

Лабораторная работа 1.1.6
Изучение электронного осциллографа

Злобина Вера

20 мая 2021 г.

Цель работы: ознакомление с устройством и работой осциллографа и изучение его основных характеристик.

В работе используются: осциллограф, генераторы электрических сигналов, соединительные кабели.

Теоретические сведения

Осциллограф – регистрирующий прибор, в котором исследуемый сигнал преобразуется в видимый на экране график изменения напряжения от времени. Осциллограф широко используется в физическом эксперименте, так как с его помощью можно регистрировать любую величину, которую можно преобразовать в электрический сигнал.

Устройство осциллографа

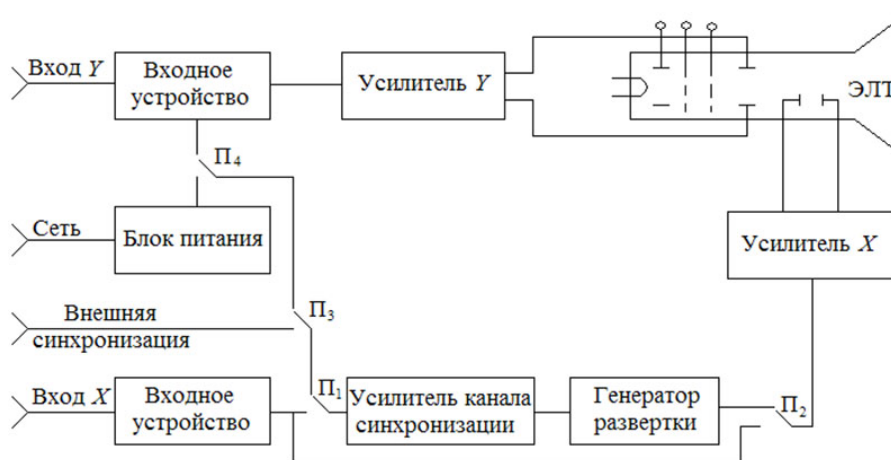


Схема устройства осциллографа

Принцип работы

Основной элемент осциллографа – электронно-лучевая трубка. Электронный пучок формируется системой электродов, называемой электронной пушкой: катод с нагревателем, модулятор, фокусирующий и ускоряющий аноды. Форма, размеры и расположение электродов подобраны таким образом, чтобы разгонять электроны и фокусировать пучок на экране.

На пути к экрану, сформированный пучок проходит две пары отклоняющих пластин. Две вертикальные пластины образуют плоский конденсатор, поле которого способно отклонять пучок в горизонтальном направлении. Аналогично, поле горизонтального конденсатора способно отклонять пучок в вертикальном направлении. Подавая на пластины электрическое напряжение и отслеживая траекторию пучка на экране можно анализировать входящий сигнал.

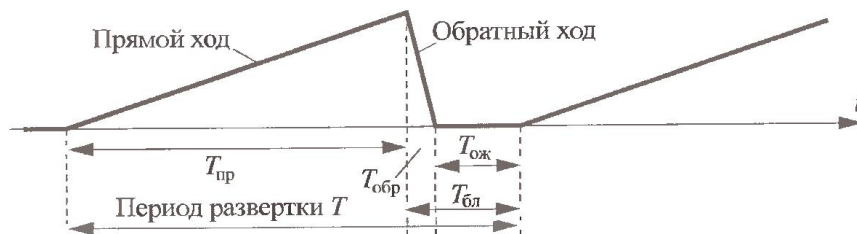
Развертка

Так как подаваемые на пластины сигналы лежат в довольно широком диапазоне, а чувствительность трубки довольно сильно ограничена, то в конструкции осциллографа присутствуют делители и усилители.

Для получения на экране изображения необходимо выполнение двух условий:

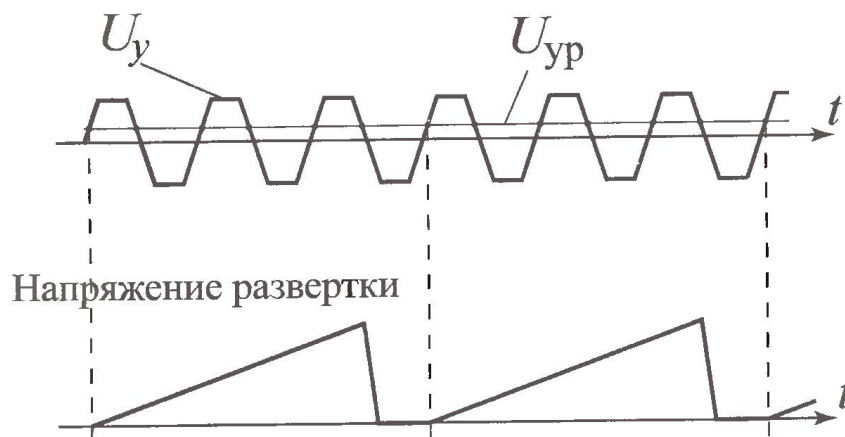
1. Подаваемое на вертикально отклоняющие пластины напряжение должно линейно зависеть от сигнала.
2. Подаваемое на горизонтально отклоняющие пластины напряжение должно линейно зависеть от времени.

В таком случае, напряжение пилообразной формы, вырабатываемое генератором, (которое называется напряжением развертки) имеет вид, представленный на рисунке .



Напряжение развёртки

Кроме того, еще один важный процесс - синхронизация. Для получения устойчивой картины сигнала на экране необходимо, чтобы период развертки был кратен периоду самого сигнала.



Условие наблюдения устойчивой картины сигнала на экране осциллографа

Наблюдение периодического сигнала от генератора и измерение его частоты.

f_{zg}, Γ_{Π}	T, дел	time/div	T, с	f, Γ_{Π}	df, Γ_{Π}	f - f _{zg} , Γ_{Π}
1999	5	10^{-4}	0,0005	2000	80	1
1299	7,8	10^{-4}	0,00078	1280	30	19
534	9,4	$2 \cdot 10^{-4}$	0,00188	530	10	4
2502	8	$5 \cdot 10^{-5}$	0,0004	2500	60	2
4714	4,3	$5 \cdot 10^{-5}$	0,000215	4700	200	14

Таблица 1: Период и частота синусоидального сигнала

Измерение амплитуды сигнала

$$\begin{aligned}
 U_{MAX} &= 11\text{В} & U_{MIN} &= 0.6\text{мВ} \\
 2.2\text{дел}; 5\frac{\text{В}}{\text{дел}} & & 2.4\text{дел}; 5\frac{\text{мВ}}{\text{дел}} & \\
 \frac{\delta U_{MAX}}{U_{MAX}} &\approx 0.05 & \frac{\delta U_{MIN}}{U_{MIN}} &\approx 0.08
 \end{aligned}$$

$$\beta_{21}[\text{дБ}] = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1} = 25.3\text{дБ} \quad \delta\beta_{21} \approx 0.1$$

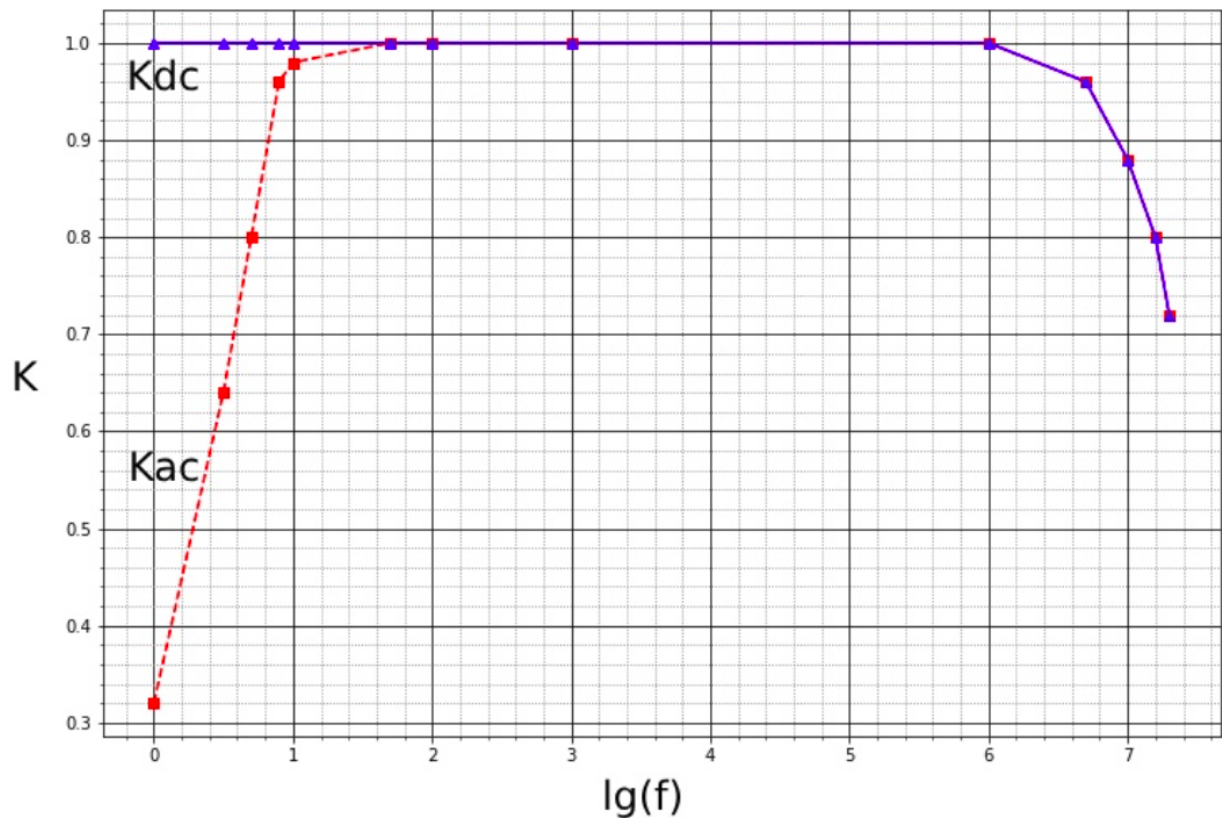
где P_2/P_1 — отношение средних мощностей, U_2/U_1 — отношение амплитуд некоторых двух сигналов (здесь учтено, что мощность пропорциональна квадрату амплитуды $P \sim U^2$).

Измерение амплитудно-частотной характеристики осциллографа

Измерим амплитудно-частотную характеристику $K(f)$ при открытом (DC, \approx) и при закрытом (AC, \sim) входе. Результаты занесем в таблицу.

$f_{\text{ген}}$	$\lg f$	$U_{AC}, \text{ДЕЛ}$	K_{AC}	$U_{DC}, \text{ДЕЛ}$	K_{DC}
1	0.0	1.6	0.32	5.0	1.00
3	0.5	3.2	0.64	5.0	1.00
5	0.7	4.0	0.80	5.0	1.00
8	0.9	4.8	0.96	5.0	1.00
10	1.0	4.9	0.98	5.0	1.00
50	1.7	5.0	1.00	5.0	1.00
10^2	2.0	5.0	1.00	5.0	1.00
10^3	3.0	5.0	1.00	5.0	1.00
10^6	6.0	5.0	1.00	5.0	1.00
$5 \cdot 10^6$	6.7	4.8	0.96	4.8	0.96
10^7	7.0	4.4	0.88	4.4	0.88
$1.5 \cdot 10^7$	7.2	4.0	0.80	4.0	0.80
$2 \cdot 10^7$	7.3	3.6	0.72	3.6	0.72

Таблица 2: Амплитудно-частотная характеристика



Зависимость величины K от частоты сигнала

Измерение разности фазово-частотных характеристик каналов осциллографа

При подаче на взаимно перпендикулярные отклоняющие пластины двух синусоидальных сигналов траектория луча на экране осциллографа представляет собой эллипс и может быть в общем виде описана уравнениями:

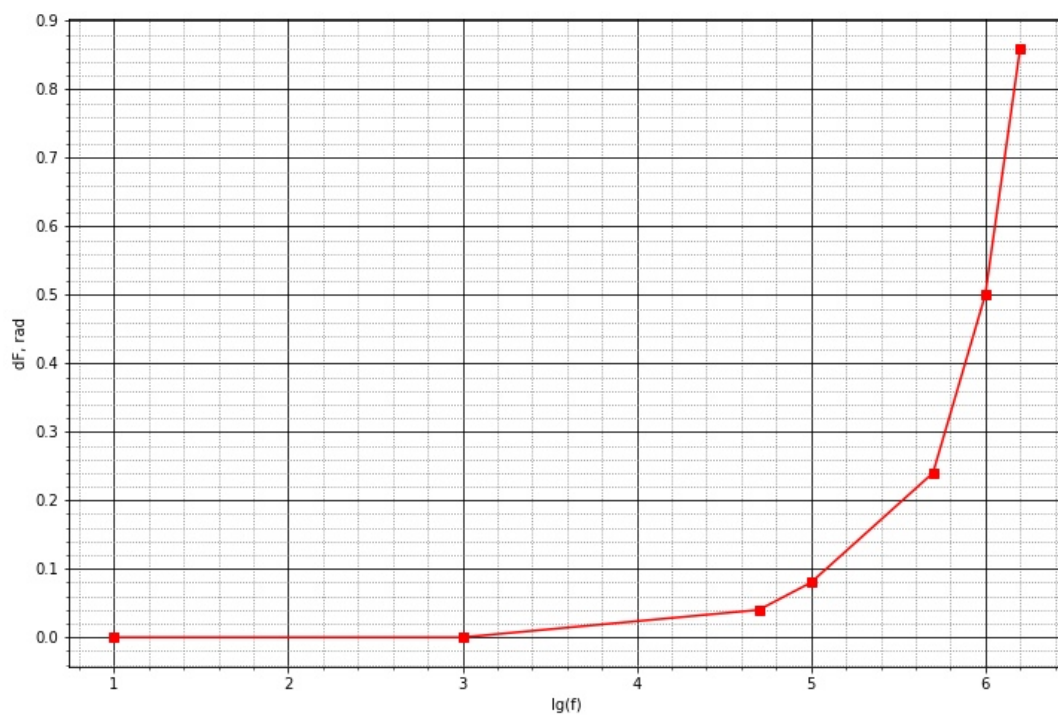
Тогда:

$$\delta\Phi = \arcsin\left|\frac{y_0}{A_y}\right| \text{ или } \delta\Phi = \pi - \arcsin\left|\frac{y_0}{A_y}\right| \text{ или } \delta\Phi = \pi + \arcsin\left|\frac{y_0}{A_y}\right|$$

$f_{\text{ген}}, \text{Гц}$	10	10^3	$5 \cdot 10^4$	10^5	$5 \cdot 10^5$	10^6	$1.5 \cdot 10^6$
$\lg f$	1.0	3.0	4.7	5.0	5.7	6.0	6.2
$2y_0, \text{ДЕЛ}$	0.0	0.0	0.2	0.4	1.2	2.4	3.8
$2A_y, \text{ДЕЛ}$	0.0	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
$\Delta\Phi, \text{рад}$	0.00	0.00	0.04	0.08	0.24	0.50	0.86

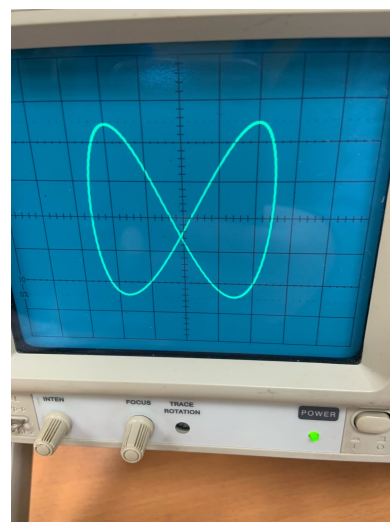
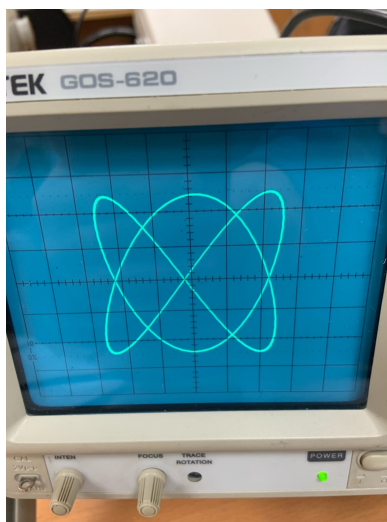
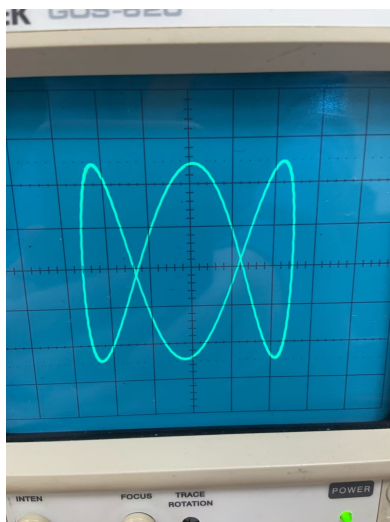
Таблица 3: Зависимость величины разности фаз от частоты сигнала

Зависимость величины разности фаз от частоты сигнала



Исходя из графика сделаем вывод, что осциллограф отображает корректную разность фаз для $f < 1\text{кГц}$.

Наблюдение фигур Лиссажу



Фигуры Лиссажу для соотношения частот 1:3, 2:3 и 1:2

Вывод

В результате работы был изучен электронный осциллограф. Выяснилось, что на больших и низких частотах из-за конструктивных особенностей прибора результаты измерений искажаются. Помимо этого были при помощи осциллографа были получены фигуры Лиссажу.