

Целью работы является ознакомление с устройством, принципом работы электронно-лучевого осциллографа и методикой измерения с его помощью различных параметров электрических сигналов.

Программа работы:

1 Измерение амплитуды напряжения исследуемого сигнала.

2. Измерение параметров импульсов.

3. Измерение частоты.

4.Измерение угла сдвига фаз.

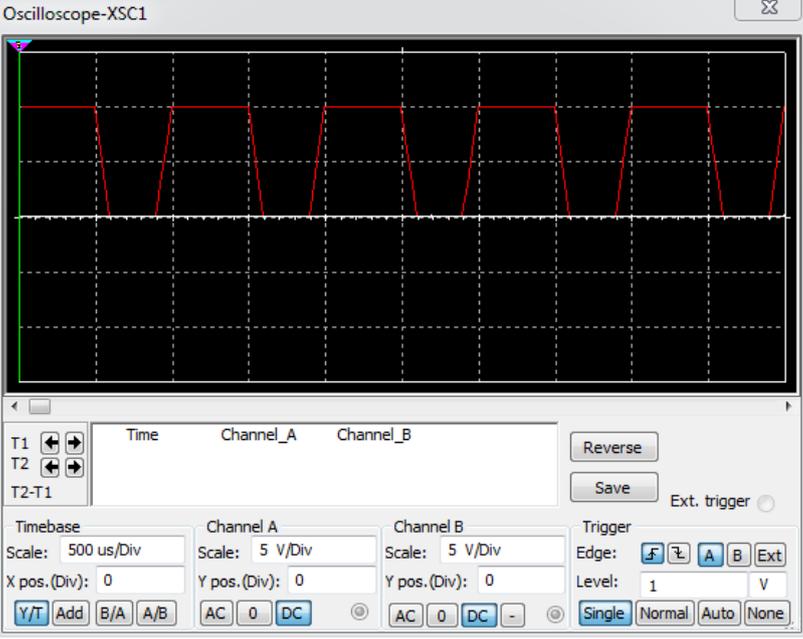
1-2 Измерение амплитуды напряжения исследуемого сигнала и параметров

импульсов:

Результаты исследований занесены в таблицу 1

Таблица 1

Форма сигнала	Изображение	Результаты измерений
Синусоидальный		<p>Масштаб по вертикали: 5 В/дел  Масштаб по горизонтали (развертка): 200 мкс/дел  Амплитуда напряжения: 14,1В.  Период повторения сигнала: 1 мс.</p>

Форма сигнала	Изображение	Результаты измерений
Импульсный		<p>Масштаб по вертикали: 5 В/дел.  Масштаб по горизонтали (развертка): 500 мкс/дел.  Амплитуда напряжения: 10 В;  Период повторения сигнала: 1 мс,  Длительность импульса: 0,52 мс;  Длительность фронта: 0,1 мс;  Длительность среза: 0,1 мс.</p>

3. Измерение частоты  
 Экспериментальные данные занесены в таблицу 2

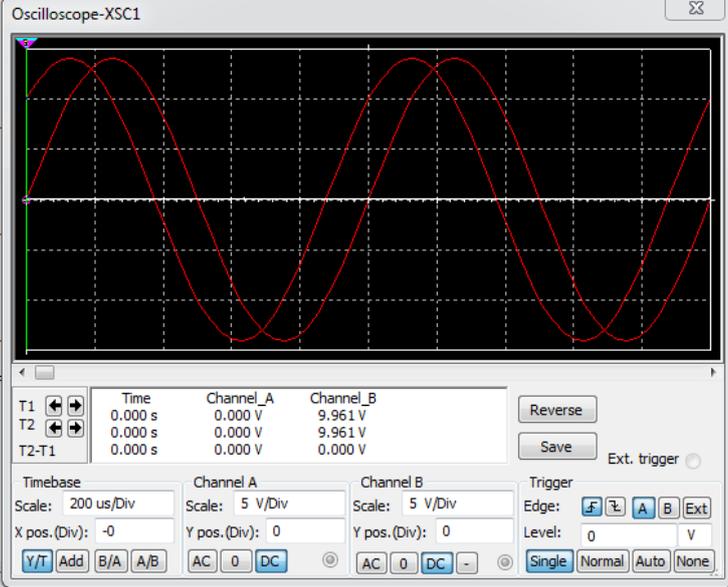
Таблица 2

Форма сигнала	Изображение	Результаты измерений
Измерение периода		<p>Масштаб по вертикали: 5 В/дел                  Масштаб по горизонтали (развертка): 1 мс/дел                  Период сигнала: 1 мс.                  Частота  <math>f=1/T=1/0,95 \cdot 10^{-3}=1052 \text{ Гц}</math>;                  При размещении 10 периодов: <math>f=n/l \cdot T_p=10/10 \cdot 10^{-3}=1000 \text{ Гц}</math></p>
По фигурам Лиссажу		<p>Масштаб по вертикали: 5 В/дел                  Образцовая частота <math>f_0=1 \text{ кГц}</math>                  Количество пересечений по x <math>n_x=4</math>                  Количество пересечений по y <math>n_y=2</math>                  Частота <math>f_x=f_0 \cdot n_x/n_y=1000 \cdot 4/2=2000 \text{ Гц}</math></p>
Метод круговой развертки (пометкам)		<p>Число ярких дуг <math>n</math> или темных промежутков между дугами однозначно определяет отношение <math>f : f_0</math>;  <math>f_0 = 1000 \text{ Гц}</math>  <math>n=2</math>  <math>f=n \cdot f_0 = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ Гц}</math></p>

#### 4.Измерение угла сдвига фаз.

Экспериментальные данные занесены в таблицу 3

Таблица 3

Способ фазового сдвига	Изображение	Результаты измерений
Двухлучевым осциллографом		<p>Масштаб по вертикали: 5 В/дел.</p> <p>Масштаб по горизонтали (развертка): 200 мкс/дел.</p> <p>Период сигнала: 5 мс.</p> <p>Величина отставания сигналов: <math>t_{\phi} = 0,124</math> мс</p> <p>Сдвиг фаз: <math>\phi = 2\pi t_{\phi} / T = 360 \cdot 0,124 / 1 = 44,6^{\circ}</math></p>

Выводы: Измерения с помощью осциллографа амплитуды, частоты, периода повторения, длительности импульса, длительности фронта и среза импульса, сдвига фазы возможны, однако в случае применения аналогового осциллографа точность измерения оказывается невысокой и определяется половиной минимального деления экранной сетки, в то время как цифровые осциллографы позволяют устанавливать метки в точке измерения и точность измерения определяется частотой дискретизации измеряемого сигнала.

## Контрольные вопросы:

### 1. Устройство и принцип работы электронного осциллографа.

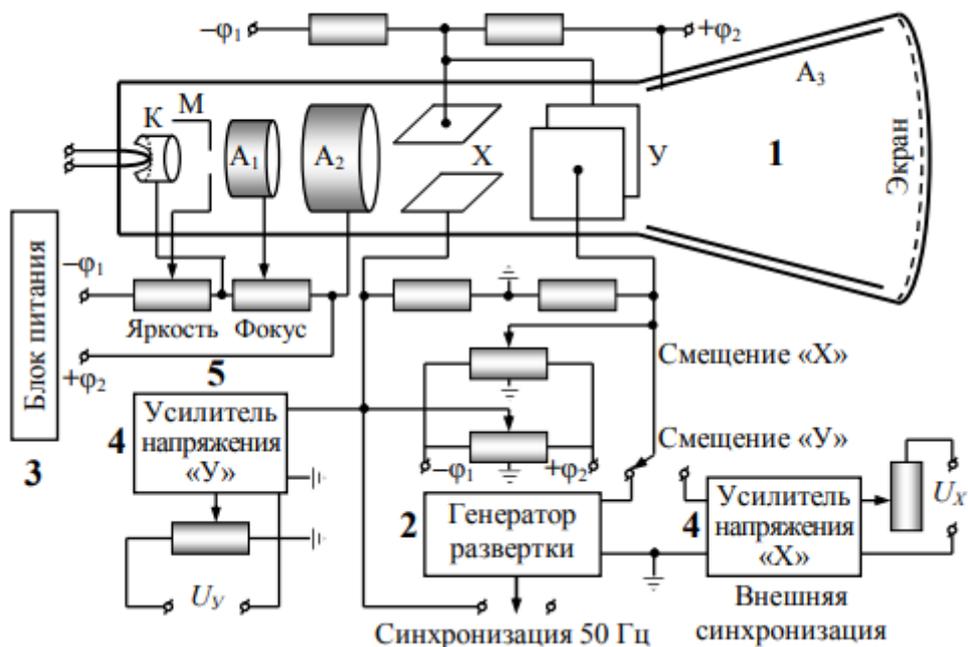


Рисунок 1 Блок схема осциллографа

### 2. Назначение основных блоков осциллографа.

- электронно-лучевая трубка для визуального наблюдения исследуемого процесса;
- генератор развертки для перемещения электронного луча по экрану трубки с определенной скоростью;
- источники питания для получения необходимых напряжений, подаваемых на электроды электронно-лучевой трубки;
- усилители и делители входного напряжения, используемые соответственно для увеличения или уменьшения исследуемого напряжения;
- устройство для регулировки яркости, фокусировки и смещения луча.

Рассмотрим кратко устройство отдельных узлов осциллографа и их взаимодействие.

Воздействуя на электронный луч электростатическим полем, можно вызвать его отклонение. Электроннолучевая трубка имеет две пары

отклоняющих пластин, расположенных под прямым углом друг к другу (рисунок 1). Пластины «У» позволяют отклонять луч в вертикальном направлении и называются вертикально отклоняющими пластинами (У-пластинами). Пластины «Х» позволяют отклонить луч в горизонтальном направлении и называются горизонтально отклоняющими пластинами (Х- пластинами). Напряжение на отклоняющих пластинах можно изменять при помощи потенциометров, ручки которых выведены на лицевую панель прибора (рисунок 1) - "Смещение «Х»" и "Смещение «У»". Рассмотрим, как на экране осциллографа образуется график исследуемой переменной величины, например, синусоидального напряжения частотой 50 Гц за один период. Исследуемое напряжение подается на «Вход У», т.е. на вертикально отклоняющие пластины. Световое пятно сместится от центра экрана вверх на величину, соответствующую амплитуде подаваемого синусоидального напряжения (рисунок 2);

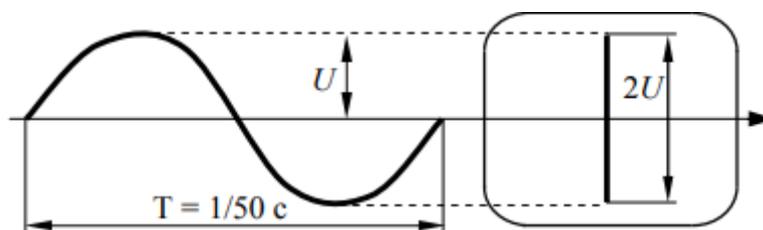


Рисунок 2

затем пятно начнет двигаться в противоположном направлении, пройдя через центр, достигнет своего амплитудного значения и снова возвратится к центру. Так как частота колебаний рассматриваемого напряжения равна 50 Гц, то за одну секунду световое пятно совершит 50 полных колебаний и благодаря инерции глаза на экране будет видна прямая вертикальная линия (рисунок 2). Для того чтобы получить изображение графика исследуемого напряжения, необходимо одновременно с исследуемым напряжением на горизонтально

отклоняющие пластины «X» подать напряжение, изменяющееся прямо пропорционально времени  $t$  (рисунок 3), так называемое пилообразное напряжение.

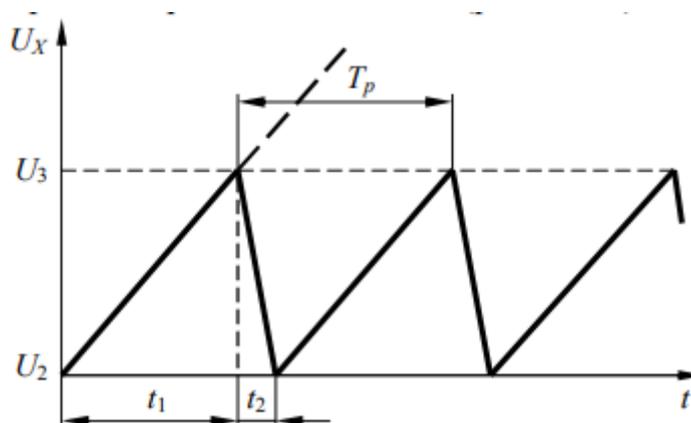


Рисунок 3

Под действием пилообразного напряжения и при отсутствии исследуемого сигнала на пластинах «Y» световое пятно на экране будет равномерно перемещаться по горизонтальной прямой в течение времени  $t_1$ . За время  $t_1$  напряжение, подаваемое на пластины «Y», нарастает до  $U_3$ , после чего напряжение падает до  $U_2$  в течение очень короткого времени  $t_2$ , и луч возвратится в исходное состояние, затем процесс повторяется. При одновременном действии на электронный луч двух электрических полей, созданных исследуемым и пилообразным напряжениями световое пятно будет равномерно перемещаться в горизонтальном направлении и одновременно отклоняться, в вертикальном направлении на величину, пропорциональную мгновенному значению исследуемого напряжения. Таким образом, электронный луч под влиянием двух напряжений опишет на экране кривую изменения исследуемого сигнала, т.е. синусоиду в рассматриваемом случае.

### 3. Порядок подготовки осциллографа к работе.

Перед включением прибора предварительно установить органы управления в следующие положения:

- «яркость», «фокус» и «уровень» в средние положения;
- переключатель режима запуска в положение «Авт».

Включить питание, вытянув ручку на себя, и проверить свечение индикатора. Если через некоторое время луч не появился, необходимо, вращая ручки смещения луча по вертикали, вывести луч на экран. Если луч не найден, увеличить его яркость и вновь повторить предыдущую операцию.

Подключение источника сигнала:

- 1) установить максимальный масштаб изображения по вертикали;
- 2) подключить измерительные шнуры к входу осциллографа и к исследуемой цепи;
- 3) подать напряжение на исследуемую цепь и установить удобные масштабы изображения.

Получение неподвижного изображения:

- 1) выбрать источник синхронизирующего напряжения. Обычно вход синхронизации подключается к исследуемому сигналу в канале I или II;
- 2) регулируя масштаб изображения по оси X и уровень синхронизации установить неподвижное изображение;
- 3) если неподвижное изображение не устанавливается, переключить развертку в режим «Ждущая» и повторить предыдущий пункт.

#### 4. Как измерить амплитуду напряжения с помощью осциллографа.

Перед измерением напряжения необходимо произвести проверку калибровки. После этого на вход «У» подают измеряемое напряжение. Ручка усиления «плавно» должна находиться в крайнем правом положении, а переключателем «ступенчато» устанавливают требуемый размер изображения на экране и измеряют размах изображения по вертикали в делениях. Отклонение луча вверх от нулевой линии соответствует положительному направлению напряжения от точки подключения короткого конца измерительного шнура к точке подключения его длинного конца (общий провод).

## 5. Метод измерения частоты.

Частоту сигнала можно определить, измерив его период:

$$f=1/T$$

Для получения большей точности измерения периода на экране следует разместить несколько периодов исследуемого сигнала. Если  $n$  периодов будут занимать по горизонтали определенное количество делений  $l_{\text{дел}}$  при калиброванной развертке  $T_p$ , то частота сигнала  $f = n / l_{\text{дел}} \cdot T_p$ .

Существует метод измерения частоты с помощью фигур Лиссажу. На пластины горизонтального отклонения электронно - лучевой трубки подают сигнал генератора, частота, которого известна. На пластины вертикального отклонения электронно - лучевой трубки подают неизвестный сигнал, изменяя частоту генератора добиваются картинке на экране электронно-лучевой трубки до получения устойчивой картинке в виде эллипса, что будет говорить о равенстве частот.

## 6. Метод измерения фазового сдвига.

Для измерения фазового сдвига необходим двухканальный осциллограф имеющий внешний запуск. Для двухканального осциллографа фазовый сдвиг между двумя синусоидальными напряжениями измеряется достаточно просто. Для этого указанные напряжения подаются на входе УІ и УІІ. Отсчет производится между моментами перехода сигналов через 0 с одинаковой производной (рисунок 4).

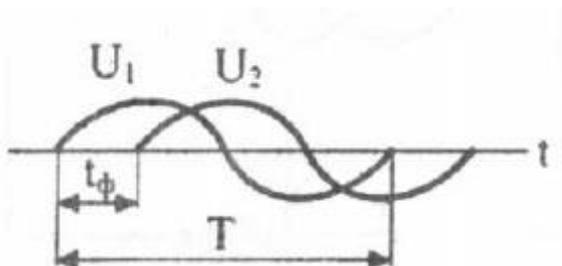


Рисунок 4

Перед измерением при закороченных входах обоих каналов их нулевые линии следует совместить с осью X экрана. Угол сдвига фаз

$$\varphi = \frac{t_{\phi}}{T} \cdot 2\pi$$