

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинова Светлана Павловна

Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

Дата подписания: 13.12.2024 09:24:35

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Запоярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Политехнический колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО
ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

междисциплинарного курса

**МДК 01.04 «ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, ПРИБОРЫ И КОНТРОЛЬ
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

для специальности:

13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования (по отраслям)

Методические указания для студентов по выполнению лабораторных работ МДК01.04 «Технические измерения, приборы и контроль при эксплуатации электрооборудования» разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям).

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского».

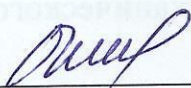
Разработчик: А.В. Петухова, преподаватель.

Рассмотрены на заседании цикловой комиссии: Автоматизация технологических процессов и ЭД

Утверждены методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского».

Протокол заседания методического совета № 4 от «31» 01 2024 г.

Зам. директора по УР


С.П. Блинова

Введение

Вся практическая деятельность человека тесно связана с измерениями. Не существует такой отрасли народного хозяйства и области точных наук, где бы не проводились измерения. С развитием техники появилась отрасль, связанная с производством и применением средств измерений, называемая измерительной техникой. Среди различных средств измерений особое место занимают средства измерений электрических величин.

Благодаря ряду достоинств средства электроизмерительной техники (ЭИТ) получили широкое распространение. К их основным преимуществам относятся:

- универсальность, которая состоит в возможности их применения для измерения не только электрических величин, но и неэлектрических, предварительно преобразованных в электрические с помощью различного типа измерительных преобразователей;

- дистанционность, заключающаяся в возможности проводить измерения даже тогда, когда объект измерения значительно удален от места размещения средств измерений; информация от объекта при этом передается с помощью электрических сигналов по проводам или в виде электромагнитных излучений;

- простота автоматизации измерительных процессов;

- возможность измерения быстро изменяющихся величин;

- возможность обеспечения высокой чувствительности и необходимой точности средств ЭИТ и др.

Развитие электрических средств измерения будет продолжаться по пути улучшения характеристик и расширения их функциональных возможностей; создания измерительно-вычислительных средств на основе микропроцессоров и ЭВМ; автоматизации поверочного дела; развития общей теории измерений и т.д.

Настоящие методические указания включают описание десяти лабораторных работ.

При сдаче отчета преподаватель опрашивает студентов в объеме материала законченной работы, после чего работа засчитывается. Учащиеся, выполнившие все, предусмотренные графиком лабораторные работы и сдавшие своевременно отчеты по ним, получают зачет по предмету.

Лабораторная работа 1

Измерение тока и напряжения многопредельным прибором

Цель работы: выбор диапазона измерения; приобретение практических навыков при пользовании многопредельными комбинированными приборами; измерение постоянного тока и напряжения и оформление результата измерения.

Приборы и оборудование: источник питания постоянного тока БП5-45А; прибор многопредельный вольтамперметр М2018; магазин сопротивлений МСР-63.

Основные теоретические сведения

Многопредельные вольтамперметры (милливольт-миллиамперметры) являются приборами магнитоэлектрической системы, как правило, высокого класса точности (0,5; 0,2; 0,1).

Для расширения пределов измерения по току служат встроенные шунты, а для расширения пределов по напряжению – добавочные резисторы. Устанавливая переключатель пределов измерения и переключатель кратности в различные положения, выбирают необходимые пределы измерения прибора. Шкалы таких приборов выполняются в делениях, а цена деления для каждого предела измерения определяется выражением:

$$C = \frac{X_K}{\alpha}, \quad (1.1)$$

где X_K – предел измерения в единицах измеряемой величины;
 α - количество делений шкалы.

Измеряемая величина определяется путем умножения количества делений, на которое отклонилась стрелка прибора, на цену деления.

С целью уменьшения погрешности измерений предел измерения прибора выбирается так, чтобы измеряемое значение находилось во второй части шкалы. Убедимся в этом, используя формулы погрешностей.

Относительная погрешность измерения

$$\delta = \frac{\Delta}{X_{ИЗМ}} \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;
 $X_{ИЗМ}$ – измеренное значение.

Приведенная погрешность прибора:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

где X_N – нормированное значение. Чаще всего $X_N = X_K - X_H$, где X_K , X_H – конечное и начальное значение на шкале прибора.

Из формулы (1.3):

$$\Delta = \frac{\gamma \cdot X_N}{100 \%}. \quad (1.4)$$

Для простоты условимся, что абсолютная погрешность измерения в формуле (1.2) определяется только погрешностью прибора, вычисленной в выражении (1.4), и не будем учитывать другие факторы, влияющие на точность измерения. Подставив формулу (1.4) в выражение (1.2), получим относительную погрешность измерения:

$$\delta = \frac{\gamma \cdot X_N \cdot 100 \%}{100 \% \cdot X_{\text{изм}}} = \frac{\gamma \cdot X_N}{X_{\text{изм}}}. \quad (1.5)$$

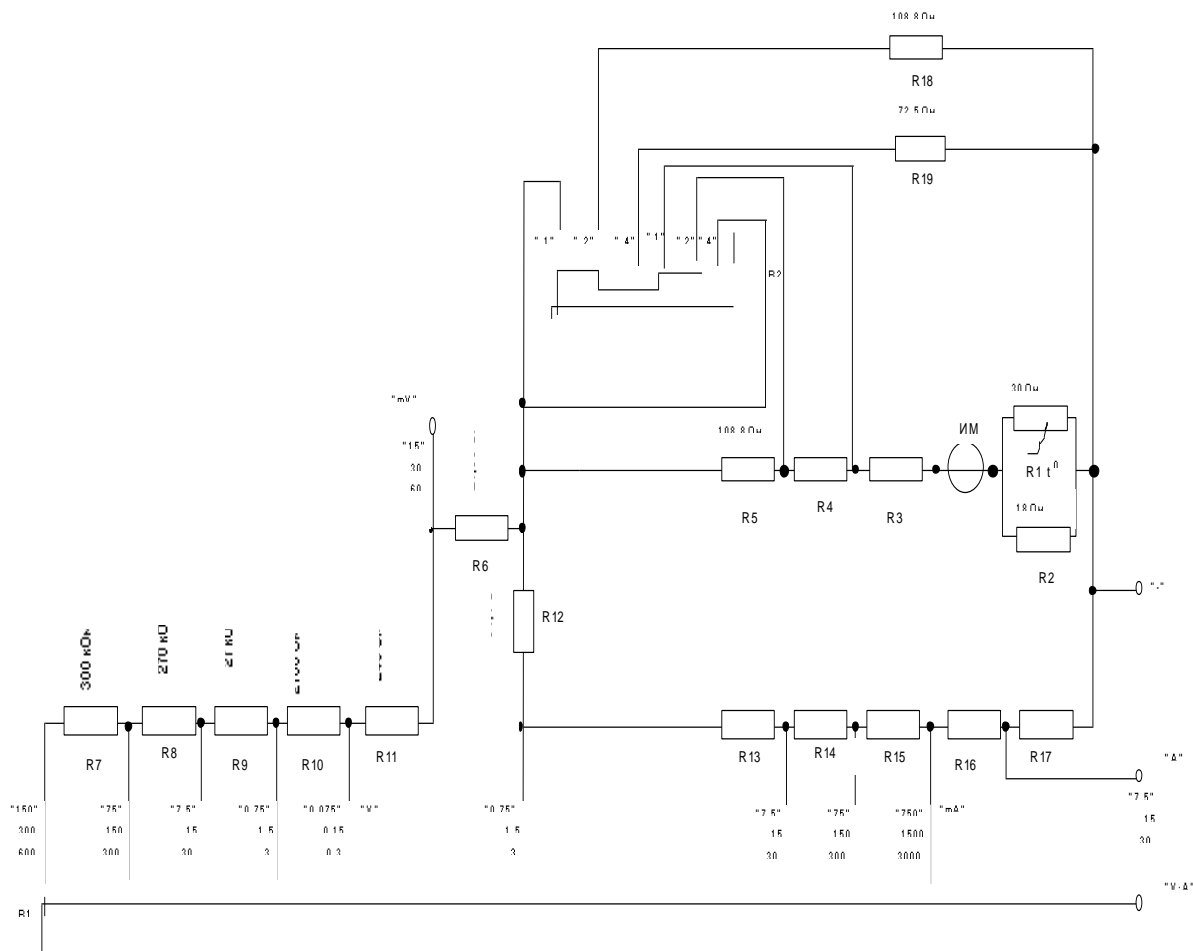
Из формулы (1.5) следует, что чем больше измеряемая величина X по сравнению с нормированным значением X_N , тем меньше погрешность измерения этой величины.

Перед включением измерительного прибора в цепь, необходимо изучить схему электрическую принципиальную прибора и порядок включения прибора, пользуясь техническим описанием на прибор.

Схема электрическая принципиальная вольтамперметра М2018 приведена на рисунке 1.1.

Разберем схему включения прибора для измерения тока с пределом измерения 75 мА :

- 1 Включаем прибор последовательно с нагрузкой с соблюдением полярности: “+” источника подключаем на зажим “V; А”, а “-” источника на зажим прибора “-”.
- 2 Устанавливаем переключатель предела измерения V_1 на предел 75 мА , переключатель кратности V_2 – в положение I .



B1 – переключатель пределов измерения; B2 – переключатель кратности; ИМ – измерительный механизм

Рисунок 1.1 - Схема электрическая принципиальная вольтамперметра М2018

- 3 Цепь тока через прибор (рис. 1.1): “+” от зажима “V; A” прибора, B₁ с пределом 75 мА, R₁₄, R₁₃, R₁₂, B₂ (1-1), R₃, ИМ, (R₁ || R₂), зажим прибора “-”. Сопротивления R₁₄, R₁₃, R₁₂, R₃ включены последовательно с измерительным механизмом и служат для ограничения тока через измерительный механизм.
- 4 При увеличении предела измерения в 2 раза необходимо переключатель B₂ поставить в положение “2”, т.е. предел измерения будет равен 75 мА × 2 = 150 мА. При этом в измерительную цепь будет включен шунт R₁₈.
- 5 При одном положении переключателя пределов B₁, изменяя положение переключателя кратности B₂: x₁, x₂, x₄ - увеличиваем пределы измерения соответственно в 1, 2, 4 раза.
- 6 Источники питания постоянного тока являются стабилизированными регулируемыми источниками, которые могут работать в двух режимах:
 - режиме стабилизированного напряжения;
 - режиме стабилизированного тока.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомьтесь с приборами и оборудованием, используемыми в работе, по соответствующим Техническим описаниям. Внесите в таблицу 1.1. основные метрологические характеристики средств измерений (диапазон измерений, предел основной допускаемой погрешности, класс точности). Диапазоны измерений укажите только те, на которых будете проводить измерения.

Таблица 1.1 - Основные технические характеристики средств измерений

Наименование	Характеристики	Тип или система	Заводской номер	Дополнительные данные
1 Вольтамперметр	1 Диапазон измерений (шкала) 2 Предел основной допускаемой погрешности			
2 Магазин сопротивлений	1 Диапазон измерений (шкала) 2 Предел основной допускаемой погрешности			

- 2 Соберите измерительную цепь согласно рисунка 1.2, используя в качестве нагрузки магазин сопротивлений, а в качестве источника питания – стабилизированный блок питания (БП5–45А) в режиме стабилизации напряжения с параметрами $U_{ист} = 5 В$, $I_{ист} = 0,25 А$.
- 3 Выберите диапазон измерения прибора.

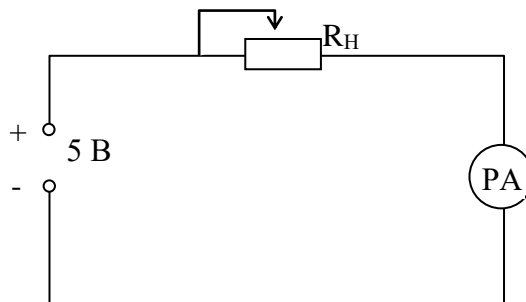


Рисунок 1.2 - Схема измерения тока

- 4 После проверки схемы преподавателем измерьте ток в цепи при двух значениях сопротивления нагрузки, выбрав предварительно на приборе необходимый предел измерений. Данные занесите в таблицу 1.2, вычислив абсолютную погрешность измерения по формуле (1.4).
- 5 Соберите измерительную цепь согласно рисунка 1.3, используя блок питания в режиме стабилизации тока с параметрами источника $I_{ист} = 0,05 А$, $U_{ист} = 9 В$.

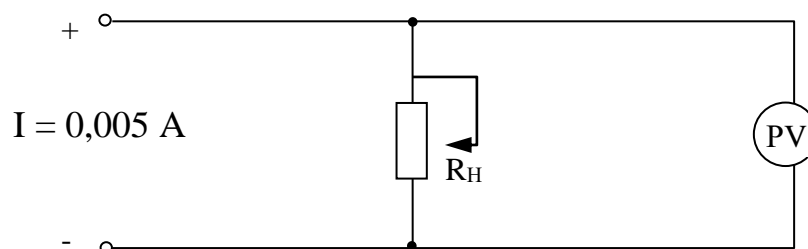


Рисунок 1.3 - Схема измерения напряжения

- 6 После проверки схем преподавателем измерьте напряжение на нагрузке при двух значениях сопротивления нагрузки, выбрав предварительно на приборе необходимый предел измерения X_K . Данные измерений занесите в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 - Результаты измерений

$R_H, \text{ Ом}$	$X_K, \text{ mA (В)}$	$X, \text{ дел.}$	$X, \text{ mA (В)}$	$X_D = X \pm \Delta, \text{ mA (В)}$
Измерение тока				
100				
2250				
Измерение напряжения				
48				
122,4				

Примечания: X_K – предел измерения, выбранный на приборе; $X_{\text{изм}}$ – измеренное значение; X_D – действительное значение.

- 7 Оформите отчет.

Вопросы для самопроверки

- 1 Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы.
- 2 Назначение шунтов и добавочных резисторов.
- 3 Метод устранения температурной погрешности в приборах магнитоэлектрической системы.
- 4 Измерительная цепь прибора для выбранного предела измерения (по рис. 1.2).
- 5 Условные обозначения на шкалах прибора.
- 6 Как определить абсолютную погрешность измерительного прибора?
- 7 Как выбрать предел измерения прибора?

Литература: [1, с. 72-77]; [2, с. 73-80]; [3, с. 76-78].

Лабораторная работа 2

Изучение работы электронного вольтметра и измерение электрических величин

Цель работы: изучить принцип действия аналогового электронного вольтметра; научиться измерять электрические величины электронным вольтметром; оценивать результаты измерений с учётом погрешности прибора.

Приборы и оборудование: вольтметр универсальный В7-26; элементы для измерения напряжения и сопротивления; соединительные провода; техническое описание на прибор.

Основные теоретические сведения

Электронный вольтметр в общем случае состоит из усилителя, делителя напряжения, преобразователя-детектора (выпрямителя), магнитоэлектрического измерительного механизма и источника питания.

Усилитель позволяет повысить чувствительность вольтметра и измерять весьма малые напряжения, а делитель расширить пределы и измерять весьма большие напряжения (до тысяч вольт и выше). Детектор служит для преобразования переменного напряжения в постоянное, вызывающее отклонение указателя магнитоэлектрического измерительного механизма. В зависимости от вида детектора показание вольтметра может быть пропорционально среднему, амплитудному, среднеквадратическому (действующему) значению измеряемого напряжения.

В зависимости от расположения усилителя и детектора различают две структурные схемы электронных вольтметров переменного тока: детектор-усилитель и усилитель-детектор.

Вольтметр В7-26 собран по схеме «детектор-усилитель». Достоинства таких вольтметров:

- измерение переменных напряжений в очень широком диапазоне частот (от десятков герц до сотен мегагерц);
- высокое и неизменное на всех пределах входное сопротивление (порядка десятков мегаом) в режиме измерения постоянного напряжения за счёт высокого входного сопротивления УПТ.

Недостатком является сравнительно низкая чувствительность (порядка 0,1-0,4 В), т.к. меньшие напряжения эффективно диодом детектора не выпрямляются.

Структурная схема вольтметра В7-26 приведена на рисунке 2.1.

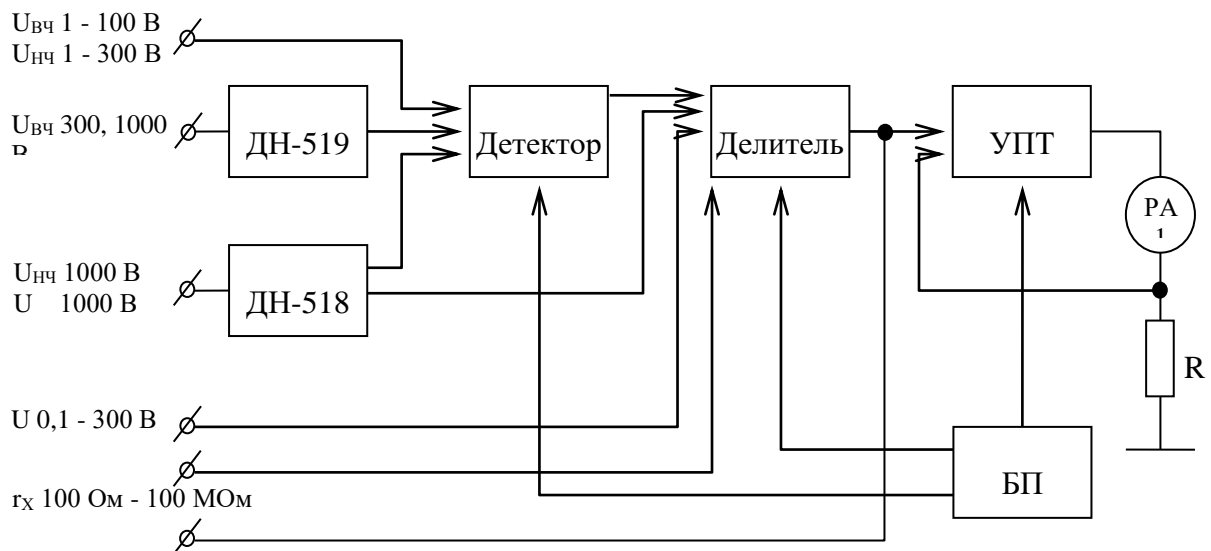


Рисунок 2.1 - Схема электрическая структурная В7-26

Измеряемое постоянное напряжение поступает непосредственно или через делитель ДН-518 на высокоомный делитель, а затем - на вход УПТ.

Измеряемое переменное напряжение поступает непосредственно или через делитель напряжения ДН-519 или ДН-518 на детектор и далее через высокоомный делитель на УПТ.

Делители напряжения предназначены для понижения измеряемого напряжения до значения $1 В$.

Делитель ДН-518 собран на резисторах с коэффициентом деления 1000 и используется на диапазоне $1000 В$. Конструктивно выполнен в виде щупа, вставляемого в гнезда "U" и "⊥". Измерение напряжения проводится путём непосредственного касания контактом делителя.

Высокогасительный делитель ДН-519 собран на конденсаторах с коэффициентом деления 100 и используется на диапазонах 300 и $1000 В$ в области частот от $3 кГц$ до $300 МГц$. Делитель имеет цилиндрическую форму и надевается на пробник.

Амплитудный детектор осуществляет преобразование измеряемого синусоидального напряжения в постоянное напряжение величиной, равной амплитуде измеряемого напряжения. Собран по схеме с закрытым входом на ламповом диоде 6Д24Н.

Для уменьшения индуктивности и ёмкости входной цепи прибора, а следовательно, для расширения его частотного диапазона детектор конструктивно выполнен в виде отдельного выносного узла, называемого пробником. Пробник вставляется в специальные гнезда на лицевой панели прибора. Измеряемое напряжение подаётся на гнезда "U" и "⊥" и далее поступает на пробник откуда уже по соединительному кабелю на вход расположенного в основной части прибора высокоомного делителя.

Высокоомный делитель собран на резисторах, имеет общее сопротивление $30 МОм$ и коэффициенты деления $1; 3,16; 10; 31,6; 100; 316$, образует восемь поддиапазонов измерений. Делитель является частью нагрузки

детектора и его сопротивления подобраны так, что напряжения на них составляют 0,707 от выпрямленного детектором напряжения. Это позволяет градуировать шкалу в действующих значениях переменного напряжения синусоидальной формы.

На всех поддиапазонах, кроме 0,1 и 0,3 В, уровень сигнала на входе УПТ при полном отклонении указателя измерительного механизма составляет 1 В.

УПТ собран на микросхемах и охвачен отрицательной обратной связью по току.

На выходе УПТ в цепь обратной связи включен измерительный механизм магнитоэлектрической системы.

Блок питания (БП) состоит из трансформатора, выпрямителей и стабилизатора и служит для питания УПТ и накальной цепи диода в детекторе, а также является источником измерительного напряжения для омметра и используется для компенсации падения напряжения на входном делителе, создаваемого начальным током диода.

Порядок выполнения работы

- 1 По техническому описанию на прибор ознакомьтесь с назначением, основными техническими характеристиками и принципом действия прибора.
- 2 Занесите в таблицу 2.1. основные технические характеристики прибора и другого оборудования, используемого в работе.

Таблица 2.1 - Основные технические данные приборов и оборудования

Наименование и тип	Заводской номер	Вид измерения	Диапазон измерения	Диапазон частот	Предел основной допускаемой погрешности γ , %

- 3 Ознакомьтесь с передней панелью и органами управления вольтметра, пользуясь техническим описанием на прибор.
- 4 Начертите структурную схему вольтметра.
- 5 Подготовьте прибор к проведению измерений.
- 6 Перед включением прибора в сеть необходимо:
 - проверить наличие предохранителя;
 - заземлить корпус прибора;
 - проверить механический нуль показывающего прибора и при необходимости установить его корректором нуля.
- 7 Включите прибор в сеть с помощью вилки. Включите стенд (загорается лампочка) и прибор тумблером "Сеть". Прогрейте прибор в течение 15 минут.

- 8 Установите нуль на шкале " $\cong V$ ":
- замкните накоротко гнезда "U" и " \perp ";
 - поставьте переключатель поддиапазонов в положение "0,1 U";
 - поставьте переключатель рода работ в положение "- U " или " + U ";
 - установите указатель прибора на нулевую отметку шкалы " $\cong V$ " ручкой установки нуля "U Ω ";
 - разомкните гнезда "U" и " \perp ".
- 9 Установите нуль и " ∞ " на шкале " Ω ":
- переведите переключатель рода работ в положение " r_x ";
 - проверьте нулевое положение указателя при замкнутых накоротко гнездах "+1V" и " \perp ", при отклонении от нуля установите нуль ручкой "U Ω ";
 - разомкните гнезда "+1V" и " \perp " и установите указатель в положение " ∞ " на шкале " Ω " ручкой "Уст. $\infty \Omega$ ".
- 10 Установите нуль на шкале "-1V":
- замкните накоротко гнезда "U" и " \perp ", пробник должен находиться в гнезде x1;
 - установите переключатель поддиапазонов в положение "1";
 - установите переключатель рода работ в положение " $\sim U$ ";
 - установите указатель на нулевую отметку шкалы "-1V" ручкой установки нуля "1VU".
- 11 Проведите измерение постоянного напряжения источников, предложенных преподавателем, выбрав нужный поддиапазон измерений и соответствующий режим измерений. Результаты измерений занесите в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Результаты измерений

Предел измерения X_K	Измеренная величина		Абсолютная погрешность Δ , ед.изм.	Результат $X_D = X \pm \Delta$, ед.изм.
	X , число делений	X , ед.изм.		

- 12 Проведите измерение переменного напряжения аналогично п.6.
- 13 При измерении низкочастотного напряжения пробник (без колпачка) должен находиться в гнезде.
- 14 При измерении высокочастотного напряжения пробником необходимо установить на пробник колпачок.
- 15 Проведите измерение указанного преподавателем сопротивления постоянному току аналогично п. 6.
- 16 Оформите отчёт.

Вопросы для самопроверки

- 1 Расшифруйте обозначение типа вольтметра.
- 2 Почему вольтметр является универсальным?
- 3 Какие структурные схемы используются для создания вольтметров переменного напряжения, их достоинства и недостатки?
- 4 Какие детекторы используются в электронных вольтметрах?
- 5 Опишите работу вольтметра по структурной схеме.
- 6 Какой тип детектора используется в вольтметре, его схема и работа?
- 7 Какой прибор используется в качестве выходного? В каких значениях переменного напряжения отградуирована его шкала и как это достигается?
- 8 Как конструктивно выполнен детектор, делители ДН-519, ДН-518?

Литература: [1, с. 141-149]; [2, с. 81-90]; [3, с. 94-102].

Лабораторная работа 3

Измерение мощности

Цель работы: научиться измерять мощность.

Приборы и оборудование: вольтметр; амперметр; ваттметр; магазин сопротивлений; технические описания на приборы.

Основные теоретические сведения

Диапазон частот, в котором приходится измерять мощность, чрезвычайно широк. При оценке экономичности радиоаппаратуры обычно интересуются потреблением энергии от сети переменного тока (50 Гц) или от источников постоянного тока. Верхняя граница частотного диапазона определяется частотой излучения лазера.

Методы и приборы, используемые для измерения мощности, зависят от частотного диапазона и величины мощности. В случае переменных токов наибольший интерес обычно представляет средняя (активная) мощность:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt = \frac{1}{T} \int_0^T p dt, \quad (3.1)$$

где u и i – мгновенные значения напряжения и тока;

t – время;

T – период колебаний.

Произведение $p=ui$ называется мгновенной мощностью. При синусоидальных колебаниях формула (3.1) принимает вид:

$$P = I^2 R = UI \cos \varphi, \quad (3.2)$$

где U и I – среднеквадратические (действующие, эффективные) значения напряжения и тока;

φ – фазовый сдвиг между U и I .

При колебаниях произвольной формы оценить мощность можно с помощью ряда Фурье. В этом случае

$$P = U_0 I_0 + U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + \dots + U_n I_n \cos \varphi_n, \quad (3.3)$$

где U_0 и I_0 – постоянные составляющие напряжения и тока;

U_n и I_n – среднеквадратические значения напряжения и тока n -ой гармоники;

φ_n – фазовый сдвиг между U_n и I_n .

При этом имеется в виду, что исследуемый объект имеет комплексное сопротивление, и разность фаз между U_n и I_n для каждой гармоники имеет свое значение. Если исследуемый объект имеет чисто активное сопротивление R , то формула (5.3) принимает вид:

$$P = I^2 R = UI, \quad (3.4)$$

где U и I – среднеквадратические значения напряжения и тока.

При измерении мощности импульсно-модулированных колебаний (рис.3.1) принято оценивать импульсную и среднюю мощность. В случае модуляции несущей прямоугольными импульсами импульсная мощность равна:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^{\tau} u i dt = U_m I_m / 2, \quad (3.5)$$

где τ - длительность радиоимпульса.

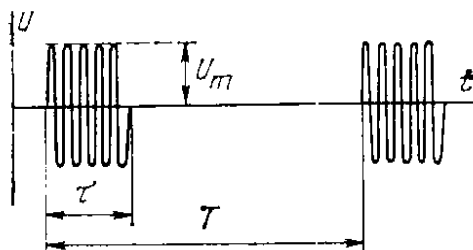


Рисунок 3.1 - Импульсно-модулированные колебания

Среднее значение мощности за период повторения импульсов T связано с импульсной мощностью соотношением

$$P = \frac{1}{T} \int_0^{\tau} u i dt = \frac{U_m I_m}{2} \frac{\tau}{T} = P_u \frac{\tau}{T}. \quad (3.6)$$

Импульсная мощность P_u всегда больше средней мощности, кроме случая $\tau = T$, что соответствует работе в непрерывном режиме без модуляции.

В радиотехнике широко используются следующие кратные и дольные единицы ватта: киловатт, мегаватт, микроватт, милливатт.

Кроме абсолютных единиц мощности, применяются также относительные единицы. Например, в технике связи принято значение любой измеряемой мощности P_x выражать в виде уровня мощности

$$P_x = 10 \lg \left(\frac{P_x}{P_0} \right), \quad (3.7)$$

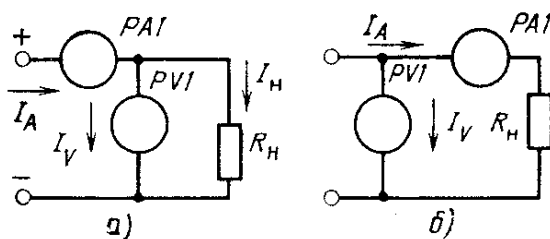
где P_0 – эталонная мощность.

Если $P_0 = 1$ мВт, то P_x называют абсолютным уровнем мощности, обозначаемым дБ. Таким образом, измеряемому уровню мощности $P_x = 1$ мВт

соответствует уровень мощности 0 дБ; если $P_x > 1$ мВт, уровень мощности выражается положительным числом, $P_x < 1$ мВт – отрицательным.

Относительные единицы мощности удобны, поскольку усиление и ослабление, вносимые радиотехническими устройствами, также оцениваются в децибелах. Например, если устройство вносит ослабление 30 дБ, то сигнал, поданный на его вход с уровнем мощности 25 дБ, будет иметь на выходе уровень – 5 дБ.

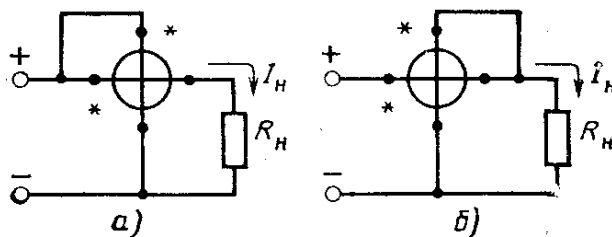
Мощность, выделяемую на нагрузке, можно измерить косвенным методом. Так как $P = UI$, то измеряют напряжение на нагрузке U и ток I , протекающий через нагрузку, и результаты прямых измерений перемножают. На рисунке 3.2 показаны две возможные схемы включения вольтметра PV1 и амперметра PA1. В схеме на рисунке 3.2, а ток, измеряемый амперметром I_A , отличается от тока, протекающего через нагрузку, на величину тока, протекающего через вольтметр I_V . Если $R_H \ll R_V$, то погрешность метода измерения будет небольшой. Если указанное условие не выполняется и сопротивление нагрузки соизмеримо с сопротивлением вольтметра, целесообразно применять схему, изображенную на рисунке 3.2, б. В этой схеме включения ток I_V не влияет на погрешность измерения, так как амперметр включен последовательно с нагрузкой и ток I_V через него не проходит. Что касается напряжения, то оно измеряется с систематической погрешностью, поскольку показания вольтметра определяются не только падением напряжения на сопротивление нагрузки, но и падением напряжения на амперметре. Для высокоомной нагрузки справедливо соотношение $R_H \gg R_A$ и, следовательно, погрешность будет незначительной.



а) $R_H \ll R_V$; б) $R_H \gg R_A$

Рисунок 3.2 - Схема измерения мощности методом амперметра-вольтметра

Более просто мощность в цепях постоянного тока измеряется с помощью электродинамического ваттметра. Схема включения ваттметра в цепь показана на рисунке 3.3.



а) при большом сопротивлении нагрузки;
б) при малом сопротивлении нагрузки

Рисунок 3.3 - Схема включения электродинамического ваттметра

Электродинамический стрелочный механизм имеет две обмотки. Показание ваттметра (положительное или отрицательное) зависит от направления тока в обмотках катушек. Чтобы отличить «начала» обмоток катушек от их «концов», в ваттметрах «начала» обмоток обозначают знаком «*» (звездочка) или «±» (плюс, минус). Выводы, обозначенные этим знаком, называются генераторными выводами или генераторными зажимами. Такое название обусловлено тем, что чаще всего они оказываются включенными в провода, идущие от источника тока (к генератору), а не к нагрузке. Как видно из рисунка 3.3, ваттметр имеет две цепи: одна из них включена последовательно с нагрузкой (обычно это неподвижные катушки), а другая - параллельно нагрузке. Через первую цепь протекает ток нагрузки I_n , ко второй приложено напряжение источника. В соответствии с этим первая цепь называется последовательной цепью ваттметра, а вторая - параллельной. Иногда для определения этих цепей применяют термины «цепь тока» и «цепь напряжения». Генераторный зажим обмотки напряжения для уменьшения методической погрешности можно подключить, как показано на рисунке 3.3. Так же как при измерении мощности методом вольтметра-амперметра, методическая погрешность возникает из-за шунтирующего действия нагрузки сопротивлением обмотки напряжения и падением напряжения на токовой обмотке. Сравнивая обе схемы на рисунке 3.3, нетрудно заметить, что схему соединения на рисунке 3.3, а целесообразно применять при сравнительно большом сопротивлении нагрузки, а схему на рисунке 3.3, б - при относительно малом сопротивлении нагрузки. Значение сопротивления токовой цепи указывается на циферблате прибора.

Схемы, изображенные на рисунке 3.3, могут применяться также для измерения мощности на переменном токе. Показания ваттметра определяются соотношением $P = UI \cos \varphi$. При этом фазовый сдвиг φ между током, протекающим через нагрузку и напряжением определяется характером нагрузки, которая может иметь активную и реактивную составляющие. Обычно ваттметры электромеханического типа используются для измерения мощности в цепях переменного тока частотой 50 Гц. С увеличением частоты проявляется индуктивный характер катушек, и точность показаний ваттметра уменьшается, однако рабочая область частот ваттметров электродинамической системы может достигать несколько килогерц. Так, например, ваттметр Д568 может применяться в диапазоне частот до 5 кГц. Ферродинамические ваттметры, содержащие магнитные сердечники, обладают более высокой чувствительностью, однако частотные свойства ферродинамических ваттметров хуже, чем у электродинамических из-за потерь в сердечниках.

Порядок выполнения работы

- 1 По техническому описанию на прибор ознакомьтесь с назначением, основными техническими характеристиками и принципом действия ваттметра.
- 2 Найдите цену деления шкалы каждого из приборов и определите способ включения приборов в цепь. Цена деления шкалы ваттметра определяется по формуле

$$C = \frac{U_H I_H}{n}, \quad (3.7)$$

где n - целое число делений всей шкалы;

U_H и I_H – номинальное напряжение и ток ваттметра.

- 3 Занесите в таблицу 3.1 основные технические характеристики прибора и другого оборудования, используемого в работе.

Таблица 3.1 - Основные технические характеристики средств измерений

Тип прибора	Диапазон измерений, ед. изм.	Цена деления	Класс точности	Предел основной допустимой погрешности, %	Примечания

- 4 Проверьте возможность применения имеющейся аппаратуры для решения поставленной задачи. В качестве нагрузки используйте магазин сопротивлений.
- 5 Включите ваттметр по схеме рисунка 3.3, а или 3.3, б, в зависимости от величины сопротивления. После проверки схемы преподавателем проведите измерение не менее чем в пяти точках диапазона, включая нулевое и конечное значения. Результаты занесите в таблицу 3.2 в столбец 1.

Таблица 3.2 - Результаты измерений и вычислений

Показания поверяемого ваттметра	I , А	U , В	P , Вт	Абсолютная погрешность ΔP , Вт	Поправка Δ , Вт
1	2	3	4	5	6

- 6 Соедините приборы по схеме, приведенной на рисунке 3.2, а или 3.2, б, в зависимости от величины сопротивления. Если амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы, то для питания схемы должен быть применен постоянный ток. При наличии электромагнитных приборов схему можно питать от переменного тока.
- 7 После проверки схемы преподавателем проведите измерение не менее чем в пяти точках диапазона, меняя сопротивление магазина сопротивлений. Результаты занесите в таблицу 3.2, в столбец 2 и 3.

- 8 Вычислите мощность по формуле (3.4). Занесите вычисления в таблицу 3.2, столбец 4.
- 9 Вычислите абсолютную погрешность и поправку к измерениям, результаты занесите в таблицу 3.2, столбцы 5 и 6.
- 10 По результатам измерений и произведенных вычислений постройте график поправок. При этом по вертикали отложите величину поправки с учетом её знака, а по горизонтали – величину мощностей, соответствующих цифровым отметкам шкалы ваттметра.
- 11 Оформите отчет.

Вопросы для самопроверки

- 1 В чем заключается прямой и косвенный метод измерения мощности?
- 2 Сколько зажимов расположено на верхней крышке ваттметра и каково их назначение?
- 3 Как включается ваттметр в цепь для измерения мощности?
- 4 Как обозначены генераторные зажимы ваттметра?
- 5 Как определить цену деления ваттметра?
- 6 Какая измерительная система используется в ваттметрах?
- 7 Поясните принцип действия электродинамического ваттметра.
- 8 Чем электродинамический измерительный механизм отличается от ферродинамического?

Литература: [1, с. 208-218]; [2, с. 99-104].

Лабораторная работа 4

Изучение работы цифрового мультиметра

Цель: приобретение практических навыков работы с прибором; измерение напряжения и параметров электрической цепи; оценка точности измерений.

Приборы и оборудование: цифровой мультиметр GDM-345-A; элементы для измерения; техническое описание на прибор.

Основные теоретические сведения

Цифровые мультиметры (ЦМ) — это многофункциональные измерительные приборы, специально предназначенные в основном для статических измерений нескольких электрических (например, переменных и постоянных напряжений и токов, сопротивления, частоты) и неэлектрических (например, температуры) величин.

Автономный миниатюрный ЦМ в настоящее время, пожалуй, самый распространенный инструмент, широко применяемый в различных

измерительных экспериментах в электрических цепях и установках низкого (до 1000 В) напряжения.

Структура ЦМ подобна структуре любого ЦИП. Отличие лишь в наличии на входе прибора нескольких специальных преобразователей конкретных входных физических величин. На рисунке 4.1. показана упрощенная структура ЦМ с минимальным набором измеряемых величин: постоянных (DC — Direct Current) и переменных (AC — Alternating Current) напряжений и токов, а также сопротивления R . Входные измеряемые величины в любом случае сначала преобразуются в пропорциональное напряжение постоянного тока, которое поступает на вход АЦП, где и преобразуется в код.

Цифровой мультиметр содержит узлы: АЦП (как правило, интегрирующего типа), микроконтроллер (МК), клавиатуру и индикатор. Во входных цепях стоят следующие аналоговые преобразователи:

- U_{\sim}/U_{\sim} — переменного напряжения в переменное (усилитель, трансформатор, частотонезависимый делитель);
- U_{\sim}/U_{-} — переменного напряжения в постоянное (выпрямитель);
- R/U_{-} — сопротивления в постоянное напряжение.

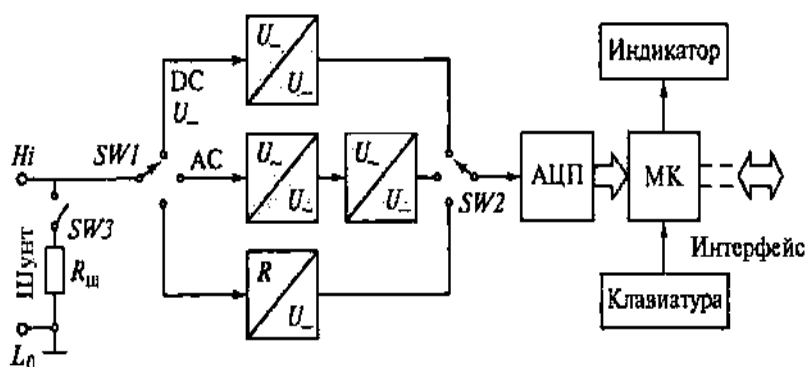


Рисунок 4.1 - Упрощенная структура цифрового мультиметра

Конкретный режим измерения определяется положениями переключателей: $SW1$, $SW2$ и $SW3$. При измерении напряжений переключатель $SW3$ разомкнут, а переключатели $SW1$ и $SW2$ устанавливаются в верхнее (при постоянном входном напряжении) или в среднее (при переменном входном напряжении) положение. Для измерения сопротивления включается преобразователь сопротивления в постоянное напряжение R/U_{-} (переключатели $SW1$ и $SW2$ установлены в нижнем положении, а переключатель $SW3$ разомкнут).

В режиме измерения тока используется внутренний шунт (точный резистор малого сопротивления $R_{ш}$). При этом переключатель $SW3$ замкнут и измеряемый ток, протекая по резистору $R_{ш}$ создает пропорциональное току падение напряжения. Если входной ток постоянный, то переключатели $SW1$ и $SW2$ устанавливаются в верхнее положение. Если же входной ток

переменный, то переключатели *SW1* и *SW2* устанавливаются в среднее положение.

Структура ЦМ может содержать узел интерфейсной связи с внешними устройствами.

Как и многие другие ЦИП, современные ЦМ можно разделить на две группы (количественно и качественно сильно различающиеся):

- автономные — сравнительно простые, дешевые, малогабаритные и массовые приборы для экспресс-измерений;
- системные — сложные, прецизионные, или быстродействующие, дорогостоящие приборы, предназначенные для работы в составе различных измерительно-вычислительных систем и (или) систем управления.

В настоящее время в практике технических измерений наиболее распространены ЦМ первой группы — компактные и миниатюрные мультиметры, которые очень хорошо отвечают требованиям, предъявляемым к переносным приборам для экспресс-измерений. Они имеют малые габаритные размеры и массу; обеспечивают возможность измерения нескольких различных величин в широких диапазонах их изменений; имеют вполне удовлетворительные точность и чувствительность. У этих приборов хорошие эксплуатационные характеристики, автономное питание, они надежны, удобны и просты в обращении. Большинство современных ЦМ обеспечивает автоматический выбор полярности и диапазона измерения.

Типичный набор измеряемых мультиметрами широкого применения величин включает постоянные и переменные напряжения, постоянные и переменные токи, сопротивление постоянному току. Диапазоны основных измеряемых величин таковы:

- напряжения (постоянного и переменного тока) - от долей милливольт до киловольт;
- токи (без внешних шунтов или трансформаторов токов) - от десятков миллиампер до десяти ампер;
- сопротивления - от долей ома до десятков мегаом.

Некоторые модели имеют дополнительные возможности, например, измерение температуры с помощью стандартных термопар; измерение электрической емкости; измерение частоты и скважности периодического сигнала; режим проверки полупроводниковых приборов; режим «прозвонки» цепей и др.

Классы точности разных моделей ЦМ (как и других ЦИП) в общем случае могут быть заданы по-разному. Как правило, используются предельные значения основных абсолютных и относительных погрешностей. Классы точности обычных ЦМ лежат в диапазоне от 0,1 до 5,0% (в зависимости от возможностей, измеряемых параметров, диапазонов, стоимости прибора).

Порядок выполнения работы

- 1 По техническому описанию (ТО) на прибор ознакомьтесь с назначением, основными техническими характеристиками и принципом действия прибора.
- 2 Занесите в таблицу 4.1. основные технические характеристики прибора и другого оборудования, используемого в работе.

Таблица 4.1 - Основные технические данные прибора

Наименование и тип	Заводской номер	Вид измерения	Диапазон измерения	Входное сопротивление	Предел основной допускаемой погрешности Δ , ед. изм.

- 3 Ознакомьтесь с передней панелью и органами управления мультиметра, пользуясь ТО на прибор.
- 4 Получите задание у преподавателя на измерение электрических величин.
- 5 Выполните измерения, результаты измерений запишите в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 - Результаты измерений

Вид измерения	Предел измерения X_K	Измеренная величина, X , ед. изм.	Относительная основная погрешность δ , %	Абсолютная погрешность, Δ , ед. изм.	Результат $X_D = X \pm \Delta$, ед. изм.

- 6 Вычислите абсолютную погрешность Δ для каждого измерения по формуле, выбранной из технического описания на прибор для соответствующего диапазона измерения.
- 7 Определите относительную погрешность измерения

$$\delta = \frac{\Delta}{X_{ИЗМ}} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

где Δ - абсолютная погрешность, %;
 $X_{ИЗМ}$ - измеренное значение, ед. изм.

- 8 Оцените точность измерения.
- 9 Оформите отчёт.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какие основные блоки содержит цифровой мультиметр?
- 2 Опишите работу мультиметра по структурной схеме.
- 3 Какие виды АЦП используются в цифровых приборах?

- 4 Достоинства и недостатки цифровых мультиметров по сравнению с аналоговыми приборами.
- 5 Как выбирается предел измерения у цифрового мультиметра?
- 6 Как осуществляется прозвонка электрической цепи?
- 7 Какие правила безопасности и эксплуатации должны выполняться при работе с мультиметром?

Литература: [1, с. 199-207]; [3, с. 177-181].

Лабораторная работа 5

Исследование работы электронного осциллографа и применение его для измерения параметров электрических сигналов

Цель работы: изучение работы электронного осциллографа; исследование на осциллографе формы, амплитуды и частоты напряжения электрического сигнала.

Приборы и оборудование: осциллограф С1-73; генератор сигналов низкой частоты ГЗ-112; техническое описание на приборы.

Основные теоретические сведения

Электронно-лучевые осциллографы – это приборы для визуального наблюдения формы кривой электрических сигналов и измерения их параметров.

Широкое применение осциллографов объясняется рядом их преимуществ: высокой чувствительностью, малым собственным потреблением мощности от измеряемой цепи, широким частотным диапазоном и универсальностью (по видам измерений).

Основная функция осциллографа заключается в воспроизведении в графическом виде различных электрических колебаний (осциллограмм). Чаще всего с помощью осциллографа наблюдается зависимость напряжения от времени в декартовой системе координат. При этом по оси Y откладывается напряжение U , по оси X – время t . При помощи осциллографа можно измерять различные параметры сигнала: амплитуду, частоту, длительность сигнала, длительность фронта, коэффициент модуляции и др.

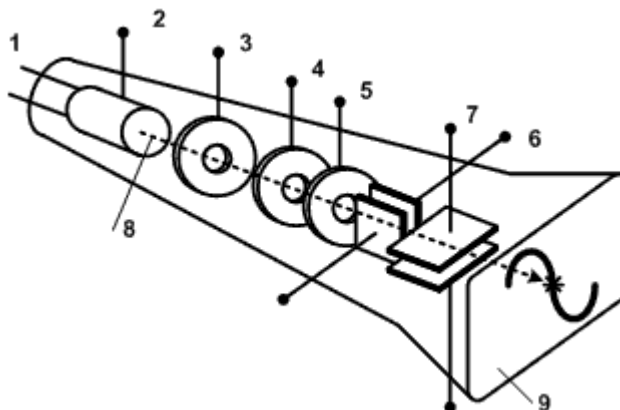
Принцип действия осциллографа основан на явлении свечения люминесцирующего экрана электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) в точке воздействия на экран сфокусированного электронного луча (рис. 5.1).

Источником электронов является оксидный катод 2, нагреваемый подогревателем 1. С поверхности нагретого катода вылетают электроны, стремясь к высокому положительному потенциалу анодов 4 и 5.

Модулятор 3, представляющий собой диск с малым отверстием, осуществляет управление интенсивностью электронного пучка 8.

Регулируя разность потенциалов между катодом и модулятором ручкой «Яркость», выведенной на лицевую панель осциллографа, можно изменять

количество электронов, проходящих через отверстие модулятора в единицу времени. При достаточно большом отрицательном (относительно катода) потенциале модулятора электронный пучок можно полностью запереть.



1 – подогреватель; 2 – оксидный катод; 3 – модулятор; 4, 5 – аноды; 6, 7 – отклоняющие пластины; 8 – электронный пучок; 9 – люминесцирующий экран

Рисунок 5.1 - Устройство ЭЛТ

Предварительная фокусировка электронного пучка осуществляется с помощью первого анода 4 (ускоряющий электрод), высокий положительный потенциал которого вызывает ускорение электронов, и фокусирующего электрода 5, регулируемый потенциал которого позволяет создавать такую конфигурацию поля, что электронный пучок сжимается в тонкий луч. Рассмотренные электроды 1–5 образуют так называемую электронную пушку.

Сформированный электронный луч, двигаясь вдоль оси трубки, попадает в отклоняющее поле, создаваемое двумя парами отклоняющих пластин 6 (по оси X) и 7 (по оси Y), и достигает люминесцирующего экрана 9. Одна пара пластин служит для отклонения электронного луча в вертикальном направлении, а другая – в горизонтальном.

На пластины X подается напряжение пилообразной формы, в результате пятно от электронного луча перемещается по горизонтали. Отклонение луча в горизонтальном направлении называется разверткой.

Исследуемый электрический сигнал подается на пластины Y . Процесс отклонения электронного луча электрическим полем иллюстрируется на рисунке 5.2. Напряжение $U_{\text{откл}}$ управляющее отклонением электронного пучка, приложено к двум плоскопараллельным пластинам, расположенным параллельно плоскости чертежа.

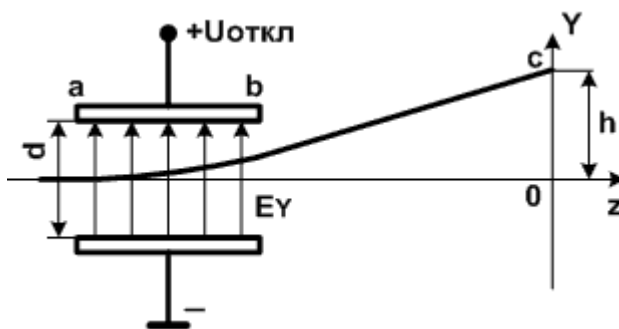


Рисунок 5.2 - Траектория движения электронов

Пластины разнесены на расстоянии d , следовательно, напряженность электрического поля $E = U_{\text{откл}}/d$, причем вектор напряженности поля параллелен оси Y . Первоначально электроны движутся вдоль оси z . Попав в область электрического поля (точка a), электроны начинают удаляться от оси. Решение уравнений движения электронов в электрическом поле показывает, что траектория на участке a – b параболическая. Правее точки b электроны снова движутся прямолинейно, достигая экрана в точке c и вызывая его свечение. Таким образом, под воздействием $U_{\text{откл}}$ электронный луч отклонился в плоскости экрана на расстояние h от центра.

Изменяя $U_{\text{откл}}$, можно управлять положением светящегося пятна на экране. При изменении полярности, а следовательно, и направления вектора E_Y луч будет находиться ниже точки 0 . Зависимость между размером отклонения луча на экране h и приложенным к пластинам напряжением $U_{\text{откл}}$ – линейная. Это существенно, поскольку линейная зависимость между этими величинами позволяет получить неискаженное воспроизведение осциллограммы.

Устройство и принцип работы осциллографа. В основу работы электронно-лучевого осциллографа положено управление движением луча электронов воздействием на него исследуемым сигналом. Структурная схема осциллографа изображена на рисунке 5.3.

Исследуемый сигнал подается на гнездо « \ominus 1Мц, 40pF». При помощи входного аттенюатора, который представляет собой частотно-компенсированный делитель напряжения, выбирают величину сигнала, удобную для наблюдения и исследования на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Канал вертикального отклонения луча усиливает сигнал до необходимой величины перед поступлением его на вертикально-отклоняющие пластины. Для возможности исследования и наблюдения переднего фронта коротких импульсов в канале « Y » используется линия задержки. Из канала « Y » исследуемый сигнал поступает на вход системы синхронизации и запуска развертки. Для запуска развертки может быть использован внешний сигнал, поданный на гнездо входа синхронизации « \ominus синхр».

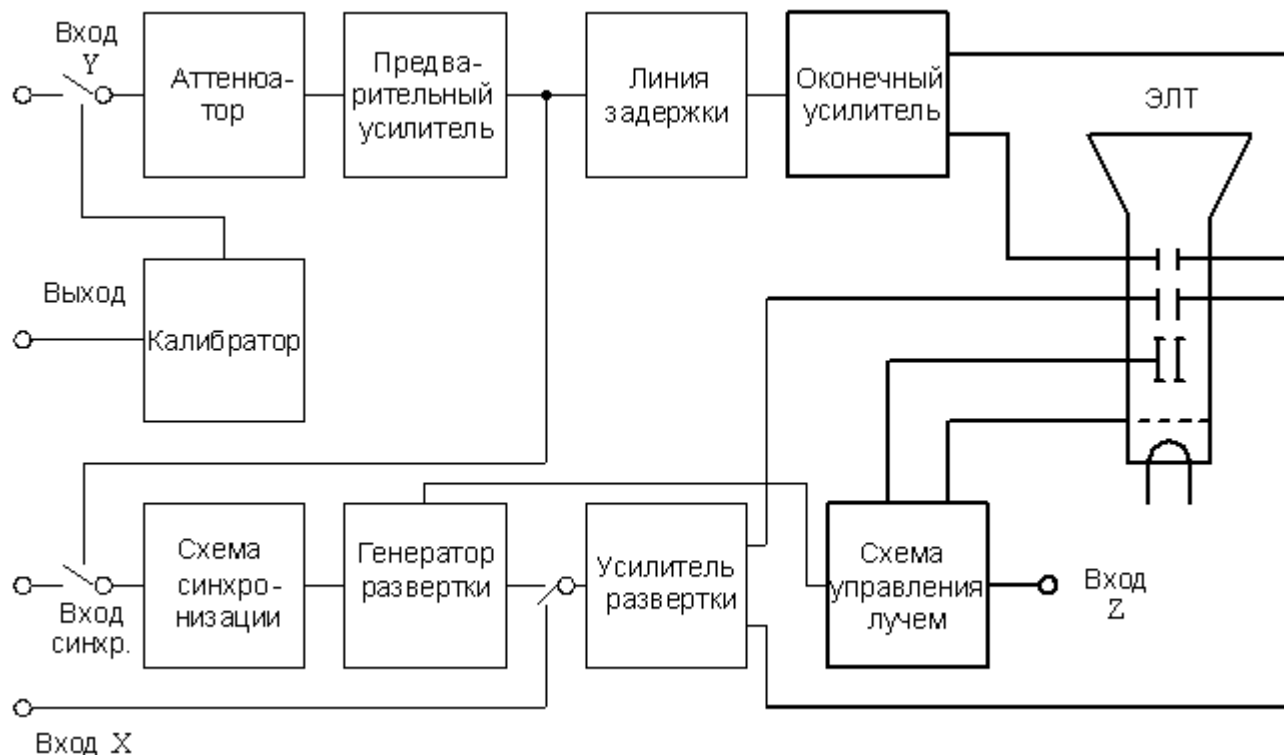


Рисунок 5.3 - Структурная схема осциллографа

Пилообразное напряжение, вырабатываемое генератором развертки, усиливается до необходимой величины и подаётся на горизонтально-отклоняющие пластины ЭЛТ. В осциллографе предусмотрена возможность поступления внешнего сигнала на усилитель развертки при подаче его на гнездо « \rightarrow X». В этом случае усилитель развертки отключается от схемы синхронизации.

Исследуемое напряжение является функцией времени $u = f(t)$, отображаемой в прямоугольной системе координат. Для получения равномерной шкалы оси времени необходимо, чтобы электронный луч отклонялся в горизонтальном направлении с постоянной скоростью. Для этой цели подается на пластины «X» пилообразное напряжение генератора развертки, которое с постоянной скоростью отклоняет луч слева направо на всю ширину экрана и потом быстро возвращает его влево (рис. 5.4). Во время обратного хода луча на модулятор трубки (сетку) подается отрицательный импульс, благодаря чему электронный луч прерывается, его обратный ход не виден. Наблюдаемое на экране изображение называется осциллограммой.

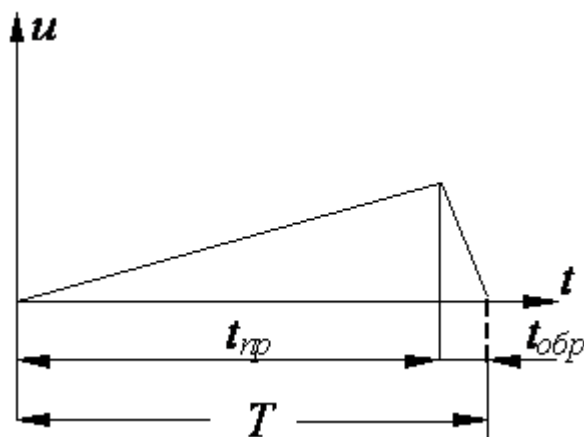


Рисунок 5.4 - Вид напряжения генератора развертки

Смещение пятна на экране трубки по вертикали l при изменении приложенного к отклоняющим пластинам напряжения U на $1V$ называется чувствительностью трубки по напряжению, мм/В,

$$s_U = \frac{l}{U}. \quad (5.1)$$

Чувствительность современных трубок лежит в пределах 0,1–1,0 мм/В.

Для получения неподвижного изображения на экране необходимо синхронизировать исследуемое напряжение и напряжение генератора развертки, т. е. добиться условия, чтобы период развертки был равен или кратен периоду исследуемого сигнала. Если период развертывающего напряжения в n раз больше периода исследуемого сигнала, то кривая на экране охватит n периодов. Синхронизация достигается регулированием частоты генератора развёртки.

Проведение измерений

Измерение временных интервалов

Для калибровки скорости развертки необходимо выполнить следующие операции:

- установить ручку «ВРЕМЯ/ДЕЛ» в положение 0,5 мS;
- повернуть ручку «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» в крайнее правое положение;
- уложить 10 периодов калибровочного напряжения в 10 делениях шкалы ЭЛТ при помощи шлица «КАЛИБРОВКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ x1», расположенного с правой стороны на боковой стенке;
- перевести тумблер множителя в положение x0,2 уложить два периода калибровочного напряжения в 10 делениях шкалы при помощи шлица «КАЛИБРОВКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ x0,2».

Установить измеряемый временной интервал в центре экрана ручкой « \leftrightarrow ». Поставить переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ» и тумблер множителя в такое

положение, чтобы измеряемый интервал занимал длину на экране не менее 4-х делений шкалы.

К временным интервалам относятся:

- 1 $t_{И}$ – длительность импульса;
- 2 $t_{Ф}$ – длительность фронта импульса;
- 3 $t_{С}$ – длительность среза импульса;
- 4 $T = t_{И} + t_{П}$ – период следования импульса;
- 5 $t_{П}$ – пауза.

Измеряемый временной интервал определяется как произведение длины измеряемого отрезка на экране по горизонтали (в делениях) на коэффициент развертки (показание переключателя *ВРЕМЯ/ДЕЛ*, размерность переключателя).

Например, если переключатель коэффициента развертки установлен в положении $2\mu S$ [*мкс/делений*], то $t_{И} = a \cdot k$, $t_{И} = 2 \cdot 5 = 10$ мкс; где a – расстояние, которое занимает исследуемый сигнал, *деление*; k – коэффициент развертки на измеряемом диапазоне, *с/деление*.

Измерение частоты сигнала

Измерение частоты сигнала производится измерением периода сигнала, и определяется по формуле

$$f = \frac{1}{T}, \quad (5.2)$$

где f – искомая частота сигнала, *Гц*;

T – измеряемый период сигнала, *с*.

Измерьте размер целого числа периодов сигнала (в делениях), укладывающихся наиболее близко к 10 делениям шкалы.

Например, пусть 5 периодов занимают расстояние 9 делений шкалы при коэффициенте развертки $2\mu S$ [*мс/дел*]. Тогда искомая частота сигнала:

$$f = \frac{n}{a \cdot k}, \quad (5.3)$$

где n – число измеренных периодов;

a – расстояние, которое занимают измеренные периоды, *деления*;

k – коэффициент развертки на измеряемом диапазоне, *с/деление*.

Тогда

$$f = \frac{5}{9 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 227. \quad (5.4)$$

Осциллограмма будет неподвижной, если период развертки равен или кратен периоду сигнала ($T_X = n \cdot T_Y$, где $n = 1, 2, 3$) или частота сигнала равна или кратна частоте развертки ($f_X = n \cdot f_Y$).

Частоту сигнала определяют также методом фигур Лиссажу (рис. 5.1), для чего на вход Y подают сигнал, частоту которого необходимо измерить, а на вход X – напряжение от генератора образцовой частоты.

При сближении частот на экране появляется вращающийся эллипс, остановка которого указывает на полное совпадение частот (изменяя частоту генератора развертки).

При кратном соотношении частот на экране получается более сложная фигура, причем частота по вертикали так относится к частоте по горизонтали, как число точек касания по горизонтали относится к числу точек касания к касательной по вертикали или как число точек пересечений фигуры Лиссажу с горизонтальной и вертикальной линией (рис. 5.1).

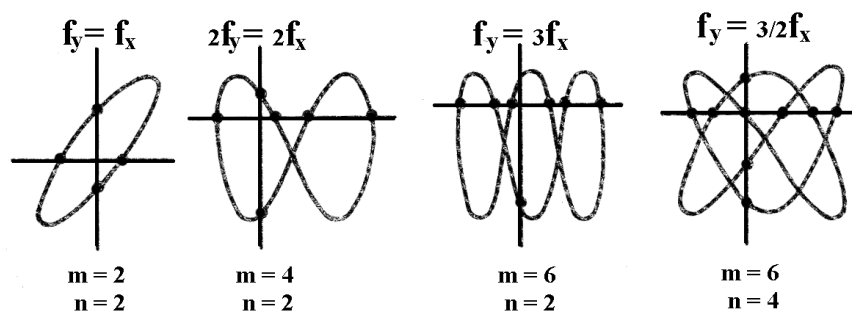


Рисунок 5.1 - Фигуры Лиссажу

Измеряемая частота определяется из выражения

$$f_x = f_0 \frac{n_{\Gamma}}{n_B}, \quad (5.5)$$

где n_B и n_{Γ} – число точек касания фигуры соответственно с вертикальной и горизонтальной прямой.

Измерение амплитуды исследуемых сигналов

Перед измерением амплитуды исследуемого сигнала необходимо проверить калибровку коэффициента отклонения усилителя.

Установите ручку «ВОЛЬТ/ДЕЛ» в положение 6 дел., а ручку «УСИЛЕНИЕ» – вправо до упора. Откалибруйте «Y» в осциллографе при помощи шлица «ЧУВСТ.», расположенного с левой стороны прибора. Изображение амплитуды калибровочного напряжения должно быть равно шести делениям шкалы ЭЛТ.

Для измерения амплитуды исследуемого сигнала надо подать его на вход « \ominus 1M Ω , 40pF». Установите ручкой «ВОЛЬТ/ДЕЛ» величину изображения от 3 до 7 делений.

Величина исследуемого сигнала в вольтах равна произведению измеренной величины изображения (в делениях), умноженной на цифровую отметку переключателя коэффициента отклонения осциллографа. При работе с выносным делителем 1:10 умножьте на 10 полученный результат.

Например:

$$a = 6,4 \text{ дел}, B = 0,2 \text{ В/дел}$$

$$U_M = a \cdot B = 6,4 \text{ дел} \cdot 0,2 \text{ В/дел} = 1,28 \text{ В}$$

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить принцип работы осциллографа.
- 2 Изучить проведение измерений параметров сигнала.
- 3 Подготовьте осциллограф к измерениям. Установите перед включением прибора органы управления на передней панели в следующие положения:
 - «ЯРКОСТЬ» – в крайнее левое;
 - «ФОКУС» – в среднее;
 - «ВОЛЬТ/ДЕЛ» – 6 дел;
 - «УСИЛЕНИЕ» – в крайнее правое;
 - «↕», «↔» – в среднее;
 - «УСИЛИТЕЛЬ Y» – в положение – \approx ;
 - «СТАБ» – в крайнее правое;
 - «ВРЕМЯ/ДЕЛ» – 0,5 mS;
 - «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» – в крайнее правое;
 - «СИНХРОНИЗАЦИЯ» – в положение «внутри»;
 - тумблер «СЕТЬ» – выключено.

Соедините осциллограф шнуром с источником питания и тумблером «СЕТЬ» и включите его. При этом должна загореться сигнальная лампа. Отрегулируйте, через 2–3 мин после включения осциллографа, яркость и фокусировку линии развертки.

- 4 Произвести калибровку каналов X и Y перед соответствующим измерением.
- 5 Используя генератор, задать не менее трёх сигналов с прямоугольной и синусоидальной формой, измерить амплитуду, длительность импульса и частоту. Результаты наблюдений занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Результаты наблюдений и измерений

Номер опыта	Форма сигнала с размерами, дел. шкалы	Амплитуда U_M , В	Период T , сек	Частота f , Гц
1				
2				
3				

- 6 Методом фигур Лиссажу произвести измерения нескольких значений частоты, используя генератор низкой частоты. Зарисовать фигуры Лиссажу.
- 7 Оформить отчет.

Вопросы для самопроверки

- 1 Объясните принцип работы ЭЛТ.
- 2 Каким образом осуществляется питание электродов ЭЛТ?
- 3 Назначение осциллографа.
- 4 Объясните принцип работы осциллографа по структурной схеме.
- 5 Для каких целей в осциллографе используется развертка?
- 6 При каких условиях осциллограмма будет неподвижной?
- 7 Как определить частоту исследуемого сигнала с помощью осциллографа?
- 8 Как определить частоту сигнала методом фигур Лиссажу?
- 9 Как можно определить амплитуду напряжения?

Литература: [1, с. 149-157]; [2, с. 46-70]; [4, с. 110 - 138].

Список использованных источников

Основные источники:

- 1 Измерение электрических и неэлектрических величин: Учебное пособие для вузов. Евтихий Н.Н., Купершмидт Я.А., Покуловский В.Ф., Скугоров В.Н.; под общ. ред. Н.Н. Евтихьева. - М.: Энергоатомиздат, 2018. - 352 с: ил.
- 2 Моисеев Б.П., Хромой Ю.Г. Электрорадиоизмерения: Учебник для техникумов.- М.: Радио и связь, 2019. - 288 с: ил.
- 3 Панфилов В. А. Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования. - М.: Издательский центр «Академия», 2020. - 288 с. ил.
- 4 Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов/- М.: Высш. шк, 2019. - 205 с: ил.
- 5 Хрусталева З. А. Электротехнические измерения: учебник – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2020. – 208 с.
- 6 Хрусталева З. А. Электротехнические измерения: Задачи и упражнения – М.: КНОРУС, 2020. – 256 с.
- 7 Электрорадиоизмерения: Учебник./ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков и др./ Под ред. Профессора А.С. Сигова. - М.: Форум: Инфра-М, 2022. - 384 с: ил.
- 8 Электрические измерения и электроизмерительные приборы: Учебник для техникумов/ В. И. Котур, М. А. Скомская, Н.Н. Храмова. - М.: Энергоатмиздат, 2022. - 400 с: ил.

Дополнительные источники:

- 1 Атамалян, Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2018. - 384 с: ил.
- 2 Вострокнутов Н.Н. Информационно-измерительная техника и электрические измерения с описанием лабораторных работ: Учебное пособие. - М.: ГУ УМК по горному, нефтяному и энергетическому образованию, 2019. - 380 с: ил.
- 3 Зайчик И.К., Зайчик Б.И. Практикум по электро-радиоизмерениям: Учеб. пособие для учащихся радиотехн. техникумов. - М.: Высш. шк., 2019. - 239 с: ил.
- 4 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов/ В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. - М.: Высшая школа, 2020. - 383 с: ил.
- 5 Хромой Б.П. Моисеев Ю.Г. Электрорадиоизмерения: учеб.для техникумов. – М.: Радио и связь, 2018.– 288., с ил.