

Федеральное агентство по образованию РФ
Владимирский государственный университет
Кафедра управления качеством и технического
регулирувания

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по дисциплине
«Электрические измерения».

Составители:
Куприянов В. Е.,
Исакова К. С.

Владимир 2008

УДК 621.3.08
ББК 31.221

Рецензент
Кандидат технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
С. П. Сидорко.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Изд-во ВлГУ, 2008. - 79с.

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Измерения механических величин», «Метрология, стандартизация и сертификация продукции», «Электрорадиоизмерения», «Взаимозаменяемость» /сост. В. Е. Куприянов, К.С. Исакова. Владим. гос. ун-т.; Владимир.

Предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 200501 "Метрология и метрологическое обеспечение", 200502 "Стандартизация и сертификация" и 220501 «Управление качеством» и других специальностей инженерного профиля.

Содержит элементы теории и методические указания для выполнения 5 лабораторных работ по дисциплинам «Измерения механических величин», «Метрология, стандартизация и сертификация продукции», «Электрорадиоизмерения», «Взаимозаменяемость».

Табл. 31. Библиогр.: 16 назв.

УДК 621.3.08
ББК 31.221

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**
по дисциплине
«Электрические измерения».

Методические указания к лабораторным работам
Составители

**Куприянов Владимир Евгеньевич
Исакова Кира Сергеевна**

Ответственный за выпуск – зав. каф. УКТР,
к.т.н., доц. Ю. А. Орлов.

Подписано в печать 23.12.2008.

Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 2,4. Тираж 20 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
600000, Владимир, ул. Горького, 87.

Оглавление

Лабораторная работа №1 «электрические измерения резисторов, конденсаторов и обработка их результатов»	3
Лабораторная работа №2 «исследование параметров полупроводниковых приборов методом прямых многократных измерений»	40
Лабораторная работа №3 «исследование аналоговых измерительных сигналов и их источников»	58
Лабораторная работа №4 «проверка типовых средств электрических измерений различными методами».....	68

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ РЕЗИСТОРОВ, КОНДЕНСАТОРОВ И ОБРАБОТКА ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ»

Цель работы: 1).Получить первичные навыки работы с современными измерителями параметров компонентов электрических цепей с сосредоточенными постоянными и изучить их основные метрологические и технические характеристики. 2).Совершенствовать навыки обработки результатов электрических измерений.

1. Объект и средства исследования

Объектом исследования является цифровой мультиметр серии М890, аналоговые амперметр и вольтметр. Объектом исследования могут быть аналогичные измерители других типов и марок.

В качестве средства исследования используются магазины сопротивлений, а также отдельные сопротивления и емкости.

2. Основные определения и расчетные формулы

Электро- и радиосцепы содержат компоненты с сосредоточенными постоянными - катушки индуктивности L , конденсаторы (емкости) C и резисторы (сопротивления) R . В цепях с сосредоточенными постоянными определенные процессы, обусловленные распространением электромагнитной энергии через цепь, происходят в отдельных не зависимых друг от друга элементах R, L, C . Такое рассмотрение допустимо только в ограниченном диапазоне частот, где длина волны электромагнитных колебаний значительно превышает геометрические размеры цепи передачи.

Основные сведения о резисторах и конденсаторах приведены в приложении №1.

Известны следующие методы измерения параметров R, L, C элементов:

1. Метод измерения при помощи приборов непосредственной оценки, основанный на магнитоэлектрических логометрических измерительных механизмах: омметры, фарадометры и генриметры.

2. Методы сравнения:

- метод сравнения неизвестного сопротивления Z (или R) с известным;

- мосты постоянного и переменного тока;

- одинарные уравновешенные и неуравновешенные мосты;

- двойные мосты;

- трансформаторные мосты;

- нулевые цепи с использованием преобразователей "параметр - напряжение".

3. Косвенные методы:

- метод амперметра - вольтметра;

- измерение больших сопротивлений по току заряда или разряда конденсатора;

- резонансный метод измерения индуктивностей (куметры);

- метод двух генераторов (измерение L и C);

- метод преобразования измеряемого параметра в пропорциональное ему напряжение;

- методы, реализуемые в цифровых измерителях;

- методы, реализуемые в приборах с однонаправленным уравновешиванием;

- методы, реализуемые в приборах со следящим уравновешиванием.

Выпускаемые промышленностью приборы для измерения параметров компонентов и цепей с сосредоточенными постоянными подразделяются на следующие группы:

E1 - меры, установки и приборы для поверки измерителей параметров компонентов и цепей;

E2 - измерители полных сопротивлений и(или) полных проводимостей;

8. Деньгов. В. М., Смирнов В. Г. Единицы величин: Словарь справочник.- М.: Изд. стандартов, 1990. -240с.

9. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Теоретическая метрология». Под ред. А. Г. Сергеева и др. Владим. гос. ун-т; Владимир, 1997-64с.

10. Крохин В.В., Суцев А.К., Мищенко З.В. Методические указания к лабораторным работам по метрологии./ Под ред. А. Г. Сергеева. Владим. гос. ун-т; Владимир, 1999-52с.

5. Контрольные задания

1. Виды и основные методы поверки электрических измерительных приборов.
2. Порядок подготовки осциллографа к проведению измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов.
3. Порядок работы с генератором импульсов Г5-54 при формировании им импульсов с различными параметрами.
4. Порядок работы с универсальным вольтметром В7-26 при измерении сопротивлений.
5. Порядок работы с мультиметром при измерении частоты электрических сигналов.
6. Основные этапы поверки генераторов, осциллографов, вольтметров, омметров.

б. Рекомендуемая литература

1. Дворяшин Б.В. Основы метрологии и радиоизмерения: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1993. - 320 с. (13-15с.)
2. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: Учебник для нач. проф. образования / С.А. Зайцев и др. ПрофОбрИздат, 2002-464с. (455-456с.).
3. Технические описания и инструкции по эксплуатации электрических измерительных приборов.
4. Панфилов В. А. Электрические измерения. – М.: АCADEMA, 2004. - 285с.
5. 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.: Высш. шк., 2001. - 383 с.
6. Методы и средства измерений: Учебник для вузов/ Г. Г. Ранев, А. П. Тарасенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 336с.
7. Единицы физических величин: СБ. норм.-техн. документов. – М.: Изд. стандартов, 1987. - 176с.

- Е3 - измерители индуктивностей;
- Е4 - измерители добротности (куметры);
- Е6 - измерители сопротивлений;
- Е7 - измерители параметров универсальные;
- Е8 - измерители емкости;
- Е9 - преобразователи параметров компонентов и цепей.

Задача обработки результатов равноточных измерений заключается в нахождении оценки измеряемой величины и доверительного интервала, в котором находится истинное значение измеряемой величины.

Исходной информацией для начала обработки является ряд из n ($n > 4$) результатов измерений $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, из которых исключены известные систематические погрешности. Последовательность обработки состоит из ряда этапов.

Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений. На этом этапе определяется среднее арифметическое значение

\bar{x} измеряемой величины, среднее квадратическое отклонение (с.к.о.) результата измерения S_x , с.к.о. среднего арифметического значения $S_{\bar{x}}$ по формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2};$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (1.1)$$

Определение закона распределения результатов измерений или случайных погрешностей измерений. В последнем случае от выборки результатов измерений $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ переходят к выборке отклонений от среднего арифметического $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n$, где $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$.

Первым шагом при определении закона распределения является построение по исправленным результатам измерений $x_i, i=1, 2, \dots, n$, вариационного ряда (упорядоченной выборки) y_i , где $i=1, 2, \dots, n$, и $y_1 = \min(x_i)$ и $y_n = \max(x_i)$. Следовательно, построение вариационного ряда заключается в расположении результатов измерений (или их отклонений от среднего арифметического) в порядке возрастания.

Далее вариационный ряд разбивается на оптимальное число m одинаковых интервалов группирования длиной $h = (y_n - y_1) / m$. Для расчета значений m целесообразно использовать выражения:

$$m_{\min} = 0,55n^{0,4}; m_{\max} = 1,25n^{0,4} \quad (1.2)$$

Искомое значение m должно находиться в пределах от m_{\min} до m_{\max} и быть нечетным. Полученное значение длины интервала группирования h всегда округляется в большую сторону, иначе крайняя точка вариационного ряда окажется за пределами крайнего интервала группирования. После этого определяются интервалы группирования экспериментальных данных в виде:

$$\Delta_1 = (y_1; y_1 + h);$$

$$\Delta_2 = (y_1 + h; y_1 + 2h); \dots; \Delta_m = (y_n - h; y_n), \quad (1.3)$$

и подсчитывается число попаданий n_k (частоты) результатов в каждый интервал группирования. По полученным значениям рассчитываются вероятности попадания результатов измерений (частоты) в каждый из интервалов группирования по формуле: $p_k = n_k / n$, где $k=1, 2, \dots, m$.

Проведенные расчеты позволяют построить гистограмму и полигон, а также кумулятивную кривую. Для построения гистограммы по оси результатов наблюдений x (см рисунок 1.1а) откладываются интервалы Δ_i в порядке возрастания номеров и

Провести сравнение полученных значений $\delta_3(\gamma_3)$ с классом точности прибора $\delta(\gamma)$. Сделать вывод о результатах поверки.

Поверка омметра. Провести внешний осмотр и опробование универсального вольтметра В7-26 в режиме работы омметра согласно инструкции по эксплуатации.

Поверка омметра класса точности 1,0 и выше производится путем измерения сопротивления магазина сопротивлений класса точности не хуже 0,3.

Определить диапазон измерения поверяемого омметра и диапазон изменения сопротивления магазина сопротивлений. Выделить область значений, попадающих в оба диапазона, выбрать из нее 10-15 значений, равномерно распределенных по найденной области. Занести их в табл. 4.4.

Провести измерения выбранных значений сопротивления, при этом переключением пределов измерения омметра добиваться, чтобы стрелка прибора находилась во второй половине шкалы. Результаты измерений $R_{\text{изм}}$ и значения используемых пределов занести в табл. 4.4.

Рассчитать абсолютную погрешность измерения по формуле $R_{\text{изм}} = | R_{\text{изм}} - R |$. Результаты расчетов занести в табл. 4

В зависимости от того, в какой форме представлен класс точности поверяемого омметра: относительной (δ) или приведенной (γ), рассчитать относительную ($\delta_3 = \Delta_3 / R$) или приведенную ($\gamma_3 = \Delta_3 / R_{\text{пр}}$, где $R_{\text{пр}}$ - значение используемого предела измерения омметра) погрешность измерения.

Провести сравнение полученных значений $\delta_3(\gamma_3)$ с классом точности прибора $\delta(\gamma)$. Сделать вывод о результатах поверки.

Таблица 4.4

Результаты поверки погрешности измерения поверяемого омметра марки _____

класса точности $\delta = _ (\gamma = _)$

№п/п	R, В	R _{пр} , В	R _{изм} , В	Δ ₃ , В	δ ₃ % (γ ₃ %)
	1				
	...				
	10				

формуле $\Delta_n = 0,5\% |U_{\text{уст}}| + 0,1\% |U_m|$. Результаты вычислений занести в табл. 4.2.

Сравнить рассчитанные значения погрешностей. Прибор следует считать прошедшим поверку, если соответствующие значения Δ_3 меньше, чем Δ_n . Сделать вывод по полученным результатам.

2. Проведение поверки методом прямого измерения по образцовым мерам.

Поверка аналогового вольтметра.

Провести внешний осмотр и опробование аналогового вольтметра согласно инструкции по эксплуатации.

Поверка аналогового вольтметра класса точности 1,5 и выше производится путем измерения напряжения источника постоянного тока Б5-46 в точках, указанных в табл. 4.3. Провести измерения указанных значений напряжения, при этом переключением пределов измерения добиваться, чтобы стрелка прибора находилась во второй половине шкалы. Результаты измерений $U_{\text{изм}}$ и значения используемых пределов $U_{\text{пр}}$ занести в табл. 4.3.

Рассчитать абсолютную погрешность измерения по формуле $\Delta_3 = |U_{\text{изм}} - U|$.

Результаты расчётов занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

Результаты поверки погрешности измерения постоянного напряжения поверяемого аналогового вольтметра марки ___ класса точности $\delta = _ (\gamma = _)$

№п/п	U, В	U _{пр} , В	U _{изм} , В	Δ ₃ , В	δ ₃ % (γ ₃ %)
	1				
	...				
	10				

В зависимости от того, в какой форме представлен класс точности поверяемого вольтметра: относительной (δ) или приведенной (γ), рассчитать относительную ($\delta_3 = \Delta_3 / U$) или приведенную ($\gamma_3 = \Delta_3 / U_{\text{пр}}$, где $U_{\text{пр}}$ - значение используемого предела измерения вольтметра) погрешность измерения.

на каждом интервале строится прямоугольник высотой, равной p_i . Полученный график называется гистограммой статистического распределения. Площадь, заключенная под графиком, пропорциональна числу наблюдений n .

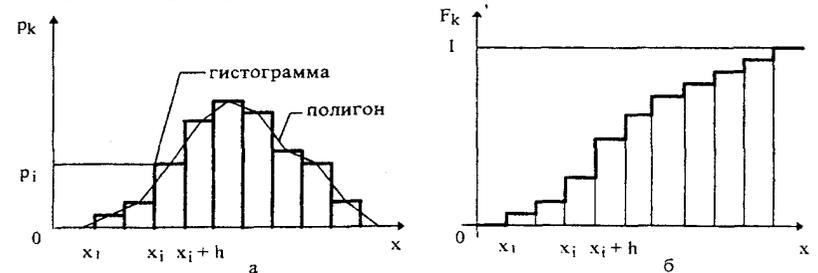


Рис. 1.1 Гистограмма: полигон (а) и кумулятивная кривая (б)

Полигон представляет собой ломаную кривую, соединяющую середины верхних оснований каждого столбца гистограммы (см. рисунок 1.1а). Он более нагляден, чем гистограмма отражает форму кривой распределения.

Кумулятивная кривая - это график статистической функции распределения. Для ее построения по оси результатов наблюдений x (см. рисунок 1.1б) откладываются интервалы Δ_k в порядке возрастания номеров и на каждом интервале строится прямоугольник высотой:

$$F_k = \sum_{k=1}^k p_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^k n_k \quad (1.4)$$

Значение F_k для каждого интервала называется кумулятивной частотой, а сумма p_k - кумулятивной частотой.

Определение доверительного интервала случайной погрешности.

В случае, если удалось идентифицировать закон распределения результатов измерений, то находится квантильный множитель t_p при заданной доверительной вероятности P . В этом случае доверительный интервал случайной погрешности равен $\Delta = t_p S_{\bar{x}}$.

Определение границ неисключенной систематической погрешности θ результата измерений. Под этими границами понимаются границы интервала, найденные нестатистическими методами, внутри которого находится неисключенная систематическая погрешность. Она образуется из ряда составляющих, в качестве которых, как правило, выступают погрешности метода, средств измерений и субъективная погрешность. Границы неисключенной систематической погрешности принимаются равным пределам допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений, если их случайные составляющие пренебрежимо малы. Доверительная вероятность при определении границ q принимается равной доверительной вероятности, используемой при определении границ случайной погрешности.

Определение границы погрешности результата измерения Δp . Данная

операция осуществляется путем суммирования рассчитанных значений среднего квадратического отклонения случайной составляющей $S_{\bar{x}}$ и границ неисключенной систематической составляющей q в зависимости от значения отношения $q/S_{\bar{x}}$ по правилам, изложенным в ГОСТ 8.207-76.

Запись результата измерения. Результат измерения записывается в виде $x = \bar{x} \pm \Delta p$ при $P=P_d$. При отсутствии данных о виде функции распределения составляющих погрешности результаты измерений представляются в виде: \bar{x} ; $S_{\bar{x}}$; n ; q при $P=P_d$.

3. Подготовка к работе

При подготовке к работе ознакомиться с соответствующими разделами рекомендуемой литературы и конспектов лекций. Изучить принцип действия, устройство и характеристики используемых в работе измерителей параметров

Таблица 4.1

Результаты поверки погрешности установки амплитуды измерительного генератора импульсов

№ п/п	$U_m, В$	Нормальный положительный импульс 		Нормальный отрицательный импульс 	
		$U_{п\text{ изм}}, В$	$\delta, \%$	$U_{п\text{ изм}}, В$	$\delta, \%$
1	0,2				
2	0,4				
3	0,6				
4	0,8				
5	1,0				

Повторить описанные выше действия для канала ;№2.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если погрешности установки амплитуды менее 10%. Сделать выводы по полученным данным.

Поверка источника питания постоянного тока Б5-46.

Провести внешний осмотр и опробование источника постоянного тока согласно инструкции по эксплуатации и измерение выходного напряжения источника питания в точках, указанных в табл. 4.2. Измерение напряжения проводить вольтметром постоянного тока класса точности не хуже 0,2.

Таблица 4.2

Результаты поверки погрешности установки выходного напряжения поверяемого источника питания

№ п/п	$U_m, В$	$U_{п\text{ изм}}, В$	$\Delta\varepsilon, В$	$\Delta n, В$
1				
...				
10				

Результаты измерений занести в табл. 2. Рассчитать погрешность установки выходного напряжения источника питания постоянного тока по формуле $\Delta\varepsilon = U_{\text{изм}} - U_m$. Рассчитать допустимую погрешность установки выходного напряжения по

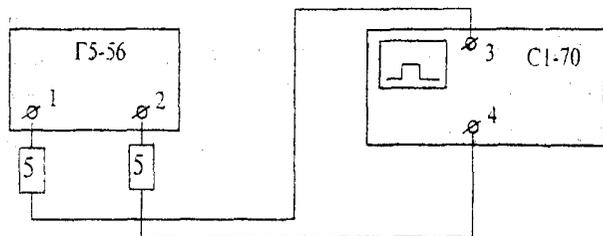


Рис. 2. Схема соединения поверяемого генератора с осциллографом при измерении амплитуды: 1 - выход синхроимпульса; 2 - выход генератора; 3 - вход А; 4 - вход синхронизатора; 5 - нагрузка

- органами управления генератора установить режим внутреннего запуска и минимально возможный временной сдвиг на каждом из каналов;

- выбрать период следования импульсов, равный 2 мкс, и длительность импульса равной 1 мкс, включить нормальный положительный импульс $\sim \square$.

- установить амплитуду выходного импульса генератора равной 2 В, провести ее измерение при помощи осциллографа, результат занести в табл. 4.1. Повторить измерения для других значений амплитуды, указанной в табл. 4.1;

- для нормального отрицательного импульса ($\sim \square$) провести измерение амплитуды выходного импульса генератора, результаты занести в табл. 4.1;

- выбрать период следования импульсов, равный 2 мс, и длительность импульса, равной 1 мс, и повторить измерения амплитуды выходного импульса генератора для нормальных положительного и отрицательного импульсов. Результаты занести в таблицу аналогичную табл. 4.1.

Для всех измерений провести расчет погрешностей установки амплитуды по формуле $\delta = (1 - U_{изм}/U_m) \times 100\%$, результаты занести в табл. 1.

компонентов цепей, а также магазинов сопротивлений и приложение №1.

Разработать методику проведения экспериментального исследования магазинов сопротивлений и электрорадиоэлементов, подлежащих исследованию.

Заготовить форму отчета. Ознакомиться со схемами, собираемыми при выполнении работы, зарисовать их в отчет. Заготовить в отчет таблицы для записи результатов исследований, заготовки для построения графиков, необходимые для расчета формулы.

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист с указанием кафедры, учебной группы, фамилии, имени, отчества студента, номера и названия лабораторной работы, даты ее выполнения, а также фамилии и должности преподавателя, принимающего работу;

2. Цель работы;

3. Схемы включения исследуемых приборов и устройств;

4. Формулы и константы, применяемые при вычислениях;

5. Таблицы измеренных и вычисленных величин;

6. Требуемый по заданию графический материал;

7. Краткие выводы по проделанной работе.

4. Рабочее задание

1. Измерение сопротивлений магазина сопротивлений при помощи мультиметра.

Подготовка приборов к работе. Подготовить используемый прибор (мультиметр) для применения в режиме «КОНТРОЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ», согласно п.4.3. Руководства по эксплуатации, и магазин сопротивлений к работе. Записать основные технические и метрологические характеристики используемого мультиметра при данных измерениях, перечень его органов управления и их назначение, диапазон возможных значений сопротивлений магазина сопротивлений.

Многократные измерения сопротивлений. Выбрать ПЯТЬ значений, равномерно распределенных по диапазону измерений мультиметра. Подключить мультиметр к магазину сопротивлений. Последовательно изменяя сопротивление магазина, провести измерения каждого из выбранных значений не менее 30-40 раз. Результаты измерений записать в табл. 1.1. В ее шапке записать значения сопротивлений, устанавливаемые на магазине сопротивлений.

Таблица 1.1

Результаты измерений сопротивлений

N	R ₁ =	R ₂ =	R ₃ =	R ₄ =	R ₅ =
1					
2					
...					
30					
R _{ср} , Ом					
σ, Ом					
δ при p=0,95, Ом					
δ, %					

По результатам измерений определить среднеарифметическое значение измеренных сопротивлений R_{ср}, среднеквадратическое отклонение σ и доверительный интервал δ при доверительной вероятности 0,95, построить гистограмму и полигон для каждого из пяти измеряемых значений, определить систематическую погрешность измерения сопротивления, принимая за истинное значение, считываемое с органов управления магазина сопротивлений.

Результаты расчетов занести в табл. 1.1. Сделать выводы по полученным результатам.

2. Измерение сопротивлений резисторов одного типонамала при помощи мультиметра.

лабораторной работы, даты ее выполнения, а также фамилии и должности преподавателя, принимающего работу;

2. цель работы;
3. схемы включения исследуемых приборов и устройств;
4. формулы и константы применяемые при вычислениях;
5. таблицы измеренных и вычисленных величин;
6. требуемый по заданию графический материал;
7. краткие выводы по каждому этапу проделанной работы.

Все электрические схемы, графики и таблицы вычерчиваются при помощи чертежных инструментов. Условные графические и буквенные обозначения должны соответствовать ГОСТам.

4. Рабочее задание

- 1). Проведение поверки методом непосредственного сличения с образцовыми средствами измерения.

Поверка измерительного генератора импульсов Г5-54.

Провести внешний осмотр поверяемого генератора. При выполнении данной операции должны быть выполнены требования раздела "Общие указания по эксплуатации", приведенные в инструкции по эксплуатации прибора.

Провести опробование поверяемого генератора. Для этого подготовить его к работе согласно техническому описанию и инструкции по эксплуатации. Опробование проводится согласно разделу "Порядок работы".

Определить погрешность установки амплитуды каждого из двух каналов поверяемого генератора. Для этого:

- подготовить к работе осциллограф С1-70 (или другого типа), соединить указанные приборы согласно схеме соединения, показанной на рис. 4.2;

противопоставления или замещения (рис. 4.1, б). Сам по себе компаратор не содержит образцовых мер или средств измерений. Основными требованиями к компараторам являются высокая чувствительность и стабильность.

Метод прямого измерения по образцовым мерам является разновидностью метода непосредственного сличения. Значение физической величины, задаваемой мерой, измеряется поверяемым средством измерения (рис. 4.1, в). Погрешность измерения поверяемого средства измерения определяется так же, как и в случае метода непосредственного сличения без промежуточных приборов. Данный метод наиболее широко используется при проверке мер электрических и магнитных величин.

Для обеспечения правильной передачи размеров единиц от эталона к рабочему средству измерения, соподчинения эталонов и рабочих средств измерения разрабатывают поверочные схемы. Содержание и построение поверочных схем как документов, устанавливающих средства, методы и точность передачи размера единицы, изложены в ГОСТ 8.061-81.

3. Подготовка к работе

При подготовке к работе ознакомиться с соответствующими разделами рекомендуемой литературы и конспектов лекций. Изучить виды проверок и контролируемые в процессе проверки метрологические характеристики средств измерений. Записать технические и метрологические характеристики используемых средств измерений. Изучить порядок выполнения работы. Заготовить форму отчета на стандартных листах писчей бумаги формата А4 и занести в нее материалы необходимые для работы.

Отчет должен содержать:

1. титульный лист с указанием кафедры, учебной группы, фамилии, имени, отчества студента, номера и названия

Подготовка приборов к работе. Подготовить мультиметр к работе в режиме КОНТРОЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ, согласно п.4.3 руководства по эксплуатации, и набор резисторов (30-40 штук) одного типономинала, выданного преподавателем, проверив их однотипность и одинаковый номинал (определить тип резистора, номинальное значение сопротивления, допустимое отклонение от номинального значения).

Измерение сопротивлений. Произвести измерение сопротивлений набора резисторов. Результаты измерений записать в табл.1.2. По результатам вычислений определить среднее арифметическое значение и СКО измеренных резисторов $R_{изм}$.

СКО среднего арифметического значения, абсолютную и относительную погрешности результатов измерений. Сравнить допустимое отклонение от номинального значения резисторов, данного типономинала с полученным значением относительной погрешности результатов измерений и сделать вывод.

Таблица 1.2
Результаты измерений резисторов одного типономинала

N	$R_{изм}$	$R_{ср}$	$S_{r_{изм}}$	$S_{r_{ср}}$	$\Delta_{изм}$	$\delta_{изм}, \%$	$\Delta_{доп}, \%$
1							
2							
3							
...							
30-40							

3. Измерение емкостей конденсаторов одного типономинала при помощи мультиметра.

Подготовка приборов к работе. Подготовить мультиметр к работе в режиме «КОНТРОЛЬ ЕМКОСТИ», согласно п.4.4 Руководства по эксплуатации (Приложение №2), и набор конденсаторов (30-40 штук) одного типономинала, выданного преподавателем, проверив их однотипность и одинаковый

номинал (определить тип конденсатора, номинальное значение емкости, допустимое отклонение от номинального значения).

Измерение емкостей.. Произвести измерение емкостей набора конденсаторов. Результаты измерений записать в табл.1.3. По результатам вычислений определить среднее арифметическое значение и СКО измеренных конденсаторов $S_{изм}$, СКО среднего арифметического значения, абсолютную и относительную погрешности результатов измерений. Сравнить допустимое отклонение от номинального значения конденсаторов данного типономинала с полученным значением относительной погрешности результатов измерений и сделать вывод.

Таблица 1.3

Результаты измерений конденсаторов одного типономинала

N	$C_{изм}$	$C_{ср}$	$S_{C_{изм}}$	$S_{C_{ср}}$	$\Delta_{изм}$	$\delta_{изм}, \%$	$\Delta_{доп}, \%$
1							
2							
3							
...							
30-40							

4.Измерение сопротивлений резисторов одного типономинала методом амперметра-вольтметра.

Собрать схему, показанную на рис.1.2а. В качестве амперметра и вольтметра использовать приборы электромагнитной системы или цифровые аналогичные им, а в качестве резистора – резистор с типономиналом пункта №2 данных методических указаний. Записать технические и метрологические характеристики используемых амперметра и вольтметра.

погрешности, то эта операция является одним из звеньев передачи размера единицы от эталона до рабочего средства измерения. Проверка средств измерений предусматривает внешний осмотр, опробование работоспособности, подготовительные работы и определение метрологических характеристик поверяемого средства измерения и должна проводиться при нормальных условиях, в качестве которых приняты: температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$; относительная влажность воздуха $(65 \pm 15)\%$; атмосферное давление (750 ± 30) мм рт. ст.: напряжение сети $(220 \pm 4,4)$ В; частота $(50 \pm 0,5)$ Гц.

При проведении проверки различают методы представленные на рис. 4.1.

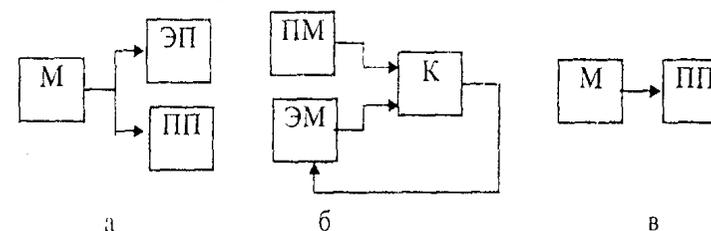


Рис. 4.1. Схемы основных методов поверок: а - схема метода непосредственного сличения без промежуточных приборов; б - схема метода сличения с помощью компаратора; в - схема метода прямого измерения по образцовым мерам (М - мера, ПП -поверяемый прибор, ЭП - эталонный прибор, ЭМ - эталонная регулируемая мера, К - компаратор)

Метод непосредственного сличения без промежуточных приборов основан на том, что одна и та же физическая величина x измеряется поверяемым и образцовым средством измерения (рис. 4.1, а). Разность их показаний $\Delta = x_п - x_0$ является абсолютной погрешностью поверяемого средства измерения. Приведенная погрешность определяется из выражения $\gamma = (\Delta/x_п)100\%$, где $x_п$ – нормированное значение измеряемой физической величины.

Метод сличения с помощью компаратора (прибора сравнения) позволяет косвенно сравнить две однородные или разнородные физические величины методами

10. Деньгов. В. М., Смирнов В. Г. Единицы величин: Словарь справочник.- М.: Изд. стандартов, 1990. -240с.

11. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Теоретическая метрология». Под ред. А. Г. Сергеева и др. Владим. гос. ун-т; Владимир, 1997-64с.

12. Крохин В.В., Суцев А.К., Мищенко З.В. Методические указания к лабораторным работам по метрологии./ Под ред. А. Г. Сергеева. Владим. гос. ун-т; Владимир, 1999-52с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 «ПОВЕРКА ТИПОВЫХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ»

Цель работы: изучение методов поверок наиболее распространенных современных средств электрических измерений.

1. Объект и средства исследования

Объектами исследования являются генератор импульсов Г5-54 или иной генератор типа Г5, источник питания постоянного тока Б5-46, многопредельный аналоговый электромеханический вольтметр класса точности 1,0 и выше, универсальный аналоговый вольтметр В7-26 (в качестве омметра) . В качестве средств исследования используется электронный осциллограф С 1-70 (С 1-75, С 1-48, С1-94), электронный частотомер (мультиметр серии М890G) , источник питания постоянного тока Б5-46, магазин сопротивлений Р33, универсальный цифровой вольтметр (мультиметр серии М890G).

2. Основные определения и расчетные формулы

Поверке подлежат все средства измерения, находящиеся в эксплуатации, на хранении, выпускаемые из производства и ремонта. Поскольку поверка производится с целью определения

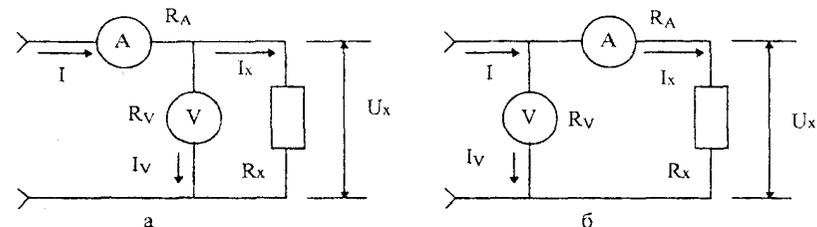


Рис.1.2. Два варианта включения амперметра и вольтметра при косвенном методе измерения сопротивления

Подключить схему к источнику постоянного тока типа Б5-46 (или другого типа). Изменяя выходное напряжение источника от 0,5 до 7,0 В через 0,5 В, записать в табл.1.4. показания амперметра и вольтметра. Рассчитать по закону Ома значения сопротивлений и занести их в табл.1.4.

Собрать схему, показанную на рис. 1.2б. Изменяя выходное напряжение источника от 0 до 7,0 В через 0,1 В, записать в табл. 1.4. показания амперметра и вольтметра.

Таблица 1.4
Результаты измерения сопротивления методом амперметра - вольтметра по схеме рис. 1.2, а (рис. 1.2, б)

№ п/п	1	2		13	14
I, А					
U, В	0,5	1,0		6,5	7,0
$R_x=U/I, \text{ Ом}$					

Сравнить полученные результаты с результатом измерений пункта №2 и сделать соответствующий вывод.

5. Измерение емкостей конденсаторов одного типонаминала методом амперметра-вольтметра.

Собрать схему, аналогичную схеме показанной на рис.1.2, а, где в качестве амперметра и вольтметра использовать приборы электромагнитной системы или цифровые аналоговые им, а вместо резистора подключить конденсатор с типонаминалом пункта №3 данных методических указаний.

Записать технические и метрологические характеристики используемых амперметра и вольтметра.

Подключить схему к рекомендуемому преподавателем генератору сигналов специальной формы, задав определенный вид и частоту сигнала (по указанию преподавателя). Изменяя выходное напряжение генератора, изменением амплитуды сигнала от 0 до 7,0 В через 0,5 В (или в другом диапазоне и с другим шагом по указанию преподавателя), записать в табл.5.(аналогичную таблице.1.4, но лишь для расчета емкости) показания амперметра и вольтметра. Рассчитать по закону Ома значения емкости, занести их в табл. 1.5, с учетом выражения $X_c = 1/\omega C$.

Собрать схему, аналогичную схеме показанной на рис.2, б, где в качестве амперметра и вольтметра использовать приборы электромагнитной системы или цифровые аналогичные им, а вместо резистора подключить конденсатор с типом номиналом пункта №3 данных методических указаний. Записать технические и метрологические характеристики используемых амперметра и вольтметра.

Подключить схему к рекомендуемому преподавателем генератору сигналов специальной формы, задав определенный вид и частоту сигнала (по указанию преподавателя). Изменяя выходное напряжение генератора, изменением амплитуды сигнала от 0 до 7,0 В через 0,5 В (или в другом диапазоне и с другим шагом по указанию преподавателя), записать в табл.1.5 (аналогичную табл. 1.4 , но лишь для расчета емкости) показания амперметра и вольтметра. Рассчитать по закону Ома значения емкости, занести их в табл. 1.5, с учетом выражения $X_c = 1/\omega C$.

5. Контрольные задания

1. Классификация измерительных сигналов.
2. Простейшие измерительные сигналы.
3. Сложные измерительные сигналы.
4. Математические модели измерительных сигналов.
5. Амплитудно-модулированные сигналы.
6. Наименования и математические описания различных значений переменных напряжений.
7. Понятие коэффициента формы и амплитуды.

6. Рекомендуемая литература

1. Метрология и электрорадиоизмерения телекоммуникационных системах: Учебник для вузов/ В.И.Нефёдов, В.И.Хакин, Е.В.Фёдорова и др.; Под ред.В.И.Нефёдова.-М.:Высш.шк., 2001.-383 с.
2. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учебн.пособие для вузов.-М.: Логос, 2000.-408 с.
3. Конспекты лекций.
4. Технические описания и инструкции по эксплуатации используемых генераторов и осциллографов.
5. Панфилов В. А. Электрические измерения. – М.: АCADEMA,2004.-285с.
6. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: Учебник для нач.проф. образования / С.А.Зайцев и др.ПрофОбрИздат,2002-464с.(455-456с.).
7. 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.:Высш.шк.,2001.-383 с.
8. Методы и средства измерений: Учебник для вузов/Г. Г. Ранеев, А. П. Тарасенко. –М.: Издательский центр «Академия», 2003.-336с.
9. Единицы физических величин: СБ. норм.-техн. документов. –М.: Изд. стандартов, 1987. -176с.

Не меняя длительности периода, зарисовать в одних и тех же координатных осях один период выходного напряжения генератора при скважности Q, равной 1,5; 2; 5 и 10.

При скважности сигнала, равной двум, провести измерение длительности переднего и заднего фронтов выходного импульса. Сравнить полученные данные с аналогичными результатами п.

5. Сделать выводы.

7. Исследование амплитудно-модулированного сигнала.

Подготовить к работе высокочастотный генератор класса Г4 согласно техническому описанию и инструкции по эксплуатации. Перевести его в режим работы с внутренней амплитудной модуляцией. Установить коэффициент модуляции равным $K_m = 10\%$.

Изучение формы амплитудно-модулированного сигнала. Добиться устойчивого изображения на экране осциллографа двух периодов модулирующего сигнала. Зарисовать их в масштабе на миллиметровой бумаге. Сделать аналогичные рисунки при коэффициенте модуляции, равном 0, 25, 50, 75 и 100%,

Измерение коэффициента модуляции амплитудно-модулированного сигнала. По зарисованным в предыдущем пункте осциллограммам рассчитать коэффициент модуляции $K_{мр}$. Результаты расчетов занести в табл. 3.2.

Рассчитать погрешность определения коэффициента модуляции. Сделать выводы.

Таблица 3.2.

Результаты расчета коэффициента модуляции

$K_m, \%$	0	10	25	50	75	100
$K_{мр}, \%$						
$\delta = 100\% (1 - K_{мр} / K_m)$						

Таблица 1.5

Результаты измерения емкости методом амперметра - вольтметра по схеме рис. 1.2, а (рис. 1.2, б)

№ п/п	1	2		13	14
I, A					
U, В	0,5	1,0		6,5	7,0
C, хФ					

5. Контрольные задания

1. Классификация резисторов.
2. Основные параметры резисторов и конденсаторов.
3. Правила маркировки резисторов и конденсаторов.
4. Правила безопасной работы с мультиметром.
5. Правила и порядок работы с мультиметром при измерении сопротивлений и емкостей.
6. Режимы работы мультиметра.
7. Методы измерения параметров R, L, C элементов.
8. Основные этапы обработки результатов многократных электрических измерений.
9. Правила построения гистограммы, полигона и куммулятивной кривой.
10. Сущность метода амперметра-вольтметра при измерении электрорадиоэлементов.

6. Рекомендуемая литература

1. Терещук Р. М. , Терещук К. М. , Седов С. А. Полупроводниковые приемноусилительные устройства. Справочник радиолюбителя.-Киев.: Наукова Думка, 1987.-799 с
2. Панфилов В. А. Электрические измерения. – М.: АCADEMA, 2004.-285с.
3. 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.:Высш.шк.,2001.-383 с.

4. Методы и средства измерений: Учебник для вузов/Г. Г. Ранеев, А. П. Тарасенко. –М.: Издательский центр «Академия», 2003.-336с.

5. Единицы физических величин: СБ. норм.-техн. документов. –М.: Изд. стандартов, 1987. -176с.

6. Деньгов. В. М., Смирнов В. Г. Единицы величин: Словарь справочник.- М.: Изд. стандартов, 1990. -240с.

3. Исследование линейного знакопеременного сигнала. Повторить действия, описанные в п. 2 для линейного знакопеременного сигнала.

4. Исследование пилообразного сигнала.

Повторить действия, описанные в п. 2 для пилообразного сигнала.

5. Исследование прямоугольного сигнала (меандра). Повторить действия, описанные в п. 2 для прямоугольного сигнала. Установить на экране осциллографа устойчивое изображение положительного периода прямоугольного сигнала. Уменьшая коэффициент развертки ручкой "Время/дел.", добиться устойчивого переднего фронта сигнала. Зарисовать его в масштабе на миллиметровой бумаге.

Органами управления синхронизацией развертки добиться устойчивого изображения заднего фронта сигнала. Зарисовать его в масштабе на миллиметровой бумаге.

Измерить передний и задний фронты сигнала. Сравнить их со значениями, нормированными для используемого генератора, которые приведены в его техническом описании.

6. Исследование последовательности прямоугольных импульсов.

Подготовить к работе генератор импульсов класса Г5 согласно его техническому описанию и инструкции по эксплуатации.

Установить органами управления генератора заданные преподавателем значения периода T , длительности τ и амплитуды U_m выходных импульсов. Подключить выход генератора ко входу осциллографа. Добиться устойчивого изображения на экране осциллографа двух периодов исследуемого напряжения.

нейно изменяющегося (пилообразного) сигналов и занести их в табл.1.

Таблица 3.1

Коэффициенты формы, амплитуды и усреднения

Сигнал	k_f	k_A	k_y
			
			
			
			

2. Исследование синусоидального сигнала.

Подготовить к работе генератор сигналов специальной формы класса Г6 и осциллограф согласно их техническому описанию и инструкции по эксплуатации. Установить режим генерации синусоидального сигнала.

Установить органами управления генератора заданные преподавателем значения частоты f и амплитуды U_m выходного напряжения. Подключить выход генератора ко входу осциллографа. Добиться устойчивого изображения на экране осциллографа двух периодов синусоидального напряжения.

Зарисовать два периода сигнала в масштабе на миллиметровой бумаге. Измерить частоту и амплитуду напряжения.

Увеличить частоту в два раза. Зарисовать полученную осциллограмму в координатных осях предыдущего рисунка.

Уменьшить частоту в два раза. Зарисовать полученную осциллограмму в координатных осях предыдущего рисунка.

Рассчитать среднеквадратическое (действующее) и средневыпрямленное (постоянную составляющую) значение напряжения для всех трёх частот, сравнить их между собой и сделать выводы.

Основные сведения о резисторах.

Классификация резисторов. По виду вольтамперной характеристики (зависимость тока от приложенного напряжения) различают резисторы линейные (постоянного и переменного сопротивления) и нелинейные. В нелинейных резисторах в качестве токопроводящего элемента применяются разные полупроводниковые материалы. По конструкции резисторы подразделяются на пленочные, металлопленочные, металлооксидные, металлодиэлектрические, композиционные и полупроводниковые. По способу защиты резистивного элемента различают резисторы неизолированные, изолированные (лакированные), компаундированные, спрессованные пластмассой, герметизированные и вакуумированные.

В зависимости от назначения резисторы подразделяются на резисторы общего и специального применения. К резисторам общего применения не предъявляются повышенные требования в отношении точности их изготовления и стабильности параметров. К резисторам специального назначения можно отнести резисторы повышенной стабильности, высокочастотные, высокомегаомные, а также резисторы для микромодулей и микросхем.

Номинальное сопротивление резистора — значение сопротивления, которое должен иметь резистор в соответствии с нормативной документацией (ГОСТ, ТУ). Фактическое сопротивление каждого экземпляра резистора может отличаться от номинального, но не более чем на допустимое отклонение. Номинальные сопротивление резисторов постоянного сопротивления устанавливаются стандартом (см. табл. 1.).

Таблица 1

Ряды E номинальных емкостей конденсаторов и сопротивлений резисторов

Индекс ряда	Номинальные значения (единицы, десятки, сотни пикофарад, микрофарад, нанофарад, ом, килом, мегаом, гигаом)											
E3	1,0				2,2				4,7			
E6	1,0		1,5		2,2		3,3		4,7		6,8	
E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2
E24	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2
	1,0	1,3	1,6	2,0	2,4	3,0	3,6	4,3	5,1	6,2	7,5	9,1

Примечание. Ряды E представляют собой геометрическую прогрессию со знаменателем q_n , равным: для ряда E3

$$q_3 = \sqrt[3]{10} = 2,16; \text{ для E6 } q_6 = \sqrt[6]{10} = 1,47; \text{ для E12}$$

$$q_{12} = \sqrt[12]{10} = 1,21; \text{ для E24 } q_{24} = \sqrt[24]{10} = 1,1; \text{ для E48}$$

$$q_{48} = \sqrt[48]{10} = 1,05 \text{ и т.д.}$$

Конкретные значения сопротивлений получают умножением соответствующих чисел рядов на 10^n , где n —целое положительное или отрицательное число.

Номинальная мощность резистора — максимальная, мощность, которую резистор может рассеивать длительное время при непрерывной работе в заданных условиях (ГОСТ 21414—75).

Маркировка резисторов. На каждом непроволочном резисторе указываются номинальное сопротивление, допустимое отклонение сопротивления от номинального и тип резистора. Если уровень шумов резистора меньше 1 мкВ/В, на нем ставится буква А. Для резисторов новых типов принята система сокращенных обозначений. Постоянные резисторы обозначаются буквой С, переменные — буквами СП. Цифра, стоящая после букв, обозначает; 1 — углеродистый, 2 — металл пленочный или металлооксидный, 3 — пленочный композиционный, 4 — объемный композиционный, 5 —

$$Y_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T Y(t) dt; \quad Y_{свз} = \frac{1}{T} \int_0^T |Y(t)| dt;$$

$$Y_{свз} = \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T Y^2(t) dt + \sum_{k=0}^{\infty} Y_k^2}, \quad (3.7)$$

где Y_k — среднеквадратическое значение k -й гармоники сигнала $Y(t)$.

Среднее квадратическое значение сигнала является единственной истинной мерой его мощности. Для электрического сигнала — мерой его способности выделять теплоту. Эти значения очень широко используются в практике электрических измерений. Подавляющее большинство вольтметров проградуировано в средних квадратических значениях напряжения.

Связь между вышеперечисленными параметрами устанавливается при помощи ряда коэффициентов. Коэффициенты формы, амплитуды и усреднения

$$k_{\phi} = Y_{свз} / Y_{cp}; \quad k_a = Y_m / Y_{свз}; \quad k_y = Y_m / Y_{свз} = k_a k_{\phi}; \quad (3.8)$$

3. Подготовка к работе

При подготовке к работе ознакомиться с соответствующими разделами рекомендуемой литературы и конспектов лекций. Ответить на контрольные вопросы, приведенные в конце работы. Изучить правила работы и характеристики используемых измерительных генераторов.

4. Рабочее задание

1. Определение коэффициентов формы, амплитуды и усреднения. Используя формулы (3.1) - (3.4), (3.6), (3.7) рассчитать числовые значения коэффициентов формы, амплитуды и усреднения для синусоидального, прямоугольного (меандра), линейного знакопеременного и однополярного ли-

колебания; Ω - частота управляющего (модулирующего) сигнала.

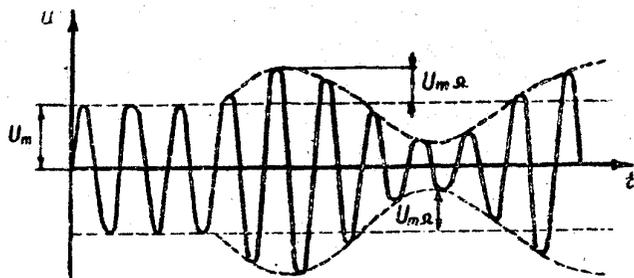


Рис.3.5. Амплитудно-модулированный сигнал

При частотной модуляции измерительная информация содержится в частоте модулированного сигнала. При фазовой модуляции модулирующий сигнал $X(t)$ воздействует на фазу несущего колебания.

Переменный периодический сигнал $Y(t)$ кроме совокупности мгновенных значений часто описывается несколькими общепринятыми обобщающими параметрами, характеризующими в целом период сигнала и называемым интегральными. Каждому закону изменения сигнала соответствуют определенные интегральные значения. К ним относятся параметры: амплитудное, среднее, средневыпрямленное и среднее квадратическое значения сигнала.

Амплитуда Y_m равна максимальному значению на периоде сигнала $Y(t)$. По сути своей амплитудное значение является мгновенным значением, а не интегральным.

Среднее Y_{cp} , средневыпрямленное $Y_{свз}$ и среднеквадратическое $Y_{скз}$ значения соответственно равны:

проволочный. После дефиса следует номер разработки резистора.

В зависимости от размеров резистора применяются полные или сокращенные (кодированные) обозначения номинального сопротивления и допустимых отклонений сопротивления от номинального. Кодированные обозначения предназначены для маркировки малогабаритных резисторов и состоят из трех или четырех знаков, включающие две или три цифры, и букву. Буква кода обозначает множитель, составляющий значение сопротивления, и определяет положение запятой десятичной дроби. Буквами R, K, M, G, T (E, K, M, G, T до 01.07.84) обозначаются множители $1, 10^3, 10^6, 10^9, 10^{12}$ соответственно для значения сопротивления, выраженного в омах. Например, 5,6 Ом - 5 R6; 150 Ом - 150 R (K15); 5,1 кОм - 5K1; 3,3 МОм - 3M3; 1,5 ГОм - 1G5. Кодированные обозначения допустимых отклонений сопротивления от номинального приведены в табл. 2. Кодированные обозначения сопротивления и допустимых отклонений маркируют на резисторе одной строчкой без разделительных знаков. В некоторых случаях обозначение допустимых отклонений маркируют под обозначением сопротивления.

Таблица 2

Кодированные обозначения допустимых отклонений емкости и сопротивления от номинальных

Допустимое отклонение, %	Кодированное обозначение		Допустимое отклонение, %	Кодированное обозначение		Допустимое отклонение, %	Кодированное обозначение	
	новое	старое		новое	старое		новое	старое
$\pm 0,001$	E	-	$\pm 0,25$	C*	-	± 30	N	Ф
$\pm 0,002$	L	-	$\pm 0,5$	D*	Д	-10...+30	Q	-
$\pm 0,005$	R	-	± 1	F*	Р	-10...+50	T	Э
$\pm 0,01$	P	-	± 2	G	Л	-10...+100	Y	Ю
$\pm 0,02$	U	-	± 5	J	И	-20...+50	S	Б
$\pm 0,05$	X	-	± 10	K	С	-20...+80	Z	А
$\pm 0,1$	B*	Ж	± 20	M	В	+100	-	Я

*Допустимые отклонения емкости, выраженные в пикофарадах, кодируются такими же буквами.

Старые обозначения типов резисторов состоят из букв. Первая буква обычно обозначает вид резистивного элемента; У — углеродистый, К — композиционный, М — металлопленочный, Б — бороуглеродистый; вторая — вид защиты резистивного элемента: Л — лакированный, Г — герметичный, Э — эмалированный, И — изолированный, В — вакуумированный; третья — особые свойства: Т — теплостойкий, П — прецизионный, В — высокоомный, М — малогабаритный, О — объемный, Н — низкоомный. Иногда вид резистивного элемента обозначается двумя буквами (МО — металлооксидный); вторая буква может указывать и на особые свойства (М — мегаомный, Т — теплостойкий).

Основные сведения о конденсаторах.

Электрический конденсатор представляет собой систему из двух электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и обладает способностью накапливать электрическую энергию.

Емкость конденсатора—электрическая емкость между электродами конденсатора, определяемая отношением накапливаемого в нем электрического заряда к приложенному напряжению. Емкость конденсатора зависит от материала диэлектрика, формы и взаимного расположения электродов.

Удельная емкость конденсатора — отношение емкости к массе (или объему) конденсатора.

Номинальная емкость конденсатора — емкость, которую должен иметь конденсатор в соответствии с нормативной документацией (ГОСТ или ТУ). Фактическая емкость каждого экземпляра конденсатора отличается от номинальной, но не более чем на допустимое отклонение. Значения номинальной емкости всех типов конденсаторов постоянной емкости (кроме вакуумных и сильноточных высокого напряжения) установлены стандартом согласно рекомендациям МЭК. Согласно этому стандарту номинальные емкости при допустимых отклонениях $\pm 5\%$ и более должны соответствовать числам, приведенным в

имеет такой характер, при котором затруднены его передача или образование.

Модуляцией называется физический процесс получения сигнала, математическое описание которого может быть получено заменой параметра в математическом описании модулируемого сигнала $Y(t)$ на функцию от модулирующего сигнала $X(t)$. Обычно эта функция, называемая законом модуляции, является линейной. Иначе говоря, модуляция - это воздействие сигнала измерительной информации $X(t)$ на какой-либо параметр стационарного сигнала $Y(t)$, обладающего такими физической природой и характером измерения во времени, при которых удобны его дальнейшие преобразования и передача. В качестве стационарного сигнала, называемого несущим, обычно выбирают синусоидальное (гармоническое) колебание или последовательность импульсов.

Наиболее простым модулированным гармоническим сигналом является амплитудно-модулированный сигнал, в котором измерительная информация содержится в амплитуде несущего синусоидального сигнала.

В случае амплитудной модуляции амплитуда несущего колебания изменяется по закону управляющего сигнала (рис.3.5.) Математически этот сигнал описывается соотношением:

$$u(t) = U_m [1 + m \cos(\Omega t + w)] \cos(\omega_r t + j) \quad (3.)$$

где U_m - амплитуда несущего (немодулированного) высокочастотного колебания частотой ω_r ;

$m = K_M = U_{m\Omega} / U_m$ - коэффициент (глубины) амплитудной модуляции, показывающий, на какую часть от своего среднего значения изменяется амплитуда высокочастотных колебаний в процессе модуляции. Коэффициент глубины . модуляции изменяется от 0 до 1 (или от 0 до 100%); $U_{m\Omega}$ - амплитуда огибающей амплитудно-модулированного высокочастотного

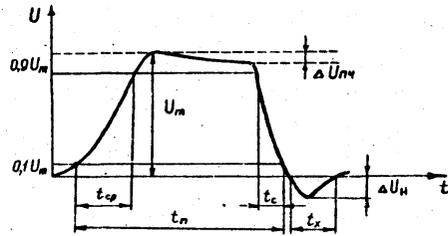


Рис.3.3. Основные параметры прямоугольных импульсов

Сигналы с линейными участками. Это прежде всего линейный знакопеременный сигнал и однополярный линейно изменяющийся (пилообразный) сигнал, показанные на рис. 3.4, а, б.

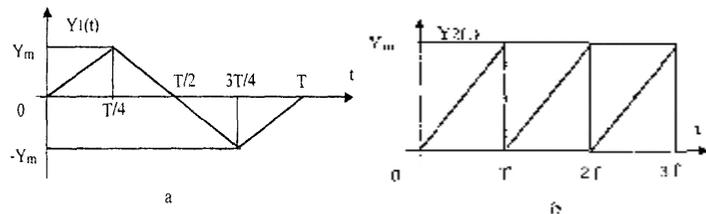


Рис.3.4. Линейный знакопеременный сигнал (а) и однополярный линейно изменяющийся (пилообразный) (б) сигнал

Они описываются формулами

$$Y_1(t) = \begin{cases} 4Y_m t/T, & n\pi t \in (0; T/4); \\ 4Y_m t/T(T/4 - t) + Y_m, & n\pi t \in (T/4; 3T/4); \\ 4Y_m t/T(t - 3T/4) - Y_m, & n\pi t \in (3T/4; 2T); \end{cases} \quad (3.4)$$

$$Y_2(t) = \begin{cases} Y_m \frac{t}{T}, & n\pi t \in (0; T/4); \\ 0, & n\pi t \in (T/2; T); \end{cases} \quad (3.5)$$

Модулированные сигналы. Модулированным сигналом называется сигнал, являющийся результатом процесса взаимодействия двух или более сигналов. Этот процесс называется модуляцией. Необходимость в модуляции возникает в том случае, когда сигнал измерительной информации $X(t)$

табл. 1, и числам, полученным путем умножения этих чисел на 10^n , где n — целое положительное или отрицательное число. Значения номинальной емкости конденсаторов с допускаемыми отклонениями меньше $\pm 5\%$ (за исключением конденсаторов с бумажным и пленочным диэлектриком в прямоугольных корпусах) выбираются из рядов E48, E96 и E192, рекомендованных МЭК. Значения номинальной емкости конденсаторов, установлены для каждого типа конденсатора.

Допустимое отклонение емкости от номинальной (допуск) характеризует точность значения емкости. Значения этих отклонений установлены ГОСТ в процентах для конденсаторов емкостью 10 пф и более и в пикофарадах для конденсаторов с меньшей емкостью.

Номинальное рабочее напряжение (или просто номинальное напряжение) конденсатора — максимальное напряжение, при котором конденсатор может работать в течение минимальной наработки в условиях, указанных в технической документации. Значения номинальных напряжений конденсаторов постоянной емкости установлены ГОСТ.

Электрическое сопротивление изоляции конденсатора — электрическое сопротивление конденсатора постоянному току, определяемое соотношением $R_{из} = U / I_{ут}$, где U — напряжение, приложенное к конденсатору, $I_{ут}$ — ток утечки, или проводимости. Сопротивление изоляции конденсаторов всех видов, кроме электролитических и полупроводниковых, весьма велико и выражается в мегаомах, гигаомах и даже тераомах. Его измеряют при нормальных климатических условиях (температура $25 \pm 10^\circ\text{C}$, относительная влажность 45...75%, атмосферное давление 86...106 кПа). С повышением температуры сопротивление изоляции уменьшается.

Частотные свойства. Емкость конденсатора зависит от частоты приложенного переменного напряжения. При изменении частоты изменяются диэлектрическая проницаемость

диэлектрика и степень влияния паразитных параметров — собственной индуктивности и сопротивления потерь. На высоких частотах любой конденсатор можно рассматривать как последовательный колебательный контур, образуемый емкостью C , собственной индуктивностью L_c и сопротивлением потерь R_n . Резонанс этого контура наступает на частоте $f_p = 1/2p\sqrt{L_c C}$. При $f > f_p$ конденсатор в цепи переменного тока ведет себя как катушка индуктивности. Следовательно, конденсатор целесообразно использовать лишь на частотах $f < f_p$, на которых его сопротивление носит емкостной характер. Обычно максимальная рабочая частота конденсатора примерно в 2...3 раза ниже резонансной.

Характер частотной зависимости действующей емкости конденсатора СД (с учетом влияния параметров LC и RP) в диапазоне часто от нуля до f_p обуславливается соотношением параметров C , LC и RP .

В большинстве случаев C_d уменьшается с ростом частоты во всем указанном диапазоне частот. Однако вблизи резонансной частоты она всегда уменьшается и стремится к нулю.

Тангенс угла потерь ($tg \delta$) конденсатора — отношение активной мощности конденсатора к его реактивной мощности при синусоидальном напряжении определенной частоты (ГОСТ 21415—76). Активная мощность конденсатора характеризует потери энергии в нем, обусловленные проводимостью диэлектрика, нагревом металлических элементов, контактов между электродами и выводами и другими явлениями. В конденсаторах малой мощности, для которых допустимая реактивная мощность составляет не более сотен вольтампер, потери в основном определяются потерями в диэлектрике.

Допустимая амплитуда переменного напряжения на конденсаторе $U_{m доп}$ — амплитуда переменного напряжения, при которой потери энергии в конденсаторе не превышают

Параметрами такого сигнала являются: амплитуда Y_m ; период T (или частота $f=1/T$, или круговая частота ω) и начальная фаза ϕ .

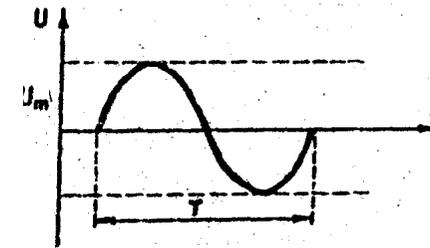


Рис.3.1. Изображение гармонического сигнала

Последовательность прямоугольных импульсов.

Последовательность прямоугольных импульсов есть сумма одиночных импульсов

$$Y(t) = \sum_{k=1}^n Y_m [1(t - t_k) - 1(t - t_k - t)] \quad (3.3)$$

Для ее описания необходимо знать три параметра: амплитуду Y_m , длительность τ и период T . Отношение периода к длительности прямоугольного импульса называется *скважностью*, а обратная величина — *коэффициентом заполнения*. При скважности, равной двум, последовательность импульсов называют *меандром*.

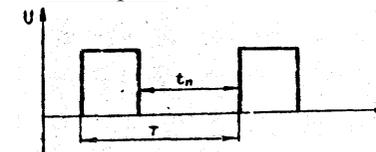


Рис. 3.2. Параметры последовательности прямоугольных импульсов

Идеальные прямоугольные импульсы в природе не встречаются. В реальных импульсах время изменения сигнала от нулевых до амплитудных значений (и обратно) всегда имеет конечную длительность, т.е. у импульса имеются передний τ_f и задний τ_c (срез) фронты.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 «ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ И ИХ ИСТОЧНИКОВ»

Цель работы: изучение наиболее часто используемых измерительных сигналов, их параметров и характеристик. Ознакомление с основными типами измерительных генераторов.

1. Объект и средства исследования

Объектом исследования являются электрические сигналы различных форм. Средствами исследования - измерительные генераторы различных марок и электронный осциллограф.

2. Основные определения и расчетные формулы

Сигнал - это материальный носитель информации, представляющий собой некоторый физический процесс, один из параметров которого функционально связан с измеряемой физической величиной. Такой параметр называют информативным. Измерительный сигнал - это сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине.

Постоянный сигнал является самым простым из элементарных сигналов и описывается математической моделью вида $Y = A$, где A - единственный параметр сигнала.

Единичная и дельта функции описываются соответственно уравнениями

$$1(t-t_0) = \begin{cases} 0, & nput < t_0; \\ 1, & nput \geq t_0. \end{cases} \quad d(t-t_0) = \begin{cases} 0, & nput \neq t_0; \\ \infty, & nput = t_0. \end{cases} \quad (3.1)$$

Они имеют один параметр - момент времени, t_0 .

Гармонический сигнал описывается уравнением:

$$Y(t) = Y_m \sin(\omega t + j) = Y_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + j\right). \quad (3.2)$$

допустимых. Значения $U_{\text{мдоп}}$ приводятся в справочниках или определяются по формуле:

$$U_{\text{мдоп}} = \sqrt{\frac{P_{\text{р доп}}}{pfC}},$$

где $P_{\text{р доп}}$ - допустимая реактивная мощность, В·А; f - частота переменного напряжения на конденсаторе, Гц; C - емкость конденсатора, Ф. Превышение $U_{\text{мдоп}}$ может вызвать тепловой пробой диэлектрика и другие нежелательные явления.

Стабильность параметров конденсатора. Электрические свойства и срок службы конденсатора зависят от условий эксплуатации (воздействие тепла, влажности, радиации, вибраций, ударов и др.). Влияние тепла проявляется в изменении емкости и добротности конденсатора, а также электрической прочности.

Температурный коэффициент емкости характеризует обратимые изменения емкости конденсатора с изменением температуры. Он представляет собой отношение производной от емкости по температуре к емкости конденсатора. Практически ТКЕ определяют как относительное изменение емкости конденсатора при изменении температуры на 1 °С.

Классификация конденсаторов возможна по разным признакам. Целесообразнее всего классифицировать их по роду диэлектрика. Сокращенные обозначения, позволяющие определить, к какому типу. Относится конкретный конденсатор, содержат три элемента. Первый элемент (одна или две буквы) обозначает группу конденсаторов: К— Конденсатор постоянной емкости; КТ — конденсатор подстроечный;

КП — конденсатор переменный. Второй элемент — число, обозначающее разновидность конденсаторов: 1 — вакуумный; 2 — воздушный; 3 — с газообразным диэлектриком; 4 — с твердым диэлектриком; 10 — керамические на номинальное напряжение до 1600 В; 15 — керамические на номинальное напряжение 1600 В и выше; 20 — кварцевые; 21 — стеклянные;

22 — стеклокерамические; 23—стеклоэмалевые; 31 — слюдяные малой мощности; 32 — слюдяные большой мощности; 40 — бумажные на номинальное напряжение до 2 кВ с обкладками из фольги; 41 — бумажные на номинальное напряжение 2 кВ и выше с обкладками из фольги; 42 — бумажные с металлизированными обкладками; 50 — электролитические фольговые алюминиевые; 51 — электролитические фольговые танталовые, ниобиевые и др.; 52 — электролитические объемно-пористые; 53 — полупроводниковые оксидные; 54 • металлические оксидные; 60 — воздушные; 61 — вакуумные; 71 — полистирольные; 72 — фторопластовые; 73 — полиэтилентерефталатные; 75 — комбинированные; 76 — лакопленочные; 77 — поликарбонатные. Третий элемент — порядковый номер конденсатора, присваиваемый при разработке.

Маркировка конденсаторов. На конденсаторах достаточно большого размера обозначаются тип, номинальная емкость и допустимое отклонение емкости от -номинальной в процентах, номинальное напряжение, марка завода-изготовителя, месяц и год выпуска. Если конденсатор данного типа выпускается только одного класса точности, то допуск не маркируют. На слюдяных и некоторых других конденсаторах указывают группу ТКЕ.

Для маркировки конденсаторов применяются обозначения, установленные ГОСТ. В зависимости от размеров конденсатора применяются полные или сокращенные (кодированные) обозначения. Полное обозначение номинальной емкости должно состоять из значения номинальной емкости и обозначения единицы измерения. Кодированное обозначение номинальной емкости должно состоять из трех или четырех знаков, включающих две или три цифры и букву. Буква кода обозначает множитель, составляющий значение емкости, и определяет положение запятой десятичной дроби. Буквами р, n,

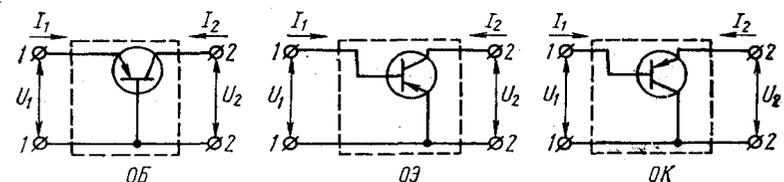


Рис. 3. Схемы включения биполярного транзистора

В соответствии с теорией четырехполюсников входные и выходные напряжения и токи (U_1, I_1 и U_2, I_2) однозначно связаны между собой системой уравнений, содержащей четыре параметра четырехполюсника.

Система *h-параметров* получила широкое распространение, так как при измерении этих параметров требуется воспроизведение холостого хода на входе ($I_1=0$) или короткого замыкания на выходе ($U_2=0$), что легко выполнять, о этой системе параметров уравнения четырехполюсника записываются в виде:

$$U_1 = h_{11}I_1 + h_{12}U_2; I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}U_2.$$

Все *h* – параметры имеют определенный физический смысл: $h_{11}=U_1/I_1$ – входное сопротивление транзистора при короткозамкнутом выходе ($U_2=0$); $h_{12}=U_1/U_2$ – коэффициент обратной связи по напряжению при разомкнутом по переменному току входе ($I_1=0$); $h_{21}=I_2/I_1$ – коэффициент передачи тока при короткозамкнутом выходе ($U_2=0$); $h_{22}=I_2/U_2$ – выходная проводимость при разомкнутом по переменному току входе ($I_1=0$).

обозначения — буква русского алфавита, определяющая классификацию по параметрам приборов, изготовленных по единой технологии. Например: транзистор, предназначенный для устройств широкого применения, германиевый, низкочастотный, малой мощности, номер разработки 25, группа В — ГТ125В. В качестве дополнительных элементов обозначения для наборов в общем корпусе однотипных приборов, не соединенных электрически или соединенных одноименными выводами, после обозначения типа прибора используется буква С.

Малосигнальные параметры характеризуют работу транзистора при воздействии малого сигнала, т. е. сигнала, возрастание амплитуды которого в 1,5 раза приводит к незначительному изменению параметра (обычно не более чем на 10 %). При воздействии малого сигнала транзистор рассматривают как линейный активный несимметричный четырехполюсник (рис. 2), у которого один из зажимов всегда является общим для входа и выхода. В зависимости от того, какой из электродов транзистора подключен к общему зажиму, различают включения с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором. Варианты схем включения транзистора приведены на рис. 3.

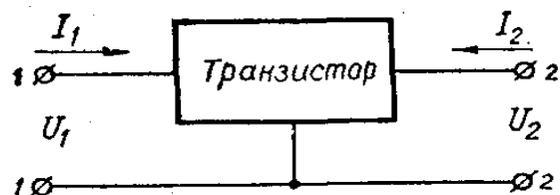


Рис. 2. Схема четырехполюсника, эквивалентного транзистору.

μ , m , F обозначаются множители 10^{-12} , 10^{-9} , 10^{-6} , 10^{-3} , 1 соответственно для значений емкости, выраженных в фарадах. Например, 5,6 пФ – 5р6; 150 пФ – 150р (n15); 3,3нФ – 3н3; 2,2 мкФ – 2 μ 2; 10мФ – 10m. Кодированные обозначения допустимых отклонений емкости от номинальной приведены в табл. 2.

Полное обозначение номинального напряжения конденсатора составляется из значения номинального напряжения и обозначения единицы измерения (V — для напряжений до 800 В, kV — для напряжений 1 кВ и выше). Кодированные обозначения номинального напряжения конденсаторов приведены в табл. 3. Полные и кодированные обозначения групп по температурной стабильности емкости приводятся в специальной таблице.

Таблица 3
Кодированные обозначения номинального напряжения конденсаторов.

Номинальное напряжение, В	Кодированное обозначение	Номинальное напряжение, В	Кодированное обозначение	Номинальное напряжение, В	Кодированное обозначение
1,0	I	25	G	160	Q
1,6	P	32	H	200	Z
2,5	M	40	S	250	W
3,2	A	50	J	315	X
4,0	C	63	K	350	T
6,3	B	80	L	400	Y
10	D	100	N	450	U
16	E	125	P	500	V
20	F				

Кодированные обозначения номинальной емкости и допустимых отклонений емкости маркируют на конденсаторе одной строчкой без разделительных знаков. На малогабаритные конденсаторах обозначение допустимых отклонений емкости может быть в другой строчке (под обозначением номинальной ёмкости). Кодированные обозначения других данных проставляют после буквы, обозначающей допустимые

отклонения емкости, в порядке, установленном ГОСТ или ТУ на конкретные конденсаторы.

Для маркировки группы ТКЕ использовался также цветной код — окраска корпуса в определенный цвет, а для маркировки допустимых изменений емкости при изменении температуры — цветной код в виде точки определенного цвета (табл. 4).

Таблица 4

Допустимое изменение емкости конденсаторов с диэлектриком из низкочастотной керамики относительно емкости при 20 °С в диапазоне температур от —60 до +85 С

Группа	Допустимое изменение емкости, %	Маркировка	
		Цвет точки на корпусе оранжевого цвета	Буква
H10	±10	Черный	B
H20	±20	Красный	Z
H30	±30	Зеленый	D
H50	±50	Синий	X
H70	±70	-	E
H90	±90	Белый	F

Классификация. Транзисторы классифицируются по исходному материалу, рассеиваемой мощности, диапазону рабочих частот, принципу действия.

В зависимости от исходного материала их делят на две группы: германиевые и кремниевые. Германиевые транзисторы работают в интервале температур от —60 до +78...85 °С, кремниевые — от —60 до +120...150 °С. По диапазону рабочих частот их делят на транзисторы низких, средних и высоких частот, по мощности — на классы транзисторов малой, средней и большой мощности. Транзисторы малой мощности делят на шесть групп: усилители низких и высоких частот, малошумящие усилители, переключатели насыщенные, ненасыщенные и малотоковые (прерыватели); транзисторы большой мощности — на три группы: усилители, генераторы, переключатели. По диапазону рабочих частот транзисторы делятся на низкочастотные, высокочастотные, сверхвысокочастотные. По принципу действия: униполярные, биполярные, однопереходные. По технологическому признаку различают транзисторы сплавные, сплавно-диффузионные, диффузионно-сплавные, планарные, эпитаксиальные, конверсионные, эпитаксиально-планарные.

Обозначение типа биполярных транзисторов установлено отраслевым стандартом ОСТ 11 336.919—81. **Первый элемент** обозначает исходный материал, из которого изготовлен прибор: германий или его соединения — Г; кремний или его соединения — К', соединения галлия — А. **Второй элемент** — подкласс полупроводникового прибора. Для биполярных транзисторов вторым элементом является буква Т. **Третий элемент** — назначение прибора (обозначается цифрой 1-9). **Четвертый элемент** — двузначное число от 01 до 99, обозначающее порядковые номера разработки типа прибора. Допускается использовать трехзначное число от 101 до 999 при условии, что порядковый номер разработки превышает 99. **Пятый элемент**

коллектором, а соответствующий электронно-дырочный переход — коллекторным.

При использовании транзистора в схемах на его переходы подают внешнее напряжение (рис.1).

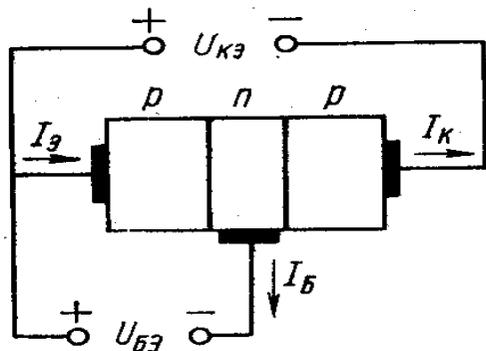


Рис. 1. Структура транзистора и схема подачи напряжений на его электроды.

В зависимости от полярности напряжений каждый из переходов может быть включен либо в прямом, либо в обратном направлении. Соответственно различают три режима работы транзистора: режим отсечки, когда оба перехода заперты; режим насыщения, когда оба перехода отперты; активный режим, когда эмиттерный переход частично отперт, а коллекторный заперт. Если же эмиттерный переход смещен в обратном направлении, а коллекторный — в прямом, то транзистор работает в обратном (инверсном) включении.

В основном транзистор используют в активном режиме, где для смещения эмиттерного перехода в прямом направлении на базу транзистора типа $p - n - p$ подают отрицательное напряжение относительно эмиттера, а коллектор смещают в обратном направлении подачей отрицательного напряжения относительно эмиттера. Напряженность на коллекторе обычно в несколько раз больше напряженности на эмиттере.

Руководство по эксплуатации цифрового мультиметра серии М890

1. Информация по безопасности

Этот мультиметр разработан в соответствии со стандартами на электронные измерительные инструменты с категорией перегрузки (CAT II) и степенью загрязнения 2. Для обеспечения безопасной и безотказной работы придерживайтесь инструкций по безопасности и эксплуатации.

1.1. Введение

- При работе с мультиметром пользователь должен соблюдать все обычные правила безопасности, касающиеся:

- Защиты от опасности поражения электрическим током;
- Защиты от неправильного использования мультиметра;
- Полное соответствие стандартам безопасности может гарантироваться только в случае использования мультиметра с комплектными щупами. При необходимости они могут быть заменены проводами того же или подобного типа. Щупы должны храниться в надлежащем состоянии.

1.2. В процессе использования

- Никогда не превышайте предельных величин защиты, указанных в спецификациях для каждого диапазона измерений.

- Когда мультиметр присоединен к контролируемой цепи, не касайтесь неиспользуемых выводов.

- Если диапазон измеряемых величин заранее неизвестен, установите переключатель на высший предел.

- Перед вращением переключателя с целью изменения функции отсоедините щупы от контролируемой цепи.

- Никогда не проводите контроль сопротивления в цепях, находящихся под напряжением.

- Всегда будьте осторожны при работе с напряжением выше 60 В постоянного тока или 30 В переменного тока. Пальцы

Общие сведения о транзисторах

Биполярный транзистор—это полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими переходами и тремя или более выводами, усилительные свойства которого обусловлены явлениями инжекции и экстракции неосновных носителей заряда. Особенность транзистора состоит в том, что между его электронно-дырочными переходами существует взаимодействие — ток одного из переходов может управлять током другого. Такое управление возможно, потому, что носители/ заряда, инжектированные через один из электронно-дырочных переходов, могут дойти до другого перехода, находящегося под обратным напряжением, и изменить его ток. Основанием биполярного транзистора служит пластина полупроводника, называемая базой. С двух сторон в нее вплавлена примесь, создающая области с проводимостью, отличной от проводимости базы. Таким образом, получают транзистор типа $n - p - n$, когда крайние области являются полупроводниками с электронной проводимостью, а средняя — полупроводником с дырочной проводимостью и транзистор типа $p - n - p$, когда крайние области являются полупроводниками с дырочной" проводимостью, а средняя — полупроводником с электронной проводимостью. Примыкающие к базе области чаще всего делают неодинаковыми. Одну из областей изготавливают так, чтобы из нее наиболее эффективно происходила инжекция носителей в базу, а другую — так, чтобы соответствующий электронно-дырочный переход · наилучшим образом осуществлял экстракцию инжектированных носителей из базы. Область транзистора, основным назначением которой является инжекция носителей в базу, называют эмиттером, соответствующий электронно-дырочный переход — эмиттерным. Область транзистора, основным назначением которой является экстракция носителей из базы, называют

ваших рук при измерении не должны переходить границ, отмеченных на щупах.

- Перед установкой транзисторов для проверки убедитесь в том, что щупы отсоединены от контролируемой цепи.

- Никакие устройства не должны быть присоединены к разъему $h_{21э}$,

гнездам для контроля емкости или температуры при контроле напряжения с помощью щупов.

1.3 Символы-обозначения безопасности

 Важная информация по безопасности, обращайтесь к руководству по эксплуатации

 Возможно присутствие опасного напряжения

 Заземление

 Двойная изоляция (класс защиты II)

 Плавкий предохранитель может быть заменен на тип предохранителя, указанный в руководстве.

1.4 Обслуживание

- Перед вскрытием корпуса всегда отсоединяйте щупы от всех источников электрического тока.

- Для защиты от возгорания заменяйте плавкий предохранитель только предохранителем указанного напряжения и тока: F 200 мА/250 В (быстродействующий)

- Если замечены какие-либо ошибки или неисправности, мультиметр больше не может использоваться, необходима его проверка.

- Никогда не пользуйтесь мультиметром с открытой и незакрепленной задней крышкой.

- Уход за мультиметром должен осуществляться только с применением влажной тряпки и мягкого моющего средства. Нельзя использовать абразивные вещества и растворители.

2. Описание

Основные параметры. *Постоянное прямое напряжение V* — постоянное напряжение на диоде при заданном постоянном прямом токе. *Постоянное обратное напряжение $U_{обр.}$* — постоянное напряжение, приложенное к диоду в обратном направлении. *Постоянный прямой ток $I_{пр}$* — постоянный ток, протекающий через

диод в прямом направлении. *Постоянный обратный ток $I_{обр}$* — постоянный ток, протекающий через диод в обратном направлении при заданном обратном напряжении. Средний прямой ток $I_{пр.ср.}$ - среднее за период значение прямого тока диода. *Средний выпрямленный ток диода $I_{пр.ср.}$* - среднее за период значение прямого и обратного токов. *Дифференциальное сопротивление диода $r_{диф}$* — отношение малого приращения напряжения диода к малому приращению тока в нем при заданном режиме.

Предельно, допустимые параметры. К ним относятся: максимально допустимое постоянное обратное напряжение $U_{обр. max}$, максимально допустимый прямой ток $I_{пр. max}$, максимально допустимый средний прямой ток $I_{пр. ср. max}$, максимально допустимый средний выпрямленный прямой ток $I_{вп. ср. max}$, максимально допустимая средняя рассеиваемая мощность $P_{ср. max}$.

В таблице 1 показаны функции, выполняемые различными типами мультиметров одной серии.

Таблица 1
Сравнительная таблица функций мультиметров серии M890

Функция \ Тип мультиметра	M890C+	M890D	M890F	M890G
Напряжение постоянного и переменного тока	*	*	*	*
Постоянный и переменный ток	*	*	*	*
Сопротивление	*	*	*	*
Прозвонка	*	*	*	*
Емкость	*	*	*	*
$h_{21э}$	*	*	*	*
Температура	*			*
Частота			*	*

Органы управления и коммутации:

1. Кнопка включения/выключения
2. Дисплей на жидких кристаллах
3. Разъем проверки транзисторов
4. Поворотный переключатель
5. Разъем контроля емкости
6. Входные гнезда
7. Разъем контроля температуры

3. Особенности

Кнопочный выключатель «ВКЛЮЧЕНИЕ-ВЫКЛЮЧЕНИЕ».

32-х позиционный поворотный переключатель для выбора функций и диапазона.

Высокая чувствительность 100 мкВ.

Автоматическая индикация полярности в диапазоне постоянного тока (DC)

Автоматическая индикация перегрузки с обозначением на дисплее "1".

Все диапазоны защищены от перегрузок.

Проверка полупроводников фиксированной величиной тока 1 мА. Контроль емкости в пределах 1 пф-20 мкф. Контроль сопротивления в пределах 0,1 Ом-200 МОм.

Проверка h_{21} транзисторов током базы – 10мкА.

Контроль температуры с использованием или без использования термопары.

4. Инструкции по эксплуатации

4.1 Контроль напряжения

1. Присоедините черный щуп к гнезду COM, а красный к гнезду V/Ω.

2. Установите перевернутый переключатель в требуемый диапазон $\sqrt{\text{---}}$ или V~ и присоедините щупы к источнику напряжения. Полярность соединения красного щупа будет указана вместе с величиной напряжения при контроле напряжения постоянного тока. 3. Когда дисплей показывает только "1", это говорит о ситуации перегрузки, в таком случае необходимо выбрать более высокий предел измерений.

4.2 Контроль тока

1. Присоедините черный щуп к гнезду COM, а красный к гнезду mA для контроля максимального тока 200 мА. Для контроля максимального тока 10 А подсоедините красный щуп к гнезду 10 А.

2. Установите поворотный переключатель в требуемый диапазон A--- или A~ и подсоедините щупы последовательно с нагрузкой.

Полярность соединения красного щупа будет указана вместе с величиной тока при контроле постоянного тока. 3. Если дисплей показывает только "1", это указывает на перегрузку, в этом случае должен быть выбран более высокий предел.

Примечание: В режиме контроля токов ЗАПРЕЩАЕТСЯ подключать мультиметр параллельно источникам напряжения (элементы питания, аккумуляторы, трансформаторы, сеть переменного тока).

поэтому пробивное напряжение уменьшается с повышением температуры. Верхний предел диапазона рабочих температур германиевых диодов составляет 75—85 °С. Существенным недостатком германиевых диодов является их высокая чувствительность к кратковременным импульсным перегрузкам.

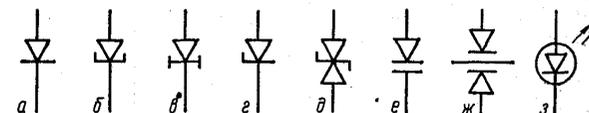


Рис. 2. Условное графическое обозначение полупроводниковых диодов: а — диод, выпрямительный блок; б — туннельный диод; в — обращенный диод; г—стабилитрон односторонний; д—стабилитрон двусторонний; е-варикап; ж—варикапная матрица; з—светодиод.

Кремниевые плоскостные диоды рассчитаны на прямые токи от десятых долей ампера до десятков ампер при падении напряжений до 1.5 В. С увеличением температуры прямое падение напряжения на нем уменьшается. Пробой кремниевых диодов имеет лавинный характер, поэтому пробивное напряжение повышается с увеличением температуры. Верхний предел диапазона рабочих температур кремниевых диодов достигает 125 °С. Допустимое обратное напряжение кремниевых диодов (до 1600 В) значительно превосходит аналогичный параметр германиевых диодов.

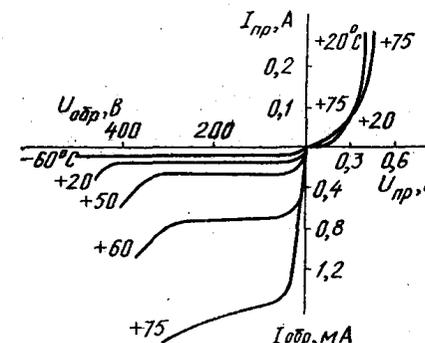


Рис.3. Вольт-амперные характеристики диодов

Примеры обозначения: **ГД412А** — диод полупроводниковый универсальный, предназначенный для устройств широкого применения, германиевый, номер разработки 12, группа А; **КС168А** — стабилитрон полупроводниковый, предназначенный для устройств широкого применения, кремниевый, мощностью не более 0,3 Вт, с напряжением стабилизации 6,8 В, последовательность разработки А; **КДС523А** — набор полупроводниковых приборов, дискретным элементом которого является импульсный диод, предназначенный для устройств широкого применения, кремниевый, с временем восстановления обратного сопротивления более 150 нс, номер разработки 23, группа А.

Для полупроводниковых диодов с малыми размерами корпуса используется цветная маркировка.

Обозначение параметров полупроводниковых диодов установлено ГОСТ 25529—82. Условное графическое обозначение полупроводниковых диодов приведено на рис.2 (ГОСТ 2.730—73).

Выпрямительные полупроводниковые диоды предназначены для выпрямления переменного тока низкой частоты (обычно менее 50 кГц). В качестве выпрямительных используют плоскостные диоды, допускающие благодаря значительной площади p — n -перехода, большой выпрямленный ток. Германиевые плоскостные диоды рассчитаны на прямые токи от десятых долей ампера до десятков ампер при падении напряжения до 0,5 В. Вольтамперная характеристика германиевого диода, выражающая зависимость тока, протекающего через диод, от значения и полярности приложенного к нему напряжения, изображена на рис. 3. Температурная зависимость прямого падения напряжения различна при малых и больших для данного типа диода токах. Обратные токи в значительной степени зависят от температуры перехода. Пробой германиевых диодов имеет тепловой характер,

4.3 Контроль сопротивления

1. Присоедините черный щуп к гнезду СОМ, а красный к гнезду V/Ω. (Полярность красного щупа +).
2. Установите поворотный переключатель в требуемое положение и подсоедините щупы к контролируемому сопротивлению.

Примечание:

1. Если контролируемое сопротивление превышает максимальную величину выбранного предела или вход не подсоединен, дисплей показывает перегрузку - "1".
2. При проверке сопротивления в цепи убедитесь в том, что цепь обесточена, и что все емкости полностью разряжены.
3. Для контроля сопротивления свыше 1 МОм может понадобиться несколько секунд, прежде чем дисплей мультиметра даст стабильное показание, это является обычным при контроле больших сопротивлений.
4. В диапазоне 200 МОм при замороченных щупах дисплей может показывать до 10 единиц счета. Это число необходимо вычитать из результатов. Например, при контроле сопротивления 100 МОм дисплей показывает 101,0, а при замороченных щупах 1,0, точный результат подсчитывается и составляет $101,0 - 1,0 = 100,0$ МОм.

4.4 Контроль емкости

1. Установите поворотный переключатель в требуемое положение F.
2. Перед тем, как вставить конденсатор в разъем для контроля емкости, убедитесь в том, что конденсатор полностью разряжен.

4.5 Контроль частоты

1. Подсоедините черный щуп к гнезду СОМ, а красный к гнезду V/Ω/F.
2. установите поворотный переключатель в положение кГц и подсоедините щупы к источнику или нагрузке.

Примечание:

1. Не прикладывайте ко входу более 250 В, работа возможна при напряжении выше 10В, однако погрешности могут превышать указанные в спецификации.

2. В условиях внешних шумов и для контроля слабых сигналов рекомендуется применять экранированные кабели.

4.6 Проверка полупроводников

1. Подсоедините черный щуп к гнезду COM, а красный к гнезду V/Ω/F.

(Полярность красного щупа +).

2. Установите поворотный переключатель в положение  и подсоедините красный щуп к аноду, а черный к катоду контролируемого полупроводника. Дисплей прибора покажет примерную величину прямого падения напряжения на полупроводнике. Если контакты поменять местами, дисплей покажет только "1".

4.7 Проверка транзисторов

1. Установите поворотный переключатель в положение $h_{21э}$.

2. Определите какого типа транзистор - NPN или PNP и расположение выводов эмиттера, базы и коллектора. Вставьте выводы транзистора в соответствующие разъемы.

3. Мультиметр покажет примерную величину $h_{21э}$ при базовом токе 10 мкА и напряжении К-Э 2,8В.

4.8 Прозвонка

1. Подсоедините черный щуп к гнезду COM, а красный к гнезду V/Ω/F. (Полярность красного щупа - «+»).

2. Установите поворотный переключатель в положение

 и подсоедините щупы к проверяемой цепи. Если сопротивление цепи менее, чем 50 Ом, будет звучать встроенный зуммер.

4.9 Контроль температуры

условии, если порядковый номер разработки превышает 99. **Пятый элемент** обозначения — буква русского, алфавита, определяющая классификацию по параметрам приборов, изготовленных по единой технологии. В качестве дополнительных элементов обозначения для наборов в общем корпусе однотипных приборов, не соединенных электрически или соединенных одноименными выводами, после обозначения типа прибора используется буква С.

В обозначениях полупроводниковых диодов, разработанных до 1964 г., **первый элемент** — буква Д, характеризующая весь класс полупроводниковых диодов; **второй элемент** — число, характеризующее назначение прибора; **третий элемент** — буква, указывающая разновидность прибора.

С 1964 г. по 1973 г. в соответствии с ГОСТ 10862—64, а с 1973 г. по 1977 г. в соответствии с ГОСТ 10862—72 разрабатываемым приборам присваивались **обозначения по следующей системе.** **Первый элемент** обозначения определяет исходный материал на основе которого изготовлен прибор: германий — Г; кремний — К; арсенид галлия — А. **Второй элемент** обозначения — буква, характеризующая подкласс приборов: Д — выпрямительные, универсальные, импульсные диоды;

Ц — выпрямительные столбы и блоки; А — диоды СВЧ; В — варикапы; И — диоды туннельные и обращенные; Л — излучатели; Г — генераторы шума; Б — диоды Ганна; К — стабилизаторы тока; С — стабилитроны и стабисторы; Ф — фотоприборы. **Третий элемент** обозначения — число, указывающее назначение прибора в пределах подкласса (табл. IV,2). **Четвертый элемент** — порядковый номер разработки технологического типа прибора (от 01 до 99). **Пятый элемент** — Деление технологического типа на параметрические группы.

Выпрямляющий переход обладает и другими свойствами: нелинейностью вольт-амперной характеристики; явлением ударной ионизации; явлением туннелирования носителей сквозь потенциальный барьер; барьерной емкостью. Эти свойства выпрямляющего перехода используют для создания различных видов полупроводниковых диодов: выпрямительных диодов, смесителей, умножителей, модуляторов, стабилитронов, стабилитронов, лавинно-пролетных диодов, туннельных и обращенных диодов, варикапов.

Система обозначений полупроводниковых диодов установлена отраслевым стандартом **ОСТ 11 336.919—81**. В основу системы положен семизначный буквенно-цифровой код. **Первый элемент** кода обозначает исходный полупроводниковый материал на основе которого изготовлен прибор: германий или его соединения — Г; кремний или его соединения — К; соединения галлия — А; соединения индия — И. Для приборов, используемых в устройствах специального назначения, установлены следующие обозначения исходного материала: германий или его соединения — 1; кремний или его соединения — 2; соединения галлия — 3; соединения индия — 4. **Второй элемент** — обозначает подкласс или группу прибора: диоды выпрямительные, импульсные, диодные преобразователи (магнитодиоды, термодиоды и др.) — Д; выпрямительные столбы и блоки — Ц; диоды сверхвысокочастотные — А; варикапы — В; диоды туннельные и обращенные — И; стабилизаторы напряжения полупроводниковые (стабилитроны, стабилитроны, ограничители) — С; генераторы шума — Г; излучающие оптоэлектронные приборы — Л. **Третий элемент** обозначения приборов — цифра, определяющая назначение (параметры или принцип действия) прибора. **Четвертый элемент** обозначения приборов — двузначное число от 01 до 99, обозначающее порядковый номер разработки типа прибора. Допускается использовать трехзначное число от 101 до 999 при

1. Установите поворотный переключатель в положение **ТЕМР**. Дисплей покажет температуру окружающей среды.

2. Вставьте термодатчик типа "К" в разъем для контроля температуры на передней панели и приложите датчик термодатчика к контролируемому объекту. Считайте данные с дисплея.

! Предупреждение: Во избежание поражения электрическим током убедитесь в том, что термодатчик была удалена перед заменой функции измерения.

5. Спецификации

Точность указывается на срок 1 год после калибровки при 18°C - 28°C (64°F - 82°F) и относительной влажности до 80 %.

Таблица 2

Общие сведения

Максимальное напряжение	САТ II 1000 В между выводами и землей. САТ III 600 В Защита плавким предохранителем 200мА
Питание	батарея 9В, NEDA 1604, 6F22 или «Крона»
Дисплей	на жидких кристаллах; 1999 чисел; 2-3 считывания в сек. (примерно).
Метод контроля	АЦП двойного интегрирования
Индикация перегрузки	на дисплее только цифра «1»
Индикация полярности	знак «-», указывающий отрицательную полярность
Температура эксплуатации	0°C – 40°C (32°F – 104°F)
Температура хранения	минус 10°C – 50°C (14°F – 122°F)
Индикация разряда батареи	 в левом краю дисплея
Размеры (высота x ширина x длина)	38 x 88 x 170 мм
Масса	340г (включая элемент питания)

Таблица 3

Напряжение постоянного тока

Диапазон	Точность	Разрешение
200мВ	± 0,5% от предела диапазона ± 1 знак	100мкВ
2В		1 мВ
20В		10мВ
200В		100мВ
1000В	± 0,8% от пр. д. ± 2 знака	1В

Входное сопротивление 10 МОм во всех диапазонах
 Защита от перегрузки 250 В переменного тока в
 диапазоне 200мВ
 1000 В от пика до пика для
 других диапазонов

Таблица 4

Напряжение переменного тока

Диапазон	Точность	Разрешение	Примечание
200мВ	± 1,2% от пр. д. ± 3 знака	100мкВ	M890D, M890C+
2В	± 0,8% от пр. д. ± 3 знака	1 мВ	
20В		10мВ	
200В		100мВ	
700В	± 1,2% от пр. д. ± 3 знака	1В	

Входное сопротивление 10 МОм во всех диапазонах
 Диапазон частот 40 Гц – 400Гц
 Индикация в эфф. значениях син. сигнала
 Защита от перегрузки 250 В переменного тока в
 диапазоне 200 мВ.
 750В эфф. или 1000 В пикового
 напряжения в других диапазонах.

Общие сведения о полупроводниковых диодах

Полупроводниковый диод — это полупроводниковый прибор с одним выпрямляющим электрическим переходом и двумя внешними выводами, в котором используется то или иное свойство выпрямляющего перехода. В качестве выпрямляющего электрического перехода может быть электронно-дырочный переход, гетеропереход или контакт металл — полупроводник. В диоде с электронно-дырочным переходом кроме выпрямляющего электрического перехода имеются два невыпрямляющих перехода, через которые *p*- и *n*-области диода соединяются с выводами (рис. 1,а). В диоде с выпрямляющим электрическим переходом в виде контакта металл — полупроводник имеется всего один невыпрямляющий переход (рис. 1,б).

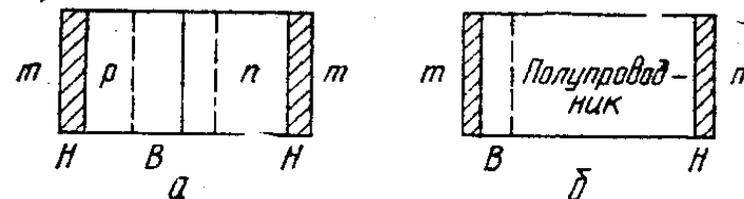


Рис. 1. Устройство полупроводникового диода:

а—с электронно-дырочным переходом; б—с выпрямляющим контактом металл—полупроводник; В — выпрямляющие контакты; Н — невыпрямляющие контакты.

В зависимости от соотношения линейных размеров выпрямляющего перехода различают плоскостные и точечные диоды. *Плоскостным* называют диод, у которого линейные размеры, определяющие его площадь, значительно больше толщины, *точечным*—диод, у которого линейные размеры, определяющие площадь выпрямляющего электрического перехода, значительно меньше характеристической длины, определяющей физические процессы в переходе и в окружающих его областях.

4. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений.-Л.: Энергоатомиздат. Ленингр.отд-ние, 1985.-248 с.

5. Основы метрологии. Бурдун Г.Д.,Марков Б.Н. Учебн.пособие для вузов.М.: Изд.стандартов, 1975.-336 с.

6.Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебн. Пособие для вузов.-8-е изд., стереор.-М.: Высш.шк.,2002.-479 с.

7. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Теоретическая метрология»/ Под ред. А.Г. Сергеева.-Владим. гос. Ун-т; Владимир,1997.-64 с.

8. Терещук Р. М. , Терещук к. М. , Седов С. А. Полупроводниковые приемноусилительные устройства. Справочник радиолюбителя.-Киев.: Наукова Думка, 1987.-799 с

9. Панфилов В. А. Электрические измерения. – М.: АСАДЕМА,2004.-285с.

10. Методы и средства измерений: Учебник для вузов/Г. Г. Ранеев, А. П. Тарасенко. –М.: Издательский центр «Академия», 2003.-336с.

11. Единицы физических величин: СБ. норм.-техн. документов. –М.: Изд. стандартов, 1987. -176с.

12.Деньгов. В. М., Смирнов В. Г. Единицы величин: Словарь справочник.- М.: Изд. стандартов, 1990. -240с.

Таблица 5

Сопротивление		
Диапазон	Точность	Разрешение
200 Ом	$\pm 0,8\%$ от пр. д. ± 3 знака	0,1 Ом
2 кОм	$\pm 0,8\%$ от предела диапазона ± 1 знак	1 Ом
20 кОм		10 Ом
200 кОм		100 Ом
2 МОм		1 кОм
20 МОм	$\pm 1\%$ от пр. д. ± 2 знака	10 кОм
200 МОм	$\pm 5\%$ (пр. д. – 10зн) ± 10 зн.	100 кОм

Максимальное напряжение разомкнутой цепи 2,8 В.

Защита от перегрузки

250 В постоянного тока

Таблица 6

Постоянный ток		
Диапазон	Точность	Разрешение
2 мА	$\pm 0,8\%$ от предела диапазона ± 1 знак	1 мкА
20 мА		10 мкА
200 мА	$\pm 1,2\%$ от пр. д. ± 1 знак	100 мкА
10 А	$\pm 2\%$ от пр. д. ± 5 знаков	10 мА

Защита от перегрузки 0,2 А/250В плавкий предохранитель. (В диапазоне 10 А плавкий предохранитель отсутствует).
Максимальный ток на входе мА- 200 мА; А- 10 А непрерывно, 20 А максимально 15 сек.

Таблица 7

Переменный ток

Диапазон	Точность	Разрешение	Примечание
2 мА	$\pm 1,2\%$ от пр. д. ± 3 знака	1 мкА	M890D
20 мА	$\pm 1,2\%$ от пр. д. ± 3 знака	10 мкА	
200 мА	$\pm 2,0\%$ от пр. д. ± 3 знака	100 мкА	
10 А	$\pm 3,0\%$ от пр. д. ± 7 знаков	10 мА	

Защита от перегрузки

0,2 А /250 В плавкий предохранитель. 9в диапазоне 10 А плавкий предохранитель отсутствует).

Диапазон частот

40 Гц – 400Гц

Максимальный ток на входе

мА – 200 мА; А – 10 А непрерывно, 20 А максимально 15 сек

Индикация

в эфф. значениях син. сигнала

Таблица 8

Емкость

Диапазон	Точность	Разрешение
2000 пФ	$\pm 2,5\%$ от предела диапазона ± 5 знаков	1 пФ
20 нФ		10 пФ
200 нФ		100 пФ
2 мкФ		1 нФ
20 мкФ		10 нФ

13. Выполнить п.п.3-11, но только для полученных значений малосигнального параметра h_{21} , занесенных в таблицу 5.

5. Контрольные задания

1. Классификация погрешностей.
2. Правила округления результатов измерений.
3. Дифференциальная и интегральная функции распределения случайных погрешностей.
4. Числовые параметры законов распределений.
5. Основные законы распределения случайных погрешностей.
6. Доверительная вероятность и доверительный интервал.
7. Критерии исключения грубых погрешностей.
8. Правила суммирования случайной и систематической составляющей погрешности.
9. Понятие полупроводникового диода, их виды, порядок их кодирования, условное графическое обозначение на схемах, вольт-амперная характеристика.
10. Понятие биполярного транзистора, классификация транзисторов, порядок их кодирования (обозначение типа), понятие и разновидности h-параметров транзисторов.

6. Рекомендуемая литература

1. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. Учеб.пособие для вузов.-М. : Логос,2000.-408 с.
2. 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.:Высш.шк.,2001.-383 с.
3. ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Общие положения.- М.: Изд-во стандартов, 1976.

9. Определить границы доверительного интервала случайной погрешности при доверительной вероятности 0,90, 0,95 и 0,99, занести их в табл. 2.4. Туда же занести результаты расчетов среднего арифметического значения измеряемой величины и ее с.к.о.

10. Считая случайную составляющую погрешности мультиметра серии M890G пренебрежимо малой, определить границы неисключенной систематической погрешности и занести их в табл. 2.4.

11. Используя данные, приведенные в ГОСТ 8.207-76, определить суммарную погрешность, результат измерений и записать его в табл. 2.4. При записи учесть правила округления результатов измерений. Сделать выводы по полученным результатам.

Таблица 2.4

Результаты измерений сопротивлений $R_{пр.VD}$

Число измерений, n	Среднее арифметическое значение	с.к.о.	Доверительный интервал при доверительной вероятности P			Неисключенная систематическая погрешность	Результат измерений
			0,90	0,95	0,99		

12. Провести измерения значений малосигнального параметра h_{21} для N (N=20-40) биполярных транзисторов. Конкретное значение числа N задается преподавателем. Результаты измерений занести в таблицу 2.5.

Таблица 2.5

Результаты измерений биполярных транзисторов.

№ п/п	1	N
h_{21}		

Таблица 9

Температура

Диапазон	Точность	Разрешение	Примечание
T	*-50 ⁰ C – 400 ⁰ C	± 0,75% от предела диапазона ±3 ⁰ C	1 ⁰ C
	*-400 ⁰ C – 1000 ⁰ C	± 1, 5% от предела диапазона ±15 ⁰ C	1 ⁰ C
	**0 ⁰ C – 40 ⁰ C	±2 ⁰ C	1 ⁰ C

* использование пробника термопары типа "К".

** встроенный температурный датчик

Таблица 10

Проверка частоты

Диапазон	Точность	Разрешение	Примечание
2 кГц	± (2% от пр. д. + 1 знак)	1 Гц	M890F
20 кГц	± (1% от пр. д. + 1 знак)	10 Гц	

Чувствительность 200 мВ, максимальная величина на входе не более 10В.
Защита от перегрузки 250 В переменного тока

6. Замена элемента питания и плавкого предохранителя

Если на дисплее появляется знак  , он указывает на необходимость замены элемента питания. Открутите винты на крышке отсека с элементом питания и откройте крышку. Замените севшую батарею новой. Плавкий предохранитель редко нуждается в замене и перегорает почти всегда в результате ошибки оператора. Откройте корпус, как было указано выше, и замените сгоревший предохранитель с указанными характеристиками: F 200 мА/250 В.

! Предупреждение

Во избежание поражения электрическим током, перед тем, как открыть корпус, убедитесь в том, что щупы отсоединены от контролируемых цепей.

7. Приспособления

Щупы NYTL - 060
 Элемент питания 9 В NEDA 1604 или 6F22
 Руководство по эксплуатации HYS004345

8. Дополнительные приспособления (в комплектацию не входят)

Термопара типа «К» NYTL - 105

3. Рассчитать среднее арифметическое значений результатов измерений, с.к.о. результата измерения S_x и с.к.о. среднего арифметического значения S_{-x} значений $R_{пр.VD}$ по формулам (1.1) лабораторной работы №1..

Таблица 2.2

Результаты измерений полупроводниковых диодов

№ п/п	1		N
$U_{пр.VD}$			
$R_{пр.VD}$			

4. Проверить полученные результаты на наличие грубых погрешностей, используя один из критериев исключения грубых погрешностей (промахав).

5. Построить вариационный ряд $R_{пр.VD}$ по результатам наблюдений и вычислений из табл. 2.2 . Определить число интервалов разбиения m . Разбить интервал изменения измеряемой величины на m участков и занести их верхние x_v , нижние x_n границы и середины x_c в табл. 2.3.

6. Используя данные табл.2.3. рассчитать частоты, частости и кумулятивные частости для каждого из интервалов группирования. Занести их в соответствующие столбцы табл. 3.

7. Используя данные табл. 2.3, построить гистограмму и полигон на одном графике, кумулятивную кривую на другом.

Таблица 2.3

Результаты измерений сопротивлений $R_{пр.VD}$

№ п/п	Границы интервалов, Ом		Середина интервала, Ом	Частота n_k	Частость P_k	Кумулятивная частость F_k
	верхняя	нижняя				
1						
...						
m						

8. Используя d-критерий по формуле (2), проверить на согласие нормальному закону полученные значения выборки.

необходимые для работы технические и метрологические характеристики используемого мультиметра, перечень органов управления и их назначение (См. Приложение №2 лабораторной работы №1). Заготовить форму отчета на стандартных листах писчей бумаги формата А4 и занести в нее материалы необходимые для работы.

Отчет должен содержать:

1. титульный лист с указанием кафедры, учебной группы, фамилии, имени, отчества студента, номера и названия лабораторной работы, даты ее выполнения, а также фамилии и должности преподавателя, принимающего работу;

2. цель работы;

3. схемы включения исследуемых приборов и устройств;

4. формулы и константы применяемые при вычислениях;

5. таблицы измеренных и вычисленных величин;

6. требуемый по заданию графический материал;

7. краткие выводы по проделанной работе.

Все электрические схемы, графики и таблицы вычерчиваются при помощи чертежных инструментов. Условные графические и буквенные обозначения должны соответствовать ГОСТам.

4. Рабочее задание

1. Подготовить используемый мультиметр к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Включить прибор и установить необходимый режим работы для измерения прямого падения напряжения на полупроводниковых диодах ($U_{пр.ВД.}$) при $I_{пр.ВД.} = 1 \text{ mA}$.

2. Провести измерения значений прямого падения напряжения на полупроводниковых диодах ($U_{пр.ВД.}$) при $I_{пр.ВД.} = 1 \text{ mA}$ для N ($N=30..50$) диодов одного типа. Конкретное число N задается преподавателем. Рассчитать сопротивление диода при прямом включении ($R_{пр.ВД.}$), используя закон Ома. Результаты измерений занести в табл. 2.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ №3

Таблица 1

Коэффициент распределения Стьюдента t_p

n	При доверительной вероятности P				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
2	6,31	12,71	31,82	63,68	636,62
3	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
4	2,35	3,18	4,54	5,84	12,92
5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
6	2,02	2,57	3,37	4,06	6,87
7	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
8	1,90	2,37	3,00	3,50	5,41
9	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
10	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
11	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
12	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
13	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
14	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
15	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
16	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
17	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
18	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
19	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
20	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
∞	1,65	1,96	2,33	2,58	3,29

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
«ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ МЕТОДОМ
ПРЯМЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ»

Цель работы: 1). Совершенствовать навыки работы с современными измерителями параметров компонентов электрических цепей с сосредоточенными постоянными и знания их основных метрологических и технических характеристик. 2). Приобретение навыков в нахождении случайной и систематической составляющих погрешности результатов электрических измерений, исключению промахов, проверке гипотезы о виде закона распределения значений случайной погрешности измерения.

1. Объект и средства исследования

Объектом исследования являются полупроводниковые диоды и транзисторы.

В качестве средства исследования используются современные цифровые измерительные приборы-мультиметры серии M890G.

2. Основные определения и расчетные формулы

Последовательность этапа обработки результатов равноточных измерений смотрите в п. 1 лабораторной работы №1. В частности, «Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений», «Определение закона распределения результатов измерений или случайных погрешностей измерений».

Оценка закона распределения по статистическим критериям

Составной критерий (d – критерий) используется при проверке нормальности небольшой группы наблюдений ($50 > n > 15$). Его суть состоит в том, что по данным измерений x_1, x_2, \dots, x_n вычисляется параметр

$$d = \frac{1}{nS} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|, \text{ где } S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (2.1)$$

Затем, по выбранному уровню значимости критерия q из табл. 2.1 находят величины $d_{0,5q}$ и $d_{1-0,5q}$. Гипотеза о нормальности принимается, если $d_{1-0,5q} \leq d \leq d_{0,5q}$. В противном случае гипотеза отвергается.

Таблица 2.1

Значения d -критерия при различном уровне значимости.

Число измерений n	При $q/2$			При $(1-q)/2$		
	0,01	0,05	0,10	0,90	0,95	0,99
11	0,9359	0,9073	0,8899	0,7409	0,7153	0,6675
16	0,9137	0,8884	0,8733	0,7452	0,7236	0,6829
21	0,9001	0,8768	0,8631	0,7495	0,7304	0,6950
26	0,8901	0,8686	0,8570	0,7530	0,7360	0,7040
31	0,8827	0,8625	0,8511	0,7559	0,7404	0,7110
36	0,8769	0,8578	0,8468	0,7583	0,7440	0,7167
41	0,8722	0,8540	0,8436	0,7604	0,7470	0,7216
46	0,8682	0,8508	0,8409	0,7621	0,7496	0,7259
51	0,8648	0,8481	0,8385	0,7636	0,7518	0,7291

Далее п. 1 лабораторной работы №1. В частности, «Определение доверительного интервала случайной погрешности», «Определение границ неисключенной систематической погрешности θ результата измерений», «Определение границы погрешности результата измерения Δr », «Запись результата измерения».

3. Подготовка к работе

При подготовке к работе ознакомиться с соответствующими разделами рекомендуемой литературы и конспектов лекций. Изучить правила работы, метрологические характеристики мультиметра серии M890G или аналогичного ему, а также параметры испытуемых полупроводниковых диодов и транзисторов, используя приложения. Записать