

## **ВВЕДЕНИЕ**

Основным и наиболее широко применяемым прибором для исследования формы напряжения служит электронный осциллограф — прибор для визуального наблюдения электрических сигналов, а также измерения их параметров с использованием средства отображения формы сигналов. Он отличается высокой чувствительностью, большим входным сопротивлением, пренебрежимо малой инерционностью и универсальностью. Доминирующее положение занимают электронно-лучевые осциллографы, выполняемые на основе электронно-лучевой трубки. В последнее время появились цифровые осциллографы.

Электронно-лучевые осциллографы (универсальные) классифицируют по следующим признакам: количеству одновременно исследуемых сигналов для исследования одного или нескольких сигналов; ширине полосы пропускания канала сигнала, определяемой нижней и верхней граничными частотами; точности воспроизведения формы напряжения сигнала, точности измерения интервалов времени и пиковых значений напряжения (четыре класса точности); условиями эксплуатации.

## **1.ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучение устройства и работы осциллографа, знакомство с его техническими характеристиками и приобретение навыков пользования прибором.

## **2.УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ОСЦИЛЛОГРАФА**

Общая структурная схема электронно-лучевого осциллографа и принцип получения изображения сигнала.

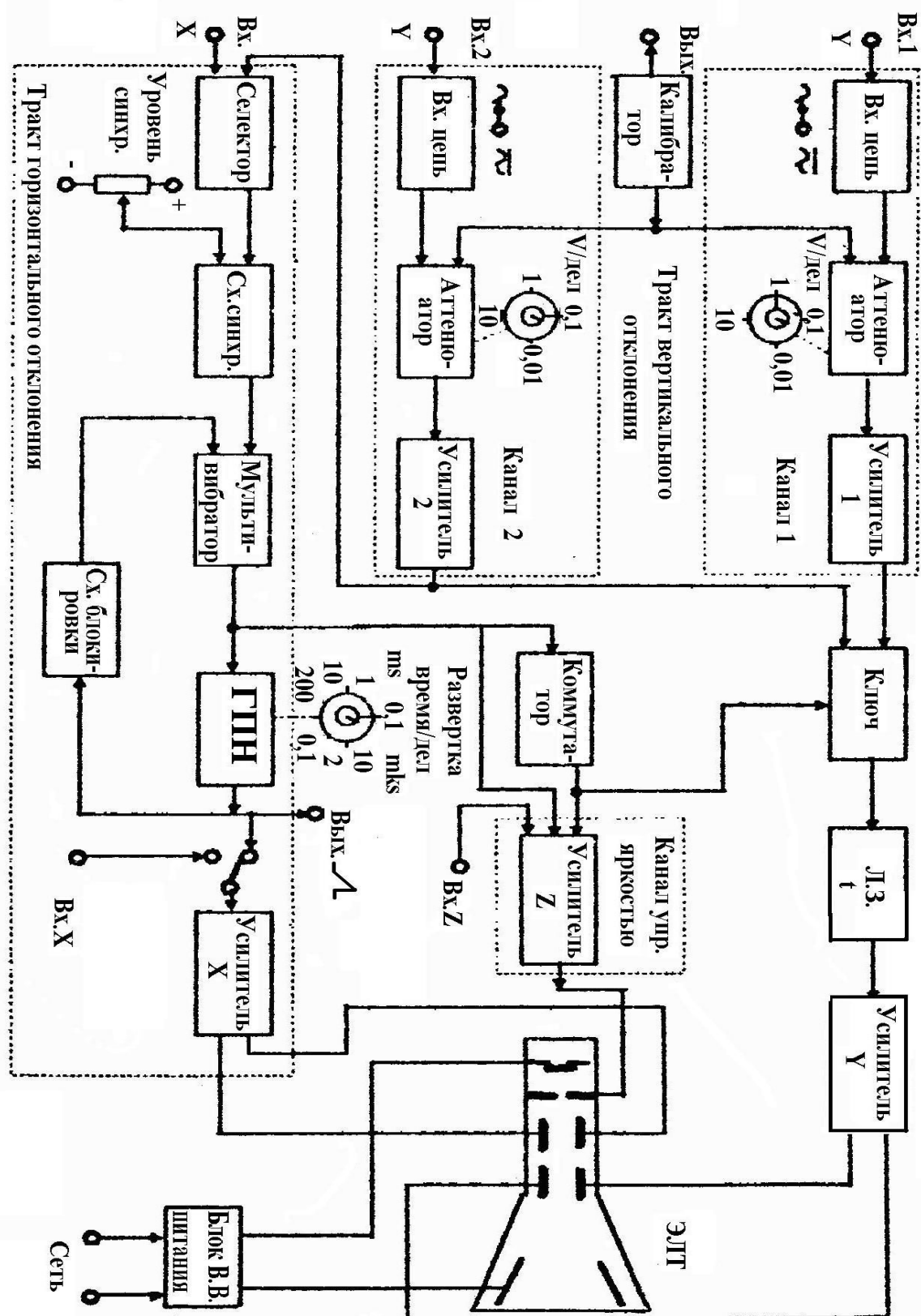


Рис. 1.

Осциллограф относится к приборам, предназначенным для измерений

характеристик и параметров сигналов, т.е. приборам, действие которых связано с подачей сигналов на вход. Его структурная схема показана на рис. 1.

Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) является основным элементом осциллографа, который определяет принцип действия прибора, его технические характеристики и область применения. В осциллографах используют ЭЛТ с электростатическим управлением лучом.

Принцип отображения формы напряжения на экране осциллографа в общих чертах можно представить следующим образом. Исследуемое напряжение является функцией времени, отображаемой в прямоугольных координатах графиком  $u=f(t)$ . Две пары пластин ЭЛТ отклоняют электронный луч в двух взаимно перпендикулярных направлениях, которые можно рассматривать как координатные оси. Поэтому для наблюдения на экране ЭЛТ исследуемого напряжения необходимо, чтобы луч отклонялся по горизонтальной оси пропорционально времени, а по вертикальной оси — пропорционально исследуемому напряжению (в каждый момент времени). Для этого к горизонтально отклоняющим пластинам подводится линейно-изменяющееся напряжение, которое перемещает луч по горизонтали с постоянной скоростью слева направо и быстро возвращает обратно. Расстояние, проходимое лучом вдоль горизонтальной оси — линейная функция времени. Исследуемое напряжение подается на вертикально отклоняющие пластины и, следовательно, положение луча в каждый момент времени однозначно соответствует значению исследуемого сигнала в этот момент. За время действия линейно-изменяющегося напряжения луч вычерчивает кривую исследуемого сигнала. Наблюдаемое на экране изображение называют осциллограммой.

#### Функции выполняемые узлами осциллографа.

**Тракт вертикального отклонения луча** предназначен для усиления или ослабления исследуемых электрических сигналов до необходимой величины, обеспечивающий удобное наблюдение и исследование изображения на экране ЭЛТ без искажения формы исследуемого сигнала. Тракт вертикального

отклонения состоит из двух каналов вертикального отклонения, коммутатора переключения каналов с ключевой схемой, линии задержки и выходного усилителя. Каждый канал вертикального отклонения состоит из входной цепи, аттенюатора и предварительного усилителя. Входная цепь содержит конденсатор, который при соответствующем положении тумблера входа закрывает вход осциллографа для постоянной составляющей входного сигнала. Аттенюатор представляет собой делитель напряжения. Переключатель полярности установлен во втором канале. Линия задержки обеспечивает возможность наблюдения переднего фронта импульса путем создания в тракте вертикального отклонения задержки исследуемого сигнала на время, которое затрачивается схемой синхронизации и генератором развертки до начала образования рабочего хода развертки. В двухканальном режиме, который получается при попеременном подключении обоих каналов с помощью коммутатора к выходному усилителю, на экране наблюдается два дискретизированных процесса. Однако при высокой частоте коммутации на экране ЭЛТ наблюдаются практически непрерывные процессы.

**Тракт вертикального отклонения** луча служит для создания напряжения, вызывающего горизонтальное перемещение луча, пропорциональное времени и содержит селектор синхронизации, схему синхронизации, мультивибратор управления разверткой, генератор пилообразного напряжения, схему блокировки и усилитель горизонтального отклонения. Селектор синхронизации служит для выбора вида синхронизации, причем на селектор исследуемый сигнал поступает только с 1 канала. Схема синхронизации служит для формирования импульсов синхронизации и состоит из усилителя-формирователя прямоугольных импульсов, усилителя-формирователя остроконечных импульсов и схемы автоматического управления режимом работы генератора, которая в зависимости от наличия синхронизирующего сигнала переводит генератор управления разверткой в автоколебательный или ждущий режимы. В осциллографе предусмотрен ждущий режим работы генератора независимо от наличия синхронизирующего

сигнала. Мультивибратор управления разверткой управляет генератором пилообразного напряжения. Схема блокировки предохраняет генератор развертки от повторного запуска в течение обратного хода и задает амплитуду выходного пилообразного напряжения. Усилитель X предназначен для усиления пилообразного пилообразного напряжения до необходимой величины, которая подается на горизонтально-отклоняющие пластины ЭЛТ.

**Калибратор амплитуды и длительности** служит для калибровки коэффициента отклонения каналов I и II тракта вертикального отклонения луча и калибровки длительности развертки. Представляет собой генератор прямоугольных импульсов напряжением 1 В и частотой 1 кГц.


**Усилитель Z** представляет собой схему формирования импульса гашения луча ЭЛТ при обратном ходе и внешней модуляции.

**Блок питания** обеспечивает питающим напряжением схему осциллографа.


### 3.ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФОМ

Органы управления осциллографом, расположенные на передней панели:

Органы управления ЭЛТ:

ручка «» - регулирует яркость изображения;



ручка «» - регулирует четкость (фокус) изображения;

ручка «» - регулирует освещение шкалы на экране ЭЛТ (подсветка);

Органы управления тракта вертикального отклонения:

переключатель «V/ДЕЛ» - устанавливает калиброванные коэффициенты отклонения каналов I и II усилителя;


ручки «V» - обеспечивают плавную регулировку коэффициентов отклонения обоих каналов с перекрытием не менее чем в 2,5 раза в каждом положении переключателей «V/ДЕЛ»;

ручки « I» и « II» - регулируют положение лучей обоих каналов по

вертикали.

Тумблер выбора входов усилителя в положениях:

«~» - на входы усилителя исследуемый сигнал поступает через разделительный конденсатор (закрытый вход);

«» - на входы усилителя исследуемый сигнал поступает с постоянной составляющей (открытый вход);

«V» - потенциометр выведенный под шлиц, регулировка коэффициентов отклонения каналов.

Переключатель режима работы усилителя в положениях:


«I» - на экране ЭЛТ наблюдается сигнал канала I;

«II» - на экране ЭЛТ наблюдается сигнал канала II;

«I ± II» - на экране ЭЛТ наблюдается алгебраическая сумма каналов I и II;

«...» - на экране ЭЛТ наблюдаются изображения сигналов обоих каналов, переключение каналов осуществляется с частотой 100 кГц;

«→ →» - на экране ЭЛТ наблюдаются изображения сигналов обоих каналов, переключение каналов осуществляется в канце каждого прямого хода развертки;

гнезда « 1MΩ 30pF» - высокочастотные гнезда для подачи исследуемых сигналов.

Переключатель полярности синхронизации в положениях:


«+» - фаза сигнала не меняется;

«—» - фаза сигнала меняется на 180°.

Органы управления синхронизации:

ручка «УРОВЕНЬ» - выбирается уровень исследуемого сигнала, при котором происходит запуск развертки.

Переключатель вида связи синхронизирующего сигнала в положениях:

«+,» - развертка синхронизируется положительным перепадом запускающего сигнала;

«—,» - развертка синхронизируется отрицательным перепадом

запускающего сигнала;

«+,~» - развертка синхронизируется положительным перепадом запускающего сигнала (не проходит постоянная составляющая);

«—,~» - развертка синхронизируется отрицательным перепадом запускающего сигнала (не проходит постоянная составляющая).

Переключатель вида синхронизации в положениях:

«ВНУТР I» - развертка синхронизируется сигналом с первого канала;

«ВНУТР I, II» - развертка синхронизируется сигналом обоих каналов (или одного);

«ВНЕШН» - развертка синхронизируется внешним сигналом;



«X» - переключение усилителя X на вход «X».

Органы управления разверткой:

переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ» - устанавливает калибровочный коэффициент развертки, когда ручка плавной регулировки «ПЛАВНО» установлена в крайнее правое положение;

ручка «ПЛАВНО» - обеспечивает плавную регулировку коэффициента развертки с перекрытием в 2,5 раза в каждом положении переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ»;

ручка «↔» - перемещает луч по горизонтали;

ручка « х 1,  х 0,2» - увеличивает скорость развертки в положении «0,2» в 5 раз.

Тумблер режима работы генератора развертки в положениях:

«АВТ» - в этом режиме вырабатывается пилообразное напряжение, независимо от запускающего сигнала. Синхронизация осуществляется с частотой не ниже 30 Гц;


«ЖДУЩ» - запуск развертки осуществляется только при наличии синхронизирующего сигнала.


Тумблер «СЕТЬ» - осуществляет включение и выключение осциллографа.


Органы управления и присоединения, расположенные на правой боковой.


#### панели осциллографа:

гнездо « $\perp$ » - корпус осциллографа (общий);



гнездо «» - выход сигнала первого канала;

гнездо «1:1  ВНЕШН СИНХР» - вход внешней синхронизации без ослабления;

гнездо «1:10  ВНЕШН СИНХР» - вход внешней синхронизации с ослаблением сигнала в 10 раз;

гнездо « X» - для подачи исследуемого сигнала непосредственно на входной усилитель X.

гнездо « » - выход пилообразного напряжения;


гнездо «  1V1kHz» - выход сигнала калибратора.

#### На задней панели осциллографа расположены:

держатели вставок плавких с надписью «2A» и «1A»;

тумблер для переключения осциллографа на соответствующее напряжение сети;

тумблер для выбора работы осциллографа от источника постоянного напряжения или от сети переменного тока;

гнездо « Z» для подачи сигнала, модулирующего луч по яркости;

гнездо « $\perp$ » - корпус осциллографа (общий);

клемма корпусная «» - для заземления корпуса осциллографа.

## **4.МЕТОДИКА ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСЦИЛЛОГРАФОВ**

Методика измерений — это подробно намеченный план, содержащий следующие операции:

составление схемы или алгоритма измерения;

предварительная оценка допустимой погрешности;



выбор необходимой измерительной аппаратуры и ознакомление с её технической документацией;

процесс измерения и анализ полученных результатов.

При исследовании сигнала в различных электротехнических и электронных устройствах необходимо, чтобы сам осциллограф не вносил искажений, что, в свою очередь, зависит от правильного выбора типа прибора.

Наиболее важными с точки зрения применения осциллографа являются следующие его технические характеристики:

**1. Величины размеров рабочей части экрана** осциллографа, определяющие размеры осциллограммы.

**2. Чувствительность канала** вертикального отклонения, выражаемая в миллиметрах или делениях на вольт, которая характеризует усиление в канале и дает представление о том, какая амплитуда сигнала получится на экране осциллографа, если на вход подать определенное напряжение. Чувствительность осциллографа должна быть такой, чтобы размер изображения на экране был удобен для наблюдения.

**3. Полоса пропускания канала** вертикального отклонения, характеризующая диапазон частот с определенным значением коэффициента усиления, т.е. амплитудно-частотную характеристику (АЧХ). Значение полосы особенно важно при исследовании несинусоидальных и импульсных сигналов, так как при неправильно выбранной АЧХ они будут искажены. Известно, что спектр несинусоидального периодического сигнала состоит из основной и ряда высших гармонических составляющих. Если полоса пропускания канала недостаточна широка, что прежде всего зависит от АЧХ усилителя, то различные составляющие спектра усиливаются неодинаково, что и вызывает отклонение формы осциллограммы от формы входного.

Ширина полосы пропускания  $\Delta f$ , определяемая как разность между верхней граничной  $f_v$  и нижней граничной частотой  $f_n$ , для прямоугольного импульса длительностью  $\tau$  выбирается из соотношения:

$$\Delta f = f_v - f_n = (2-1)/\tau.$$

При этом верхняя граничная частота  $f_v$  должна удовлетворять условию:  $f_v = 0,35/\tau_{фа}$ , иначе фронт импульса будет искажен (здесь  $\tau_{фа}$  — активная длительность фронта между уровнями 0,1 и 0,9 от амплитуды).

**5. Диапазон частот непрерывной развертки и диапазон длительностей ждущей развертки.** Эти диапазоны определяют периоды и продолжительность процессов, которые можно исследовать с помощью осциллографа.

**6. Пределы измерения амплитуды и длительности импульсного сигнала, а также величины их погрешностей.** Погрешность измерения амплитуды напряжения и длительности временных интервалов у осциллографов составляет не более  $\pm(3-10)\%$ .

Выбор того или иного осциллографа при исследовании процессов производится в зависимости от спектра сигнала, его амплитуды, мощности источника сигнала, требуемой точности измерения, т.е. с учетом, по меньшей мере, тех технических характеристик, которые перечислены выше.

## 5. ПОГРЕШНОСТИ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

При непосредственном определении мгновенных значений и локальных параметров сигналов по калибрационной сетке на экране осциллографа важное значение имеют погрешности калибровки амплитудной и временной шкал (погрешности коэффициентов отклонения и развертки). Обеспечить стабильность этих коэффициентов во времени, тем более с учетом внешних влияющих факторов (температуры, влажности, давления и т.п.), достаточно сложно. Поэтому в осциллограф часто встраивают калибраторы амплитуды и длительности, которые служат для калибровки коэффициента отклонения каналов вертикального отклонения и калибровки длительности развертки. Калибратор, как правило, представляет собой генератор прямоугольных импульсов.

Погрешность измерения амплитуд импульсов методом совмещения с калиброванной шкалой определяется выражением:

$$\delta_U = \sqrt{\delta_K^2 + \delta_H^2 + \delta_B^2},$$

где  $\delta_K$  — погрешность выбранного коэффициента отклонения,  $\delta_H$  — неравномерность переходной характеристики канала вертикального отклонения,  $\delta_B$  — погрешность сравнения или визуальная погрешность.

А погрешность измерения длительности импульса определяется с помощью выражения

$$\delta_T = \sqrt{\delta_{KP}^2 + \delta_Y^2 + \delta_B^2},$$

где  $\delta_{KP}$  — погрешность коэффициента развертки,  $\delta_Y$  — погрешность вызванная неточностью определения уровня 0,5 от амплитуды (или любого другого заданного уровня) на котором определяется длительность,  $\delta_B$  — погрешность сравнения или визуальная погрешность.

Вычислим погрешности измерений, выполняемых с помощью осциллографа С1-77. Погрешность коэффициента отклонения для этого типа прибора при размере изображения сигнала от 2 до 6 делений составляет  $\pm 4\%$  и  $\pm 8\%$  в рабочем диапазоне влияющего фактора, неравномерность переходной характеристики каждого канала вертикального отклонения не превышает 2,5%, а визуальная погрешность не превышает 1%, однако, при наличии шумов, увеличивающих эффективную ширину линии луча, визуальная погрешность увеличивается до 4%.

Таким образом, общие погрешности измерения амплитуды сигнала имеют следующие значения:

$$\delta_U = \sqrt{\delta_K^2 + \delta_H^2 + \delta_B^2} = \sqrt{4^2 + (2,5)^2 + (1)^2} = 4,82\%;$$

$$\delta_T = \sqrt{\delta_{KP}^2 + \delta_Y^2 + \delta_B^2} = \sqrt{8^2 + (2,5)^2 + 4^2} = 9,28\%.$$

Значения такого порядка имеют погрешности и при временных измерениях.

## 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 6.1. Измерение амплитудных значений напряжений.

6.1.1.Переключить тумблер на стенде таким образом чтобы получилась цепь,соответствующая схеме, приведенной на рис. 2,а. Лабораторный стенд имеет внутреннее питание 12 В и частотой 50 Гц. Выход цепи соединить — со входом одного из каналов осциллографа. При измерении параметров одного сигнала необходимо использовать первый канал, поскольку он имеет внутреннюю синхронизацию и поэтому в этом случае переключатель вида синхронизации устанавливается в положении «ВНУТР I».

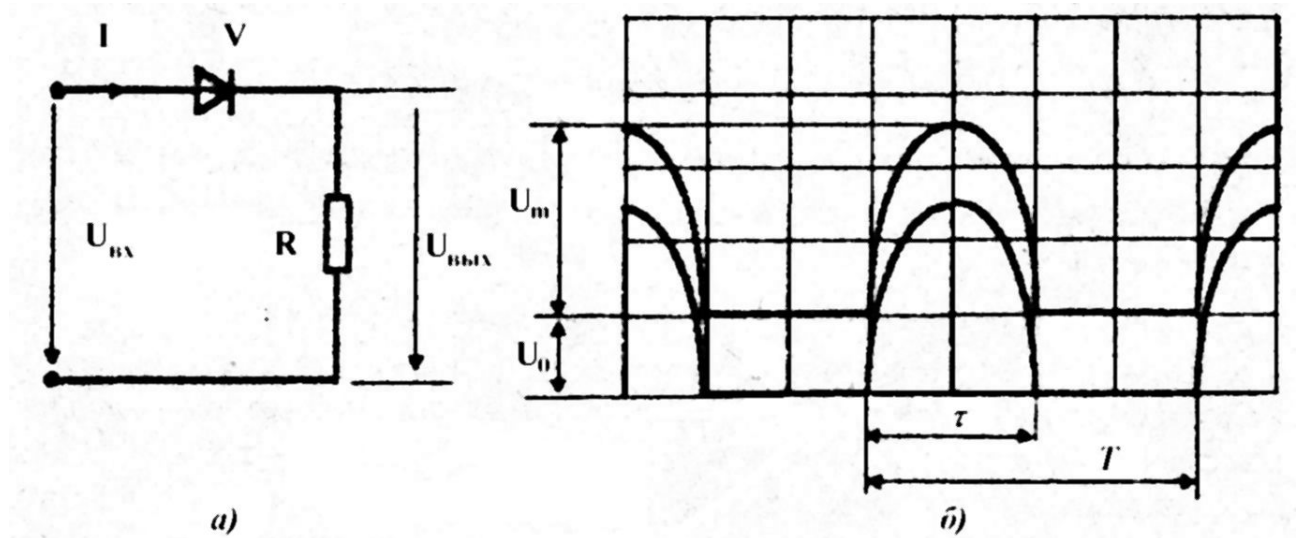


Рис. 2.

6.1.2.Установить переключатель режима работы усилителя в положение, соответствующее выбранному каналу.

6.1.3.Установить тумблер « $\sim$ ,  $\approx$ » в положение « $\approx$ », при котором открыт вход канала вертикального отклонения для постоянной составляющей напряжения.

6.1.4.Установить ручку « $\nabla$ » переключателя «V/ДЕЛ» в крайнее правое положение, а сам переключатель в такое положение, при котором амплитуда изображения напряжения составляла бы около пяти делений.

6.1.5.Ручкой «УРОВЕНЬ» добиться устойчивого изображения, а переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ» и ручку « $\nabla$ » установить в такие положения, при которых наблюдается несколько периодов исследуемого сигнала.

6.1.6.Установить ручку « $\updownarrow$ » вертикального перемещения так, чтобы минимальный уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сети экрана,

а максимальный находился в пределах экрана. Ручкой « $\leftrightarrow$ » горизонтального перемещения сместить изображение таким образом, чтобы один из верхних пиков сигнала находился на вертикальной средней линии (рис. 2,б).

6.1.7.Измерить расстояние в делениях между крайними точками размаха сигнала и умножить на коэффициент отклонения переключателя «V/ДЕЛ».

## **6.2.Измерение постоянной составляющей сигнала.**

6.2.1.Поставить тумблер « $\sim$ ,  $\overline{\sim}$ » осциллографа, подключенного к ранее собранной цепи, в положение « $\sim$ », при котором закрыт вход канала вертикального отклонения. При переключении тумблера изображения сигнала сместиться вниз (при положительном напряжении относительно земли) на величину постоянной составляющей напряжения.

6.2.2.Измерить с помощью делений величину смещения изображения и умножить её на коэффициент отклонения переключателя «V/ДЕЛ».

6.2.3.Вычислить математическую постоянную составляющую данного пульсирующего однополупериодного сигнала из разложения Фурье, сравнить с измеренным значением, оценить, какое значение точнее и вычислить абсолютную погрешность.

## **6.3.Измерение временных параметров сигнала.**

6.3.1.В установке, с ранее собранной схемой, тумблер « $\sim$ ,  $\overline{\sim}$ » вернуть в исходное положение « $\overline{\sim}$ ».

6.3.2.Установить ручку «V» переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ» в крайнее правое положение, а сам переключатель в такое положение, при котором на экране наблюдается минимальное количество периодов электрического сигнала.

6.3.3.Измерить с помощью делений величину периода сигнала и длительность импульса и умножить эти величины на значение коэффициента развертки. Вычислить по формуле  $f=1/T$  частоту сигнала.

## **6.4.Измерение временного сдвига между двумя сигналами.**

### 6.4.1.Измерение временного сдвига с помощью двух каналов усилителя вертикального отклонения.

6.4.1.1.Собрать электрическую цепь, приведенную на схеме рис. 3,а и подключить её к источнику синусоидального напряжения, затем сигнал со входа подать на вход первого канала ( $U_{вх}$ ), а сигнал с конденсатора (точка а) — на вход второго канала. Так как оба входа имеют общую массу, то корпусные клеммы соединительных кабелей на схеме должны иметь общую точку (в данной схеме — точка б) и поэтому с цепью может быть соединена только одна корпусная клемма.

6.4.1.2.Установить переключатель вида синхронизации в положение «ВНУТР. I»

6.4.1.3.Установить переключатель режима работы усилителя в положение «. . .» или «→→». Режим «. . .» обычно применяется при низкочастотных сигналах.

6.4.1.4.Установить тумблер «~, ≈» в положение «~».

6.4.1.5.Поскольку знак полярности напряжения определяется относительно направления тока в цепи, то в данной схеме сигналы относительно общей точки будут равнополярны и поэтому переключателем полярности «+, - » второго канала необходимо инвертировать сигнал, т.е. установить его в положение « - ».

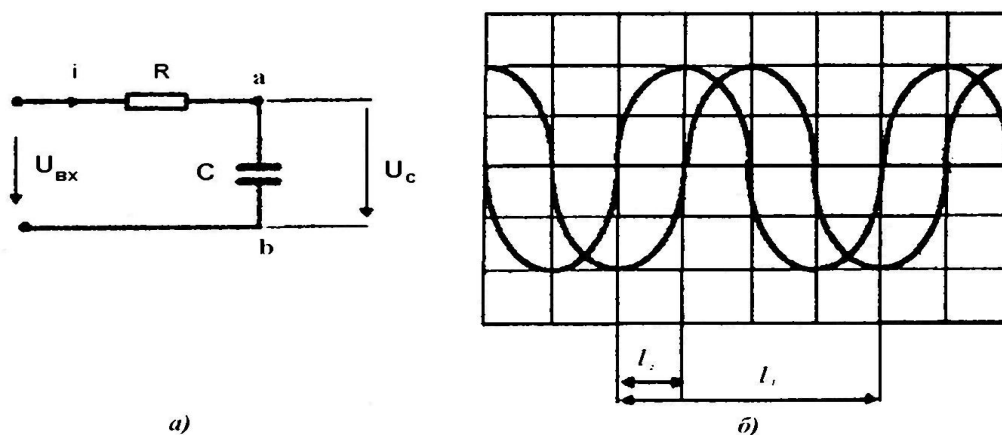


Рис. 3

6.4.1.6. Установить переключателями «V/ДЕЛ» и ручками «V» обоих каналов идентичные изображения около 5 делений по амплитуде.

6.4.1.7. С помощью ручки «УРОВЕНЬ» добиться устойчивого изображения сигналов.

6.4.1.8. Установить переключателем «ВРЕМЯ/ДЕЛ» скорость развертки, при которой на экране наблюдается один период сигналов. Ручка «V» должна быть в крайнем правом положении.

6.4.1.9. Ручками «I I» и «I II» совместить кривые сигналов так, чтобы их нулевые координаты совпадали с центральной горизонтальной линией экрана осциллографа (рис. 3,б).

6.4.1.10. Измерить в делениях шкалы период опорного сигнала  $I_1$  с резистора и разность по горизонтали между соответствующими точками сигналов  $I_2$ .

6.4.1.11. Вычислить фазовый сдвиг между сигналами по формуле:


$$\psi = 2\pi(I_2/I_1).$$

#### **6.4.2. Измерение фазы с помощью фигуры Лиссажу.**

В отличие от первого метода измерения этот метод позволяет измерять временной сдвиг между сигналами только синусоидальной формы и удобен для сигналов с частотой до 100 кГц.

6.4.2.1. В экспериментальной установке с ранее собранной схемой (рис. 3,а) сигнал со входа подать на вход «X», а сигнал с конденсатора, как в ранее собранной схеме должен подаваться на вход второго канала усилителя вертикального отклонения.

6.4.2.2. Переключатель режима работы усилителя установить в положение, соответствующее выбранному каналу.

6.4.2.3. Поставить переключатель вида синхронизации в положение « X».

6.4.2.4. Ручкой и переключателем «V/ДЕЛ» установить изображение фигуры Лиссажу в пределах экрана.

6.4.2.5. Ручками « $\leftrightarrow$ » и « $\updownarrow$ » установить это изображение в центр экрана.

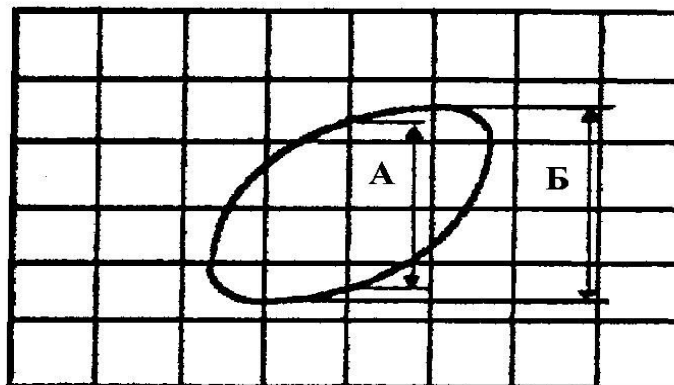


Рис. 4

6.4.2.6. Измерить расстояние А и Б, как показано на рис. 4, где величина А представляет собой расстояние между точками пересечения кривой с вертикальной центральной линией экрана, а расстояние Б — максимальное отклонения по вертикали.

6.4.2.7. Вычислить фазовый сдвиг по формуле  $\psi = -\arcsin(A/B)$  — для осциллограммы, изображенной на рис. 4, и по формуле  $\psi = -\pi + \arcsin(A/B)$  — при смене наклона фигуры Лиссажу на противоположный.

6.4.2.8. Изменить полярность сигнала на входе второго канала с помощью переключателя полярности «+ , - » и измерить фазовый сдвиг по приведенным выше указаниям.

6.4.2.9. Определить, какой из этих двух методов более точен, и принять его результат за действительное значение измеряемой фазы. Вычислить абсолютную погрешность измерения.

## 6.5. Измерение параметров суммы двух сигналов.

6.5.1. В ранее собранной электрической цепи, приведенной на схеме рис. 3, а сигнал со входа подать на вход первого канала, а сигнал с конденсатора — на вход второго канала. Корпусные клеммы соединительных кабелей на схеме должны быть соединены вместе в точке b.



6.5.2. Переключатель режима работы усилителя установить в положение « $\rightarrow\rightarrow$ ».

6.5.3. Установить переключатель вида синхронизации в положение «ВНУТР. I».

6.5.4. Переключатель полярности «+, - » установить в положение « - ». Ручки « $\nabla$ » переключателей «V/ДЕЛ» обоих каналов установить в крайнее правое положение, а сами переключатели необходимо установить в идентичные положения, при которых наблюдались бы два сигнала.

6.5.5. По приведенным выше указаниям необходимо измерять амплитуды обоих сигналов.

6.5.6. Установить переключатель режима работы усилителя в положение « $I\pm II$ », при котором на экране осциллографа наблюдается алгебраическая сумма сигналов обоих каналов, и измерить амплитуду суммарного сигнала.

## **6.6. Измерение динамических характеристик электрических цепей.**

6.6.1. Для проведения эксперимента необходимо собрать электрическую цепь, представляющую собой четырехполюсник, изображенный на рис. 5,а, вход которого соединить с выходом « $\ominus \rightarrow \square 1V1kHz$ » калибратора амплитуды и времени, который генерирует П-образные импульсы частотой 1кГц и размахом 1В (выход калибратора расположен с боковой стороны осциллографа), а выход соединить с первым входом канала осциллографа.

6.6.2. Установить тумблер « $\sim, \approx$ » в положение. « $\approx$ ».

6.6.3. Переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ» при крайнем правом положении ручки « $\nabla$ » установить в такое положение, при котором наблюдается только один период сигнала.

6.6.4. С помощью операций, приведенных ранее, необходимо получить устойчивое изображение сигнала напряжения на конденсаторе (рис. 5,б) и зарисовать его.

6.6.5. По заданному или измеренному значению величины сопротивления

резистора  $R$  и емкости конденсатора  $C$  с помощью выражения  $\tau_b = RC$  вычислить величину постоянной времени  $\tau_b$ .

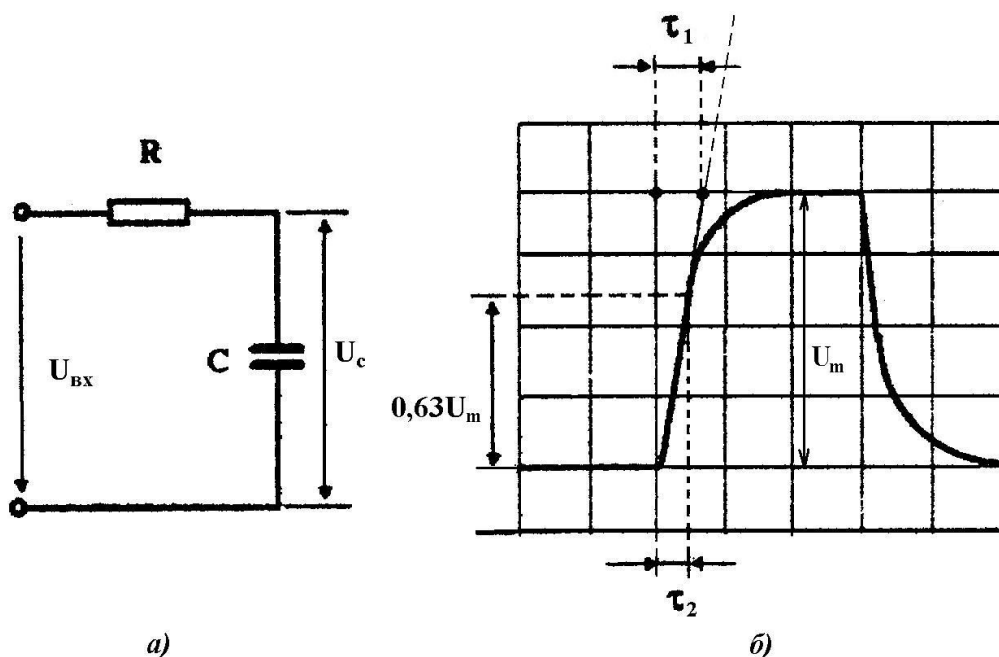


Рис. 5

6.6.6. Далее необходимо измерить промежуток времени  $\tau_1$ , который называется постоянной времени переднего фронта импульса определяется по изображению в горизонтальном направлении от начала импульса до точки пересечения касательной, проведенной к начальной точке фронта импульса, с линией установившегося значения импульса.

6.6.7. Измерить промежуток времени  $\tau_2$  по другому методу, на уровне  $0,63$  от максимального уровня амплитуды импульса  $U_m$  (рис. 5). То же самое можно сделать на заднем фронте импульса.

6.6.8. Вычислить абсолютные погрешности  $\Delta_1 = \tau_b - \tau_1$  и  $\Delta_2 = \tau_b - \tau_2$  определения постоянной времени разными способами, определить какое из измерений точнее.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите область применения осциллографа.
2. Назовите основные блоки и элементы осциллографа.
3. Объясните принцип работы осциллографа.

4. Запишите основные технические характеристики осциллографа.

5. Запишите методику осциллографических измерений.

6. Назовите погрешности осциллографических измерений.

7. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения амплитуды и постоянной составляющей сигнала на выходе однополупериодного выпрямителя.

8. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения параметров синусоидального напряжения блока питания стенда.

9. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения временного сдвига между сигналами тока и напряжения конденсатора при гармоническом воздействии.

10. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения временного сдвига между сигналами тока и напряжения конденсатора при гармоническом воздействии.

11. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения временного сдвига между сигналами напряжений на катушке индуктивности и конденсаторе при последовательном их соединении, а так же амплитуд этих напряжений в цепи с синусоидальным источником.

12. Объясните принцип получения фигур Лиссажу и метод измерений временного сдвига между сигналами синусоидальной формы с помощью фигур Лиссажу.

13. Изобразите фигуры Лиссажу для синусоидальных сигналов с временными сдвигами  $0$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$ .

14. Для цепи с последовательным соединением катушки и конденсатора, подключенной к синусоидальному источнику напряжения, объяснить соотношение амплитуд напряжений на катушке, конденсаторе и всей цепи.

15. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения внутреннего сопротивления генератора калибратора осциллографа.

16. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения емкости конденсатора.

17. Нарисуйте схему и запишите методику для измерения индуктивности катушки.