

Отчет о выполнении лабораторной работы 1.1.6 Изучение электронного осциллографа.

Варламов Антоний, группа Б02-928

6 ноября 2019 г.

1 Теоретический материал.

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.

1.1 Устройство осциллографа.

Схема устройства осциллографа приведена на рисунке 1.

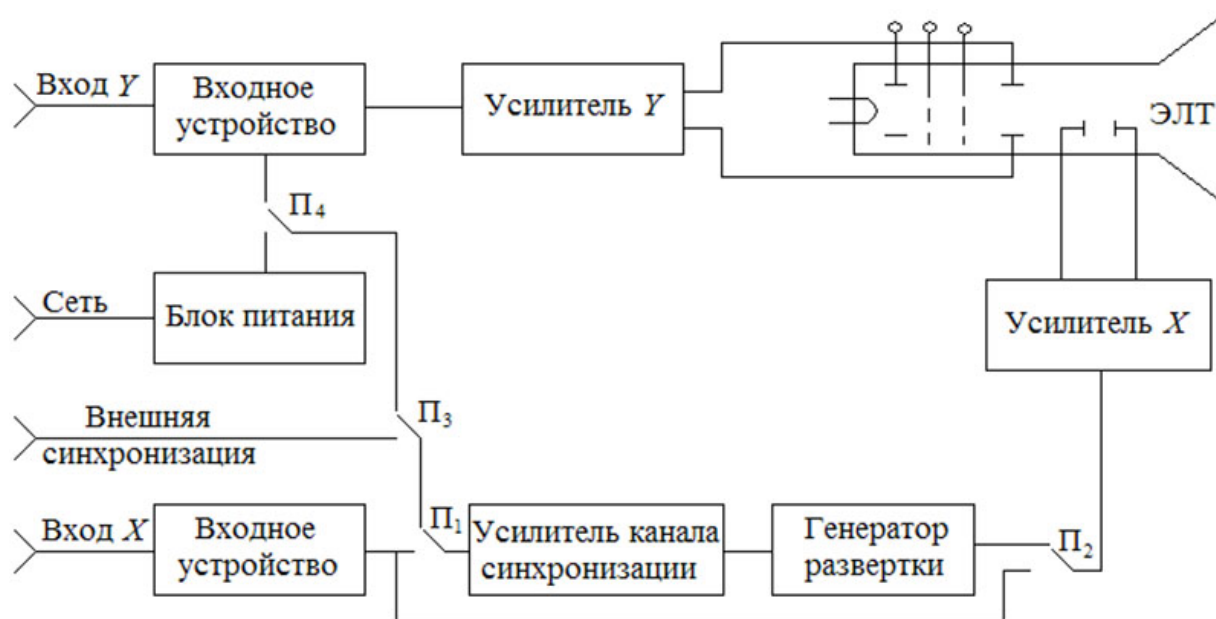


Рис. 1: Схема устройства осциллографа.

1.2 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 разогнать электроны и сфокусировать 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. (Рис. 1)

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 2.

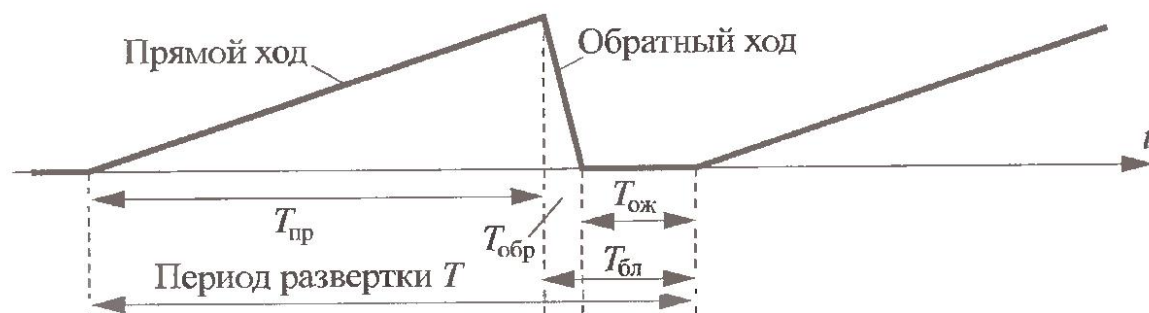


Рис. 2: Напряжение развертки.

Кроме того, еще один важный процесс - синхронизация. Для получения устойчивой картины сигнала на экране необходимо, чтобы период развертки был кратен периоду самого сигнала (Рис.3)

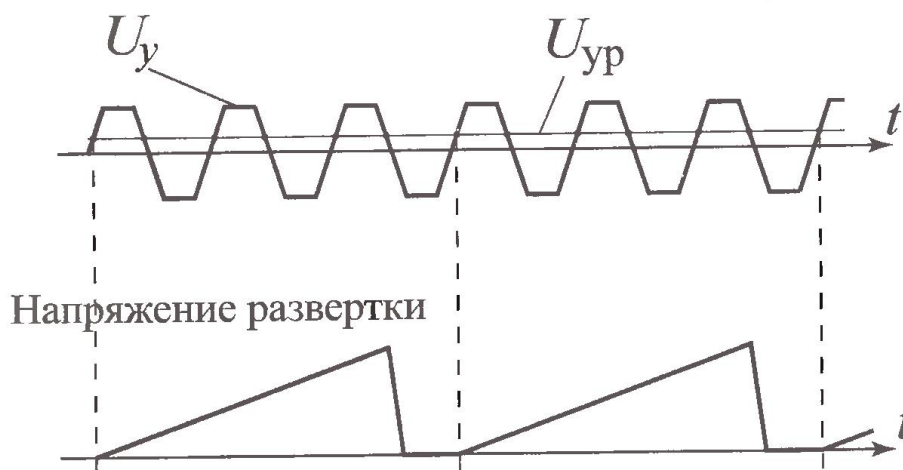


Рис. 3: Условие наблюдения устойчивой картины сигнала на экране осциллографа.

2 Выполнение работы.

2.1 Наблюдение периодического сигнала от генератора и измерение его частоты.

Необходимо получить на экране осциллографа устойчивую картину периодического (синусоидального) сигнала. После получения картины на экране осциллографа определить период и частоту сигнала, сравнить полученные результаты с показаниями частоты на звуковом генераторе.

Для получения стационарной картины используем ручки VOLTS/DIV и TIME/DIV, а также ручки POSITION и LEVEL. Получив устойчивую картину, проводим необходимые измерения. Результаты заносим в Таблицу 1.

| f_{ist} , Гц | T, дел | TIME/DIV, mks | T, мс | f, Гц | δf , Гц | $f_{ist} - f$, Гц |
|----------------|--------|---------------|-------|-------|-----------------|--------------------|
| 505 | 20 | 500 | 2 | 500 | 25 | 5 |
| 1008 | 25 | 200 | 1 | 1000 | 40 | 8 |
| 2004 | 25 | 100 | 0,5 | 2000 | 80 | 4 |
| 3002 | 35 | 50 | 0,35 | 2857 | 82 | 145 |
| 3099 | 33 | 50 | 0,33 | 3030 | 92 | 69 |
| 4006 | 25 | 50 | 0,25 | 4000 | 160 | 6 |
| 5003 | 20 | 50 | 0,2 | 5000 | 250 | 3 |

Таблица 1: Результаты измерения частоты входного сигнала.

Значение величин f , δf рассчитывается по следующим формулам:

$$f = \frac{1}{T}$$
$$\delta f = f\epsilon_T, \text{ где } \epsilon_T = \frac{1}{N_{Tdiv}}$$

Анализируя полученный результат, отметим следующее:

1. Измерение, проведенное для значения $f_{ist} = 3002$ Гц является ошибочным. В дальнейшем, данное измерение учитывать не будем из-за очень большого отклонения.
2. Несмотря на довольно малые значения δf , следует отметить, что значение ϵ_f достаточно велико. Значения для различных частот занесены в таблицу 2.
3. Хорошая точность обеспечивается при условии кратности измеряемой частоты величине, равной произведению $TIME/DIV * N_{divT}$
4. Данный метод позволяет добиться точности измерения частоты входящего сигнала 5% от значения измеряемой величины.

| | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| ϵ_f | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| $f, \text{ Гц}$ | 500 | 100 | 2000 | 2857 | 3030 | 4000 | 5000 |

Таблица 2: Значения относительной погрешности определения частоты для различных частот.

2.2 Измерение амплитуды сигнала.

С помощью вертикальной шкалы осциллографа проведем измерение амплитуды сигнала. Для этого установим значение частоты входного сигнала осциллографа 1 кГц, затем измерим отношение $\frac{U_{max}}{U_{min}}$, которые способен выдавать генератор. Изменение напряжение входного сигнал аобеспечим с помощью кнопки АТТ - 20dB, которая уменьшает амплитуду в 10 раз.

Формула, которая описывает происходящие изменения:

$$\beta_{21} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}$$

Проверим ее истинность: Измерим значения U_{max}, U_{min} , а также определим β_{21} . Полученный результат занесем в таблицу 3.

| $U_{max}, \text{ В}$ | $U_{min}, \text{ В}$ | δU_{max} | δU_{min} | $\epsilon_{U_{max}}$ | $\epsilon_{U_{min}}$ | β_{teor} | β | ϵ_{beta} | $\delta\beta$ |
|----------------------|----------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------|---------|-------------------|---------------|
| 26 | 2,8 | 1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 20 | 19,4 | 0,04 | 0,7 |

Таблица 3: Результаты измерения амплитуды входного сигнала.

Величина ϵ_{beta} вычисляется по формуле:

$$\epsilon_{beta} = \sqrt{\left(\frac{U_{max}}{\ln U_{max}}\right)^2 + \left(\frac{U_{min}}{\ln U_{min}}\right)^2}$$

Сравнивая полученное значение $\beta = 19,4 \pm 0,7$ с теоретически рассчитанным $\beta_{teor} = 20$, можно сказать, что теоретическое соотношение выполняется при заданной частоте входного сигнала.

2.3 Измерение амплитудно-частотной характеристики осциллографа.

Амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) измерительного прибора называют зависимость амплитуды измеряемого сигнала от частоты сигнала, подаваемого на вход. Проведем измерение АЧХ для двух состояний канала осциллографа во всем диапазоне частот.

Формула, которая позволяет определить АЧХ:

$$K(f) = \frac{U(f)}{U_0}$$

Проведем измерения при $U_{0,DC} = 20$ дел, $U_{0,AC} = 20$ дел. Результаты занесем в таблицу

| $f, \text{ Гц}$ | $\lg f$ | $2U_{DC}, \text{ дел}$ | $K_{DC} = \frac{U_{DC}}{U_0}$ | $2U_{AC}, \text{ дел}$ | $K_{AC} = \frac{U_{AC}}{U_0}$ |
|-----------------|---------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 5 | 0,699 | 19 | 0,95 | 17 | 0,85 |
| 10 | 1,000 | 20 | 1 | 19 | 0,95 |
| 20 | 1,301 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| 50 | 1,699 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| 10^2 | 2,000 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $2 * 10^2$ | 2,301 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $5 * 10^2$ | 2,699 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| 10^3 | 3,000 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $2 * 10^3$ | 3,301 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $5 * 10^3$ | 3,699 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| 10^4 | 4,000 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $2 * 10^4$ | 4,301 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $5 * 10^4$ | 4,699 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| 10^5 | 5,000 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $2 * 10^5$ | 5,301 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| $5 * 10^5$ | 5,699 | 20 | 1 | 20 | 1 |
| 10^6 | 6,000 | 20 | 1 | 19 | 0,95 |
| $1,5 * 10^6$ | 6,176 | 20 | 1 | 19 | 0,95 |
| $2 * 10^6$ | 6,301 | 20 | 1 | 19 | 0,95 |
| $2,5 * 10^6$ | 6,398 | 19 | 0,95 | 19 | 0,95 |
| $3 * 10^6$ | 6,477 | 19 | 0,95 | 19 | 0,95 |
| $3,5 * 10^6$ | 6,544 | 18 | 0,9 | 18 | 0,9 |
| $4 * 10^6$ | 6,602 | 18 | 0,9 | 18 | 0,9 |
| $4,5 * 10^6$ | 6,653 | 18 | 0,9 | 18 | 0,9 |
| $5 * 10^6$ | 6,699 | 18 | 0,9 | 18 | 0,9 |

Таблица 4: Значение К для различных частот для закрытого и открытого канала.

2.4 Изучение влияния АЧХ на искажение сигнала.

Проверим, каким образом АЧХ влияет на искажение прямоугольного сигнала - меандра. для этого получим устойчивую картину прямоугольного сигнала для частоты $f = 1$ кГц. Затем, изменяя частоту входного сигнала получим картины меандров для различных частот.

Из-за искажения, вызванного АЧХ осциллографа, при достаточно больших частотах, вероятнее всего будет наблюдаться картина, изображенная на рисунке 4.

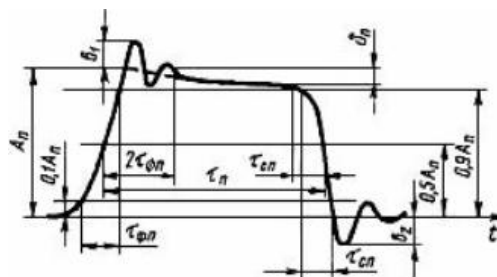


Рис. 4: Теоретическая картина сигнала меандра, искаженного осциллографом.

На рисунках 5 - 11 представлены картины сигналов для различных значений частоты.