

# Изучение Осциллографа

М. Аношин<sup>1</sup>    Д. Лежнев<sup>2</sup>

МФТИ, Сентябрь 2022

- 1 Основа устройства осциллографа
- 2 Усиление, развертка и синхронизация
- 3 Ход лабораторной работы работа

# Устройство осциллографа

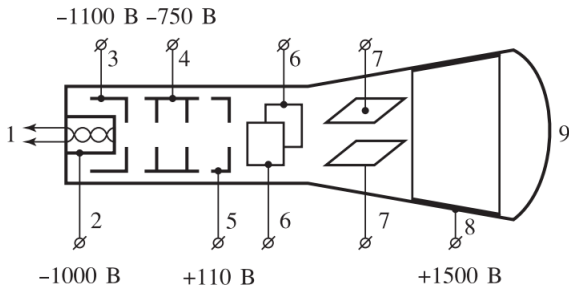


Рис.: 1 Электронно-лучевая трубка

# Устройство осциллографа

- 1 Подогреватель катода
- 2 Катод
- 3 Модулятор (электрод, управляющий яркостью изображения)
- 4 Фокусирующий анод
- 5 Ускоряющий анод
- 6 Горизонтально отклоняющие пластины
- 7 Вертикально отклоняющие пластины
- 8 Ускоряющий анод
- 9 Экран

# Устройство осциллографа

Электрон движется в электрическом поле двух пластин. Пусть его начальная скорость  $v_0$  вдоль  $OZ$

Тогда уравнения представляющие движения электрона имеют вид:

$$\dot{z} = v_0 \Rightarrow z = v_0 \cdot t$$
$$m\ddot{y} = e \cdot E_y \Rightarrow \dot{y} = \int \frac{e \cdot E_y}{m} dt = \frac{e \cdot E_y \cdot t}{m} \Rightarrow y = \frac{e \cdot E_y \cdot t^2}{2m}$$

Откуда следует, что:

$$y = \frac{e \cdot E_y}{2m \cdot v_0^2} z^2$$

Видно, что траектория электрона между отклоняющими пластинами представляет собой параболу. (После выхода из пластин электроны будут двигаться по прямой). Найдём смещение пучка  $y_1$  и угол  $\alpha$  между этой прямой и осью  $z$

Пусть к моменту выхода из ускоряющих пластин электрон прошел  $l$  вдоль OZ:

$$y_1 = \frac{e \cdot E_y}{2m \cdot v_0^2} l^2 \Rightarrow \tan(\alpha) = \frac{y_1}{l} = \frac{e \cdot E_y}{2m \cdot v_0^2} l$$

## Внимание!

Абсолютно такие же действия нужно провести для расчета отклонения вдоль OX

Итак, в рабочем режиме координаты  $x$  и  $y$  точки попадания электронного луча на экран (относительно его центра) пропорциональны значениям напряжений  $U_x(t)$  и  $U_y(t)$ , где  $E_i = \frac{U_i}{d}$ , а  $d$  - расстояние между пластинами. Ясно, что отклонение луча должно быть не должно выходить за пределы экрана. Что подводит нас к мысли о необходимости усиления(ослабления) сигнала. Для усиления слабых сигналов в осциллографе имеются усилители вертикального (и горизонтального) отклонения луча.

$$K_y = U_y/h_y, K_x = U_x/h_x -$$

отношение величины поданного напряжения к смещению луча на экране.

# Развёртка сигнала

Для развёртки сигнала, нужно подавать такое напряжение  $U_i$  :  $U_i(t) = U_{0i} + K_i \cdot U(t)$ , что будет изменяться со временем, вынуждая картинку на экране доходить до конца и обратно

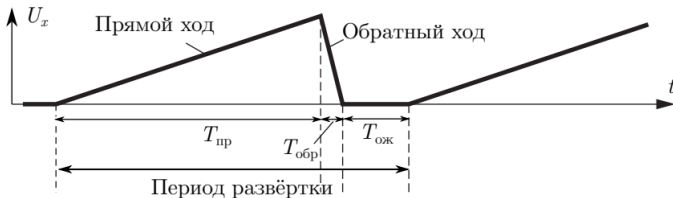


Рис.: 2 Напряжение развёртки

( $T_{обр} \ll T$ )



Для получения статичной картины на экране осциллографа необходимо, чтобы период развёртки был кратен периоду изучаемого периодического сигнала — тогда повторная «прорисовка» пройдёт по тому же пути, что и предыдущая. Но полная синхронизация трудно выполнима из-за неточностей и генератора, и осциллографа. В таком случае применяют **принудительное согласование периодов**, при котором напряжение  $U(t)$  «навязывает» свой период генератору развёртки. При этом начало прямого хода развёртки должно совпадать строго с одной и той же характерной точкой исследуемого периодического сигнала

# Последовательность действий

- 1 Включение осциллографа. Подготовка к работе, прогрев прибора
- 2 Проведение первой серии измерений для синусоиды, полученной осциллографом от величины исходного сигнала генератора
- 3 Проведение второй серии измерений для амплитуды, работа с понижением сигнала на  $-20\text{dB}$  и  $-40\text{dB}$
- 4 Проведение третьей серии измерений для фигур Лиссажу, полученных на экране осциллографа
- 5 Проведение четвертой серии измерений для определения коэффициента ослабления АЧХ осциллографа
- 6 Анализ полученных зависимостей и заключение о результатах экспериментов

# Результаты первой серии измерений

$\nu$ , Гц	$T$ , дел	TIME/DIV	$T$ , с	$\nu$ , Гц	$\delta\nu$ , Гц	$\nu$ , Гц
997.6	10	0.5 ms	0.001	1000	50	2.4
58.8	17	5 ms	0.017	58.82	1.73	0.02
298.4	17	2 ms	0.0034	294.12	8.7	-4.28
603.2	17	1 ms	0.0017	588.24	17.3	-14.96
1999.3	13	0.2 ms	0.00052	1923.08	73.96	-76.22
5000.3	10	0.1 ms	0.0002	5000.00	250.00	-0.30

Для 2 - 5 написаны деления для двух периодов, для  
повышения точности

# Результаты второй серии измерений

	<i>U, В</i>	<i>VOLTS/DIV</i>	<i>T, дел</i>	<i>dU_max, В</i>	<i>dU_max/U_max</i>
<i>U_max, В</i>	7.2	2	36	0.2	0.028
<i>U_min, В</i>	0.56	0.2		0.02	0.036

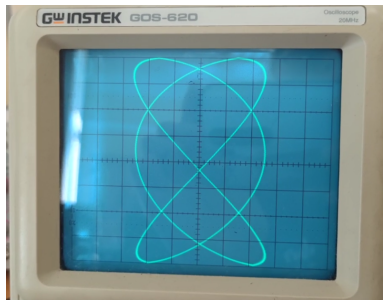
Для 2 - 5 написаны деления для двух периодов, для повышения точности

## Результаты второй серии измерений

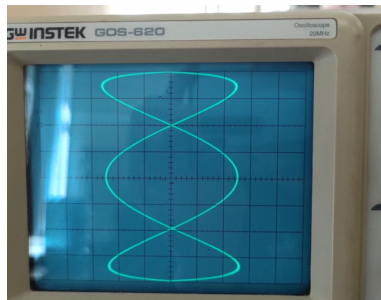
	$U_{max}, B$	$VOLTS/DIV$	$T, \text{ дел}$
-40dB	0.12	0.2	6
-20dB	1.1	0.5	22

Деления для двух периодов, для повышения точности

# Результаты третьей серии измерений



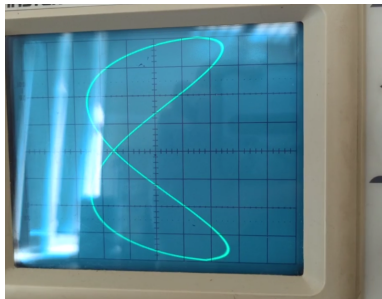
(a)  $\nu_1 : \nu_2 = 2 : 3$



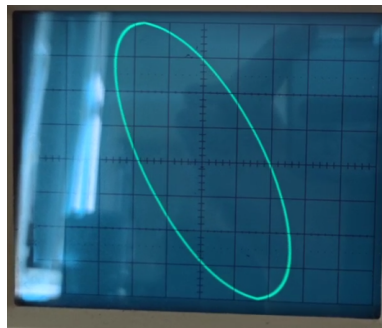
(b)  $\nu_1 : \nu_2 = 1 : 3$

Рис.: 3 Фигуры Лиссажу, часть 1

# Результаты третьей серии измерений



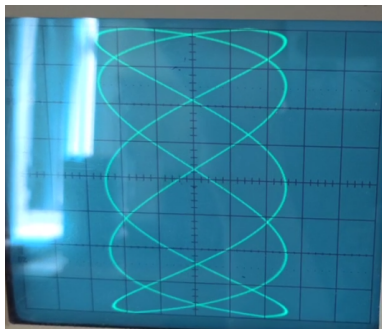
(a)  $\nu_1 : \nu_2 = 1 : 2$



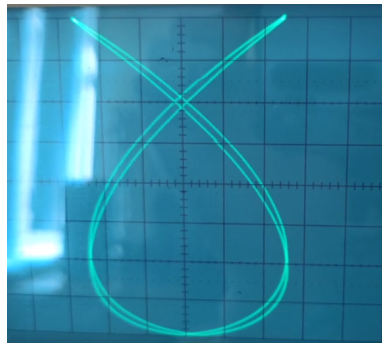
(b)  $\nu_1 : \nu_2 = 1 : 1$

Рис.: 4 Фигуры Лиссажу, часть 2

# Результаты третьей серии измерений



(a)  $\nu_1 : \nu_2 = 2 : 5$



(b)  $\nu_1 : \nu_2 = 2 : 3$

Рис.: 5 Фигуры Лиссажу, часть 3



# Результаты четвертой серии измерений

	$U_{max}/U_{20dB}$	$U_{20dB}/U_{40dB}$	$U_{40dB}/U_{min}$
-40dB	16.319	19.24	-13.380
-20dB	1.1	0.5	22

$\nu, \Gamma\text{ц}$	$U, \text{В}$
1000	4
30000000	3.4
23115000	3.8
23000000	3.8
100	4
10	4

$$K(\nu) = U(\nu) : U_0 \quad U, B$$

0.85	3.4
0.95	3.8
0.95	3.8
1	4
100	4
10	4

Полученные коэффициенты ослабления АЧХ говорят о том, что осциллограф способен качественно обрабатывать сигнал на всей полосе пропускания, т.к увеличение частоты в 30 тысяч раз увеличило помехи лишь в 1.17 раза