

САИ: 6

2455

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
им. АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ФОНД РИ

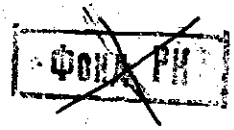
ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

2-17

САЧ: 6
Э 455

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА



ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Методические указания
к лабораторной работе № 2—17

Самарский Государственный
аэрокосмический университет
№ _____
Научно-техническая
библиотека

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ

обозначенного здесь срока

12.04.97	Сибирский	213		

37

Составители: Л. П. Муркин, Н. В. Волкова, В. В. Максимов

УДК 530 (075.8)

Электронный осциллограф: Метод. указания к лаб. работе № 2—17/ Самар. авиац. ин-т; Сост. Л. П. Муркин, Н. В. Волкова, В. В. Максимов. Самара, 1992. 32 с.

Лабораторная работа содержит описание принципов действия узлов электронного осциллографа, излагаются правила работы с осциллографом, разбираются примеры использования осциллографа для исследования некоторых физических процессов: сложение колебаний, анализ интегрирующей и дифференцирующей цепей.

Лабораторная работа предназначена для выполнения всеми студентами САИ. Выполнена на кафедре физики.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института им. академика С. П. Королева

Рецензент доц. Л. А. Женко

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Приборы и принадлежности: электронный осциллограф, звуковой генератор или генератор сигналов, блок ДИЦ (дифференцирующая и интегрирующая цепочки), соединительные провода.

НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Слово «осциллограф» образовано от «осциллум» — колебание и «графо» — пишу. Отсюда и назначение этого измерительного прибора — отображать на экране зависимости тока и напряжения от времени. С помощью осциллографа можно визуально наблюдать и при необходимости фотографировать с экрана осциллограммы непрерывных и импульсных электрических процессов, как периодических, так и непериодических, случайно меняющихся во времени.

Широкое распространение электронных осциллографов обусловлено возможностью их использования для получения осциллограмм не только тока и напряжения, но и любых физических величин, которые могут быть преобразованы в электрические сигналы.

В настоящее время разработано и создано много типов осциллографов. Однако основная структурная блок-схема практически одинакова для всех осциллографов (рис. 1).

Рассмотрим подробнее назначение и принцип действия отдельных элементов блок-схемы.

Основным узлом осциллографа является электронно-лучевая трубка (сокращенно — ЭЛТ). Она представляет собой электронно-вакуумный прибор, служащий для преобразования электрических сигналов в световые. Конструктивно электронно-лучевая трубка выполнена в виде герметичной колбы, внутри которой находятся устройства для получения электронного луча и управления его движением. Торцевая поверхность колбы представляет собой экран, на котором под действием электронного луча получается светящееся пятно.

Различают два вида трубок:

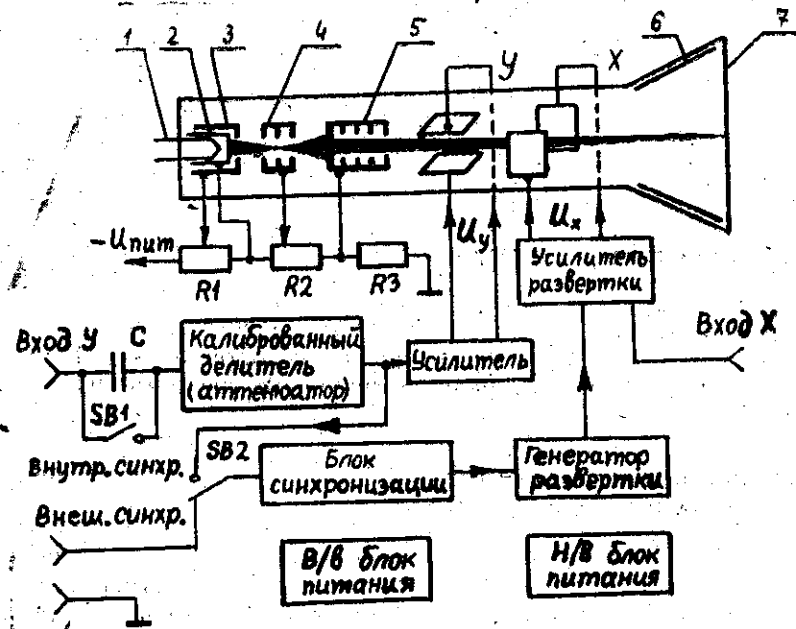


Рис. 1. Основная структурная блок-схема электронного осциллографа и схема ЭЛТ

- 1) трубки с электростатическим отклонением, в которых электронный луч фокусируется и отклоняется электрическими полями,
- 2) трубки с электромагнитным отклонением, в которых электронный луч фокусируется и отклоняется магнитными полями.

В осциллографах обычно применяются трубки с электростатическим отклонением. Принципиальная схема электронно-лучевой трубки с электростатическим отклонением приведена на рис. 1. Здесь: 1—подогреватель катода трубки, 2—катод, 3—управляющий электрод (модулятор), 4—первый анод, 5—второй анод, 6—проводящее покрытие колбы в зоне свободного движения электронного луча (основное назначение этого покрытия — нейтрализация объемного отрицательного заряда), 7—экран, X и Y—соответственно горизонтально и вертикально отклоняющие пластины. Напряжение на электроды трубки подается с делителя $R1-R2-R3$. Резистор $R1$ служит для управления яркостью луча, резистор $R2$ позволяет управлять фокусировкой луча на экране ЭЛТ.

Система электродов 1...5, предназначенная для получения узкого пучка электронов, называется электронным прожектором или электронной пушкой. На модулятор подается отрицательно относительно катода напряжение порядка нескольких десятков вольт.

Электрическое поле между катодом и модулятором осуществляет предварительную фокусировку луча, отбрасывая электроны к оси трубки.

Дальнейшая фокусировка электронов в узкий пучок обеспечивается системой двух анодов, выполненных в виде полых металлических цилиндров и снабженных большим числом диафрагм. На аноды подаются высокие положительные потенциалы относительно катода (на первый анод — несколько сотен вольт, а на второй — несколько киловольт). Для уяснения фокусирующего действия системы двух анодов рассмотрим рис. 2.

Так как потенциал второго анода выше потенциала первого анода, то электрическое поле между ними направлено от второго анода к первому. На электрон, попадающий в электрическое поле анодов, действует сила, касательная к силовой линии, например, сила F_B в точке B силовой линии. Эту силу F_B можно разложить на две составляющие: продольную силу F_{1B} , которая ускоряет движение электронов вдоль оси трубки, и поперечную силу F_{2B} , отклоняющую электроны к оси. Аналогичные силы действуют и в точке C траектории, но здесь поперечная сила F_{2C} уже отклоняет электроны от оси.

Таким образом, действие системы анодов эквивалентно действию оптической системы, состоящей из собирающей и рассеивающей линз. Поэтому фокусирующую систему анодов ЭЛТ принято называть электростатической линзой. Изменяя потенциал на первом аноде, который называется фокусирующим, можно изменять электрическое поле между анодами и тем самым перемещать фокус вдоль оси трубки, добиваясь совмещения его с поверхностью экрана. Благодаря этому на экране трубки получается светящееся пятно малого диаметра.

На пути к экрану электронный луч проходит между двумя парами взаимно перпендикулярных пластин X и Y, образующих электростатическую отклоняющую систему ЭЛТ.

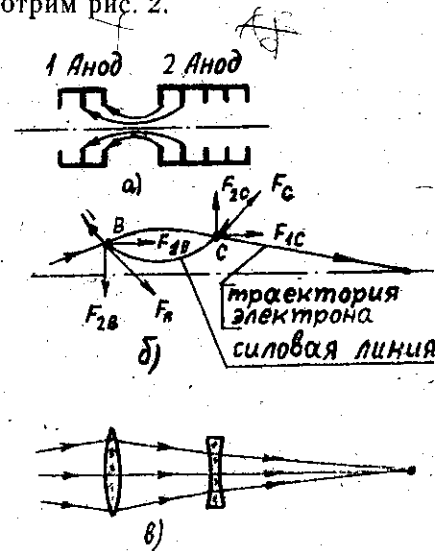


Рис. 2. Метод фокусировки электронного луча: а—силовые линии электрического поля между первым и вторым анодами; б—траектория движения электрона в поле; в—оптический эквивалент системы двух анодов

Исследуемый сигнал U_y , пройдя через калиброванный делитель (аттенюатор) и усилитель, поступает на пластины Y . При этом между пластинами Y возникает электрическое поле, которое отклоняет электронный луч в вертикальном направлении пропорционально значению входного сигнала U_y . Поскольку входной сигнал U_y может изменяться в широких пределах, а напряжение на вертикально отклоняющих пластинах не должно быть больше определенного значения, превышение которого вызывает слишком большое отклонение электронного луча и уход его за пределы экрана ЭЛТ, то после поступления в осциллограф сигнала U_y необходимо изменить его амплитуду: ослабить, если амплитуда слишком велика, или усилить, если амплитуда слишком мала. Эти операции совершаются с помощью калиброванного делителя (аттенюатора) и усилителя.

На горизонтально отклоняющие пластины X через усилитель подается напряжение развертки U_x , создаваемое генератором развертки. При одновременном воздействии на электронный луч двух переменных напряжений U_y и U_x на экране осциллографа появляется осциллограмма в виде некоторой фигуры, зависящей от формы, частоты и значений каждого из приложенных к отклоняющим пластинам напряжений. Иными словами, исследуемое напряжение U_y , поданное на пластины Y , представляется на экране ЭЛТ развернутым по оси X в соответствии с законом изменения напряжения развертки U_x .

Наиболее распространенным видом развертки осциллограммы является линейная периодическая развертка, создаваемая специальным генератором развертки осциллографа. График зависимости напряжения развертки U_x от времени t имеет характерную «пилообразную» форму (рис. 3).

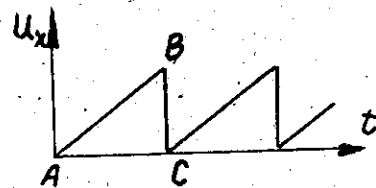


Рис. 3. Изменение напряжения линейной периодической развертки

принимают за ось времени. При одновременной подаче исследуемого напряжения U_y на вертикально отклоняющие пластины Y и пилообразного напряжения развертки U_x на горизонтально отклоняющие пластины X электронный луч будет одновременно пе-

ремещаться в вертикальном и горизонтальном направлениях. При этом луч будет прочерчивать на экране график $U_y = F(U_x)$, но т. к. U_x линейно зависит от времени t , то наблюдаемый на экране осциллографа график в определенном масштабе будет изображать зависимость $U_y = f(t)$.

Для получения на экране ЭЛТ неподвижного изображения осциллограммы необходимо, чтобы при каждом цикле перемещения луча вдоль линии развертки на луч действовали в одних и тех же точках одинаковые напряжения между пластинами Y . Выполнение этого условия называется синхронизацией частоты напряжения развертки ν_x с частотой исследуемого сигнала ν_y . Синхронизация может осуществляться как самим исследуемым сигналом, так и внешним сигналом, которые поступают на блок синхронизации. В свою очередь блок синхронизации управляет генератором развертки.

Существует много различных схем синхронизации. Так, в осциллографах ранних выпусков (типа С1-1, С1-5 и др.) частота развертки может изменяться плавно таким образом, чтобы период развертки был равен целому числу периодов исследуемого напряжения (непрерывная развертка).

Рассмотрим образование неподвижной осциллограммы на экране ЭЛТ для случая непрерывной синхронизированной развертки (рис. 4). В течение 1 цикла развертки луч на экране начер-

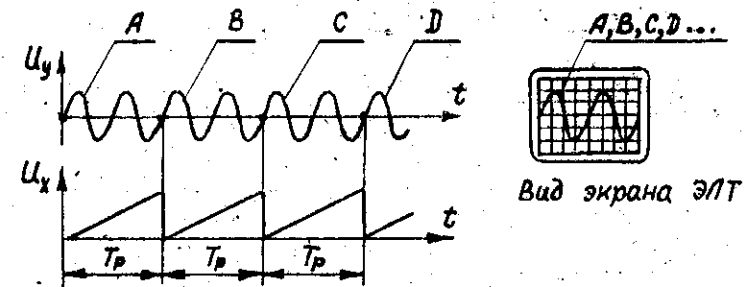


Рис. 4. Зависимости $U_y = f(t)$ и $U_x = f(t)$ при соблюдении условия синхронизации для непрерывной развертки. Осциллограмма на экране ЭЛТ неподвижна

тит осциллограмму А. После этого луч скачком вернется в исходное положение, затем начнется второй цикл развертки, в течение которого луч начертит на экране осциллограмму В. Завершив 2-й цикл, луч опять скачком вернется в исходное положение, после чего во время 3-го цикла развертки луч начертит на экране осциллограмму С, и так далее в течение всех последующих циклов раз-

вертки. Как видно из рис. 4, осциллограммы *A, B, C...* имеют одинаковый вид и начинаются с одной и той же начальной точки экрана, т. е. каждая последующая осциллограмма накладывается на предыдущую осциллограмму без искажения формы и без смещения вдоль оси *X*. Это означает, что наблюдатель видит на экране осциллографа неподвижное изображение осциллограммы.

Другая схема синхронизации применена, например, в осциллографах типа С1-94, С1-112. Здесь генератор развертки создает пилообразное напряжение определенной длительности T_p и амплитуды. Длительность цикла развертки может меняться ступенчато, ее нельзя плавно регулировать, поэтому для выполнения условия синхронизации приходится задерживать на некоторое время начало каждого последующего цикла развертки. Такой тип развертки называется «ждушим».

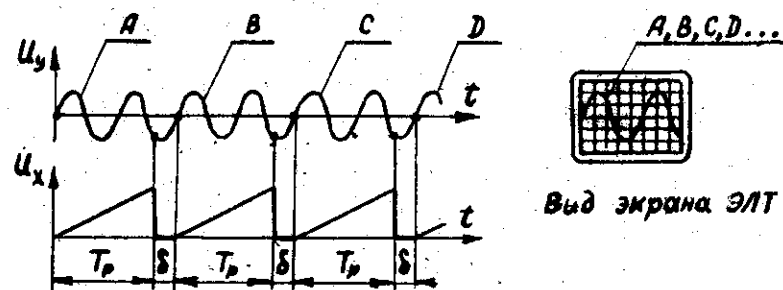


Рис. 5. Зависимости $U_y = f(t)$ и $U_x = f(t)$ при соблюдении условия синхронизации для «ждушей» развертки. Осциллограмма на экране ЭЛТ неподвижна

Работа схемы синхронизации для рассматриваемого случая происходит следующим образом (рис. 5). Часть исследуемого сигнала поступает в блок синхронизации через тумблер *SB2*, установленный в положение «Внутр. синхр.» (рис. 1), и когда амплитуда этого сигнала достигнет некоторого значения, происходит запуск генератора развертки. На экране осциллографа изображается осциллограмма *A*. После завершения 1-го цикла развертки луч скачком возвращается в исходное положение, но затем, в отличие от вышеописанной схемы синхронизации, блок синхронизации не запускает генератор развертки в течение времени δ , т. е. блок синхронизации «ждет», пока на него снова не поступит синхронизирующий сигнал той же амплитуды, что и в начале 1-го цикла развертки. После прихода такого сигнала блок синхронизации опять запускает генератор развертки, начинается 2-й цикл развертки, во время которого луч начертит на экране осциллограмму *B*. Затем в течение времени δ блок синхронизации «ждет» синхронизирующий сиг-

нал и после его прихода запускает снова генератор развертки. Происходит третий цикл развертки, во время которого луч начертит осциллограмму *C*, и так далее, в течение всех последующих циклов развертки. Как видно из рис. 5, осциллограммы *A, B, C...* имеют одинаковый вид и начинаются с одной и той же точки экрана. Это означает, что наблюдатель видит на экране осциллографа неподвижное изображение осциллограммы, поскольку каждая последующая осциллограмма накладывается на предыдущую без смещения вдоль оси *X* и без искажения формы.

Кроме линейной развертки в осциллографах часто предусматривается возможность использования других видов развертывающего напряжения. В этом случае внешнее устройство развертки подключается к гнезду «Вход *X*» (см. рис. 1), от которого напряжение развертки, после прохождения усилителя, поступает на пластины *X* электронно-лучевой трубки.

Рассмотрим в качестве примера часто применяемую синусоидальную развертку. При синусоидальной развертке на пластины *X* подается гармоническое напряжение $U_x = U_{x0} \sin \omega_x t$. Если на пластины *Y* подать также синусоидальное напряжение $U_y = U_{y0} \sin \omega_y t$, то луч, участвуя в обоих колебаниях, прочерчивает на экране осциллографа кривые сложной формы, называемые фигурами Лиссажу. Можно показать, что отношение числа пересечений неподвижной фигуры Лиссажу с координатными осями равно обратному отношению соответствующих частот:

$$\omega_y / \omega_x = n_x / n_y$$

$$\text{или } \nu_y / \nu_x = n_x / n_y,$$

где n_x — число пересечений фигуры с осью *X*, n_y — число пересечений фигуры с осью *Y*, ν_x — частота напряжения, подаваемого на пластины *x*, ν_y — частота напряжения, подаваемого на пластины *Y*.

В том случае, когда ось координат проходит через точку пересечения линий фигуры Лиссажу, эту точку при подсчете n_x и n_y считают дважды. Например, на рис. 6 приведены фигуры Лиссажу, полученные при следующем отношении частот:

$$\nu_y / \nu_x = 4/2 = 2/1 \text{ (рис. 6, а),}$$

$$\nu_y / \nu_x = 6/4 = 3/2 \text{ (рис. 6, б).}$$

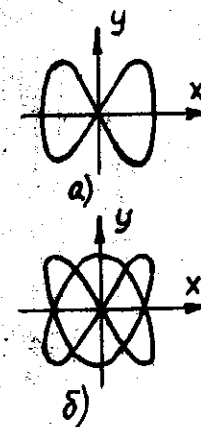


Рис. 6. Примеры фигур Лиссажу, совмещенных с осями координат

ОПИСАНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФОМ С1-94

Осциллограф универсальный С1-94 предназначен для исследования импульсных сигналов в амплитудном диапазоне от 10 мВ до 300 В и во временном диапазоне от 0,1 мкс до 0,5 с, а также синусоидальных сигналов амплитудой от 5 мВ до 150 В частотой от 5 Гц до 10 МГц.

Внешний вид передней панели осциллографа показан на рис. 7. Здесь расположены: экран ЭЛТ, закрытый прозрачной пластинкой 01 с нанесенной на ней координатной сеткой, и органы управления осциллографом. Назначение органов управления:

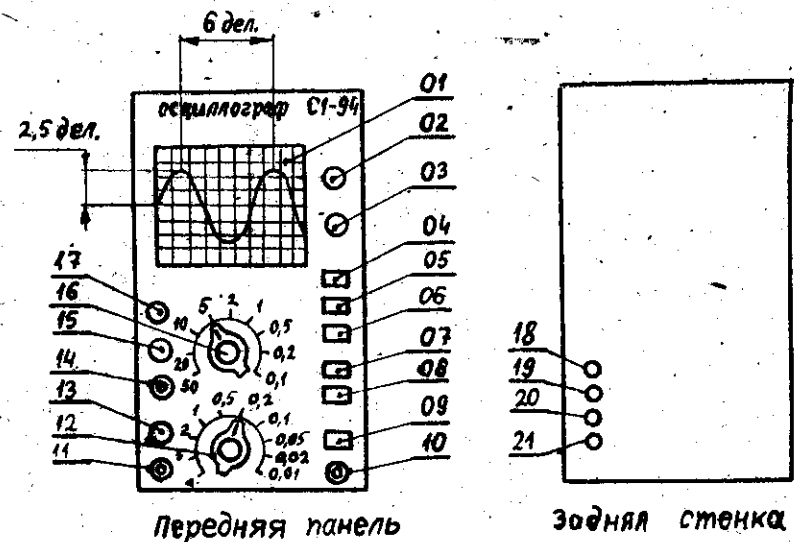


Рис. 7. Расположение органов управления осциллографом С1-94 на передней панели и задней стенке прибора

Кнопка 04 — включение питания прибора при нажатии кнопки. Следует иметь в виду, что все кнопки в системе управления осциллографом имеют фиксацию нажатого положения. После повторного нажатия кнопка освобождается от фиксации и переходит в исходное положение.

Управление лучом ЭЛТ

- Ручка 02 — регулировка фокусировки.
- Ручка 03 — регулировка яркости.
- Ручка 17 — смещение луча по горизонтали.
- Ручка 18 — смещение луча по вертикали.

Управление разверткой

Ручка 15 — установка уровня синхронизирующего сигнала, который запускает генератор развертки.

Ручка 16 — ступенчатое переключение коэффициентов развертки.

Кнопка 05 — изменение коэффициента развертки в 10^3 раз.

Коэффициентом развертки называется величина, показывающая, за какое время луч переместится на одно деление координатной сетки в горизонтальном направлении. Например, на рис. 7 указатель ручки 16 показывает на цифру 5. Это означает, что луч перемещается на одно деление за 5 миллисекунд (мс), если кнопка 05 находится в нажатом положении, и за 5 микросекунд (мкс), если кнопка 05 находится в ненажатом положении.

Знание коэффициента развертки позволяет определять длительность сигналов по осциллограммам. Например, период синусоидального сигнала на рис. 7 при нажатой кнопке 05 составляет $5 \text{ мс/дел} \times 6 \text{ дел} = 30 \text{ мс}$.

Кнопка 06 — переключение режимов развертки. Если кнопка находится в нажатом положении, то генератор развертки работает в «ждущем» режиме (описанном в предыдущем разделе инструкции). Если кнопка 06 ненажата, то генератор развертки работает в «автоколебательном» режиме, т. е. пилообразное напряжение вырабатывается генератором даже тогда, когда нет входного сигнала.

Кнопка 07 — переключение полярности синхронизирующего сигнала.

Кнопка 08 — переключение цепи поступления синхронизирующего сигнала на блок синхронизации (см. рис. 1, переключатель SB2). При нажатой кнопке синхронизация генератора развертки осуществляется исследуемым сигналом («внутренняя синхронизация»), при ненажатой кнопке блок синхронизации подключается к гнезду 14, на которое можно подавать внешний синхронизирующий сигнал.

Подключение входных устройств

Гнездо 11 — подключение осциллографа к источнику исследуемого сигнала.

Гнездо 10 — подключение заземления. Гнездо соединено с корпусом прибора.

Кнопка 09 — переключение «открытого» и «закрытого» входов (см. рис. 1, переключатель SB1). При нажатой кнопке 09 на attenuator и далее в канал вертикального отклонения могут проходить как сигналы переменного напряжения, так и постоянного. Это — «открытый» вход.

При нажатой кнопке 09 на аттенуатор и далее могут проходить только переменные сигналы. Это — «закрытый» вход.

Ручка 12 — ступенчатое переключение коэффициентов отклонения луча в вертикальном направлении. Указатель на ручке 12 показывает по круговой шкале значение коэффициента отклонения в следующих единицах: вольт/деление.

Например, на рис. 7 указатель ручки 12 направлен на число 0,2 круговой шкалы. Это означает, что входное напряжение 0,2 В вызывает отклонение луча на 1 деление в вертикальном направлении.

Знание коэффициента отклонения позволяет определять значение входного напряжения по осциллограммам. Например, амплитуда синусоидального сигнала на рис. 7 равна $0,2 \text{ В/дел} \times 2,5 \text{ дел} = 0,5 \text{ В}$.

На задней стенке осциллографа расположены гнезда (рис. 7):

Гнездо 18 — подключение заземления.

Гнездо 19 — подключение сигнала внешней развертки (см. рис. 1, гнездо «Вход X»).

Гнездо 20 — изменение коэффициента усиления усилителя развертки.

Гнездо 21 — выход пилообразного напряжения. Если соединить проводником гнезда 21 и 20, то изображение осциллограммы на экране «растянется» в направлении оси X, что повышает точность временных измерений на осциллограммах.

Все органы управления (ручки; кнопки) и гнезда подключения подводящих кабелей снабжены соответствующими надписями и символическими указателями.

ОПИСАНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФОМ С1-112

Осциллограф С1-112 предназначен для исследования импульсных и синусоидальных сигналов в амплитудном диапазоне от 5 мВ до 250 В и во временном диапазоне от 0,12 мкс до 0,5 с.

Кроме того, прибор позволяет измерять напряжение постоянного тока от 1 мВ до 1000 В и активных сопротивлений от 1 Ом до 2,5 МОм с цифровым отсчетом на экране ЭЛТ в режиме «мультиметр». Этот режим в данной работе можно использовать при выполнении задания № 4.

Внешний вид передней панели осциллографа показан на рис. 8. Здесь расположены: экран ЭЛТ, закрытый прозрачной пластинкой 01 с нанесенной на ней координатной сеткой, и органы управления осциллографом.

Назначение органов управления:

Кнопка 04 — включение прибора при нажатии кнопки.

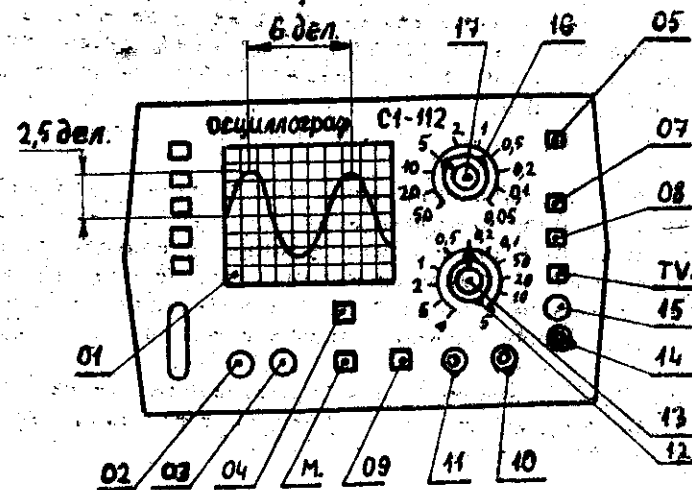


Рис. 8. Расположение органов управления осциллографом С1-112

Следует иметь в виду, что все кнопки в системе управления осциллографом имеют фиксацию нажатого положения. После повторного нажатия кнопка освобождается от фиксации и переходит в исходное положение.

Управление лучом ЭЛТ

Ручка 02 — регулировка фокусировки.

Ручка 03 — регулировка яркости.

Ручка 17 — смещение луча по горизонтали.

Ручка 13 — смещение луча по вертикали.

Управление разверткой

Ручка 15 — установка уровня синхронизирующего сигнала, который запускает генератор развертки.

Ручка 16 — ступенчатое переключение коэффициентов развертки.

Кнопка 05 — изменение коэффициента развертки в 10^3 раз.

Коэффициентом развертки называется величина, показывающая, за какое время луч переместится на одно деление координатной сетки в горизонтальном направлении. Например, на рис. 8 указатель ручки 16 показывает на цифру 5. Это означает, что луч перемещается на одно деление за 5 миллисекунд (мс), если кнопка 05 находится в ненажатом положении, и за 5 микросекунд (мкс), если кнопка 05 находится в нажатом положении.

Знание коэффициента развертки позволяет определять длительность сигналов по осциллограммам. Например, период синусоидального сигнала на рис. 8 при ненажатой кнопке 05 составляет $5 \text{ мс/дел} \times 6 \text{ дел} = 30 \text{ мс}$.

Кнопка 07 — переключение полярности синхронизирующего сигнала.

Кнопка 08 — переключение цепи поступления синхронизирующего сигнала на блок синхронизации (см. рис. 1, переключатель SB2). При нажатой кнопке синхронизация генератора развертки осуществляется исследуемым сигналом («внутренняя синхронизация»), при ненажатой кнопке блок синхронизации подключается к гнезду 14, на которое можно подавать внешний синхронизирующий сигнал.

Кнопка TV — применяется при исследовании телевизионного сигнала. В данной работе при выполнении всех заданий кнопка должна быть ненажата.

Подключение входных устройств

Гнездо 11 — подключение осциллографа к источнику исследуемого сигнала.

Гнездо 10 — подключение заземления. Гнездо соединено с корпусом прибора.

Кнопка 09 — переключение «открытого» и «закрытого» входов (см. рис. 1, переключатель SB1). При ненажатой кнопке 09 на аттенюатор и далее в канал вертикального отклонения могут проходить как сигналы переменного напряжения, так и постоянного. Это — «открытый» вход.

При нажатой кнопке 09 на аттенюатор и далее могут проходить только переменные сигналы. Это — «закрытый» вход.

Ручка 12 — ступенчатое переключение коэффициентов отклонения луча в вертикальном направлении. Указатель на ручке 12 показывает по круговой шкале значение коэффициента отклонения в следующих единицах: вольт/деление. Например, на рис. 8 указатель ручки 12 направлен на число 0,2 круговой шкалы. Это означает, что входное напряжение 0,2 В вызывает отклонение луча на 1 деление в вертикальном направлении.

Знание коэффициента отклонения позволяет определять значение входного напряжения по осциллограммам. Например, амплитуда синусоидального сигнала на рис. 8 равна $0,2 \text{ В/дел} \times 2,5 \text{ дел} = 0,5 \text{ В}$.

На правой боковой стенке осциллографа расположено гнездо «Вход X» и тумблер, с помощью которого усилитель развертки отключается от генератора развертки и подключается к гнезду «Вход X».

Все органы управления (ручки, кнопки) и гнезда подключения

подводящих кабелей снабжены соответствующими надписями и символическими указателями.

ОПИСАНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ

В данной работе применяются генераторы сигналов двух типов: Звуковой генератор типа ГЗМ, предназначенный для получения синусоидального напряжения 20 Гц... 20 кГц. На вертикальной панели (рис. 9) находятся следующие органы управления:

Тумблер 7 — включение питания генератора.

Ручка 8 — переключение диапазонов изменения частоты генератора. Генератор имеет три диапазона: 1-й диапазон 20...200 Гц, 2-й диапазон 200 Гц...2 кГц, 3-й диапазон 2...20 кГц (цифры ориентировочные).

Ручка 2 — плавная перестройка частоты в пределах каждого диапазона.

Ручка 3 — регулировка амплитуды выходного сигнала.

Клемма 4 — заземление.

Клеммы 6 — выход синусоидального сигнала.

Генератор сигналов предназначен для получения синусоидального напряжения частотой 10 Гц... 100 кГц, а также для создания прямоугольных импульсов с постоянной частотой следования и неизменяющейся амплитудой.

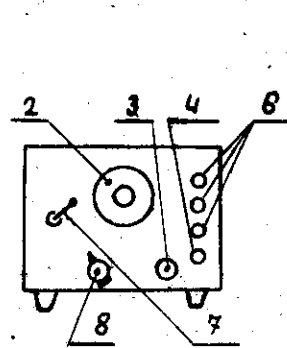


Рис. 9. Расположение органов управления звукового генератора

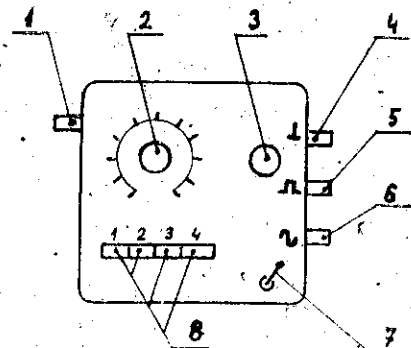


Рис. 10. Расположение органов управления генератора сигналов

На верхней горизонтальной панели генератора (рис. 10) находятся следующие органы управления:

Тумблер 7 — включение питания генератора.

Кнопочный переключатель 8 — переключение диапазонов изменения частоты. Генератор имеет четыре диапазона:

- 1-й диапазон 10 Гц ... 100 Гц,
 - 2-й диапазон 100 Гц ... 1 кГц,
 - 3-й диапазон 1 кГц ... 10 кГц,
 - 4-й диапазон 10 кГц ... 100 кГц
- (цифры ориентировочные).

Ручка 3 — регулировка амплитуды выходного синусоидального сигнала.

Ручка 2 — плавная перестройка частоты в пределах каждого диапазона. На левой вертикальной панели находится ручка 1 — подстройка частоты в небольших пределах. На правой вертикальной панели находятся: клемма 4 — заземление, клемма 5 — выход прямоугольных импульсов, клемма 6 — выход синусоидального напряжения.

Все ручки управления и клеммы снабжены соответствующими надписями и символическими указателями.

Описание блока ДИЦ

Блок ДИЦ (рис. 11) содержит интегрирующую и дифференцирующую RC-цепочки, используемые в одном из упражнений данной работы.

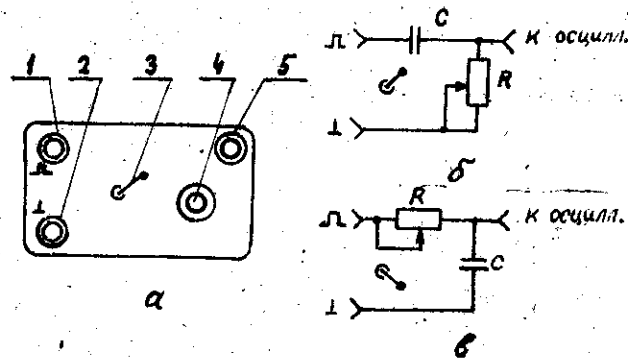


Рис. 11. Схема блока ДИЦ: а — верхняя панель; б — дифференцирующая цепь; в — интегрирующая цепь

Переключение от одного типа цепочки к другому осуществляется тумблером 3. На вход блока (гнездо 1) подается импульсное напряжение. Гнездо 2 предназначено для подключения заземления. Изменение импульса при прохождении цепочки можно наблюдать, подключив осциллограф к гнезду 5.

В блоке предусмотрена регулировка сопротивления цепочки R с помощью ручек 4. Емкость конденсатора C во всех случаях остается постоянной.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Лабораторная работа выполняется на установках двух вариантов:

1-й вариант — осциллограф С1-94, звуковой генератор типа ГЗШ, соединительные провода. Генератор импульсов, а также дифференцирующая и интегрирующая цепи смонтированы внутри лабораторного стола. Сигналы от генератора импульсов и исследуемых электрических цепей выведены на клеммы, установленные на передней вертикальной панели лабораторного стола, и снабжены соответствующими надписями. Здесь же находятся клеммы «Контр. сигнал 2В 50 Гц» и ручка регулировки амплитуды этого контрольного сигнала.

Схема установки приведена на рис. 12.

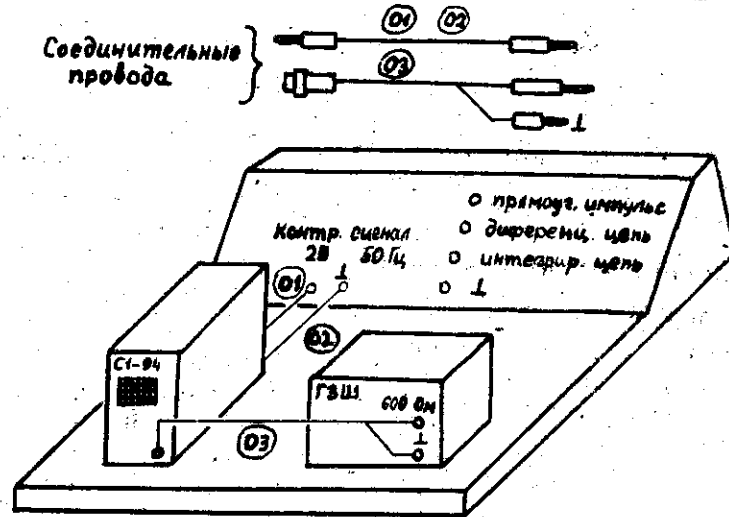


Рис. 12. 1-й вариант экспериментальной установки

2-й вариант — осциллограф С1-112, генератор сигналов, блок ДИЦ, соединительные провода. Клеммы «Контр. сигнал 2В 50 Гц» и ручка регулировки амплитуды этого контрольного сигнала установлены на панели лабораторного стола. Схема установки приведена на рис. 13.

Примечания: 1. Блоки экспериментальных установок взаимозаменяемые, поэтому можно собрать установку по схеме, отличной от описанных выше. При этом сохраняется содержание и объем

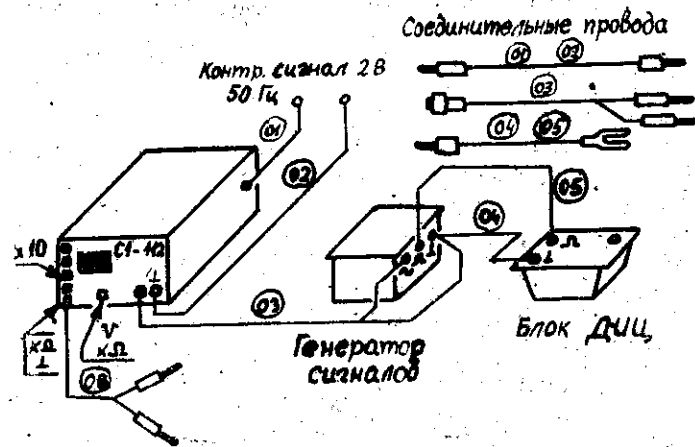


Рис. 13. 2-й вариант экспериментальной установки.

учебных заданий, предлагаемых в данной лабораторной работе.
 2. При сборке схемы необходимо использовать соединительные провода в соответствии с их номерами на схеме.

ОПИСАНИЕ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ

Задание № 1

- 1.1. Получение устойчивой осциллограммы синусоидального сигнала.
- 1.2. Определение частоты синусоидального сигнала по осциллограммам.
- 1.3. Построение градуировочного графика для заданного диапазона частот.

Порядок выполнения задания

1. Собрать схему согласно рис. 12 (если используется осциллограф С1-94 и звуковой генератор ГЗШ) или рис. 13 (если используется осциллограф С1-112 и генератор сигналов с блоком ДЦЦ). Провода 01 и 02 к осциллографу не подключать!
2. Включить питание осциллографа и генератора сигналов. После прогрева электронных приборов в течение 3 минут можно приступать к выполнению задания.
3. С помощью ручки ступенчатого переключения диапазона частот звукового генератора (генератора сигналов) выбрать 1-й диапазон. Установить наименьшую частоту в 1-м диапазоне с помощью ручки плавной перестройки частоты. При этом указатель ручки

должен показывать на наименьшее оцифрованное деление шкалы.

4. Получить устойчивую осциллограмму на экране ЭЛТ. Эту задачу можно сформулировать и так: установить органы управления осциллографом в такие положения, при которых на экране ЭЛТ будет наблюдаться неподвижная осциллограмма. Методика (т. е. технология) решения поставленной экспериментальной задачи может быть различной, но в любом случае требуется четкое представление о тех воздействиях на электронный луч, которые происходят при повороте той или иной ручки или нажатии какой-либо кнопки. Один из возможных вариантов такой методики заключается в выполнении следующих операций:

- 4.1. Уменьшить амплитуду исследуемого сигнала до нуля.
- 4.2. При «закрытом» входе установить непрерывный (автоколебательный) режим развертки. Режим синхронизации — «внутренний».
- 4.3. Установить коэффициент отклонения луча в вертикальном направлении — 5 В/дел, а коэффициент развертки — 5 мс/дел.
- 4.4. Увеличить яркость луча до максимума и, регулируя смещение луча по вертикали и горизонтали, получить яркую горизонтальную линию развертки, идущую посередине координатной сетки. Сразу же после выполнения этой операции следует произвести фокусировку луча так, чтобы толщина линий осциллограммы была наименьшей, а затем уменьшить яркость луча до уровня, соответствующего нормальной видимости линии развертки, после чего еще раз сфокусировать луч. В дальнейшем при выполнении всех заданий данной лабораторной работы необходимо периодически регулировать яркость и фокусировку луча.

ВНИМАНИЕ! Чрезмерная яркость луча приводит к быстрому выходу из строя электронно-лучевой трубки.

- 4.5. Увеличить амплитуду исследуемого сигнала настолько, чтобы размер осциллограммы на экране ЭЛТ составлял 5...6 делений. При этом можно использовать и ручку переключения коэффициентов отклонения луча в вертикальном направлении.

Полученная осциллограмма может оказаться как несинхронизированной, так и синхронизированной. В первом случае осциллограмма выглядит как полоса установленной высоты, внутри которой видна синусоида, перемещающаяся в горизонтальном направлении, либо вообще не наблюдается какого-либо определенного графика исследуемого процесса. Во втором случае на экране будет наблюдаться неподвижная синусоида.

- 4.6. Синхронизация осциллограммы осуществляется ручкой «Уровень», которая эффективна при достаточно большом размахе осциллограммы на экране ЭЛТ. Поэтому снижение амплитуды исследуемого сигнала может привести к рассинхронизации осцил-

логафа, для устранения которой необходимо снова воспользоваться ручкой «Уровень».

Если не удастся синхронизировать осциллограмму на «автоколебательном» режиме развертки, то можно провести эту операцию на «ждушем» режиме развертки. Вообще «ждуший» режим применяется при исследовании сигналов низких частот, «автоколебательный» режим — при исследовании сигналов высоких частот.

В процессе проведения синхронизации осциллографа возможно гашение луча: осциллограмма на экране ЭЛТ исчезает. Такой эффект особенно часто наблюдается на «ждушем» режиме развертки. В этом случае необходимо увеличить амплитуду входного сигнала либо коэффициент отклонения в вертикальном направлении и продолжать регулировку синхронизации ручкой «Уровень».

5. После получения устойчивой осциллограммы следует установить на экране ЭЛТ несколько периодов синусоиды с помощью переключателя коэффициента развертки.

Определить период синусоидального сигнала T по осциллограмме. Пример расчета периода приведен в разделах «Описание органов управления осциллографом С1-94» и «Описание органов управления осциллографом С1-112», пункт 7.

6. Изменить частоту звукового генератора (генератора сигналов), устанавливая указатель ручки плавной перестройки частоты на следующее за наименьшим оцифрованное деление шкалы генератора. Определить значение периода полученного синусоидального сигнала.

7. Следуя п. 6, найти период при всех положениях ручки плавной перестройки, отмеченных оцифрованными делениями шкалы генератора. Следует иметь в виду, что по мере увеличения частоты возрастает число периодов синусоидального сигнала на экране ЭЛТ, что снижает точность измерения периода. Поэтому при переходе к большим частотам надо, меняя коэффициент развертки, сохранять на экране ЭЛТ 2...5 периодов исследуемого синусоидального сигнала.

8. Рассчитать соответствующие значения частот по формуле $\nu = 1/T$. Результаты измерений и расчетов записать в табл. 1.

Здесь N — значение оцифрованного деления шкалы звукового генератора (генератора сигналов).

9. Построить градуировочный график $\nu = f(N)$ для заданного диапазона частот.

Таблица 1

N	T , мс	ν , Гц

Задание № 2

2.1. Получение устойчивых фигур Лиссажу.

2.2. Определение частоты синусоидального сигнала с помощью фигур Лиссажу.

Порядок выполнения задания

1. В дополнение схемы установки, используемой в задании № 1, подключить к осциллографу на гнезда «Вход X» и «Корпус» («Заземление») контрольный сигнал частотой 50 Гц с помощью проводов 01 и 02 (см. рис. 12 и 13). Проверить положение ручки ступенчатого переключения диапазонов частот звукового генератора (генератора сигналов). Она должна быть установлена на 1-й диапазон.

2. Установить режим синхронизации — «Внеш». Режим развертки — «Ждуш.» для осциллографа С1-94. В случае использования осциллографа С1-112 установить тумблер, находящийся рядом с гнездом «Вход X», в нижнее положение.

3. Включить питание осциллографа и звукового генератора (генератора сигналов). Уменьшить до нуля выходной сигнал генератора.

4. Включить тумблер «Контр. сигнал 2В 50 Гц», расположенный на лабораторном столе. С помощью регулятора амплитуды контрольного сигнала, а также с помощью ручек перемещения луча по осям координат получить симметрично расположенную горизонтальную линию развертки, не выходящую за пределы экрана ЭЛТ.

5. Увеличивая амплитуду выходного сигнала звукового генератора (генератора сигналов), наблюдать на экране ЭЛТ появление фигуры Лиссажу, размеры которой не должны выходить за пределы экрана. Меняя частоту с помощью ручки плавной перестройки частоты, следует добиться получения неподвижного изображения фигуры Лиссажу.

Примечание. Генератор сигналов, применяемый совместно с осциллографом С1-112, имеет дополнительную ручку плавной подстройки частоты в небольших пределах, которую следует использовать на заключительной стадии получения устойчивой фигуры Лиссажу (см. рис. 10, ручка 1).

6. При выбранной частоте сравнения $\nu_x = 50$ Гц наиболее характерные фигуры Лиссажу наблюдаются в области частот 20 ... 200 Гц, что соответствует первому и, отчасти, началу второго диапазона частот звукового генератора (генератора сигналов). Эти фигуры образуются при следующих отношениях частот ν_y/ν_x : 1/3, 1/2, 2/3, 1/1, 3/2, 2/1, 3/1 и других значениях, не входящих в приведенный ряд.

В процессе выполнения данного задания следует получить и зарисовать не менее пяти фигур Лиссажу, соответствующих произ-

вольно выбранным значениям v_y/v_x из указанного ряда чисел. После зарисовки очередной фигуры Лиссажу необходимо записать наблюдаемое при этом положение по шкале N указателя плавной настройки частоты звукового генератора (генератора сигналов). Далее следует найти число пересечений осей координат n_x и n_y фигурой Лиссажу, а затем рассчитать частоту v_y по формуле

$$v_y = v_x (n_x/n_y).$$

Результаты расчетов и вид фигур Лиссажу занести в табл. № 2.

Таблица 2

№ п/п	Вид фигуры Лиссажу	N	n_x	n_y	v_y , Гц
1					
2					

Примечание. Рисунки каждой фигуры Лиссажу должны размещаться внутри прямоугольников одинаковых размеров, стороны которых пропорциональны удвоенным амплитудам сигналов по осям координат.

7. На график $v = f(N)$, построенный при выполнении задания № 1, нанести точки $[N, v_y]$, рассчитанные по фигурам Лиссажу.

Задание № 3

3.1. Получение осциллограммы импульсно-периодического сигнала.

3.2. Измерение параметров импульса и расчет его характеристик.

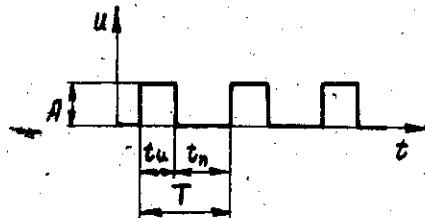


Рис. 14. График импульсно-периодического процесса

График импульсно-периодического сигнала приведен на рис. 14. Обозначения на рис. 14:

A — амплитуда импульса,
 t_n — длительность импульса,
 T — период следования импульсов,
 t_p — длительность пауз между импульсами.

Некоторые расчетные характеристики:

1) частота повторения импульсов ν . Эта величина рассчитывается по формуле $\nu = 1/T$;

2) скважность импульсов Q_n . Эта величина рассчитывается по формуле $Q_n = T/t_n$.

Порядок выполнения задания

1. Отключить провода 01 и 02 от гнезд осциллографа и клемм «Контр. сигнал 2В 50 Гц». Тумблер, расположенный рядом с гнездом «Вход X» осциллографа С1-112, перевести в верхнее положение.

Переключить кабель 03 на клеммы генератора импульсов.

При использовании 2-го варианта экспериментальной установки следует установить переключатель диапазона частот в положение 3.

2. После проведения всех подготовительных работ, описанных в п. 1, включить питание электронных приборов. Получить осциллограмму импульсно-периодического сигнала, следуя п. 4 задания № 1.

Установить такой коэффициент развертки, чтобы на экране ЭЛТ наблюдались 2...3 импульса. Коэффициент отклонения луча в вертикальном направлении выбирается таким, чтобы амплитуда сигнала не выходила за пределы экрана ЭЛТ.

3. Измерить параметры импульсного сигнала по осциллограммам. При этом можно воспользоваться примерами измерений T и A , изложенными в пп. 7 и 14 раздела «Описание органов управления осциллографом С1-94» или раздела «Описание органов управления осциллографом С1-112».

Рассчитать частоту повторения импульсов и их скважность. Результаты измерений и расчетов записать в табл. 3.

Таблица 3

A , в	t_n , мкс	t_p , мкс	T , мкс	ν , кГц	Q_n

Задание № 4

4.1. Изучение формы сигнала, прошедшего дифференцирующую и интегрирующую цепи.

4.2. Определение постоянной времени дифференцирующей цепи.

4.3. Определение постоянной времени интегрирующей цепи.

Описание дифференцирующей и интегрирующей цепей

Рассмотрим цепь, состоящую из последовательно соединенных конденсатора C и резистора R , на которую подано напряжение

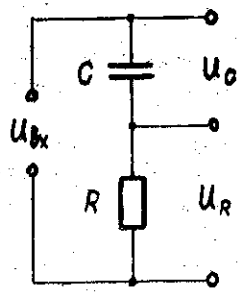


Рис. 15. RC-цепочка

$U_{вх}$ (рис. 15). Обозначим напряжение на конденсаторе U_C и напряжение на резисторе U_R . Поскольку R и C соединены последовательно, то справедливо равенство

$$U_{вх} = U_C + U_R \quad (1)$$

или
$$U_{вх} = q/C + iR, \quad (2)$$

где q — заряд конденсатора. Это равенство можно переписать так:

$$CU_{вх} = q + i(RC)$$

или
$$CU_{вх} = q + i\tau. \quad (3)$$

Величина $\tau \equiv RC$ называется постоянной времени цепи. Рассмотрим два крайних случая:

1) τ мала, так что членом $i\tau$ в формуле (3) можно пренебречь по сравнению с другим членом q . Тогда формула (3) примет вид

$$CU_{вх} = q,$$

откуда ток в цепи $i = dq/dt$ или $i = C(dU_{вх}/dt)$. (4)

Падение напряжения на резисторе

$$U_R = iR$$

или, с использованием формулы (4),

$$U_R = RC(dU_{вх}/dt) = \tau(dU_{вх}/dt). \quad (5)$$

Итак, при малой постоянной времени τ падение напряжения на резисторе U_R пропорционально производной от входного напряжения, т. е. описанная цепь осуществляет операцию дифференцирования.

2) τ велико, так что членом q можно пренебречь по сравнению с членом $i\tau$ в формуле (3). Тогда формула (3) примет вид

$$CU_{вх} = i\tau. \quad (6)$$

Напряжение на конденсаторе U_C определяется формулой

$$U_C = q/C. \quad (7)$$

Значение заряда q связано с током i определяющим соотношением $i = dq/dt$, откуда следует, что $q = \int idt$, а с использованием формулы (6)

$$q = (C\tau) \int U_{вх} dt.$$

Тогда напряжение на конденсаторе будет определяться формулой

$$U_C = q/C = (1/\tau) \int U_{вх} dt. \quad (8)$$

Итак, при большой постоянной времени τ напряжение на конденсаторе U_C пропорционально интегралу от входного напряжения, т. е. описанная цепь осуществляет операцию интегрирования.

Графики импульсно-периодического сигнала, прошедшего дифференцирующую или интегрирующую цепи

Рассмотрим изменение формы сигнала после прохождения дифференцирующей или интегрирующей цепи. В качестве входного сигнала выберем импульсно-периодический сигнал, график которого представлен на рис. 14 задания № 3.

Если напряжение на последовательно соединенных конденсаторе C и резисторе R изменить скачком на U_0 , то напряжение на конденсаторе U_C столь же резко измениться не может, и, следовательно, в начальный момент времени напряжение на резисторе U_R скачком увеличивается на U_0 . После этого начинается процесс зарядки конденсатора, вследствие чего напряжение U_R падает.

По истечении времени t_n (длительность импульса) входное напряжение скачком падает до нуля. В этот момент времени напряжение на резисторе U_R также скачком уменьшается на U_0 и становится отрицательным. Начинается процесс разрядки конденсатора, вследствие чего напряжение U_C стремится к нулю, оставаясь все время больше нуля, а напряжение U_R тоже стремится к нулю, оставаясь все время меньше нуля.

Изложенное качественное описание процессов в RC-цепи, а также количественные расчеты (частично проведенные ниже) позволили построить графики $U_R = f_1(\tau, t)$ и $U_C = f_2(\tau, t)$ для раз-

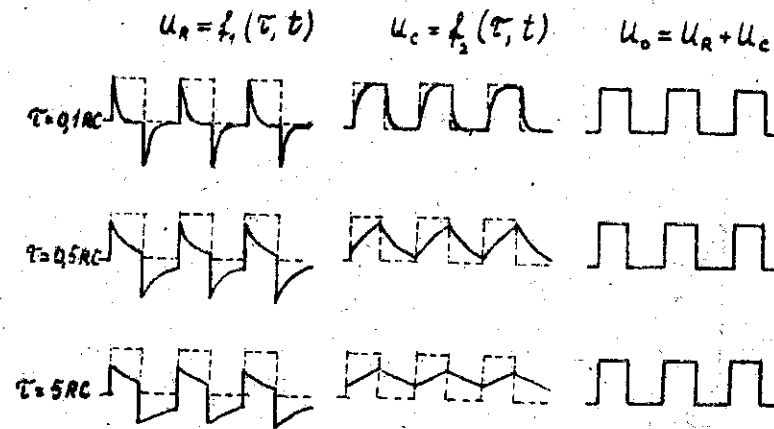


Рис. 16. Зависимости $U_R = f_1(\tau, t)$ и $U_C = f_2(\tau, t)$

личных постоянных времени τ (рис. 16) и заданной формы импульсно-периодического сигнала.

Анализ графиков показывает, что действительно при малых τ зависимость $U_R = f_1(t)$ выражает результат дифференцирования входного сигнала, а при больших τ зависимость $U_C = f_2(t)$ выражает результат интегрирования входного сигнала. Однако эти графики приближенно отражают результаты рассматриваемых математических операций, поскольку постоянная времени τ всегда конечна — ее нельзя сделать равной нулю или бесконечности.

Определение постоянной времени по графикам

1) Чтобы определить τ по графику $U_R = f_1(t)$ (дифференцирующая цепь), нужно предварительно получить аналитическое выражение для этого графика в течение времени t_n , когда конденсатор заряжается, а суммарное напряжение на цепочке $U_{вх} = U_0$ не меняется. Для этого воспользуемся уравнением (3), которое после замены $U_{вх} = U_0$ и последующего дифференцирования примет вид

$$0 = dq/dt + \tau(di/dt) \quad \text{или} \quad \tau(di/dt) + i = 0, \quad (9)$$

т. к. по определению $i = dq/dt$.

Уравнение (9) решается методом разделения переменных:

$$di/i = -dt/\tau.$$

После интегрирования

$$\ln i = -t/\tau + \ln A,$$

где A — постоянная интегрирования. Потенцируем полученное выражение

$$i = A \exp(-t/\tau)$$

и находим падение напряжения на резисторе

$$U_R = iR = RA \exp(-t/\tau). \quad (10)$$

Итак, после первоначального скачка напряжения на резисторе происходит экспоненциальный спад напряжения, т. е. график $U_R = f_1(t)$ в пределах одного импульса будет иметь вид, представленный на рис. 17. Чтобы решить поставленную задачу нахождения постоянной τ по графику $U_R = f_1(t)$, найдем значения напряжений U_1 и U_2 , взятые в два момента времени: t_1 и t_2 .

Согласно формуле (10)

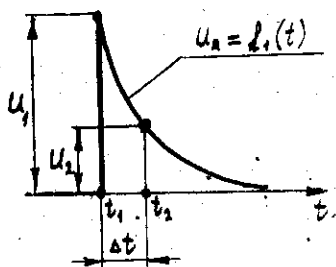


Рис. 17. График $U_R = f_1(t)$ в пределах одного импульса

$$U_1 = RA \exp(-t_1/\tau), \quad U_2 = RA \exp(-t_2/\tau).$$

Разделим первое выражение на второе и прологарифмируем

$$\ln(U_1/U_2) = (t_2 - t_1)/\tau,$$

откуда

$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln(U_1/U_2)} \quad \text{или} \quad \tau = \frac{\Delta t}{\ln(U_1/U_2)}, \quad (11)$$

где $\Delta t = t_2 - t_1$.

Значения U_1 и U_2 можно выбирать произвольно. Однако, если их выбрать такими, чтобы $U_1/U_2 = e$, то из формулы (11) следует, что в этом случае $\tau = \Delta t$. Полученный вывод позволяет определить постоянную времени τ как время, по истечении которого зарядный ток уменьшается в «e» раз (или напряжение на резисторе уменьшается в «e» раз).

2) Чтобы определить τ по графику $U_C = f_2(t)$ (интегрирующая цепь) нужно предварительно получить аналитическое выражение для этого графика в течение времени паузы между импульсами t_n , когда внешнее напряжение $U_{вх} = 0$ и конденсатор разряжается через резистор R .

Для этого воспользуемся уравнением (3), которое после замены $U_{вх} = 0$ и $i = dq/dt$ примет вид

$$\tau(dq/dt) + q = 0. \quad (12)$$

Уравнение (12) совпадает с уравнением (9) по внешнему виду, поэтому решение уравнения (12) будет выражаться формулой

$$q = A \exp(-t/\tau),$$

а напряжение на конденсаторе

$$U_C = q/C = (A/C) \exp(-t/\tau),$$

где A — постоянная интегрирования.

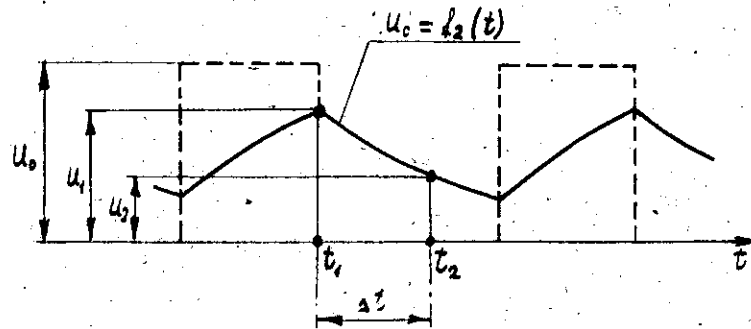


Рис. 18. График $U_C = f_2(t)$ в пределах паузы между импульсами

Итак, с момента начала паузы между импульсами напряжение на конденсаторе экспоненциально убывает, т. е. график $U_c = f_2(t)$ в пределах одной паузы будет иметь вид, представленный на рис. 18.

Нахождение постоянной времени τ в рассматриваемом случае производится так же, как и в предыдущем случае, т. е. по формуле, полученной для дифференцирующей цепи:

$$\tau = \frac{\Delta t}{\ln(U_1/U_2)}$$

где U_1 и U_2 — значения напряжений, определенных в моменты времени t_1 и t_2 , а $\Delta t = t_2 - t_1$.

Примечание. При расчете τ по графику $U_c = f_2(t)$ надо знать положение этого графика относительно оси времени t , чтобы правильно определить U_1 и U_2 . Поэтому в дальнейшем необходимо внимательно выполнять соответствующую операцию задания № 4.

В то же время при расчете τ по графику $U_R = f_1(t)$ «нулевая» линия (ось времени t) задается самим графиком, что значительно упрощает экспериментальную часть задания.

Порядок выполнения задания

(при использовании генератора импульсов, встроенного в лабораторный стол)

1. Установить щуп кабеля 03 в гнездо с надписью «Прямоугольный импульс». Получить осциллограмму импульсно-периодического сигнала так, чтобы на экране ЭЛТ наблюдались 1...2 импульса.

2. Переставить щуп кабеля 03 в гнездо с надписью «Дифференцирующая цепь». Получить осциллограмму продифференцированного сигнала.

3. Выбрать U_1 и U_2 и определить соответствующее значение $\Delta t = t_2 - t_1$ (см. рис. 17). При вычислении Δt необходимо использовать значение коэффициента развертки, на которое показывает указатель ручки переключения коэффициента развертки. U_1 и U_2 можно определять в делениях шкалы экрана ЭЛТ.

4. Рассчитать по полученным экспериментальным данным постоянную времени $\tau_{\text{экс}}$ с использованием формулы (11). Сравнить результаты эксперимента с величиной $\tau = RC$. Значения R и C исследуемой дифференцирующей цепочки приведены на панели лабораторного стола.

5. Снова установить щуп кабеля 03 в гнездо с надписью «Прямоугольный импульс». Получив осциллограмму импульсно-периодического процесса (1...2 импульса на экране ЭЛТ), определить положение «нулевой» линии (ось времени t) по вертикальной оси шкалы ЭЛТ. После этого любое перемещение осциллограммы в

вертикальном направлении приводит к искаженным результатам, поэтому при выполнении последующего пункта задания нельзя пользоваться ручкой перемещения луча по вертикали, а также ручкой регулировки коэффициента усиления по вертикали.

6. Переставить щуп кабеля 03 в гнездо с надписью «Интегрирующая цепь». Получить осциллограмму проинтегрированного сигнала.

7. Выбрать U_1 и U_2 и определить соответствующее значение $\Delta t = t_2 - t_1$ (см. рис. 18).

ВНИМАНИЕ. Значения U_1 и U_2 отсчитываются в делениях шкалы экрана ЭЛТ от положения «нулевой» линии, найденной при выполнении п. 5. Самой «нулевой» линии в данный момент времени, естественно, на экране не видно. Вот почему важно не допускать перемещения осциллограммы в вертикальном направлении в соответствии с указаниями в конце п. 5.

8. Рассчитать по полученным экспериментальным данным постоянную времени $\tau_{\text{экс}}$ с использованием формулы (11).

Сравнить результаты эксперимента с величиной $\tau = RC$. Значения R и C исследуемой интегрирующей цепочки приведены на панели лабораторного стола.

9. Полученные экспериментальные данные и результаты расчетов занести в табл. 4.

Таблица 4

Вид цепи	U_1 , дел.	U_2 , дел.	Δt , мкс	$\tau_{\text{экс}}$, мкс	$\tau = RC$, мкс	δ
Дифференцирующая						
Интегрирующая						

10. Оценить отклонение экспериментальных значений постоянной времени от расчетных:

$$\delta = \frac{\tau_{\text{экс}} - \tau}{\tau} \cdot 100 \%$$

Порядок выполнения задания (при использовании отдельного генератора сигналов)

1. Подключить блок ДИЦ проводниками 04 и 05 к генератору сигналов (см. рис. 13). Переставить щуп кабеля 03 в гнездо «К осцилл.» блока ДИЦ. Генератор сигналов должен быть включен на 3-й диапазон.

2. Тумблер 3 блока ДИЦ поставить в положение SA1.1 («дифференцирование»). Получить осциллограмму продифференцированного импульсно-периодического сигнала. Меняя значение рези-

стора R , можно изменять значение постоянной времени τ . Наблюдать осциллограммы при различных τ . Сравнить с рис. 16.

3. Установить на экране осциллограмму, соответствующую достаточно хорошему дифференцированию, при котором экспоненциальный спад графика $U_R = f_1(t)$ заканчивается в пределах, например, половины длительности импульса.

4. Выбрать U_1 и U_2 и определить соответствующее значение $\Delta t = t_2 - t_1$ (см. рис. 17). При вычислении Δt необходимо использовать значение коэффициента развертки, на которое показывает указатель переключения коэффициента развертки. U_1 и U_2 можно определять в делениях шкалы экрана ЭЛТ.

5. Рассчитать по полученным экспериментальным данным постоянную времени $\tau_{\text{экс}}$ с использованием формулы (11).

6. Отключить соединительные провода от блока ДИЦ и, не трогая ручек регулировки резистора R , измерить значения сопротивления резистора. Эту операцию можно выполнить с помощью моста постоянного тока (по указанию преподавателя). Если же при выполнении работы применяется осциллограф С1-112, то для нахождения значения R можно воспользоваться возможностью работы осциллографа С1-112 как измерителя сопротивления. Для этого необходимо подключить разъем кабеля 06 к соответствующим гнездам осциллографа, обозначенным знаками « $\kappa \Omega$ » и « \perp » (см. рис. 13), две вилки на другом конце кабеля подключить к выводам измеряемого резистора (для определения этих выводов см. схему на верхней панели блока ДИЦ). После нажатия кнопок « $V, \kappa \Omega$ » и « $\times 10$ » (см. рис. 13) на экране ЭЛТ появится значение сопротивления R в килоомах (кОм), индцированное в числовом виде. Точка между цифрами отделяет целую часть значения сопротивления от дробной части. Измеренное значение сопротивления обозначим $R_{\text{изм}}$.

7. Рассчитать значение постоянной времени τ по заданному значению C (приведено на верхней панели блока ДИЦ) и измеренному значению $R_{\text{изм}}$.

8. Для изучения работы интегрирующей цепочки и нахождения ее постоянной времени необходимо снова подключить блок ДИЦ к генератору сигналов с помощью проводников 04 и 05. Установить щуп кабеля 08 в гнездо «К осцилл.» блока ДИЦ.

9. Тумблер 3 блока ДИЦ поставить в положение SA1.2 («интегрирование»). Получить устойчивую осциллограмму проинтегрированного импульсно-периодического сигнала.

Меняя значение резистора R , можно изменять значение постоянной времени τ . Наблюдать осциллограммы при различных τ . Сравнить с рис. 16. Обратит внимание на то, что при малых значениях τ (ручки регулировки резистора R повернуты до упора против часовой стрелки) импульсно-периодический сигнал практически не

меняется. Это обстоятельство позволяет зафиксировать по вертикальной оси шкалы экрана ЭЛТ положение «нулевой» линии (оси времени t), как линии, ограничивающей импульсы снизу.

10. С помощью ручки регулировки резистора R блока ДИЦ установить на экране ЭЛТ произвольно выбранную устойчивую осциллограмму проинтегрированного сигнала.

Выбрать U_1 и U_2 и определить соответствующее значение $\Delta t = t_2 - t_1$ (см. рис. 18).

ВНИМАНИЕ. Значения U_1 и U_2 отсчитываются в делениях шкалы экрана ЭЛТ от положения «нулевой» линии, найденной при выполнении п. 9. Самой «нулевой» линии в данный момент времени, естественно, на экране не видно. Вот почему важно, чтобы при выполнении п. 10, т. е. в процессе получения осциллограммы проинтегрированного сигнала, не изменилось бы положение «нулевой» линии, а это возможно при неизменном положении ручки перемещения осциллограммы в вертикальном направлении и ручки регулировки коэффициента усиления.

11. Рассчитать по полученным экспериментальным данным постоянную времени $\tau_{\text{экс}}$ с использованием формулы (11).

12. Отключить соединительные провода от блока ДИЦ и, не трогая ручек регулировки резистора R , измерить значение сопротивления этого резистора $R_{\text{изм}}$. Измерение можно выполнить с помощью моста постоянного тока (по указанию преподавателя) или с помощью осциллографа С1-112 в режиме «мультиметр». В последнем случае необходимо проводить измерения согласно п. 6 к заданию № 4.

13. Рассчитать значение постоянной времени τ по заданному значению C (приведено на верхней панели блока ДИЦ) и измеренному значению $R_{\text{изм}}$.

14. Полученные экспериментальные данные и результаты расчетов занести в табл. 5.

Таблица 5

Вид цепи	U_1 , дел.	U_2 , дел.	Δt , мкс	$\tau_{\text{экс}}$, мкс	$R_{\text{изм}}$, кОм	$\tau = R_{\text{изм}} \cdot C_{\text{мкс}}$	δ
Дифференцирующая							
Интегрирующая							

15. Оценить отклонение экспериментальных значений постоянной времени τ от расчетных:

$$\delta = \frac{\tau_{\text{экс}} - \tau}{\tau} \cdot 100 \%$$

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Составители: Муркин Леонид Павлович,
Волкова Надежда Михайловна,
Максимов Валерий Владимирович

Редактор Т. К. Кретькина
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Г. А. Усачева

Сдано в набор 1.04.92 г. Подписано в печать 26.05.92 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 1,86. Усл. кр.-отг. 2,0. Уч.-изд. л. 1,92.
Тираж 2000 экз. Заказ 238. Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип. ЭОЗ Самарского авиационного института.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.