

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ)  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

**ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ОСЦИЛЛОГРАФА**  
*Учебно-методическое пособие*

Набережные Челны  
2018

УДК 530 (077)

*Печатается по рекомендации  
кафедры физики НЧИ КФУ*

Рецензент: доцент, к.т.н. Ч.С. Страшинский

Изучение работы осциллографа: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе по физике / Составитель: Х.К. Тазмеев - Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2018 – 22 с.

Учебно-методическое пособие предназначено в помощь студентам для выполнения лабораторной работы по физике.

© Набережночелнинский институт КФУ, 2018

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

## 1. Устройство и принцип работы осциллографа.

Современный осциллограф является универсальным электроизмерительным прибором. С его помощью можно исследовать форму кривых зависимостей напряжения и тока от времени, измерять частоту колебаний, разность фаз между двумя колебаниями. Кроме периодических колебаний, осциллограф позволяет наблюдать непериодические процессы и одиночные импульсы, измерять амплитуды и длительности электрических сигналов.

Используя вспомогательные схемы или преобразуя механические колебания в электрические, можно с помощью осциллографа определять различные характеристики всевозможных приборов и устройств.

Наиболее существенными достоинствами осциллографа являются наглядное представление получаемых результатов, а также малая инерционность его работы. Современные осциллографы позволяют исследовать периодические процессы в диапазоне частот от 0 до  $10^{10}$  Гц и одиночные процессы длительностью до  $10^{-9}$  с.

### 1.1. Электронно-лучевая трубка

Измерительным элементом осциллографа является электровакуумный прибор, который называется электронно-лучевой трубкой. Внутри трубки создаётся узкий пучок электронов (электронный луч), который падает на экран трубки. Экран покрыт изнутри особым веществом – люминофором, способным светиться под действием электронов. Светящаяся точка – след электронного луча может перемещаться по экрану во всех направлениях, рисуя графики различных зависимостей – осциллограммы.

Основными элементами электронно-лучевой трубки (рис. 1) являются электронная пушка *I*, отклоняющая система *II* и

экран *III*. Электронная пушка формирует электронный пучок. Она состоит из катода *K*, модулятора *M*, первого анода *A*<sub>1</sub> и второго анода *A*<sub>2</sub>. Катод *K* подогревается спиральным нагревателем *H* и служит источником электронов. Он окружён управляющим электродом – модулятором *M* с отверстием для пропускания электронов. На модулятор подаётся отрицательный потенциал, который можно изменять потенциометром *R*<sub>1</sub> и тем самым регулировать интенсивность потока электронов, следовательно, регулировать яркость пятна на экране.

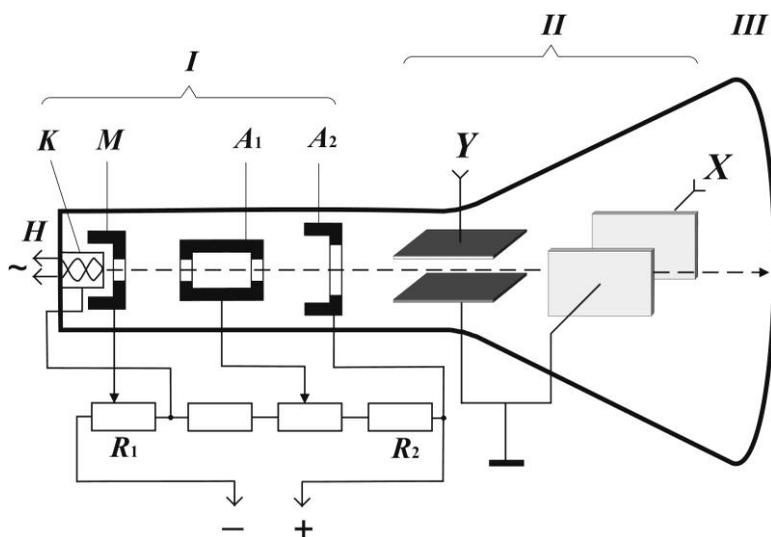


Рис. 1

Фокусировку электронного пучка производит первый анод *A*<sub>1</sub>, выполненный в виде цилиндра с диафрагмами. На него подаётся положительный потенциал в несколько сот вольт, который можно регулировать потенциометром *R*<sub>2</sub>. Изменяя потенциал на первом аноде, производят фокусировку электронного пучка, следовательно, фокусируют световое пятно на экране.

Ручки потенциометров *R*<sub>1</sub> и *R*<sub>2</sub> расположены на передней панели осциллографа и обозначаются «яркость» и «фокус».

Второй анод  $A_2$  находится под постоянным положительным потенциалом в несколько тысяч вольт относительно катода. Электрическое поле между катодом и вторым анодом ускоряет электроны и даёт им запас кинетической энергии, который необходим для возбуждения (свечения) люминофора на экране.

После второго анода расположена отклоняющая система, состоящая из двух пар пластин. Обе пары расположены взаимно перпендикулярно друг к другу. К пластинам подводятся управляющие напряжения. При этом между пластинами создаётся электрическое поле, которое отклоняет электронный пучок.

Пара горизонтальных пластин, обозначенных на рис. 1 буквами  $Y$ , отклоняют электронный пучок в вертикальном направлении вдоль оси  $Y$ . Эти пластины называются вертикально отклоняющими.

Пара вертикальных пластин, обозначенных на рис. 1 буквами  $X$ , отклоняют электронный пучок в горизонтальном направлении вдоль оси  $X$ . Эти пластины называются горизонтально отклоняющими.

## 1.2. Получение изображений на экране осциллографа

В электрическом поле между отклоняющими пластинами на электрон действует сила

$$\vec{F} = -e\vec{E}.$$

Электроны влетают в область поля с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  и пролетают эту область за время

$$t = \frac{\ell_1}{v_0},$$

где  $\ell_1$  - протяжённость области поля в направлении движения электронов (рис. 2).

Движение электрона вдоль оси  $y$  под действием постоянной силы  $\vec{F}$  в течение времени  $t$  является

равнопеременной. При таком движении скорость и путь вычисляются по формулам

$$v_1 = at, \quad y_1 = \frac{at^2}{2}.$$

Ускорение определяется по второму закону Ньютона

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}.$$

Таким образом,

$$v_1 = \frac{eE}{m} \cdot \frac{\ell_1}{v_0}, \quad y_1 = \frac{eE}{m} \cdot \frac{\ell_1^2}{2v_0^2}.$$

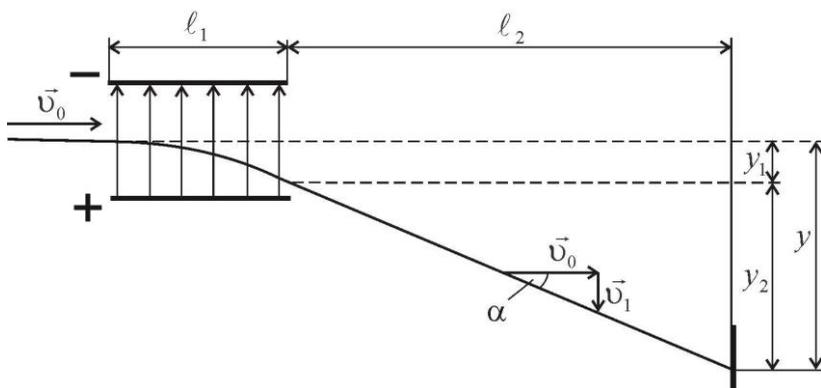


Рис. 2

После выхода из поля электроны летят прямолинейно в направлении, составляющем с вектором  $\vec{v}_0$  угол  $\alpha$ ,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_1}{v_0} = \frac{eE}{m} \cdot \frac{\ell_1}{v_0^2}.$$

Используя этот угол  $\alpha$ , определяем смещение электронов за время прямолинейного полета

$$y_2 = \ell_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Полное смещение электронов от первоначального направления равно

$$y = y_1 + y_2 = \frac{eE}{m} \cdot \frac{\ell_1^2}{2v_0^2} + \ell_2 \cdot \frac{eE}{m} \cdot \frac{\ell_1}{v_0^2} = \frac{e\ell_1}{mv_0^2} \left( \frac{1}{2}\ell_1 + \ell_2 \right) \cdot E$$

Таким образом, смещение электронного пучка пропорционально напряжённости электрического поля  $E$  и, следовательно, пропорционально приложенному напряжению  $U$  на отклоняющие пластины (т.к.  $E = U/d$ , а расстояние  $d$  между пластинами не изменяется).

Если подать на отклоняющие пластины постоянные напряжения  $U_x$  и  $U_y$ , то светящееся пятно на экране будет находиться в точке  $Q$  (рис. 3), положение которой определяется как смещением  $h_x$ , так и смещением  $h_y$ . Переменное напряжение, приложенное к какой-либо одной паре отклоняющих пластин, будет перемещать световое пятно только по горизонтали или только по вертикали, вычерчивая при этом на экране прямую линию (горизонтальную или вертикальную).

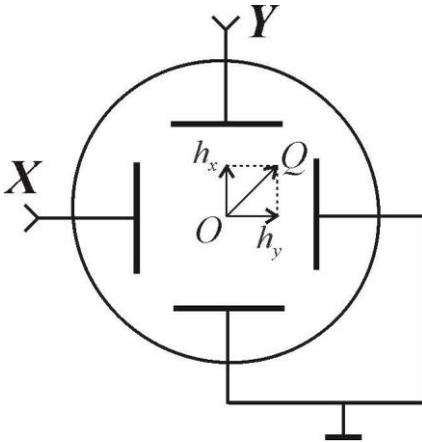


Рис. 3

Здесь:

Смещение  $\delta h$  светового пятна, происходящее при подаче на отклоняющие пластины напряжения 1 вольт, называется чувствительностью электронно-лучевой трубки

$$\delta h_y = \frac{h_y}{U_y},$$

$$\delta h_x = \frac{h_x}{U_x}.$$

$\delta h_y$  и  $\delta h_x$  - чувствительности электронно-лучевой трубки по вертикальной и горизонтальной осям;  
 $h_y$  и  $h_x$  - смещения луча по тем осям, в миллиметрах;  
 $U_x$  и  $U_y$  - постоянные напряжения, приложенные отклоняющим пластинам.

Если приложить к обеим парам пластин переменные напряжения, например, синусоидальные

$$U_x = U_{\max x} \sin(\omega_x t + \varphi_x), \quad (1)$$

$$U_y = U_{\max y} \sin(\omega_y t + \varphi_y), \quad (2)$$

то электронный луч будет вычерчивать на экране некоторую кривую.

В выражениях (1) и (2)  $U_{\max x}$  и  $U_{\max y}$  - амплитуды;  $\omega_x, \omega_y$  - круговые частоты;  $\varphi_x, \varphi_y$  - начальные фазы колебаний напряжений. Получаемая на экране кривая будет описываться системой уравнений

$$x = a \sin(\omega_x t + \varphi_x), \quad (3)$$

$$y = b \sin(\omega_y t + \varphi_y). \quad (4)$$

где  $a, b$  - амплитуды смещения светового пятна на экране по осям  $x$  и  $y$ .

Исключая из (3) и (4) время  $t$ , можно определить траекторию движения светового пятна на экране.

Форма траекторий зависит от сдвига фаз и соотношения частот и амплитуд переменных напряжений, приложенных к отклоняющим пластинам. В частности, при условиях  $\omega_x = \omega_y$  и  $\varphi_x - \varphi_y = 0$  траектория светового пятна будет прямой линией

$$y = \frac{b}{a} x.$$

При выполнении условий  $\omega_x = \omega_y$ ,  $\varphi_x - \varphi_y = \pi/2$  и  $a = b$  получается окружность

$$x^2 + y^2 = a^2.$$

Результирующие кривые, получающиеся от суммарного воздействия двух переменных напряжений, называются фигурами Лиссажу. На рис. 4. приведены фигуры Лиссажу, полученные при суммировании двух синусоидальных напряжений одинаковой амплитуды, в зависимости от соотношения частот и разности фаз двух колебаний.

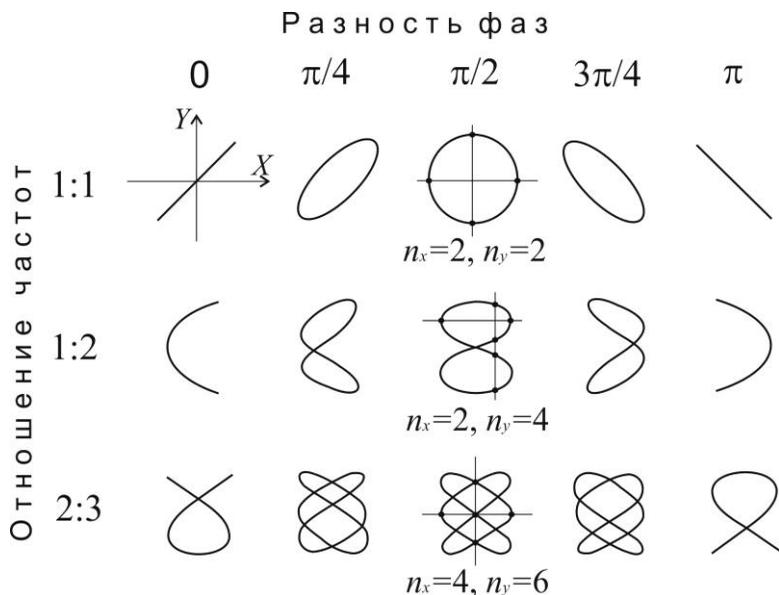


Рис. 4

По форме получаемых фигур Лиссажу можно с большой точностью устанавливать соотношение частот исследуемых сигналов.

### 1.3. Линейная развёртка.

Наиболее часто используемым режимом работы осциллографа является режим непрерывной линейной развёртки исследуемого сигнала. На горизонтально отклоняющие пластины подаётся развёртывающее напряжение, которое

называется пилообразным, так как график зависимости этого напряжения от времени напоминает зубцы пилы (рис. 5).

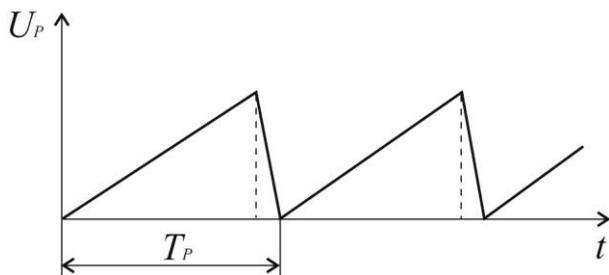


Рис. 5

В течение периода развёртки  $T_P$  развёртывающее напряжение изменяется по линейному закону  $U_P = k \cdot t$ , где  $k$  - постоянная с размерностью  $\text{В} \cdot \text{с}^{-1}$ . Затем практически мгновенно принимает первоначальное значение и снова начинает нарастать. Этот процесс повторяется многократно.

При подаче на горизонтально отклоняющие пластины пилообразного напряжения световое пятно будет равномерно перемещаться вдоль оси  $x$  слева направо, затем возвращаться в исходное положение и снова пробегать по оси  $x$ , прочерчивая горизонтальную линию. Генератор одновременно с развёртывающим напряжением вырабатывает импульс подсветки луча во время прямого хода. Действие этого модулирующего импульса прекращается в конце периода развёртки, поэтому обратный ход луча на экране не виден.

Если на горизонтально отклоняющие пластины подать развёртывающее напряжение, а на вертикально отклоняющие - исследуемый сигнал, то электронный луч одновременно бежит равномерно по оси  $x$  и совершает колебания вдоль оси  $y$ . При этом луч вычерчивает на экране график зависимости исследуемого напряжения от времени  $U_y = f(t)$ .

На рис. 6 изображён график одного периода развёртывающего напряжения  $U_P$  и график исследуемого сигнала  $U_y$ . Электронный луч вычерчивает на экране

осциллограмму - изображение исследуемого сигнала, развёрнутое во времени.

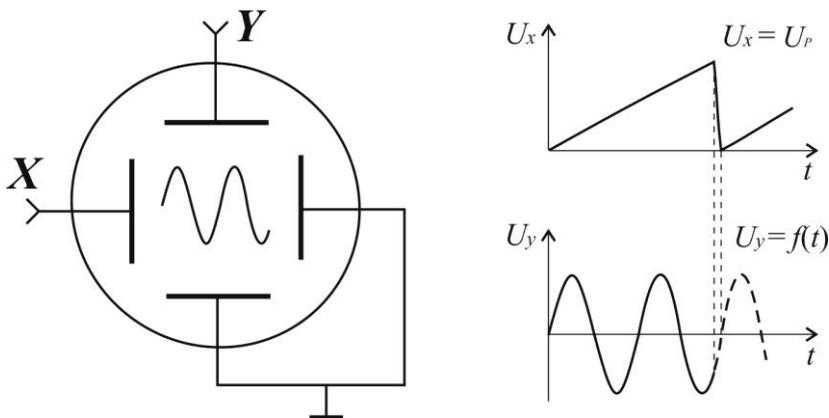


Рис. 6

Развёртка сигнала повторяется многократно. Чтобы осциллограмма оставалась неподвижной на экране, период исследуемого сигнала  $T$  должен быть кратным периоду развёртки  $T_p$

$$T_p = nT,$$

где  $n$  - целое число (обычно  $n = 2$  или  $3$ ).

При незначительном нарушении этого условия осциллограмма начинает двигаться влево или вправо вдоль оси  $x$ . Для обеспечения точной кратности частот исследуемого и пилообразного напряжений, то есть для создания на экране неподвижного изображения, в осциллографе предусмотрен блок синхронизации.

Сущность синхронизации состоит в том, что при наблюдении периодического сигнала осуществляется принудительная «подгонка» частоты развёртки под частоту исследуемого сигнала. Синхронизация в осциллографе происходит автоматически (если колебания частоты исследуемого сигнала не слишком велики).

Кроме непрерывной линейной развёртки, в осциллографах используется ждущая развёртка для наблюдения однократных и

непериодических процессов. Наблюдение одиночных импульсов возможно тогда, когда развёртывающее напряжение поступает на пластины «Х» в момент поступления на пластины «У» исследуемого сигнала. Генератор развёртки «ждёт», когда поступит исследуемый сигнал, и только после этого начинает вырабатывать линейное развёртывающее напряжение.

## 2. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 2.1. Составные части осциллографа и их назначение.

На рис. 7 изображена структурная схема осциллографа. Он состоит из входного аттенюатора, усилителя канала У, калибратора, блока синхронизации с усилителем, генератора развертки, калибратора длительности, усилителей подсвета и канала Х, выпрямителя, блока питания и электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Исследуемый сигнал подается на входное гнездо « $\ominus$ У1МΩ35pF» канала У. При помощи аттенюатора устанавливается величина сигнала, удобная для наблюдения на экране.

В блоке задержки и усиления сигнал задерживается на время, компенсирующее задержку сигнала в схеме синхронизации, развертки и усилителя подсвета и усиливается до величины, удобной для наблюдения на экране. С этого блока сигнал подается на вертикально отклоняющие пластины. Калибратор служит для калибровки чувствительности канала У и имеет выход, обозначенный « $\odot$  1В 1 кГц».

Генератор развертки вырабатывает пилообразное напряжение для осуществления развертки луча и может работать как в режиме непрерывной линейной развертки, так и в ждущем режиме. Генератор развертки можно отключить и подать один из сигналов на вход Х через усилитель Х, а другой – на вход « $\ominus$ У1МΩ35pF» (например, для наблюдения фигур Лиссажу).

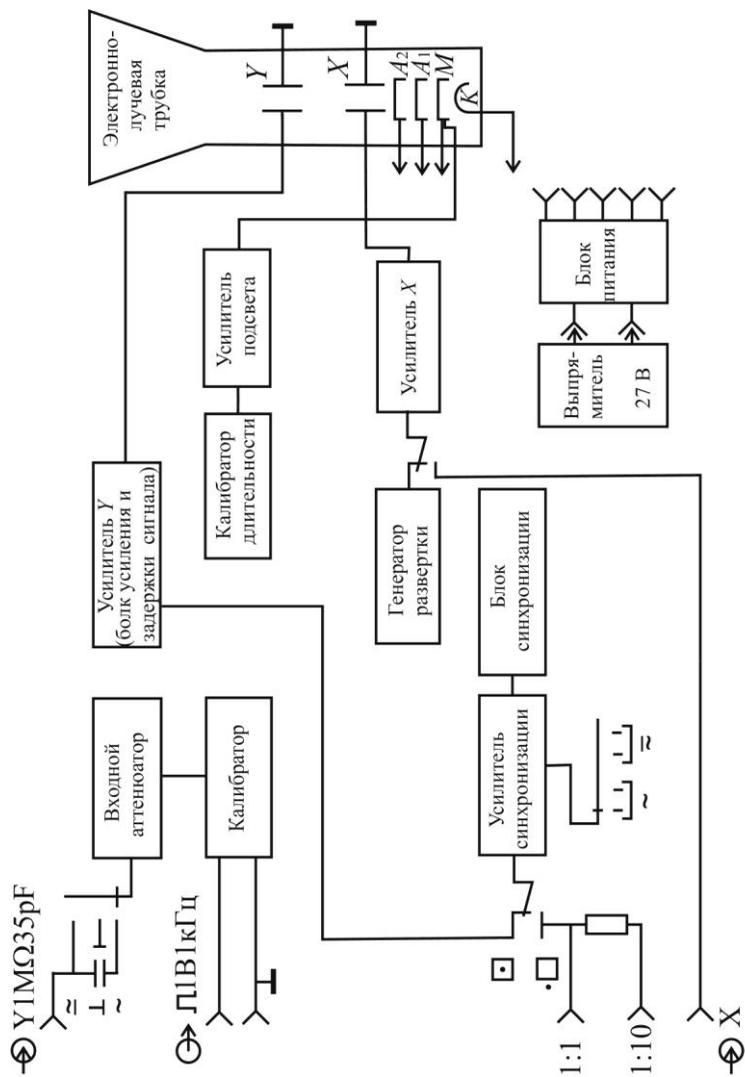


Рис. 7

Блок синхронизации вместе с усилителем служат для получения неподвижного изображения на экране. Чтобы автоматически осуществлялась синхронизация развертывающего напряжения с исследуемым периодическим сигналом, в схему синхронизации поступает сигнал от канала Y из блока задержки и усиления. Имеется возможность запуска схемы синхронизации и от внешнего сигнала с помощью переключателя “□, □•”. Кроме того, схема синхронизации дает возможность менять уровень и полярность синхронизации.

Усилитель подсвета служит для отпираания луча при прямом ходе сигнала развертки и запираания его при обратном.

Калибратор длительности, называемый также генератором меток времени, позволяет измерить длительность исследуемого сигнала. Генератор вырабатывает импульсы строго определенной частоты, которые через усилитель подсвета подаются на модулятор электронно-лучевой трубки. Эти импульсы периодически изменяют (модулируют) яркость светового пятна, в результате чего осциллограммы имеют вид пунктирной линии, состоящей из меток. Зная цену в секундах, легко измерить длительность исследуемого сигнала.

## 2. 2. Порядок выполнения работы.

**ЗАДАНИЕ I.** Ознакомление с органами управления осциллографа.

На передней и боковой панелях осциллографа размещены ручки управления. Прежде чем включить осциллограф, нужно внимательно ознакомиться с этими панелями и выяснить назначение всех органов управления.

Рабочая часть экрана осциллографа разбита координатной сеткой: 10 делений по горизонтали и  $6\frac{2}{3}$  деления по вертикали.

Цена деления по осям 6 мм.

- «ПИТАНИЕ» – тумблер для включения осциллографа в сеть;
- «ФОКУС» – ручка для регулировки размеров светового пятна;
- «ЯРКОСТЬ» – ручка для управления интенсивностью луча;
- «↔», «↕» – ручки для сдвига луча по осям X и Y;
- «СТАБИЛЬН» – ручка для регулировки сигнала, подаваемого в

схему развертки; используется для перевода генератора развертки от режима непрерывной развертки на ждущий режим;

«УРОВЕНЬ» – ручка для регулировки уровня запускающего сигнала, синхронизирующего развертку; используется для получения устойчивого изображения

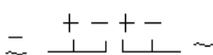


– переключатель входа канала Y; положение « $\simeq$ » соответствует «открытому», « $\sim$ » - «закрытому» входу канала; при «закрытом» входе сигнал на усилитель подается через конденсатор и не пропускается постоянная составляющая;

«V/ДЕЛ» – ступенчатый переключатель и ручка плавной регулировки, расположенная на одной с ним оси;

«УСИЛЕНИЕ» позволяют изменять размер изображения по вертикали; при откалиброванном усилителе «Y» (см. ниже) и зафиксированном положении ручки плавной регулировки в крайнем правом положении (ручка повернута по часовой стрелке до щелчка) переключатель показывает цену деления вертикальной шкалы в вольтах; при калибровке усилителей канала «Y» переключатель ставится в положение « $\blacktriangledown$ 5ДЕЛ»;

«mS/ДЕЛ» – ступенчатый переключатель и ручка плавной регулировки; позволяют изменять частоту генератора развертки; в крайнем правом положении ручки «ПЛАВНО» (ручка повернута по часовой стрелке до щелчка) и откалиброванном усилителе канала горизонтального отклонения цена деления шкалы времени определяется указателем переключателя (в миллисекундах и микросекундах);



«СИНХР» переключатель усилителя синхронизации; позволяет выбирать режим запуска схемы и полярность синхронизации; при исследовании положительной части импульса переключатель ставится в положение « $+ \simeq$ » или « $+ \sim$ »; при исследовании отрицательной части импульса переключатель ставится в положение « $- \simeq$ » или « $- \sim$ »;

- довании отрицательной части импульса - в положение «- » или «~»;
- «СИНХР. » – тумблер (на боковой панели справа) для переключения схемы синхронизации на внутреннюю «» (развертка синхронизируется исследуемым сигналом; поступающим с усилителя Y) и на внешнюю «•» (синхронизация происходит сигналом от внешнего источника) синхронизации;
- «1:1, 1:10» – гнезда для подачи синхронизирующего сигнала от внешнего источника;
- «РАЗВ» – тумблер для переключения канала X на генератор развертки «РАЗВ» и на внешний источник X; сигнал от внешнего источника подается на рядом расположенные гнезда;
- «YIMΩ35pF» – входное гнездо канала Y (на левой боковой панели);
- «Л» – выходные гнезда калибратора напряжения; 1В 1 кГц
- «V/дел» – регулировочные винты; служат для настройки осциллографа.
- «БАЛАНС»
- «ДЛИТ»

## ЗАДАНИЕ 2. Подготовка осциллографа к измерениям.

### 2.1. Исходная установка.

Установите органы управления на передней панели в следующие положения:

- ручку «ЯРКОСТЬ» – в крайнее левое;
- ручку «ФОКУС» – в среднее;
- переключатель «V/ДЕЛ» – в положение «5»;
- ручку «УСИЛЕНИЕ» – в крайнее правое;
- ручку «» – в среднее;
- переключатель « ⊥ ≈» – в положение «~»;
- ручку «УРОВЕНЬ» – в крайнее правое;
- переключатель «СИНХР» – в положение «≈+»;
- переключатель « мS/ДЕЛ, μS/ДЕЛ» – в «2 mS/ДЕЛ»;
- ручку «ПЛАВНО» – в крайнее правое;
- ручку «СТАБ» – в крайнее правое;

ручку « $\leftrightarrow$ » – в среднее.

Установите тумблеры на правой боковой панели в следующие положения:

«РАЗВЕРТ»  $\oplus$  X» – «РАЗВЕРТ»;

«СИНХР» – « $\square$ »

2.2. Включение осциллографа.

Включите тумблер «ПИТАНИЕ». При этом должна загореться сигнальная лампочка. Дайте прогреться осциллографу в течение 2...3 мин. и установите яркость изображения, удобную для наблюдения.

Ручкой « $\updownarrow$ » вертикального перемещения совместите линию развертки с центром экрана.

Ручкой «ФОКУС» установите одинаковую четкость изображения по всей длине луча.

3. Не изменяя положения органов управления приступите к выполнению задания 3.

ЗАДАНИЕ 3. Исследование синусоидального сигнала (вариант 1).

1. Соедините: выход « $\odot \sim$ » генератора ГЗ-120 с гнездами RQ модуля ПИ/ФПЭ-09, гнезда «ВЫХ» модуля ПИ/ФПЭ-09 с входом « $\ominus YIM\Omega 35pF$ » осциллографа С1-73, источник питания с модулем ПИ/ФПЭ-09.

2. Включите приборы.

3. На ГЗ-120 установите напряжение 5 В и частоту 100 Гц. На модуле ПИ/ФПЭ-09 нажмите кнопку « $\sim$ ». Плавно вращая ручку «УРОВЕНЬ» осциллографа получите на экране неподвижную синусоиду.

4. Установите ручку « $\updownarrow$ » так, чтобы нижний уровень сигнала совпал с одной из нижних линий сетки, а верхний находился в пределах рабочей части экрана. Ручкой « $\leftrightarrow$ » сместите изображение таким образом, чтобы верхний уровень находился на центральной (градуированной) линии (рис. 8).

5. Измерьте расстояние в делениях между крайними точками изображения по вертикали  $2h_Y$ , и занесите в табл.1. Умножьте половину этой величины, т.е.  $h_Y$  на чувствительность  $b$  (в дел./вольт) канала Y (на цену деления вертикальной оси по указателю переключателя «V/ДЕЛ»). Тем самым определите амплитуду  $U_{\max}$  синусоидального напряжения.

$$U_{\max} = h_y \cdot b. \quad (5)$$

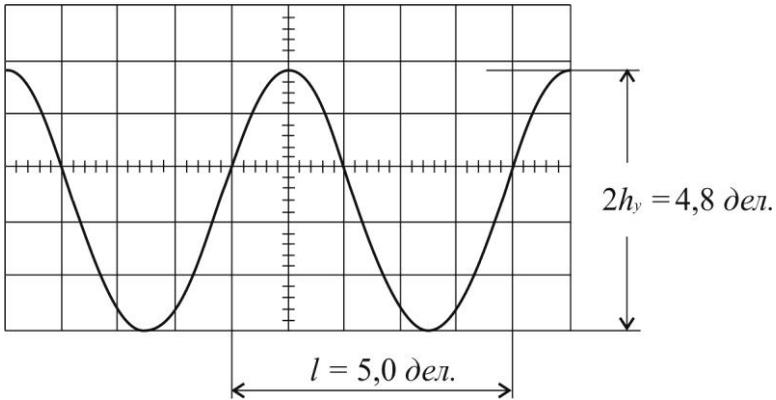


Рис. 8

6. Найдите эффективное значение напряжения по формуле

$$U = U_{\text{эфф}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}. \quad (6)$$

7. Измерьте горизонтальное расстояние  $l$  между ближайшими двумя сходными точками синусоиды (рис.2.2) и умножьте на коэффициент развертки  $k$  (по указателю переключателя «mS/ДЕЛ,  $\mu$ S/ДЕЛ»)

$$T = kl.$$

8. Рассчитайте частоту сигнала

$$\nu = \frac{1}{T}.$$

9. Подготовьте вольтметр РВ7-22А к включению. Нажмите кнопки «~» и «20», в гнезда «\*» и «0-300~» вставьте штекеры соединительных проводов.

10. Включите вольтметр.

11. Отсоедините от модуля ПИ/ФПЭ-09 осциллограф и к гнездам «ВЫХ» присоедините вольтметр. Запишите показания вольтметра в табл.1.

12. Отсоедините модуль ПИ/ФПЭ-09 от вольтметра и соедините его обратно с осциллографом.

13. Повторите измерения по п. 11 еще для двух синусоидальных сигналов с другими значениями частоты (например, 1 кГц,  $10^5$  Гц) и амплитуды (например 1В, 5В на выходе ГЗ-120). При этом с помощью переключателей «V/ДЕЛ» и «mS/ДЕЛ,  $\mu$ S/ДЕЛ» осциллографа подберите нужные усиление и скорость развертки так, чтобы величины  $2h_y$  и  $l$  были в пределах экрана. Результаты измерений занесите в табл.1.

Таблица 1.

№	$2h_y$ , дел.	$b$ (С1-73), В/дел	$U_{\max}$ , В	$U$ , В	$U$ (РВ7-22А), В	$l$ , дел.	$k$ , мс/дел.	$T$ , с	$v$ , Гц.	$v$ , (ГЗ-120), Гц
1										
2										
3										

14. Приведите приборы в исходное состояние по п.1 и приступите к выполнению задания 4.

ЗАДАНИЕ 3. Исследование синусоидального сигнала (вариант 2).

1. На вход « $\ominus$  У1М $\Omega$ 35pF» осциллографа С1-73 подайте синусоидальный сигнал с неизвестной амплитудой и частотой.
2. Включить приборы.
3. Плавно вращая ручку «Уровень» осциллографа получите на экране неподвижную синусоиду.
4. Измерьте расстояние в делениях между крайними точками изображения по вертикали  $2h_y$  и занесите данные в табл.1. Умножьте половину этой величины, т.е.  $h_y$ , на чувствительность  $b$  канала Y (на цену деления вертикальной оси по указателю переключателя «V/ДЕЛ»). Тем самым вы определите амплитуду  $U_{\max}$  синусоидального напряжения.
5. Найдите эффективное значение напряжения по формуле (6).
6. Подготовьте вольтметр В7-35 к включению,

переключатели поставьте в положение « $\sim$ » и « $U$ ».

7. Включите вольтметр и измерьте величину напряжения синусоидального сигнала. Результат занесите в табл. 1

**ЗАДАНИЕ 4.** Измерение частоты переменного напряжения с помощью фигур Лиссажу.

Один из способов измерения частоты основан на следующем правиле. На экране осциллографа получают фигуру Лиссажу. Затем проводят через данную фигуру две взаимно-перпендикулярные прямые, параллельные осям  $X$  и  $Y$  (рис. 4). Подсчитывают число точек пересечения кривой с горизонтальной прямой и с вертикальной прямой. В случае, когда прямая проходит через точку пересечения ветвей фигуры, при подсчете эту точку считают дважды.

Отношение частот напряжений, подаваемых на отклоняющие пластины, находится по формуле

$$\frac{V_y}{V_x} = \frac{n_x}{n_y}. \quad (7)$$

Порядок определения частоты (вариант 1):

1. Соедините вход « $\ominus$   $YIM\Omega 35pF$ » осциллографа С1-73 с гнездами «6,3 В, 1 А» источника питания ИП (ИП расположен слева С1-73) и соедините вход « $\ominus$  X» осциллографа С1-73 с выходом « $\ominus \sim$ » звукового генератора ГЗ-120.

2. Включите приборы.

3. На осциллографе тумблер «РАЗВ,  $\ominus$  X» поставьте в положение « $\ominus$  X». Плавно изменяя частоту на звуковом генераторе, получите на экране осциллографа фигуры Лиссажу, изображенные на рис. 4, и зарисуйте их при разности фаз  $\pi/2$ .

4. По этим фигурам, используя формулу (7), вычислите частоту сигнала от источника питания и определите их среднеарифметическое значение.

Порядок определения частоты (вариант 2):

1. На вход « $\ominus$   $YIM\Omega 35pF$ » осциллографа С1-73 подайте синусоидальный сигнал неизвестной частоты. Вход «X»

осциллографа соедините с выходом генератора переменной частоты.

2. Включите приборы.

3. На осциллографе тумблер «РАЗВ,  $\ominus$  X» поставьте в положение « $\ominus$  X».

Плавно изменяя частоту сигнала на генераторе, получите на экране осциллографа фигуры Лиссажу (не менее двух фигур) и зарисуйте их при разности фаз  $\pi/2$ .

4. По этим фигурам, используя формулу (7), вычислите неизвестную частоту.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные элементы электронно-лучевой трубки. Укажите их назначение и коротко опишите их действие.

2. Как воздействует отклоняющие пластины на электронный луч? Вывести формулу для полного смещения электронного луча.

3. В чём сущность непрерывной линейной развёртки сигнала?

4. Для чего требуется синхронизация пилообразного напряжения с исследуемым сигналом?

5. Нарисуйте блок-схему простейшего осциллографа. Укажите основные блоки и связи между ними.

6. Что такое чувствительность осциллографа и как её найти?

7. Что такое фигуры Лиссажу и как они получаются с помощью осциллографа?

8. Как измерить частоту исследуемого сигнала?

### ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики: учебник для вузов: в 3 т. - 10-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2008. - Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - 496 с.

2. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов - 10-е изд., перераб. и доп. - Екатеринбург: АТП, 2016. - 560 с.

3. Вафин Д. Б. Физика: учебное пособие: [в 2 частях]– 2-е изд., доп. - Казань: Изд-во МОиН РТ, 2010. – Ч. 1. - 316 с.

4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: учебное пособие для вузов - 6-е изд., стер. - Москва: Академия, 2007. - 720 с.