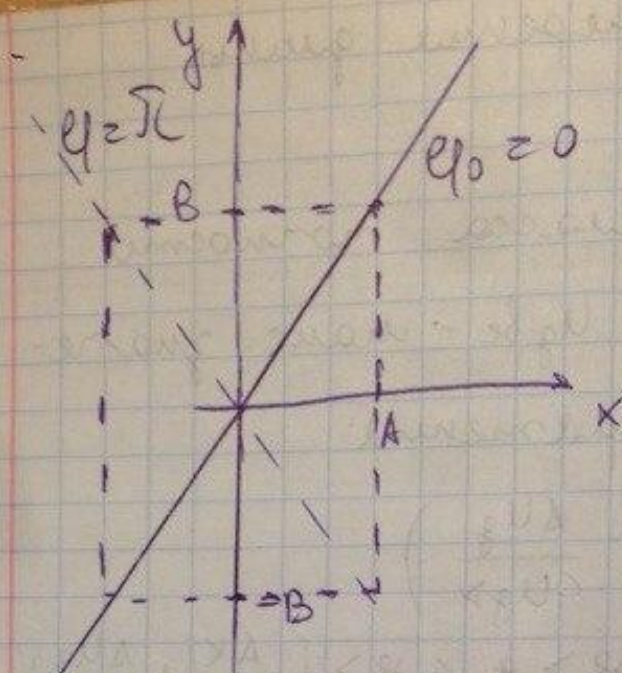
$$\frac{U_y}{B} = \cos \omega t$$

$$\omega t = \arccos\left(\frac{U_y}{B}\right) + \pi + 2\pi k$$

$$t = \frac{\arccos\left(\frac{U_y}{B}\right)}{\omega}$$

$$t = \frac{\arccos\left(\frac{x}{A}\right)}{\omega} \Rightarrow y = B \cdot \cos\left(\omega \frac{\arccos\left(\frac{x}{A}\right)}{\omega}\right) =$$

$$= B \cdot \cos\left(\arccos\left(\frac{x}{A}\right)\right) = B \cdot \frac{x}{A} = \frac{B}{A} \cdot x$$



$$x(t) = A \cos \omega t$$

$$y(t) = B \cos(\omega t + \pi)$$

$$\omega t = \arccos \frac{x}{A} + 2\pi k$$

$$y = B \cos\left(\arccos \frac{x}{A} + 2\pi k + \pi\right) =$$

$$= B \cos\left(\arccos \frac{x}{A} + \pi\right) = -B \cos\left(\arccos \frac{x}{A}\right)$$

$$= -\frac{B}{A} x$$



$$y = B \cos\left(\arccos \frac{x}{A} + \frac{\pi}{2}\right) = B \sin\left(\arccos \frac{x}{A}\right) = B \cdot \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}}$$

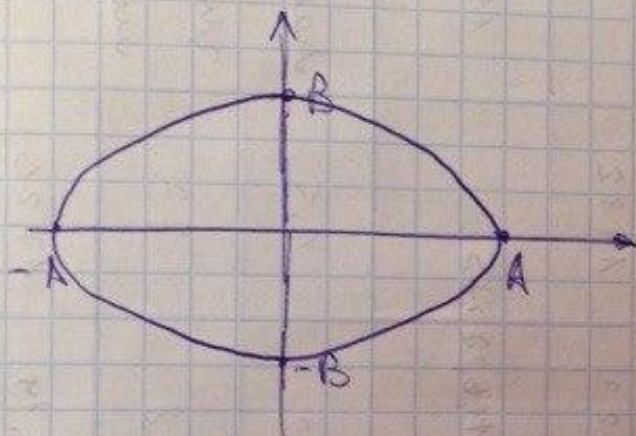
$$y = B \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = B \sin \omega t$$

$$x = A \cos \omega t$$

$$y = \frac{B}{A} \cdot \lg \omega t \cdot x$$

$$y = B \cdot \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}}$$

$$y^2 + x^2 = B^2 \sin^2 \omega t + A^2 \cos^2 \omega t$$



Протокол.

Лабораторная работа №17

Осциллограф

Прибор и оборудование: генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109, осциллограф электронный

Определение величины пиковой
напряженности вертикального
и горизонт. каналов

класс точности вольтметра 2,5

у-канал	U, В	$9 \cdot 10^{-3}$	$12 \cdot 10^{-3}$	$15 \cdot 10^{-3}$	максимальное значение шкалы, В
	h, мм	30	38	50	
	по X-min				
	H, $\frac{\text{мм}}{\text{В}}$	1182	1123	1182	
	$H_{cp}, \frac{\text{мм}}{\text{В}}$	$1162,2 \pm 94,42875$			$15 \cdot 10^{-3}$
x-канал	U, В	0,9	1,2	1,5	максимальное значение шкалы, В
	h, мм	43	58	73	
	по y-min				
	H, $\frac{\text{мм}}{\text{В}}$	16,94	17,14	17,26	
	$H_{cp}, \frac{\text{мм}}{\text{В}}$	$17,14 \pm 1,118385$			1,5

граница по нормам ВНИИ.

(осреднение 11, норматива перемещения 1111,

осреднения

изучение работы развертки.

$f_{\text{развертки}} = 120 \text{ Гц}$

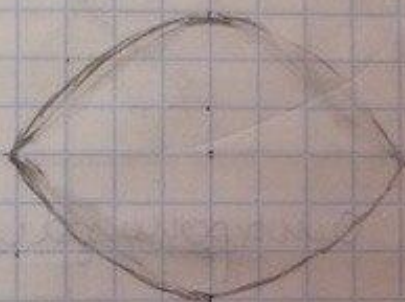
$$\frac{n}{m} = 1$$

$f_{\text{сигнала}}$
 120 Гц



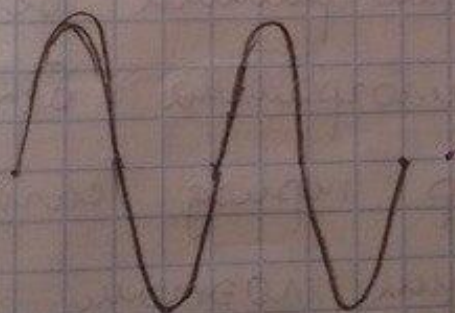
$$\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$$

$f_{\text{сигнала}}$
 60 Гц



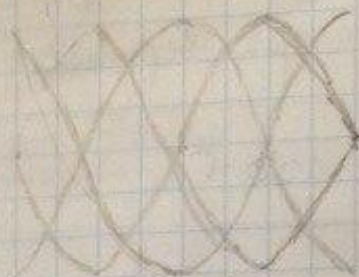
$$\frac{n}{m} = 2$$

$f_{\text{сигнала}}$
 240 Гц



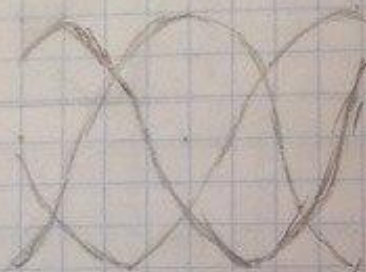
$$\frac{n}{m} = \frac{3}{4}$$

Сигнал
во Гц



$$\frac{n}{m} = \frac{2}{3}$$

Сигнал
во Гц



Срыв синхронизации
при изменении частоты
генератора

$f_c \geq n f_r$ осциллограмма бежит ←

$f_c \leq n f_r$ осциллограмма бежит →

При $f_c \geq n f_r$ период сигнала меньше,
чем развертки, поэтому на осциллограмме
не прорисовывается целый период с
каким-то следующим циклом, и
по мере продолжения будет казаться,

что
сигнал
уменьше
сигнала
при
проц
впра

$$n/m$$

$$\frac{n}{m} =$$

$$\frac{n}{m} =$$

$$\frac{n}{m}$$

что сигнал движется влево относительно экрана, потому что тот лучок остался в той картине, и сигнал сместился влево

При $f_c \leq f_p$ происходит обратный процесс, и осциллограмма бегит вправо

n/m	амплитуда сигнала мм, дел	$- \Delta f, \Gamma_y$	$+ \Delta f, \Gamma_y$	$\Delta f_{\phi}, \Gamma_y$
$\frac{n}{m} \geq 1$	2	2	4	
	3	12	10	
$\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$	2	прыжок 5	прыжок 2	
	3	прыжок 1	прыжок 2	
$\frac{n}{m} \leq 2$	2	5	5	
	3	<u>5</u>	<u>5</u>	

поправит

Оценить линейность вертикального канала усилителя

Усиление

5	U, В	3	4	5
	h, мм	56	76	92
6	U, В	3	4	5
	h, мм	62	82	102
7	U, В	3	4	5
	h, мм	68	88	110

Оценка частотных свойств вертикального усилителя

f, Гц	$1 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$
h, мм	40	40	40	40	38	34	16	13

Зурьпыр лугахы

$n=1$



$n=2$



$n=3$



$n=4$



08.09.16

Handwritten signature

Отчет
Определение величины
чувствительности вертикаль-
ного и горизонтального каналов
У-канала

$$\Delta U = U_{\text{иск}} (\%)$$

$$\% = 0,025$$

$$U_{\text{иск}} = 15 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$\Delta U = 15 \cdot 10^3 \text{ В} \cdot 0,025 = 375 \cdot 10^{-6} \text{ В}$$

$$\Delta h = 2 \text{ мм}$$

$$\langle U \rangle = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{3}$$

$$\langle U \rangle = \frac{(9 + 12 + 15) \cdot 10^3 \text{ В}}{3} = 12 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$\langle h \rangle = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$$

$$\langle h \rangle = \frac{30 \text{ мм} + 38 \text{ мм} + 50 \text{ мм}}{3} = 39,33 \text{ мм}$$

$$\langle H \rangle = \frac{\langle h \rangle}{2 \cdot \sqrt{2} \langle U \rangle}$$

$$\langle H \rangle = \frac{39,33 \text{ мм}}{2 \cdot 1,41 \cdot 12 \cdot 10^3 \text{ В}} = 1,1622 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мм}}{\text{В}} = 1162,2 \frac{\text{мкВ}}{\text{В}}$$

$$\delta R = \frac{\Delta h}{\langle h \rangle} + \frac{\Delta U}{\langle U \rangle}, \quad \delta R = \frac{\Delta R}{\langle R \rangle}$$

$$\Delta R = \langle R \rangle \left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle} + \frac{\Delta U}{\langle U \rangle} \right)$$

$$\Delta R = 1162,2 \frac{\text{mm}}{\text{B}} \left(\frac{2 \text{ mm}}{33,3 \text{ mm}} + \frac{375 \cdot 10^{-6} \text{ B}}{12 \cdot 10^3 \text{ B}} \right) \approx$$

$$\approx 1162,2 \frac{\text{mm}}{\text{B}} (0,05 + 0,03125) \approx 94,42875 \frac{\text{mm}}{\text{B}}$$

$$R = \langle R \rangle \pm \Delta R$$

$$R = 1162,2 \frac{\text{mm}}{\text{B}} \pm 94,42875 \frac{\text{mm}}{\text{B}}$$

$$R_1 = \frac{h_1}{U_{1252}} \approx 1182 \frac{\text{mm}}{\text{B}}, \quad R_2 = 1123 \frac{\text{mm}}{\text{B}}, \quad R_3 = 1182 \frac{\text{mm}}{\text{B}}$$

X - канал

$$\Delta U = U_{\text{max}} (\%)$$

$$\% = 0,025$$

$$U_{\text{max}} \approx 1,5 \text{ B}$$

$$\Delta U = 1,5 \text{ B} \cdot 0,025 = 37,5 \cdot 10^{-3} \text{ B}$$

$$\Delta h = 2 \text{ mm}$$

$$\langle U \rangle = \frac{0,9 \text{ B} + 1,2 \text{ B} + 1,5 \text{ B}}{3} = 1,2 \text{ B}$$

$$\langle h \rangle = \frac{43 \text{ mm} + 58 \text{ mm} + 73 \text{ mm}}{3} = 58 \text{ mm}$$

$$R_1 = 16,94 \frac{\text{mm}}{\text{B}}, \quad R_2 = 17,14 \frac{\text{mm}}{\text{B}}, \quad R_3 = 17,26 \frac{\text{mm}}{\text{B}}$$

$$\langle R \rangle = \frac{58 \text{ mm}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 12 \text{ B}} \approx 17,14 \frac{\text{mm}}{\text{B}}$$

$$\delta \mathcal{H} = \frac{\Delta h}{\langle h \rangle} + \frac{\Delta u}{\langle u \rangle}$$

$$\Delta \mathcal{H} = \langle \mathcal{H} \rangle \left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle} + \frac{\Delta u}{\langle u \rangle} \right)$$

$$\Delta \mathcal{H} = 19,14 \frac{\text{мм}}{\text{В}} (0,034 + 0,03125) = 1,18385 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

$$\mathcal{H} = \langle \mathcal{H} \rangle \pm \Delta \mathcal{H}$$

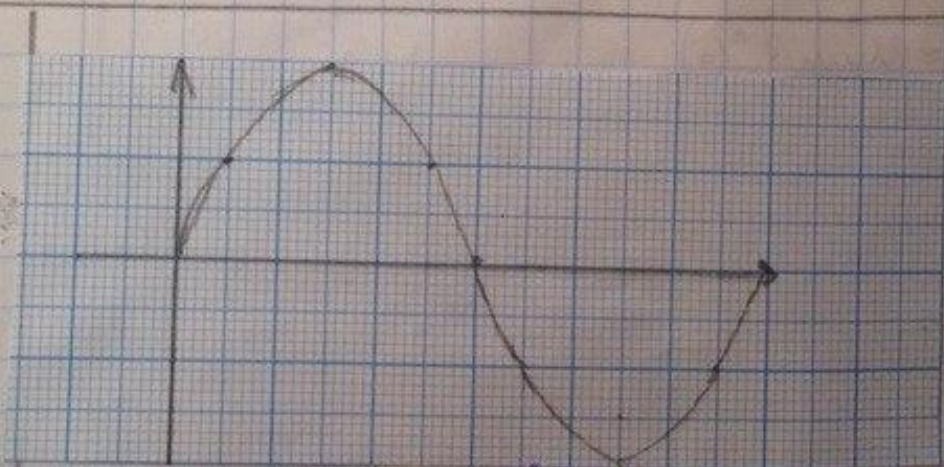
$$\mathcal{H} = 19,14 \frac{\text{мм}}{\text{В}} \pm 1,18385 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

Изучение работы
развертки

$$\frac{n}{m} = 1$$

f сигнала =

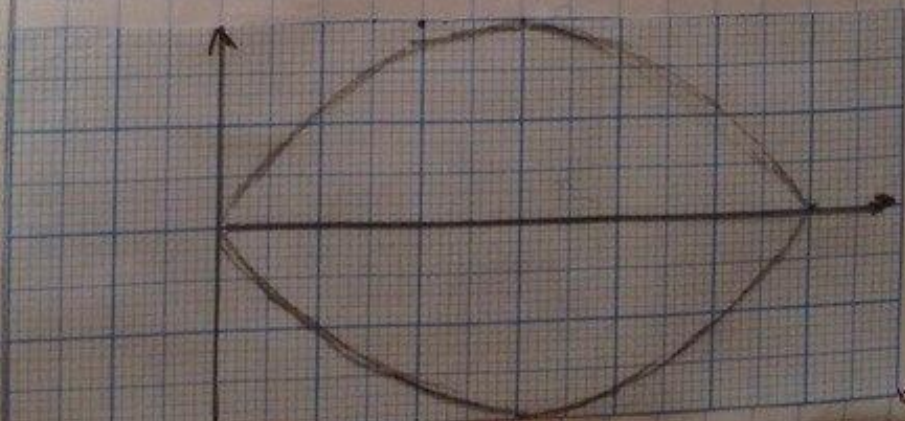
120 Гц



$$\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$$

f сигнала =

120 Гц



$$\frac{n}{m} = 2$$

Частота =

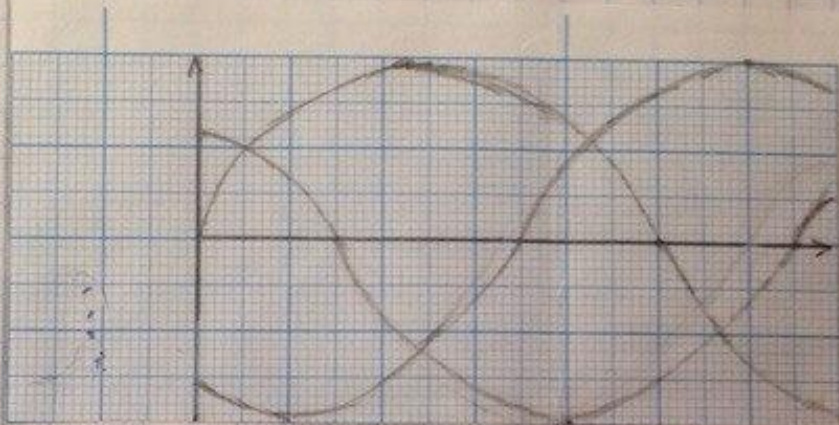
120 Гц



$$\frac{n}{m} = \frac{2}{3}$$

Частота =

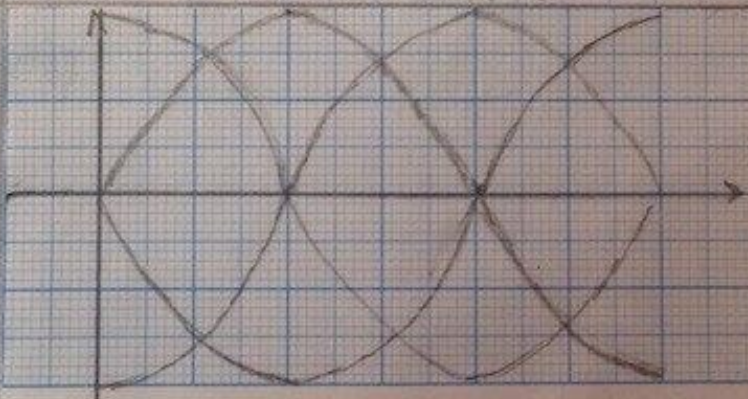
120 Гц



$$\frac{n}{m} = \frac{3}{4}$$

Частота =

120 Гц



Тип $f_c \geq n f_p$ на осциллографе прописывается целый период со следующим куском, поэтому кажется, что осциллограмма движется влево.

Тип $f_c \leq n f_p$ противоположная аналогичная

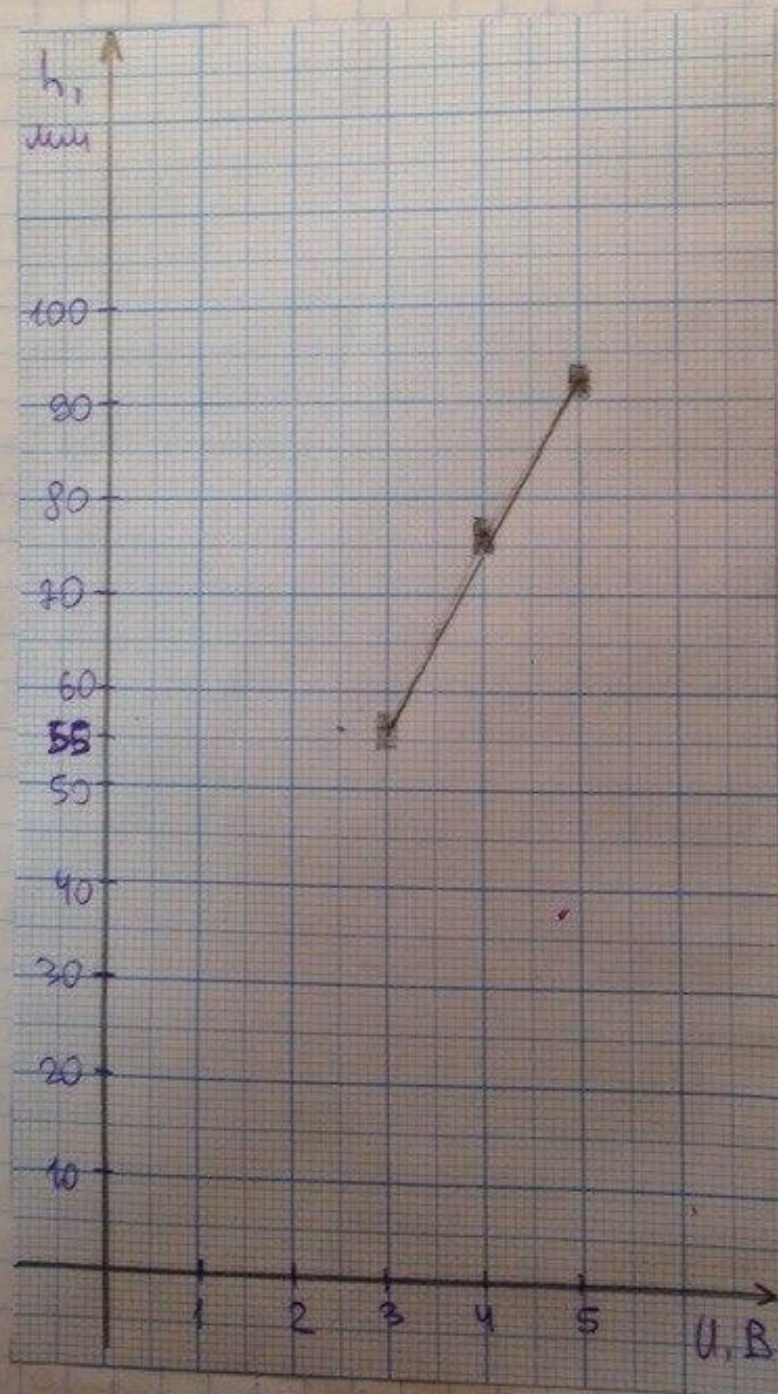
Ситуация

Оценить линейность

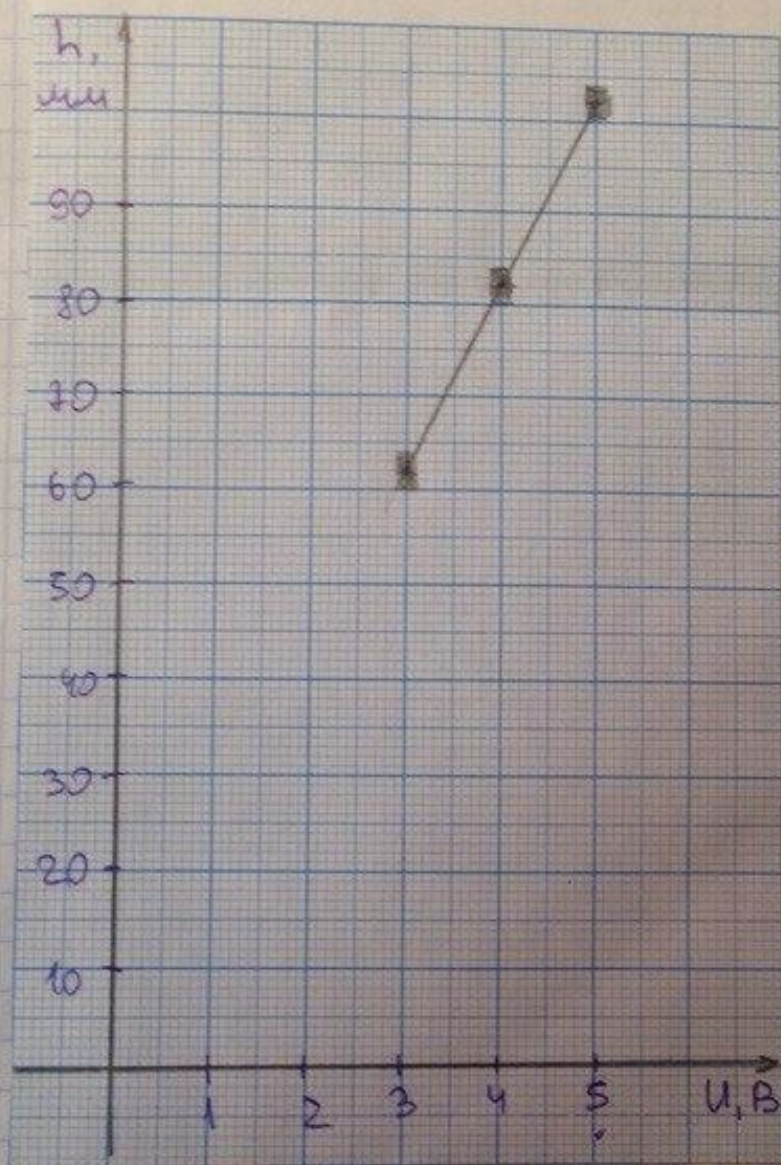
вертикального канала

усиителя

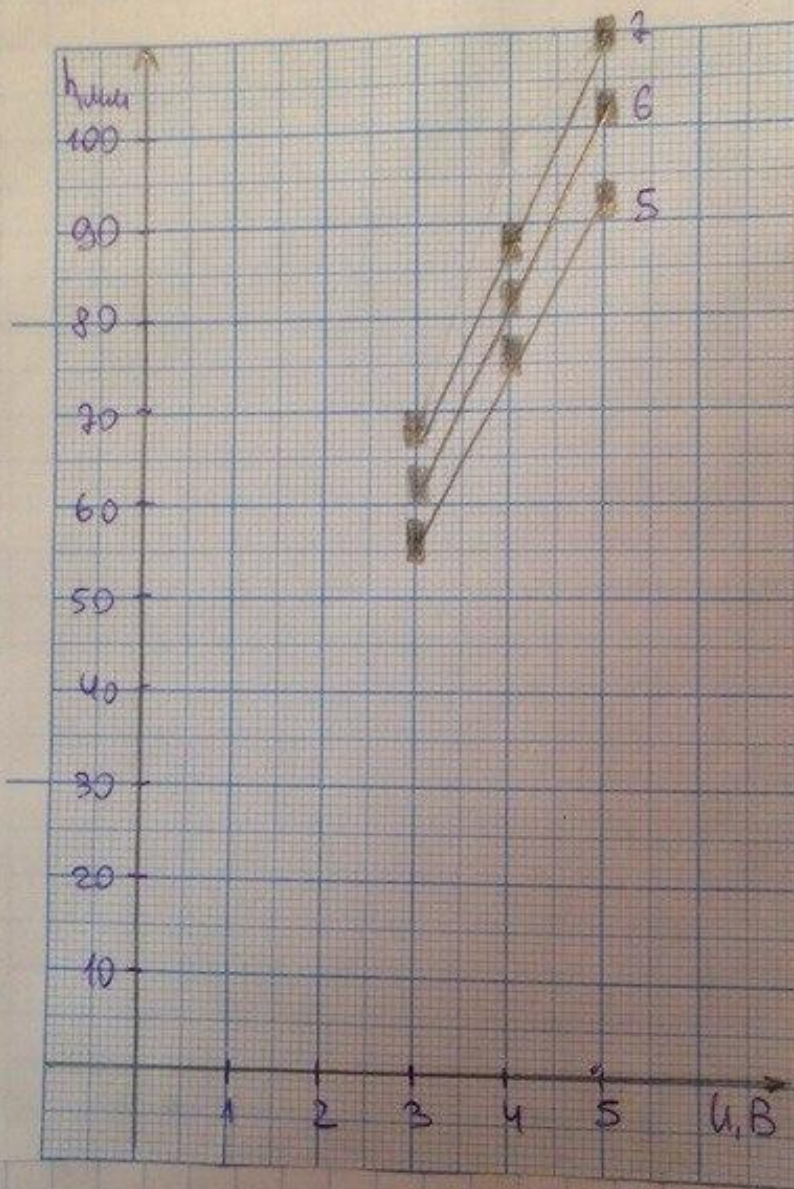
Усиление 5



Ученые 6



Генерация 7



x =

y =

1) e

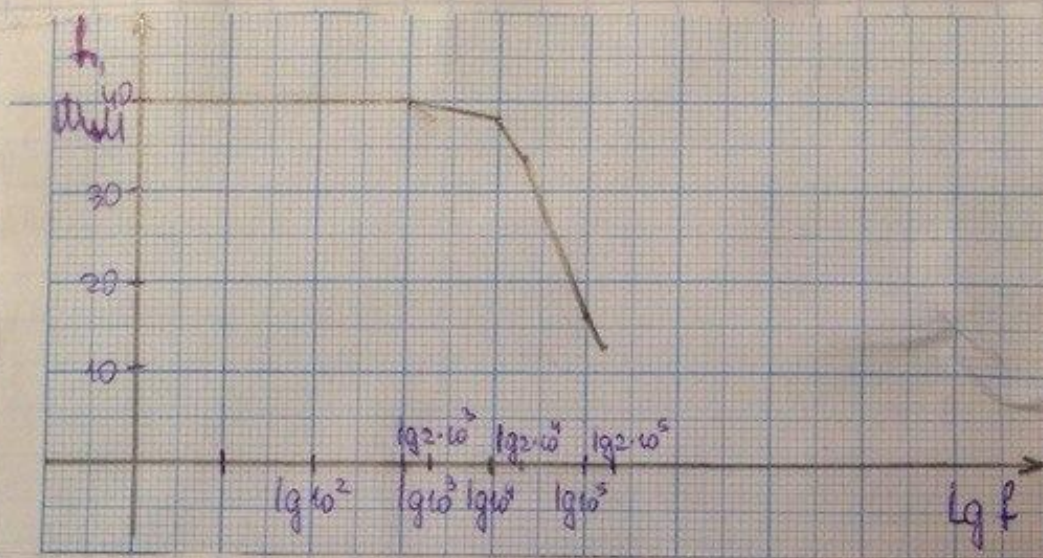
y

2) e

y

3) e

Оценка частотных свойств вертикального усилителя



Формы сигнала

$$\underline{n=1}$$

$$x = A \cos(\omega t)$$

$$y = B \cos(\omega t + \varphi)$$

$$1) \varphi = 0$$

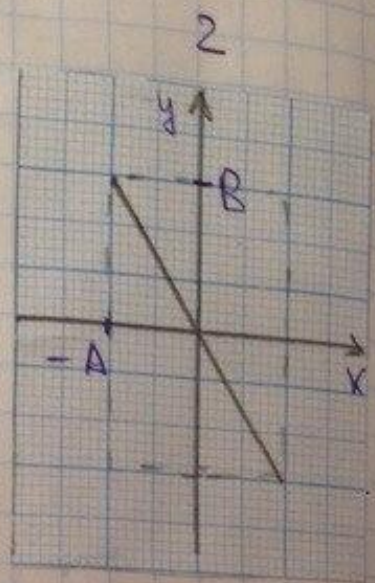
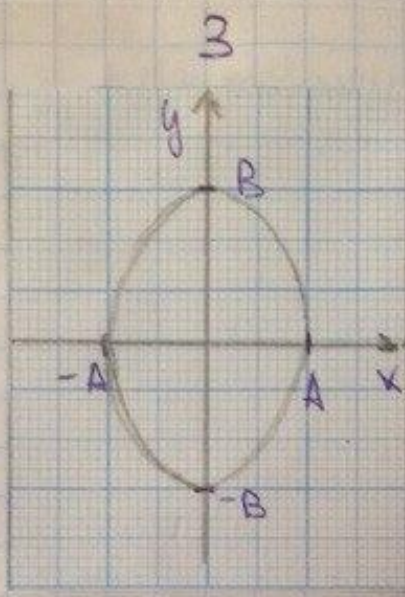
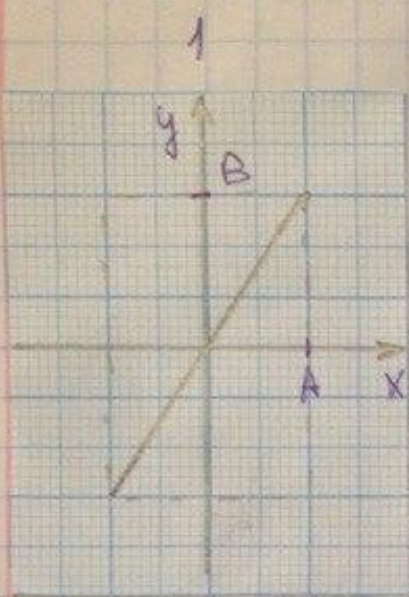
$$y = \frac{B}{A} \cdot x$$

$$2) \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$y = -\frac{B}{A} \cdot x$$

$$3) \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad (\text{каноническое уравнение эллипса})$$



$$\underline{n=2}$$

$$x = A \cos(\omega_1 t)$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = 2$$

$$y = B \cos(\omega_2 t + \varphi)$$

$$\frac{x}{A} = \cos(2\omega t) =$$

$$\frac{y}{B} = \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{y}{B} = \sin(\omega t + \varphi'), \text{ а } \frac{x}{A} = \sin(2\omega t)$$

$$\frac{y}{B} = 2 \sin \omega t \cos \varphi + \cos \omega t \sin \varphi$$

$$\frac{x}{A} = \sin(2\omega t + \varphi_2); \quad \frac{y}{B} = \sin \omega t$$

$$\frac{x}{A} = \sin 2\omega \cos \varphi_2 + \cos 2\omega t \sin \varphi_2$$

$$\frac{x}{A} = 2 \sin \omega t \cos \omega t \cos \varphi_2 + (\cos^2 \omega t - \sin^2 \omega t) \sin \varphi_2$$

$$\frac{x}{A} = \frac{2y}{B} \cdot \cos \omega t \cos \varphi_2 + (\cos^2 \omega t - \frac{y^2}{B^2}) \sin \varphi_2$$

$$\varphi_2 = 0$$

$$\frac{x}{A} = \frac{2y}{B} \cdot \cos \omega t ;$$

$$\cos \omega t = \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = \sin \omega t \cos \frac{\pi}{2} + \cos \omega t \sin \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{x}{A} = 2 \sin \omega t \cos \omega t \cos \varphi_2 + (1 - 2 \sin^2 \omega t) \sin \varphi_2$$

$$\frac{x}{A} = \frac{2y}{B} \sqrt{1 - \frac{y^2}{B^2}} \cos \varphi_2 + \left(1 - 2 \frac{y^2}{B^2} \right) \sin \varphi_2$$

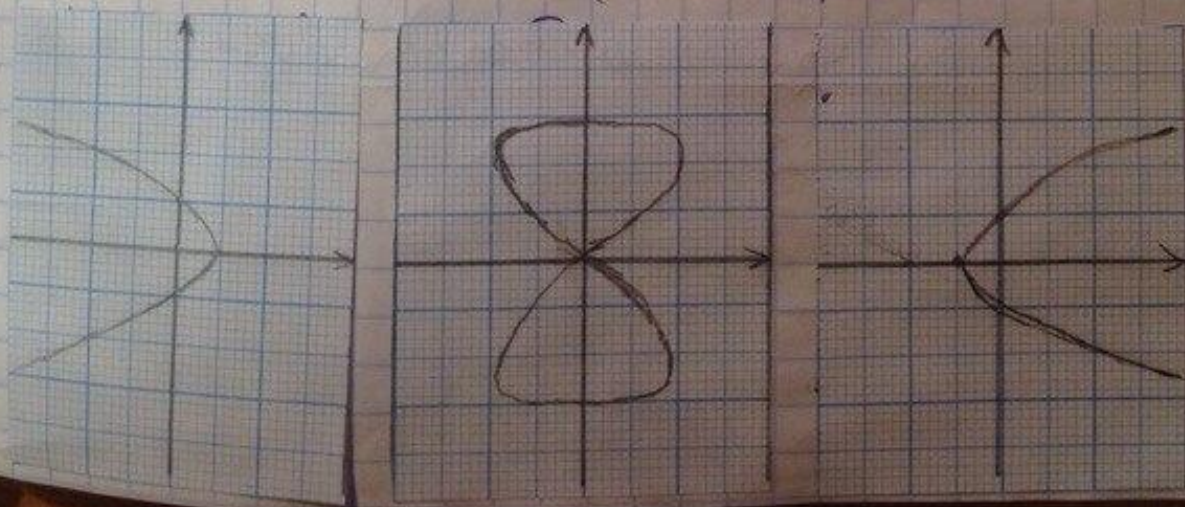
$$\varphi_2 = 0, \quad \frac{x}{A} = x', \quad \frac{y}{B} = y'$$

$$x' = 2y' \sqrt{1 - (y')^2}$$

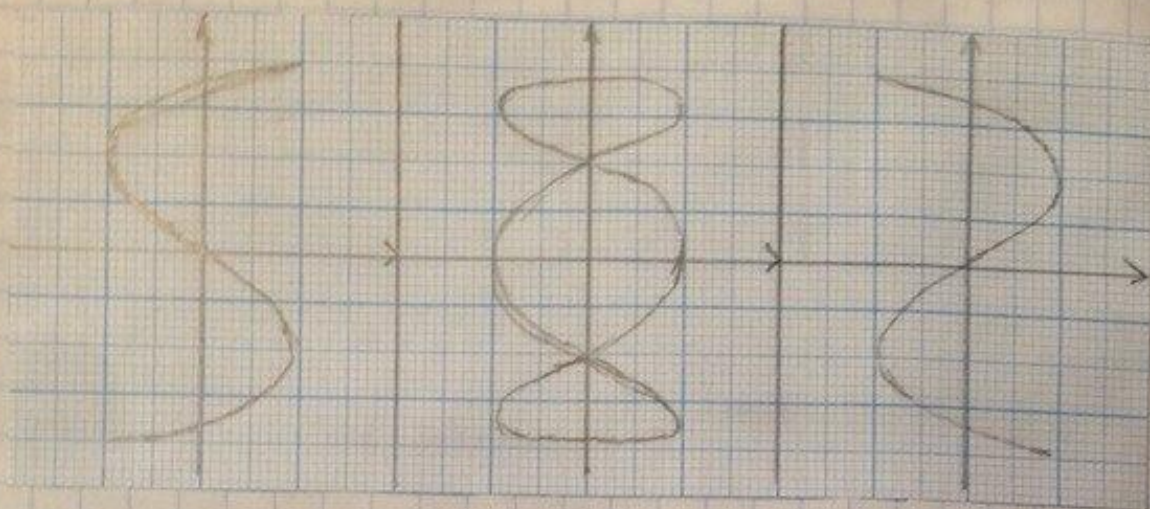
$$\varphi_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$x' = -2y' \sqrt{1 - (y')^2}$$

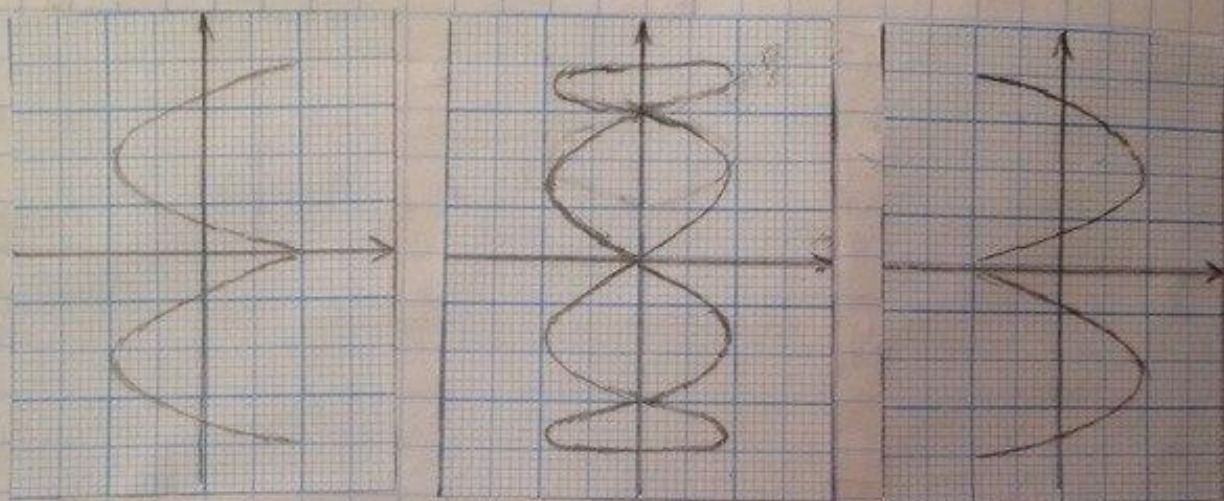
$$\varphi_2 = \frac{\pi}{2} ; \quad x' = 1 - 2(y')^2 - \text{парабола}$$



$n=3$



$n=4$



Сред синхронизации
при изменении частоты
генератора

$$\Delta f_{\text{ср}} = \frac{\Delta f_1 + \Delta f_2}{2}$$

$$f_p = 120 \text{ Гц}$$

n/m	длина волны синхронизации вектора	$-df, \Gamma_y$	$+df, \Gamma_y$	$\Delta f_{cp}, \Gamma_y$
$\frac{n}{m} = 1$	2	-8	10	9
	9	-10	14	12
$\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$	2	прыжок -2	прыжок 2	2
	9	прыжок -2	прыжок 2	2
$\frac{n}{m} = 2$	2	-10	10	10
	9	-15	30	22,5

$$\frac{n}{m} = 1$$

длина волны 2

$$\Delta f_{cp} = \frac{|-8| + 10}{2}$$

$$\Delta f_{cp} = \frac{(8+10)\Gamma_y}{2} = 9\Gamma_y$$

длина волны 9

$$\Delta f_{cp} = \frac{(10+14)\Gamma_y}{2} = 12\Gamma_y$$

$$\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$$

функция 2

$$\Delta f_{cp} = \frac{(2+2) \Gamma_4}{2} = 2 \Gamma_4$$

функция 3

$$\Delta f_{cp} = \frac{(2+2) \Gamma_4}{2} = 2 \Gamma_4$$

$$\frac{n}{m} = 2$$

функция 2

$$\Delta f_{cp} = \frac{(10+10) \Gamma_4}{2} = 10 \Gamma_4$$

функция 3

$$\Delta f_{cp} = \frac{(30+15) \Gamma_4}{2} = 22,5 \Gamma_4$$

Вывод:

Было изучено устройство осциллографа, его различные блоки

удалось установить следующие характеристики:

1) чувствительность Y-канала

$$X = 1162,2 \frac{\text{мм}}{\text{В}} \pm 34,42875 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

2) чувствительность X-канала

$$X = 17,14 \frac{\text{мм}}{\text{В}} \pm 1,118385 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

Были получены осциллограммы при различных показателях отношений частот развертки и генератора

Были установлены сдвиги осциллограмм при изменении частот генератора

Была установлена линейность вертикального усилителя (при увеличении усиления они искажаются)

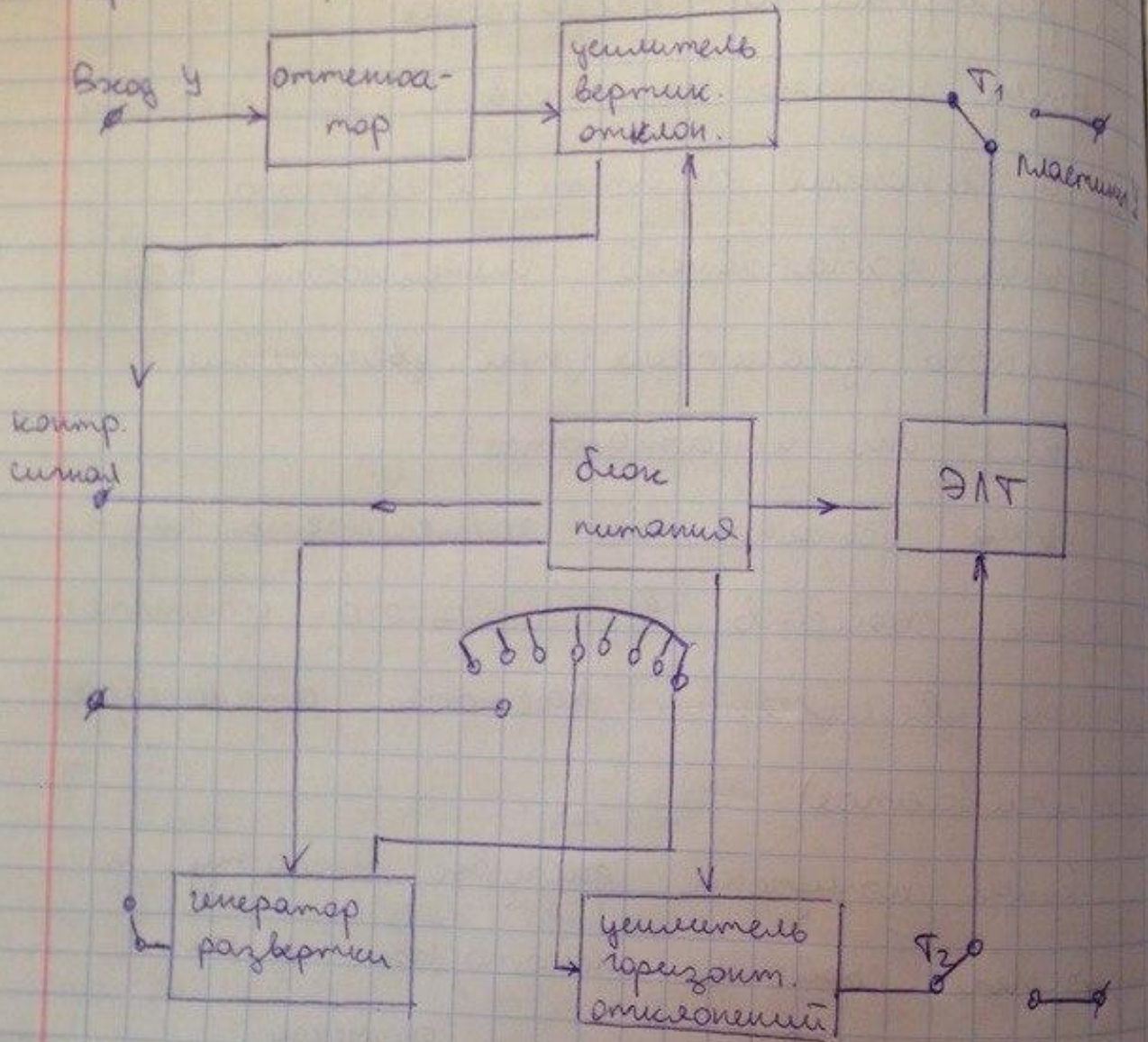
Была установлена зависимость частотных свойств вертикального усилителя (при увеличении частоты отклонение увеличивается)

Были получены фигуры Лиссажу и изучены свойства некоторых из них.

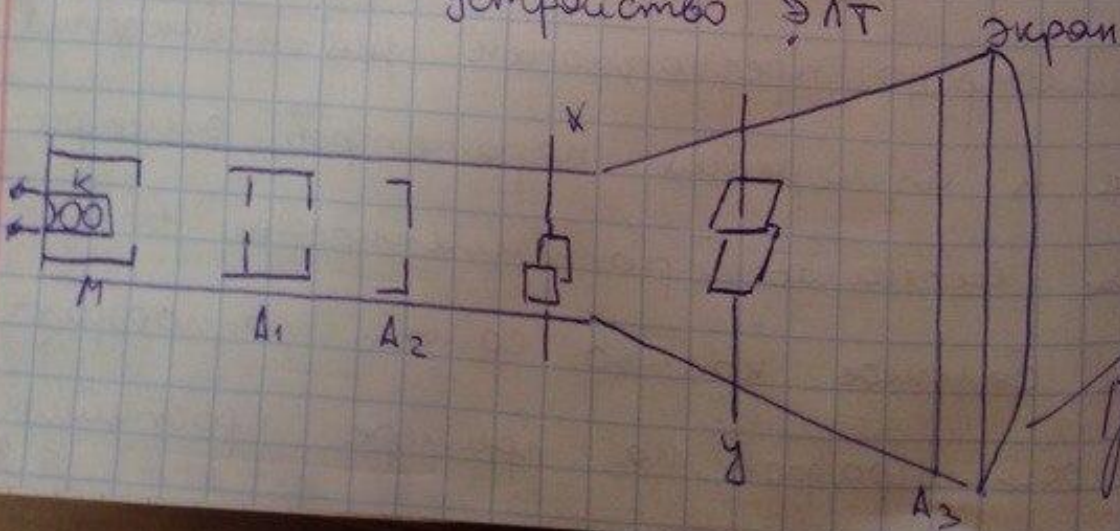
Вопросы к отчету

Осциллограф предназначен для наблюдения форм и измерения параметров электрических сигналов. Промышленность выпускает большое количество самых разнообразных осциллографов. На примере простейшего

осциллограф типа СИ-1 (30-7) рассмотрим
принцип работы этих приборов

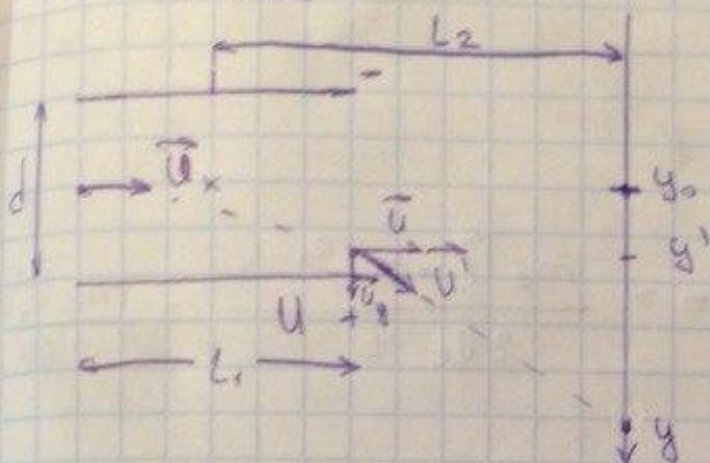


Устройство ЭЛТ



15.09.16

$$y = \frac{L_1 L_2}{2d U_{A2}}$$



$$y = \frac{y}{U_{0max}}$$

$$y = y' + \frac{(L_2 - \frac{L_1}{2}) U_y}{U_x}$$

$$\vec{F}_x = \vec{E} \cdot q_e = \frac{U q_e}{d} = m_e a_y \Rightarrow a_y = \frac{U q_e}{d \cdot m}$$

$$U_y = a_y t_e, t_e = \frac{L_1}{U_x} \Rightarrow U_y = \frac{U q_e \cdot L_1}{d \cdot m U_x}$$

$$y' = \frac{a t_e^2}{2} = \frac{U q_e \cdot L_1^2}{2d \cdot m \cdot U_x^2}$$

$$y = \left(\frac{U \cdot q_e \cdot L_1^2}{2d \cdot m U_x^2} + \frac{(L_2 - \frac{L_1}{2}) U q_e L_1}{d \cdot m \cdot U_x^2} \right) =$$

$$= \left(\frac{U q_e (L_1^2 + 2L_1 L_2 - L_1^2)}{2d \cdot m U_x^2} \right) = \left(\frac{U q_e 2L_1 L_2}{2d \cdot m U_x^2} \right)$$

$$y = \left(\frac{U q_e 2L_1 L_2}{2d \cdot m U_x^2 \cdot U} \right) = \left(\frac{q_e 2L_1 L_2}{2d \cdot m U_x^2} \right) = \left(\frac{q_e L_1 L_2}{d \cdot m U_x^2} \right)$$