

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«МАРКСОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ОП.09 ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ**  
специальность: 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и  
ремонт электронных приборов и устройств

г. Маркс, 2024 год

КОС для общепрофессиональной дисциплины ОП.09 Электрорадиоизмерения разработан в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств, утвержденного приказом Минпросвещения России от 04.10.2021г. №691.

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ГАПОУ СО «МПК»  
Е.В. Гребнева  
2024г.



**РАССМОТРЕНО** на заседании цикловой методической комиссии технического профиля

Протокол № 9, дата « 15 » мая 2024 г.

Председатель [Signature] /В. И. Гриднев/

**СОГЛАСОВАНО** с Методическим советом ГАПОУ СО «Марковский политехнический колледж»

Протокол № 10 от « 17 » мая 2024 г.

Председатель [Signature] /Гостева И.Ю./

**Составитель:** Хлебникова Г.Н., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Марковский политехнический колледж»

Рецензенты:

Внутренний: Гриднев В. И., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Марковский политехнический колледж»

Внешний: Коваль Людмила Валентиновна, преподаватель Марковского сельскохозяйственного техникума.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1.</b>	<b>ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ УСПЕВАЕМОСТИ</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	<b>45</b>

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

## 1.1. 1.1 Назначение, цель и задачи фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств (далее - ФОС) по учебной дисциплине представляет собой комплект методических и контрольных измерительных материалов, оценочных средств, предназначенных для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям программы подготовки специалистов среднего звена по специальности (текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация).

Фонд оценочных средств по дисциплине ОП.09 Электрорадиоизмерения разработан согласно требованиям ФГОС СПО и является неотъемлемой частью реализации программы подготовки специалистов среднего звена по специальности

11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств.

Целью фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС СПО по специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств.

– контроль и управление процессом приобретения обучающимися необходимых знаний, умений, практического опыта и освоения компетенций, определенных ФГОС СПО;

– контроль и управление достижением целей программы, определенных как набор общих и профессиональных компетенций;

– оценка достижений обучающихся в процессе обучения с выделением положительных / отрицательных результатов и планирование предупреждающих / корректирующих мероприятий;

– обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения;

– достижение такого уровня контроля и управления качеством образования, который обеспечил бы признание квалификаций выпускников работодателями отрасли.

Фонд оценочных средств включает в себя контрольно-оценочные средства (задания и критерии их оценки, а также описания форм и процедур) для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (определения качества освоения обучающимися результатов освоения учебной дисциплины (умений, знаний, практического опыта, ПК и ОК).

ФОС обеспечивает поэтапную (текущий контроль) и интегральную (промежуточная аттестация) оценку умений и знаний обучающихся, приобретаемых при обучении по учебной дисциплине, направленных на формирование компетенций.

Формой промежуточной аттестации по учебной дисциплине является *экзамен*.

## 1.2 Результаты освоения учебной дисциплины ОП.09 Электрорадиоизмерения, подлежащие проверке

В результате аттестации по учебной дисциплине ОП.09 Электрорадиоизмерения осуществляется комплексная проверка предусмотренных ФГОС СПО по специальности и рабочей программой следующих умений и знаний, практического опыта, а также динамика формирования компетенций:

<b>Коды и наименования результатов обучения (умения и знания)</b>	<b>Показатели оценки результата</b>	<b>Формы и методы контроля и оценки результатов обучения</b>
<b>Уметь:</b>		
У.1 Пользоваться контрольно-испытательной и измерительной аппаратурой	- определение и выбор контрольно-испытательной и измерительной аппаратуры в соответствии с ТУ, справочниками и ГОСТ	- наблюдение, выполнение и защита лабораторных работ, - устный опрос; - дифференцированный зачет
У.2 Составлять измерительные схемы для проведения экспериментов	- обоснование применения выбранной измерительной схемы в соответствии со справочниками и условиями эксплуатации; - использование методики измерения погрешностей	- наблюдение, выполнение и защита лабораторных работ, - устный опрос; - дифференцированный зачет
У.3 Подбирать по справочным материалам измерительные средства	- обоснование отбора по справочным материалам измерительных средств.	- наблюдение, выполнение и защита лабораторных работ, - устный опрос; - дифференцированный зачет

<p>У. 4 Измерять с заданной точностью различные электрические и радиотехнические величины</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определение и анализ основных параметров электрических схем согласно техническим условиям;</li> <li>- определение работоспособности в соответствии с назначением электрических схем и ТУ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдение, выполнение и защита лабораторных работ,</li> <li>- письменный опрос,</li> <li>- устный опрос;</li> <li>- дифференцированный зачет</li> </ul>
<p><b>Знать:</b></p>		
<p>3.1 Основные методы измерения электрических и радиотехнических величин</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие об измерениях, виды измерений;</li> <li>- характеристики измерений;</li> <li>- метод сравнения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- устный опрос,</li> <li>- письменный опрос;</li> <li>- дифференцированный зачет</li> </ul>
<p>3.2 Методика определения погрешности измерений и влияние измерительных приборов на точность измерений</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наиболее рациональные средства измерения;</li> <li>- оптимальные методы измерения</li> <li>- применение различной справочной литературы, технических описаний средств измерений, расчеты погрешности измерений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- устный опрос,</li> <li>- письменный опрос;</li> <li>- дифференцированный зачет</li> </ul>
<p>3.3 Калибровка измерительных приборов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определение и выбор средств и методов калибровки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- устный опрос,</li> <li>- письменный опрос;</li> <li>- дифференцированный зачет</li> </ul>

## 2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины ОП.09 Электрорадиоизмерения осуществляется преподавателем в процессе:

- проведения устного или письменного опроса по теме, разделу; выполнения обучающимися контрольной работы по теме, разделу;
- выполнения и защиты лабораторных и практических работ;
- оценки качества выполнения самостоятельной работы студентов (доклад, сообщение, реферат, конспект, решение задач и др.);
- тестирования по отдельным темам и разделам;

Устный или письменный опрос позволяет выяснить объем знаний студента по определенной теме, разделу, проблеме.

Типовое задание - стандартные задания, позволяющие проверить умение решать как учебные, так и профессиональные задачи. Содержание заданий должно максимально соответствовать видам профессиональной деятельности.

Различают разноуровневые задачи и задания:

а) ознакомительного, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины;

б) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;

в) продуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения, выполнять проблемные задания.

Доклад, сообщение является продуктом самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Продуктом самостоятельной работы студента, является и реферат, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Тестирование представляет собой систему стандартизированных заданий, позволяющую автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося, направлено на проверку владения терминологическим аппаратом и конкретными знаниями по дисциплине. Тестирование по теме, разделу занимает часть учебного занятия (10-30

минут), правильность решения разбирается на том же или следующем занятии; частота тестирования определяется преподавателем.

Тестирование по темам, разделам проводится в письменном виде или в компьютерном с помощью тестовой оболочки.

Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рабочая тетрадь- это дидактический комплекс, предназначенный для самостоятельной работы обучающегося и позволяющий оценивать уровень усвоения им учебного материала.

Практические занятия проводятся в часы, выделенные учебным планом для отработки практических навыков освоения компетенциями, и предполагают аттестацию всех обучающихся за каждое занятие.

В ходе практического занятия обучающиеся приобретают умения, предусмотренные рабочей программой дисциплины, учатся использовать формулы, и применять различные методики расчета, анализировать полученные результаты и делать выводы, опираясь на теоретические знания.

В ходе лабораторной работы обучающиеся приобретают умения, предусмотренные рабочей программой дисциплины, учатся самостоятельно работать с оборудованием лаборатории, проводить эксперименты, анализировать полученные результаты и делать выводы, подтверждать теоретические положения лабораторным экспериментом.

Содержание, этапы проведения конкретного практического занятия или лабораторной работы, критерии оценки представлены в методических указаниях по выполнению лабораторных, практических работ.

Отчет по практической и лабораторной работе представляется в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической, лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме ответов обучающегося на вопросы преподавателя по выполненной работе.

В случае невыполнения практических заданий в процессе обучения, их необходимо «отработать» до экзамена. Вид заданий, которые необходимо выполнить для ликвидации задолженности определяется в индивидуальном порядке.

Форма проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации для обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбирается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При необходимости обучающимся инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене.

## 2.1. Критерии оценивания теоретических знаний

### Требования к устным ответам

Результатом проверки уровня усвоения учебного материала является отметка. При оценке знаний обучающихся предполагается обращать внимание на правильность, осознанность, логичность и доказательность в изложении материала, точность использования терминологии, самостоятельность ответа. Оценка знаний предполагает учёт индивидуальных особенностей обучающихся, дифференцированный подход к организации работы.

#### Критерии оценки устного ответа:

Оценка	Условия, при которых выставляется оценка
Оценка 5 («отлично»)	полно раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой и учебником; изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно используя математическую терминологию и символику; правильно выполнил рисунки, чертежи, графики, сопутствующие ответу; показал умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации при выполнении практического задания; продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость использованных при ответе умений и навыков; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя. Возможны одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов или в выкладках, которые обучающийся легко исправил по замечанию преподавателя.
Оценка 4 («хорошо»)	В изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие математического содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя. Допущены ошибки или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов или в выкладках, которые обучающийся легко исправил по замечанию преподавателя.
Оценка 3 («удовлетворительно»)	Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала. Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий и использовании терминологии, чертежах, выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя. Обучающийся не справился с применением теории в новой ситуации при выполнении практического задания, но выполнил задания обязательного уровня сложности по данной теме.

	При проверке теоретического материала выявлена недостаточная сформированность умений и навыков.
Оценка 2 («неудовлетворительно»)	Не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или непонимание учеником большей или наиболее важной части учебного материала; допущены ошибки в определении понятий, при использовании математической терминологии, в рисунках, чертежах или графиках, в выкладках, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя. Обучающийся обнаружил полное незнание и непонимание изучаемого материала или не смог ответить ни на один из поставленных вопросов по изучаемому материалу.

### Требования к оформлению доклада

Доклад предоставляется в распечатанном виде, объемом 3-5 страниц. Текст доклада должен быть представлен в текстовом редакторе Word, шрифт – Times New Roman 14, межстрочный интервал – 1.5 (полуторный). Поля: верхнее - 2, нижнее - 2, левое- 3, правое - 1,5.

Доклад должен включать в себя: введение, основную часть, заключение, список литературы (не менее 5 источников).

### Критерии оценки доклада:

Оценка	Условия, при которых выставляется оценка
Оценка 5 («отлично»)	материал изложен в определенной логической последовательности. Тема доклада раскрыта полностью.
Оценка 4 («хорошо»)	тема раскрыта, но при этом допущены не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
Оценка 3 («удовлетворительно»)	тема раскрыта не полностью, допущена существенная ошибка.
Оценка 2 («неудовлетворительно»)	содержанию доклада не раскрывает рассматриваемую тему, обнаружено не понимание основного содержания учебного материала

Доклад может быть представлен как доклад-презентация. Необходимо представить 5-7 слайдов. Время доклада -5 минут. Критерии оценки доклада такие же. Дополнительно оценивается презентация.

Оформление слайдов	Параметры
Стиль	Соблюдать единого стиля оформления.
Фон	Фон не должен быть слишком темным или ярким, чтобы не отвлекать внимания от содержания слайдов.
Использование цвета	Слайд не должен содержать более трех цветов. Фон и текст должны быть оформлены контрастными цветами.

Анимационные эффекты	При оформлении слайда использовать возможности анимации. Анимационные эффекты не должны отвлекать внимание от содержания слайдов.
<b>Представление информации</b>	<b>Параметры</b>
Содержание информации	Слайд должен содержать минимум информации. Информация должна быть изложена доступным языком. Содержание текста должно точно отражать этапы выполненной работы. Текст должен быть расположен на слайде так, чтобы его удобно было читать. В содержании текста должны быть ответы на проблемные вопросы. Текст должен соответствовать теме презентации.
Расположение информации на странице	Предпочтительно горизонтальное расположение информации. Наиболее важная информация должна располагаться в центре. Надпись должна располагаться под картинкой.
Размер шрифта	Для заголовка – не менее 24. Для информации не менее – 18. Лучше использовать один тип шрифта. Важную информацию лучше выделять жирным шрифтом, курсивом, подчеркиванием На слайде не должно быть много текста, оформленного прописными буквами.
Выделения информации	На слайде не должно быть много выделенного текста (заголовки, важная информация).
Объем информации	Слайд не должен содержать большого количества информации. Лучше ключевые пункты располагать по одному на слайде.
Виды слайдов	Для обеспечения разнообразия следует использовать разные виды слайдов: – с таблицами – с текстом – с диаграммами

### Критерии оценивания презентаций:

Оценка	Условия, при которых выставляется оценка
Оценка 5 («отлично»)	выполненная презентация отвечает всем требованиям критериев
Оценка 4 («хорошо»)	в презентации имеются незначительные нарушения или отсутствуют какие-либо параметры
Оценка 3 («удовлетворительно»)	при оценивании половина критериев отсутствует

## Требования к оформлению реферата

Реферат предоставляется в распечатанном виде, объемом 10-15 страниц. Текст реферата должен быть представлен в текстовом редакторе Word, шрифт - TimesNewRoman 14, межстрочный интервал – 1.5 (полуторный), в таблицах возможен межстрочный интервал – 1 (одинарный), поля: верхнее - 2, нижнее - 2, левое - 3, правое - 1,5.

Реферат должен включать в себя: содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы (не менее 5 источников).

Время на защиту реферата: 5 минут.

### Критерии оценивания реферата:

Оценка	Условия, при которых выставляется оценка
Оценка 5 («отлично»)	материал изложен в определенной логической последовательности. Тема реферата раскрыта полностью.
Оценка 4 («хорошо»)	тема реферата раскрыта, при этом допущены не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
Оценка 3 («удовлетворительно»)	тема раскрыта не полностью, допущена существенная ошибка
Оценка 2 («неудовлетворительно»)	при защите реферата обнаружено не понимание основного содержания учебного материала

### Выполнение тестирования

#### Критерии оценивания:

Оценка	Условия, при которых выставляется оценка
Оценка 5 («отлично»)	если студент при тестировании дал 85-100% правильных ответов
Оценка 4 («хорошо»)	если студент при тестировании дал 69-84% правильных ответов
Оценка 3 («удовлетворительно»)	если студент при тестировании дал 51-68% правильных ответов
Оценка 2 («неудовлетворительно»)	если студент при тестировании дал менее 50% правильных ответов

## 2.2. Критерии оценивания практических знаний

Оценка	Критерии оценивания
Оценка 5 («отлично»)	<ul style="list-style-type: none"><li>- практическая работа выполнена в установленные сроки (при отсутствии уважительных причин для несвоевременного выполнения работы);</li><li>- все расчеты выполнены в соответствии с методикой и в полном объеме, обозначены единицы измерения всех рассчитываемых показателей;</li><li>- сделан развернутый вывод по итогам выполненных расчетов;</li><li>- работа оформлена аккуратно.</li></ul>

Оценка 4 («хорошо»)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическая работа выполнена в установленные сроки (при отсутствии уважительных причин для несвоевременного выполнения работы);</li> <li>- расчеты выполнены в полном объеме, но были допущены одна - две негрубые ошибки при выполнении математических действий или не обозначены единицы измерения рассчитываемых показателей;</li> <li>- сделан развернутый вывод по итогам выполненных расчетов, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;</li> <li>- работа оформлена аккуратно</li> </ul>
Оценка 3 («удовлетворительно»)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическая работа выполнена в неустановленные сроки (при отсутствии уважительных причин для несвоевременного выполнения работы);</li> <li>- расчеты выполнены в полном объеме, но при этом были допущены одна – две грубые или три – четыре негрубые ошибки при выполнении математических действий, не обозначены единицы измерения рассчитываемых показателей или работа оформлена неаккуратно, с большим количеством исправлений;</li> <li>- не сделан развернутый вывод по итогам выполненных расчетов.</li> <li>- работа оформлена неаккуратно.</li> </ul>
Оценка 2 («неудовлетворительно»)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа не выполнена;</li> <li>- при выполнении расчетов обучающийся допускает более двух грубых ошибок или более четырех негрубых, не обозначены единицы измерения рассчитываемых показателей или обозначены неправильно;</li> <li>- не сделан вывод по итогам выполненных расчетов.</li> </ul> <p>В случае получения оценки «неудовлетворительно» студент обязан выполнить работу заново.</p>

### 3. КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

#### Раздел 1. Основы электрорадиоизмерений

##### Тема 1.1. Основные элементы электрорадиоизмерительных приборов Устный опрос

1. Масштабные измерительные преобразователи.
2. Электромеханические измерительные механизмы.
3. Преобразователи значений величин.
4. Аналого- цифровые преобразователи.
5. Генераторы электрических сигналов. Микропроцессоры.

#### Раздел 2. Приборы формирования стандартных измерительных сигналов Тема 2.1. Измерительные генераторы сигналов низкой частоты. Измерительные генераторы сигналов высокой частоты

##### Письменный опрос

##### Вариант 1

1. Выполнить перевод значений измеренной величины, используя степень с основанием 10

6,8 нФ	200 нФ	0,2 мкФ	55 пФ	1000 нФ	0,03 мкФ	330 пФ	150 мкФ
? мкФ	? пФ	? нФ	? мкФ	? пФ	? нФ	? мкФ	? пФ

2. Объясните, какие элементы содержат аналоговые измерительные приборы? Каковы их функции и характеристики? Почему величина противодействующего момента должна зависеть от угла поворота подвижной части механизма?

3. Магнитоэлектрические приборы. Принцип действия. Обозначение. Достоинства и недостатки.

4. Назвать прибор и определить его цену деления.



## Вариант 2

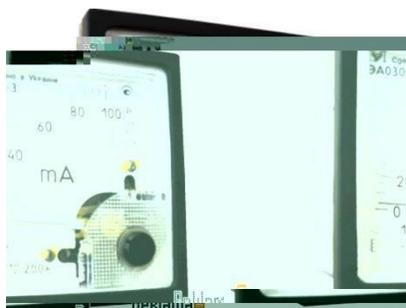
1. Выполнить перевод значений измеренной величины, используя степень с основанием 10

0,68 нФ	250 нФ	2 мкФ	550 пФ	100 нФ	0,3 мкФ	3300 пФ	150 ГГц
? мкФ	? пФ	? нФ	? мкФ	? пФ	? нФ	? мкФ	? кГц

2. Какими параметрами определяется величина отклонения подвижной части приборов магнитоэлектрической системы?

3. Электромагнитные приборы. Принцип действия. Обозначение. Достоинства и недостатки.

4. Назвать прибор и определить его цену деления



## Вариант 3

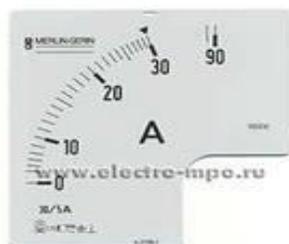
1. Выполнить перевод значений измеренной величины, используя степень с основанием 10.

500 нФ	250 мкФ	200 пФ	5500 кГц	1000 нФ	0,3 МГц	300 мкФ	1,5 Гн
? мкФ	? пФ	? нФ	? МГц	? пФ	? кГц	? пФ	? мГн

2. Объясните принцип действия приборов термоэлектрической системы. Их характеристики и область применения.

3. Электродинамические приборы. Принцип действия. Обозначение. Достоинства и недостатки.

4. Назвать прибор и определить его цену деления



## Вариант 4

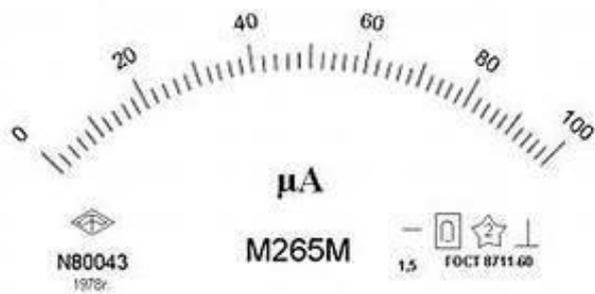
1. Выполнить перевод значений измеренной величины, используя степень с основанием 10.

500 мкФ	250 пФ	200 нФ	500 МГц	1000 пФ	300 Гц	100 мкФ	1,5мГн
? нФ	? мкФ	? пФ	? кГц	? нФ	? ГГц	? пФ	? Гн

2. Объясните принцип действия приборов выпрямительной системы. Область применения.

3. Электростатические приборы. Принцип действия. Обозначение. Достоинства и недостатки.

4. Назвать прибор и определить его цену деления



Время на письменную работу -25 минут.

При оценке ответа используется пятибалльная система.

## Тема 2.2.

### Измерительные генераторы импульсных сигналов. Измерительные генераторы шумовых сигналов

#### Устный опрос

1. Понятие об импульсных генераторах, их назначение и применение.
2. Виды импульсов, вырабатываемых генератором, их характеристики.
3. Назначение блоков генератора, принцип их действия.
4. Понятие о генераторах шума, принцип их действия и область применения.

**Лабораторная работа №1** «Изучение технического описания и органов настройки и регулировки импульсного генератора. Изучение технического описания и органов управления генераторов низкой и высокой частоты».

**1. Цель работы:** Руководствуясь техническим описанием и инструкцией по эксплуатации генератора импульсных сигналов Г5-54, интернет ресурсами, лицевой панелью реального генератора провести экспериментальные исследования работоспособности генератора

посредством изучения органов его управления.

## 2. Краткие теоретические сведения

Измерительные генераторы широко используются при самых различных измерениях, исследованиях и испытаниях всевозможных радиоэлектронных схем, приборов и устройств. Например, измерительные генераторы необходимы при испытаниях усилителей, для градуировки электронных вольтметров, измерения чувствительности приёмников и др.

Такие генераторы представляют собой источники сигналов различной частоты и формы, в зависимости от которых они могут определённым образом классифицироваться.

В настоящее время применение в радиоизмерительной практике получили импульсные генераторы. Вырабатываемые импульсы чаще всего имеют прямоугольную форму, определённую частоту следования, длительность и амплитуду, которые можно регулировать. Подобные генераторы применяются для исследования различных импульсных схем, низкочастотных усилительных устройств, широкополосных усилителей, а также применяют в качестве импульсных модуляторов сверхвысокочастотных измерительных генераторов. Основными параметрами импульсного генератора является частота повторения, длительность, амплитуда, форма и полярность выходного импульса, а также его задержка относительно задающего или, если генератор многоканальный, временной сдвиг между основными (выходными) импульсами.

Формирование прямоугольных импульсов со стабильной длительностью следования, крутыми фронтами и плоской вершиной обеспечивают мультивибраторы и блокинг-генераторы, работающие в автоколебательном и ждущем режимах. В мультивибраторах эти характеристики достигаются за счёт применения кварцевой стабилизирующей частоты.

*Мультивибратор* является одним из самых распространённых генераторов импульсов прямоугольной формы, представляющий собой двухкаскадный резистивный усилитель с глубокой положительной обратной связью. В электронной технике используются самые различные варианты схем мультивибраторов, которые различаются между собой по типу используемых элементов (ламповые, транзисторные, тиристорные, микроэлектронные и так далее), режиму работы (автоколебательный, ждущие синхронизации), видам связи между усилительными элементами,

способам регулировки длительности и частоты генерируемых импульсов и так далее.

Отнесение мультивибратора к классу автогенераторов оправдано лишь при автоколебательном режиме его работы. В ждущем режиме мультивибратор вырабатывает импульсы только тогда, когда на его вход поступают синхронизирующие сигналы. Режим синхронизации отличается от автоколебательного тем, что в этом режиме с помощью внешнего управляющего (синхронизирующего) колебания удаётся подстроить частоту колебаний мультивибратора под частоту синхронизирующего напряжения или сделать кратной ей (захват частоты) для автоколебательных мультивибраторов.

Принципиальная схема "классического" простейшего транзисторного мультивибратора представлена на рис.1.

**Блокинг-генератор** — генератор с глубокой трансформаторной обратной связью, формирующий кратковременные (обычно около 1 мкс) электрические импульсы, повторяющиеся через сравнительно большие интервалы. Применяются в радиотехнике и в устройствах импульсной техники. Выполняются с использованием одного транзистора или одной лампы.

Блокинг-генератор представляет собой релаксационную схему, содержащую усилительный элемент (например, транзистор), работающий в ключевом режиме, и трансформатор, осуществляющий положительную обратную связь. Достоинствами блокинг-генераторов являются сравнительная простота, возможность подключения нагрузки через трансформатор (гальваническая развязка), способность формировать мощные импульсы, близкие по форме к прямоугольным.

Принципиальная схема "классического" простейшего блокинг-генератора представлена на рис.2.

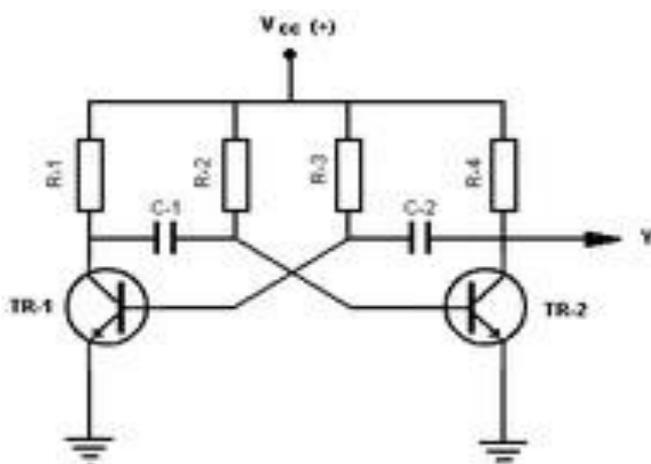
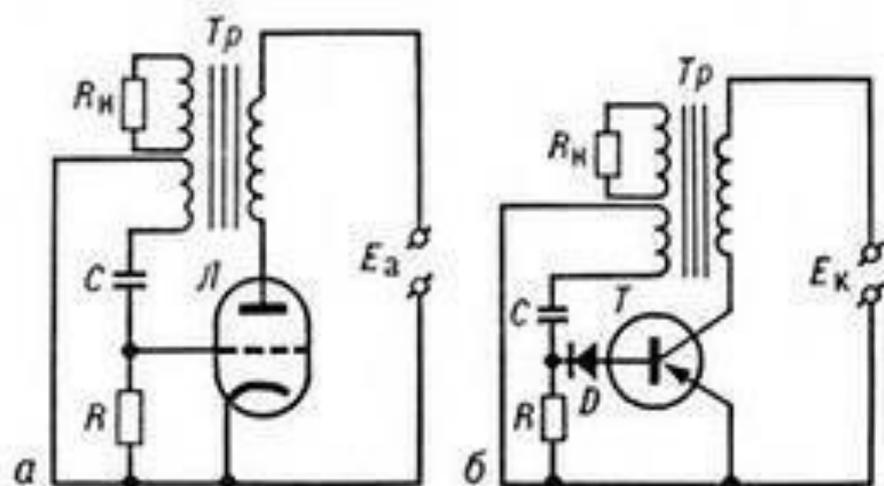


Рисунок 1



Кроме прямоугольного импульса, применяют также трапецеидальный и экспоненциальный импульсы

Трапецеидальный импульс представляет собой прямоугольный импульс с линейным и регулируемым по длительности фронтом или спадом.

Экспоненциальный импульс не имеет плоской вершины и характеризуется очень коротким передним фронтом и экспоненциальным спадом.

### 3. Порядок выполнения работы

Руководствуясь техническим описанием и инструкцией по эксплуатации генератора импульсных сигналов Г5-54, интернет ресурсами, лицевой панелью реального генератора заполнить графы табл.1

Местоположение элементов управления определяется следующими понятиями: вверху слева (справа, в центре); внизу слева (справа, в центре); в центре; в центре слева (справа, сверху, снизу).

Таблица 1

№ п/п	<p>Наименование функциональных блоков генератора импульсных сигналов Г5-54, элементы управления которых выведены на лицевую панель.</p> <p>Местоположение элементов управления на лицевой панели.</p>	<p>Назначение данного функционального блока</p>
----------	---	---

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Правильность выполнения работы и расчетов определяется преподавателем при заполнении таблицы 2:

Таблица 2

Выполнено		Защищено		
Дата	Подпись преподавателя	Дата	Оценка	Подпись преподавателя

#### 4. Контрольные вопросы

1. Что собой представляют измерительные генераторы?
2. Где используются измерительные генераторы?
3. Где используются импульсные генераторы?
4. Какой формы вырабатываемые генераторами импульсы наиболее распространены?
5. Перечислите основные параметры импульсного генератора;
6. Какими типами импульсных генераторов Вы знаете?;
7. Расскажите принцип действия простейшего мультивибратора;
8. Чем отличается автоколебательный режим работы мультивибратора от ждущего?;
9. Что собой представляет блокинг-генератор?;

10. Какие ещё формы импульса (кроме прямоугольной) применяют в импульсных генераторах?

### **Раздел 3. Измерение напряжений, токов и мощности.**

#### **Тема 3.1. Измерение постоянного тока и напряжения электромеханическими измерительными приборами**

##### **Письменный опрос**

1. Измерение напряжения и тока в электрических цепях электромеханические вольтметром и амперметром.
2. Измерение напряжения и тока в электрических цепях комбинированным прибором (мультиметром)

#### **Тема 3.2. Выпрямительные и термоэлектрические Измерительные приборы**

##### **Письменный опрос**

Вопрос 1. Измерительные генераторы, определение. Классификация. Обозначения.

Вопрос 2. Какие параметры генераторов нормируются?

Вопрос 3. Генераторы НЧ. Диапазон частот. Структурная схема.

Вопрос 4. РС – генераторы. Схема. Принцип действия.

Вопрос 5. Генераторы ВЧ. Диапазон частот. Структурная схема.

Вопрос 6. Генераторы импульсов. Диапазон частот. Структурная схема.

#### **Тема 3.3. Аналоговые электронные и цифровые вольтметры**

##### **Устный опрос**

1. Классификация электронных вольтметров.
2. Аналоговые электронные вольтметры.
3. Общие сведения о цифровых вольтметрах, их достоинства и недостатки.
4. Аналого-цифровое преобразование сигнала

#### **Тема 3.4. Измерение мощности в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты**

##### **Устный опрос**

1. Особенности измерения мощности.
2. Методы амперметра и вольтметра.
3. Типы ваттметров.
4. Измерение реактивной мощности.

## Лабораторная работа №2 . Измерение мощности в цепи с включённой нагрузкой (выполняется на ЭВМ с применением программы Multisim)

**1. Цель работы:** Измерить величины мощности в электрической цепи постоянного тока опытно-расчётным методом вольтметра и амперметра используя стендовые вольтметрами и амперметрами магнитоэлектрической системы. Проверить опытным путём проведённые расчёты с помощью ваттметра ферродинамической системы

### 2.Краткие теоретические сведения

Мощность в цепях постоянного тока можно измерять косвенным методом по показаниям вольтметра и амперметра. Тогда действительное значение мощности, потребляемой нагрузкой, вычисляют по формуле:  $P_H = U_H I_H$ . В этой формуле  $P_H$ ,  $U_H$ ,  $I_H$  – мощность нагрузки, падение напряжения на нагрузке и ток нагрузки соответственно.

В данном случае возможны два варианта включения приборов.

Если сопротивление амперметра много меньше сопротивления нагрузки, то амперметр включают непосредственно в цепь нагрузки, а вольтметр включают так, чтобы он измерял сумму падений напряжений на амперметре и на нагрузке. При точных расчётах малых мощностей вносят поправки на потребляемую мощность амперметра ( $P_A$ ).

Если сопротивление вольтметра много больше сопротивления нагрузки, вольтметр включают так, чтобы он измерял напряжение непосредственно на нагрузке, а амперметр измерял бы суммарный ток нагрузки и вольтметра. При точных расчётах малых мощностей вносят поправки на потребляемую мощность вольтметра ( $P_V$ ).

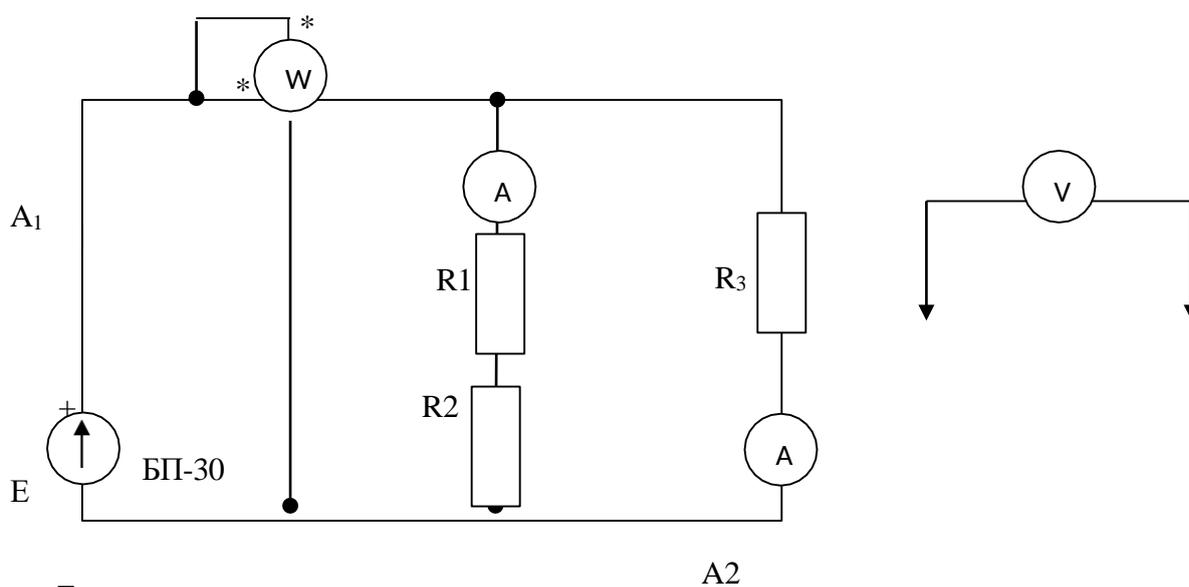
Недостатком такого метода является необходимость вычислений после каждого измерения тока или напряжения. Кроме того, этим методом затруднительно пользоваться при изменяющихся значениях  $U$  и  $I$  из-за сложности одновременного отсчёта по двум приборам.

В настоящее время для измерения мощности в цепях постоянного тока используют электродинамические и ферродинамические ваттметры. Неподвижная катушка прибора включается последовательно с нагрузкой (как амперметр) и называется катушкой тока. Подвижная катушка прибора (вместе с добавочным сопротивлением) включается параллельно нагрузке (как вольтметр) и называется катушкой напряжения. В этом случае угол поворота стрелки (подвижной части) ваттметра будет соответствовать произведению токов неподвижной катушки (пропорциональной току нагрузки) и подвижной катушки (пропорциональной напряжению на нагрузке).

Ваттметр имеет четыре зажима: два токовых и два зажима напряжения. Чтобы стрелка при измерениях отклонялась в нужную сторону, необходимо правильно включать зажимы подвижной катушки напряжения или переключить зажимы напряжения, что предусмотрено конструкцией современных ваттметров.

### 3. Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомьтесь с измерительными приборами и их техническими данными.
- 2) Используя источник питания БП-30 и переменные резисторы  $R_1$ ,  $R_2$ , и  $R_3$ , собрать электрическую схему на стенде в соответствии с рисунком.



- 3) Установить величину ЭДС блока питания равную 20 В.
- 4) Измерить мощность всей цепи по показаниям ваттметра (W), токи в ветвях I (встроенный амперметр БП-30),  $I_1$  (амперметр  $A_1$ ),  $I_2$  (амперметр  $A_2$ ), а также падения напряжений на каждом из резисторов стендовым вольтметром магнитоэлектрической системы. Данные измерений занести в табл. 1.
- 5) Провести требуемые вычисления и данные вычислений занести в табл. 1.
- 6) Повторить дважды пункты 3, 4, 5 настоящей программы работ увеличивая ЭДС блока питания в пределах 20 – 30 вольт.

Таблица 1.

№ п/п	Измерено								Вычислено			
	E	I	$I_1$	$I_2$	P	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_{\Sigma}$
	В	А	А	А	Вт	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Вт
1												
2												
3												

Формулы для вычисления

$$P_1 = I_1 U_1; \quad P_2 = I_1 U_2; \quad P_3 = I_2 U_3; \quad P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3.$$

## **1. Содержание отчета**

- 1) Наименование и цель работы.
- 2) Перечень используемого оборудования.
- 3) Результаты измерений и расчетов.
- 4) Выводы.

## **5. Контрольные вопросы**

- 1) Как называются приборы непосредственного измерения мощности постоянного тока?
- 2) Что представляет собой косвенный метод измерения мощности по показаниям вольтметра и амперметра?
- 3) Какие два варианта включения вольтметра и амперметра в электрической цепи постоянного тока при измерении мощности нагрузки Вы знаете?
- 4) Что необходимо учитывать при точных измерениях малых мощностей?
- 5) Какими недостатками характеризуется метод вольтметра и амперметра?
- 6) Какие измерительные механизмы могут быть использованы для измерения мощности в цепях постоянного тока?
- 7) Как включаются подвижная и неподвижная катушки ваттметра при измерении мощности?
- 8) Что нужно сделать, чтобы стрелка при измерениях отклонялась в нужную сторону?

## **Раздел 4. Исследование формы электрических сигналов**

### **Тема 4.1. Электронно-лучевые осциллографы. Двухлучевые и двухканальные осциллографы**

#### **Устный опрос**

1. Классификация и характеристики электронно-лучевых осциллографов.
2. Электронно-лучевая трубка и принцип действия электронного осциллографа.
3. Техника осциллографических измерений.
4. Понятие о многолучевых осциллографах, их отличительные особенности.
5. Понятие о двухканальном осциллографе, его особенности.
6. Режимы работы каналов.

**Лабораторная работа №3** Изучение техники осциллографических измерений. Измерение напряжения (амплитуды электрического сигнала) с помощью осциллографа. Измерение периода и частоты гармонического сигнала с помощью осциллографа. Изучение органов управления двухлучевого

### **Цель работы:**

1. Измерить амплитудное значение электрического сигнала синусоидальной формы используя осциллограф-мультиметр С1-112А и генератор сигналов низкочастотных ГЗ-120.
2. Приобретение навыков работы с осциллографом по исследованию непрерывных процессов.
3. Изучение двухлучевого осциллографа и приобретение навыков работы с прибором.

### **2. Краткие теоретические сведения**

Осциллограф-мультиметр С1-112А является электронным осциллографом. Электронный осциллограф в настоящее время является одним из наиболее распространённых радиоизмерительных приборов. Он применяется не только для исследования радиоэлектронных схем, но также и в других областях науки и техники, использующих методы электроники, например в биологии, медицине и т.д.

Такое распространение и широкое применение электронного осциллографа обусловлено его универсальностью и наглядностью получаемого на экране изображения исследуемого напряжения, а также параметрами прибора – большим входным сопротивлением, безынерционностью до очень высоких частот, высокой чувствительностью и широкополосностью.

Большое входное сопротивление осциллографа обеспечивает минимальное влияние его подключения на электрический режим исследуемой цепи. Безынерционность электронного осциллографа позволяет исследовать электрические процессы в очень широком диапазоне частот, а его высокая чувствительность даёт возможность получать осциллограммы напряжения малой амплитуды. Применение широкополосных усилителей вертикального отклонения позволяет исследовать несинусоидальные напряжения, включающие в себя широкий спектр частот, с минимальными искажениями.

Осциллограф – прибор для наблюдения или регистрации электрических сигналов, а также для измерения их параметров. Основная функция осциллографа заключается в воспроизведении в графическом виде различных электрических колебаний (осциллограм), так как это принято в радиотехнике. Чаще всего с помощью осциллограмм наблюдается зависимость напряжения (тока) от времени  $u(t)$  в декартовой системе координат. Ось  $X$  является осью времени, а по оси  $Y$  откладывается напряжение сигнала. Осциллограф позволяет осуществить измерение различных параметров сигнала, например амплитуды, длительности, частоты, глубины модуляции, фазового сдвига. Осциллографы делятся на электромеханические и электронные. Согласно ГОСТ 9810 – 69 осциллографы обозначаются буквой С. Следующая за ней цифра характеризует

тип прибора:

C1 – универсальный; C7 – скоростной; C8 – запоминающий; C9 – специальный.

### 3. Порядок выполнения работы

1. Подключить генерируемый синусоидальный сигнал генератора ГЗ- 120 на вход осциллографа С1-112А.
2. Шнуры питания приборов подключить к сети 220В. Включить приборы (кнопка на лицевой панели осциллографа, тумблер на лицевой панели генератора).
3. Переключить осциллограф-мультиметр в режим «осциллограф». Установить луч осциллографа в центр экрана и отрегулировать его яркость и фокусировку. Выбрать режим синхронизации – «ВНУТР.».
4. Переключателями «Переключение поддиапазонов частот», «Ступенчатая регулировка выходного напряжения» и ручками «Плавная перестройка частоты», «Плавная регулировка выходного напряжения синусоидальной формы» генератора установить синусоидальный электрический сигнал на его выходном гнезде.
5. Переключателями «Установка открытого или закрытого входов», «Установка коэффициента отклонения», «Установка коэффициента развёртки», «Грубое переключение коэффициента развёртки» и др. осциллографа добиться устойчивого изображения синусоидального напряжения на экране осциллографа.
6. Руководствуясь показаниями переключателя «Установка коэффициента отклонения» и нанесённой на экран осциллографа разметки, в виде координатной сетки определите амплитудное значение выходного сигнала генератора  $U_M$
7. Рассчитать действующее значение входного сигнала генератора.
8. Используя данные пунктов 2.3, 2.4 и 2.5 приложения 1 к лабораторной работе № 2 «наибольшее значение выходного напряжения ( $U_{ГМ}$ ) не превышает 10В без нагрузки», «плавная регулировка выходного напряжения синусоидального сигнала осуществляется 10 В без нагрузки, до относительного уровня минус 14 дБ; «Ступенчатая регулировка выходного напряжения синусоидального сигнала осуществляется ступенями через 10 дБ в пределах от 0 до минус 60 дБ» вычислить величину напряжения на выходе генератора  $U_G$  и сравнить с показаниями осциллографа.
9. Вычислить максимально допустимую погрешность выходного напряжения генератора  $\Delta U_G$ .
10. Повторить пункты 4, 5, 6, 7, 8, 9 настоящей программы изменив амплитудное значение выходного сигнала.
11. Данные измерений и вычислений занести в табл. 1.

Таблица 1.

№ п/п	Измерено		Вычислено					
	Переключатель V/ДЕЛ.	Количество делений	$U_M$	$U$	$U_G$	$U_{ГМ}$	$\Delta U_G$	$\Delta U$

	-	-	В	В	В	В	В	В
1								
2								

**- Измерение периода и частоты гармонического сигнала с помощью осциллографа**

**Порядок выполнения работы**

1.1 Собрать схему измерений, указанную на Рис. 1.

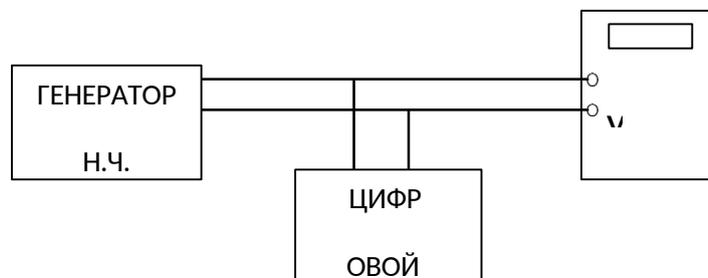


Рисунок 1

1.2 Согласно описаниям к приборам, включить приборы в сеть и, используя цифровой вольтметр, установить выходное напряжение генератора 1В, а частоту 1000 Гц.

1.3 Получить на экране осциллографа устойчивое изображение, позволяющее получить наиболее точные результаты (сигнал должен занимать большую часть экрана)

4.4. После этого произвести измерение напряжения с помощью осциллографа.

4.6 Результаты измерений занести в табл.1. Устанавливая затем выходные напряжения генератора 2, 3, 4, 5В производить измерение напряжения с помощью осциллографа. Результаты измерений заносить в табл.1.

**ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФОМ**

Таблица 1.

Установленное значение напряжения, В U	Измеренное значение напряжения, В		Погрешность	
			Абсолютная, В	Относительная, %
	U <sub>m</sub>	U		
1				
2				
3				
4				
5				

4.7. Электронный вольтметр показывает действующее значение синусоидального напряжения, а на экране осциллографа измеряется амплитудное его значение.

4.8. Разобраться и сделать вывод КАКИМ ИЗ ПРИБОРОВ – вольтметром или осциллографом измерения производятся точнее.

4.9. Установить выходное напряжение генератора – 2В. Произвести поверку установки частотной шкалы генератора в диапазонах «×10» и «×100». Для этого устанавливать ВСЕ оцифрованные значения частоты по шкале генератора в диапазонах «×10» и «×100» и измерять частоту по осциллографу. Результаты измерений и расчетов заносить в таблицу 2.

4.10. По результатам измерений и расчетов сделать вывод о соответствии погрешности установки частоты генератора требованиям ТУ на прибор.

### ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ

Таблица 2.

Диапазон	Установленное значение частоты, Гц	Измеренное значение		Абсолютная погрешность, Гц $\Delta F$	Относительная погрешность, %	
		период а мс	частоты, Гц		Допуск по ТУ	Измеренное значение
×10	200					
	300					
	400					
	500					
	1000					
	2000					

×100	3000					
	4000					
	5000					
	10000					

#### 4. Содержание отчета

- 5) Наименование и цель работы.
- 6) Перечень используемого оборудования.
- 7) Результаты измерений и расчетов.
- 8) Выводы

#### 5. Контрольные вопросы

- 1) К какому виду осциллографов относится осциллограф-мультиметр С1- 112А?
- 2) Чем обеспечивается широкое применение электронных осциллографов?
- 3) Какое преимущество измерений обеспечивается большим входным сопротивлением осциллографа?
- 4) Как измерить частоту гармонических колебаний с помощью осциллографа?
- 5) Как измерить амплитуду гармонических колебаний с помощью осциллографа?
- 6) Какой вид развертки применяется в осциллографах при исследовании гармонических колебаний?
- 7) Необходимость синхронизации в осциллографе. Виды синхронизации.
- 8) Необходимость и назначение калибратора осциллографа. Уметь пользоваться калибратором.

### Раздел 5. Измерение параметров сигналов

#### Тема 5.1. Измерение частоты и временных интервалов электрических сигналов. Измерение фазы гармонических колебаний

##### Письменный опрос

1. Требование к точности измерения частоты в различных диапазонах.
2. Понятие об эталонах частоты.
3. Виды частотно-измерительных приборов.
4. Электронно счётные частотомеры.
5. Электронные методы измерения частоты и времени.
6. Методы измерения фазы гармонических колебаний и их краткая характеристика.

**Лабораторная работа №4** Измерение временных интервалов осциллографом, определение погрешностей измерения. Измерение частоты сигнала частотомером, определение погрешностей измерений. Измерение сдвига фаз двух электрических гармонических сигналов двухлучевым осциллографом

**1. Цель работы:** Изучение двухлучевого осциллографа и приобретение навыков работы с прибором.

## **2. Краткие теоретические сведения**

Осциллограф двухлучевой С1-96 предназначен для одновременного исследования и сопоставления формы двух электрических сигналов путём визуального наблюдения и фотографирования периодических и однократных сигналов, а также изменения временных интервалов от 0,8 мкс до 1 с (с растяжкой от 0,16 мкс) и амплитуд от 4 мВ до 400 В.

Осциллограф соответствует 2 классу точности ГОСТ 22737 - 77.

Максимальная расчётная погрешность измерения амплитуды прямоугольных импульсов не превышает  $\pm 4\%$ , при работе с выносным делителем 1:10 не превышает  $\pm 5\%$ . Максимальная расчётная погрешность измерения временных интервалов не превышает  $\pm 5\%$ .

Схема такого осциллографа (С1-96) представлена на рисунке.

Исследуемые сигналы подаются на входы усилителей вертикального отклонения.

При помощи входных аттенюаторов, которые представляют собой компенсированные делители напряжения, устанавливают величину сигнала удобную для наблюдения на экране электронно-лучевой трубки.

Предварительные оконечные усилители вертикального отклонения усиливают сигналы до необходимой величины перед поступлением их на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ.

Для обеспечения возможности наблюдения и исследования фронта импульсов в каналах вертикального отклонения используют линии задержки.

## **3. Порядок выполнения работы**

- 1) Ознакомиться со структурной схемой двухлучевого осциллографа С 1-96 и зарисовать её, определив назначение её узлов. (См. Техническое описание к прибору С 1-96).
- 2) Начертить переднюю панель (эскиз) осциллографа С 1-96 с указанием органов управления.
- 3) Из технического описания на прибор С 1-96 выписать основные технические характеристики осциллографа С 1-96.
- 4) Подготовить осциллограф С 1-96 к работе согласно Технического описания на прибор С 1-96.
- 5) Подавать последовательно на входы У1 и У2 осциллографа С 1-96 гармонический

сигнал от генератора Г 3-112 частотой 1000 Гц и произвольным значением напряжения: получать неподвижное изображение на экране; определять амплитуду и частоту сигнала, поданные на входы У1 и У2

б) Результаты измерений занести в табл.1

7) Аналогично проделать измерения для частоты сигнала 2000 Гц и 500 Гц. Результаты измерений занести в табл.1 и сравнить измененные значения частоты с показаниями шкалы "Частота" генератора Г 3-1Х2.

8) Подать на вход фазовращателя сигнал с генератора Г 3-112 с частотой, указанной на фазовращателе.

9) С выхода фазовращателя подать напряжения на входы У1 и У2 осциллографа С 1-96 и определить фазовый сдвиг в двух любых положениях ручки фазовращателя по осциллографу методом "осциллограммы".

Таблица I. Измерение напряжения и частоты сигнала.

№ Изм.	Установленное значение частоты, Гц	Измеренные значения					
		Напряжение, В		Период, мс		Частота, Гц	
		У <sub>1</sub>	У <sub>2</sub>	У <sub>1</sub>	У <sub>2</sub>	У <sub>1</sub>	У <sub>2</sub>
1.	1000						
2.	2000						
3.	500						

#### 4. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Структурная схема осциллографа С 1-96.
3. Основные характеристики осциллографа С 1-96.
4. Эскиз передней панели осциллографа С 1-96
5. Результаты измерений частоты и напряжения /табл.1/
6. Значение угла сдвига фаз.
7. Вывод о возможностях двухлучевых осциллографов и о сравнении измеренных значений частоты с показаниями шкалы генератора Г 3-112.

#### 5. Контрольные вопросы

1. Из каких основных узлов состоит двухлучевой осциллограф, каково назначение каждого из них.
2. Приведите основные параметры, характеризующие осциллограф.

3. Укажите последовательность получения неподвижного изображения сигнала на экране осциллографа.
4. Какие измерения и как осуществляются на осциллографе.

### **Тема 5.2. Измерение искажений формы сигналов**

*Устный фронтальный опрос*

1. Характеристика искажений электрического сигнала.
2. Средства измерения нелинейных искажений.
3. Метрологическое обеспечение средств измерения характеристик искажений формы сигналов.

**Лабораторная работа №5** Измерение искажений электрических сигналов микропроцессорным измерителем.

### **Тема 5.3. Измерение параметров модулированных сигналов**

**Устный опрос.**

1. Характеристики и параметры модулированных сигналов.
2. Методы и средства измерения параметров модулированных сигналов.

**Лабораторная работа №6** Измерение коэффициента модуляции амплитудно-модулированного сигнала

**1. Цель работы:** Изучение технических характеристик, устройства анализатора спектра последовательного типа и принципа работы основных его узлов; приобретение навыков по наблюдению спектров периодических сигналов различной формы, овладение техникой измерений спектральных составляющих исследуемых сигналов с помощью анализатора спектра последовательного типа.

### **2. Краткие теоретические сведения**

Исследование формы сигнала с помощью осциллографа позволяет получить зависимость напряжения от времени. Спектральное представление детерминированного сигнала в виде совокупности его частотных составляющих дает более полную информацию о его форме и, дополнительно, о качестве радиотракта, через который этот сигнал прошел. Измерение спектра используется для количественной оценки искажений импульсных сигналов, нелинейности радиотехнических устройств и гармонических сигналов, параметров модулированных сигналов любого вида

модуляции и для физических исследований.

Характеристики, описывающие свойства сигнала при частотном представлении, называют *спектральными*.

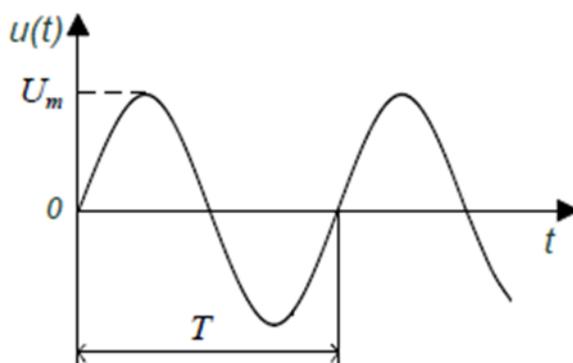
К ним относятся:

- 1 – *частотные спектры амплитуд и фаз* (наиболее полные характеристики);
- 2 – *коэффициент гармоник*;
- 3 – *коэффициент модуляции* (для амплитудно-модулированного сигнала);
- 4 – *девиация частоты* (для частотно-модулированного сигнала);
- 5 – *индекс угловой модуляции* (для модулированного по фазе сигнала);
- 6 – *кепстр* (для регулярных стационарных случайных процессов) и др.

Для периодических сигналов  $u(t)$  справедливо следующее соотношение (рис. 1):

$$u(t) = u(t + nT),$$

где  $t$  – текущее значение времени ( $-\infty \leq t \leq \infty$ );  $n$  – произвольное целое число;  $T$  – фиксированное значение времени, называемое периодом.



**Рис.1. Изображение периодического сигнала**

Реальные электрические сигналы можно считать периодическими только с определенной степенью приближения, так как все они ограничены во времени. Однако для упрощения анализа примем допущение об их периодичности. Простейшим периодическим сигналом является гармоническое колебание типа (рис.1)

$$u(t) = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = U_m \cdot \sin(2\pi t / T + \varphi_0) = U_m \cdot \sin(2\pi f t + \varphi_0),$$

где  $U_m$  – амплитуда колебания;

$\omega$  – круговая частота, рад/с;

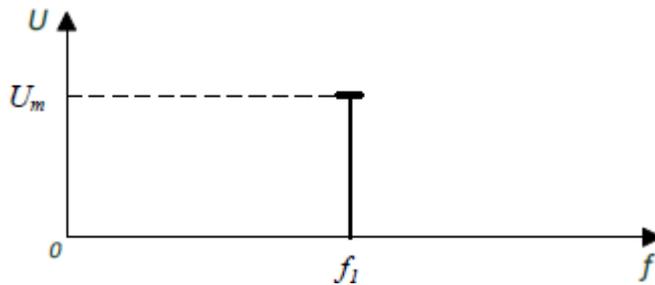
$f$  – частота, Гц;

$\varphi_0$  – начальная фаза;

$(\omega t + \varphi_0)$  – мгновенное значение фазы.

Совокупность амплитуд гармонических составляющих называется *амплитудным спектром* колебания. Амплитудный спектр графически представляют в прямоугольной

системе координат, откладывая по оси ординат ( $y$ ) амплитуду, а по оси абсцисс ( $x$ ) – частоту соответствующей гармонической составляющей. В случае элементарного гармонического сигнала  $u(t) = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$  амплитудный спектр представляется единственной составляющей, амплитуда которой равна  $U_m$ , а частота –  $f$  или  $\omega$  (рис.2).



**Рис.2.** Амплитудный спектр гармонического сигнала

Периодические сигналы сложной формы (например, амплитудно- или частотно-модулированные) с помощью преобразования Фурье можно представить в виде суммы составляющих, меняющихся во времени по гармоническому закону. Совокупность гармоник составляет полный спектр сигнала:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot \exp(-j\omega t) dt.$$

Анализ спектра включает измерение как амплитуд гармоник – *спектр амплитуд*, так и их начальных фаз – *спектр фаз*. Однако для многих практических задач достаточно знать лишь спектр амплитуд.  $S(\omega)$  – комплексная функция. Модуль этой функции и есть спектр амплитуд. Значение  $|S(\omega)|$  выражает не непосредственную амплитуду, а спектральную плотность. Спектр периодического сигнала  $u(t)$  – *линейчатый*. Для непериодических сигналов характерен *сплошной* спектр.

К *спектральным характеристикам*, используемым на практике, также относятся:

- *текущий спектр*;
- *мгновенный спектр*.

Реальные физические процессы исследуются в течение конечного интервала времени  $t$ . С учетом этого определяемый спектр может быть представлен в следующем виде:

$$S(\omega, t) = \int_0^t u(\tau) \cdot \exp(-j\omega \tau) d\tau.$$

Функция  $S(\omega, t)$  является функцией не только частоты, но и времени и носит название *текущего спектра*. Это понятие важно для теории и техники анализа спектра. Дело в том, что периодичность процесса проявляется лишь за достаточно большое время – по крайней мере, за несколько периодов. В течение же небольшой части периода характерные черты процесса вырисовываться не успевают. Спектр короткого отрезка процесса – сплошной, так как этот отрезок по существу является коротким импульсом.

Переход к линейчатому спектру происходит лишь в пределе, когда  $t \rightarrow \infty$  (строго теоретически); на практике длительность процесса оказывается достаточной при условии  $t = nT$  ( $n \gg 1$ ). Форма текущего спектра, в общем случае, отличается от истинного тем больше, чем меньше  $t$ .

**Мгновенный спектр** описывается функцией

$$S_T(\omega, t) = \int_{t-T}^t u(\tau) \cdot \exp(-j\omega\tau) d\tau$$

и определяется как спектр отрезка сигнала длительностью  $T$ , непосредственно предшествующего данному моменту времени  $t$ . Спектральной характеристикой стационарных случайных процессов (напряжения или тока) служит **спектральная плотность мощности  $G_x(t)$** . Она выражает приходящуюся на единицу полосы частот среднюю мощность процесса. Изменение формы гармонического сигнала, возникающее в результате его прохождения через устройство, содержащее нелинейные элементы, называется **нелинейным искажением**. Искаженный негармонический сигнал содержит в своем спектре постоянную составляющую, первую гармонику (основную частоту  $f$ ) и высшие гармоники с частотами  $2f, 3f, \dots$

Степень нелинейного искажения гармонического сигнала характеризуется **коэффициентом гармоник  $K_g$** , равным отношению среднеквадратического значения всех гармоник напряжения (или тока) искаженного сигнала, кроме первой, к среднеквадратическому значению напряжения (или тока) первой гармоники:

$$K_g = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} = \frac{U_g}{U_1}$$

Коэффициент гармоник  $K_g$  часто выражается в процентах. Нелинейные искажения сигнала любой формы оцениваются **коэффициентом нелинейности  $K_n$** , который вычисляется по формуле

$$K_n = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}} = \frac{U_g}{U_c}$$

(отношение среднеквадратического значения высших гармоник напряжения (или тока) к среднеквадратическому значению всех гармоник напряжения (или тока), т.е. к напряжению (или току) сигнала).

Коэффициенты гармоник и нелинейности связаны соотношением

$$K_g = \frac{K_n}{\sqrt{1 - K_n^2}}$$

Если искажения не очень велики ( $K_g < 0,1$ ), то коэффициенты  $K_g$  и  $K_n$  отличаются мало (меньше чем на 1%).

### 3. Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип работы анализатора спектра последовательного типа (см. п. 11.2.3), основные технические характеристики и назначение основных органов управления, контроля и присоединения анализатора спектра С4-77 (см. п. 11.3.2, п. 11.3.3).

2. Все используемые в исследовании приборы подготовить к работе. При этом в исходном положении все приборы должны быть в выключенном состоянии. Каждый прибор готовится отдельно (в исходном положении выход генератора Г6-33 и вход анализатора спектра С4-77 не соединены).

3. У генератора Г6-33 тумблер «ОПОРН. ГЕН. ВНУТР.-ВНЕШ.» (расположен на задней панели) переключить в положение «ВНУТР». Остальные органы управления могут находиться в произвольном положении.

4. Включить генератор Г6-33 тумблером «СЕТЬ». При этом должны загореться индикаторы параметров на табло лицевой панели, указывающие следующие исходные значения: частоты « $F$ » – 0 Гц; фазового сдвига « $\phi$ » – 0; ослабления выходного напряжения первого канала (ВЫХОДА I) «В1» – 70 дБ; ослабления выходного напряжения второго канала (ВЫХОДА II) «В2» – 70 дБ; коэффициента заполнения прямоугольного сигнала

« $\tau/T$ » ( $\tau$  – длительность импульсов,  $T$  – период следования импульсов) третьего канала (ВЫХОДА III) – 0,1. При включении прибора индикаторы формы сигналов могут устанавливаться в произвольные состояния. □

5. Установить требуемый режим работы генератора Г6-33. Для этого ввести заданную форму исследуемого сигнала (см. п. 11.5.6); заданное значение частоты « $F$ », ослабление выходного сигнала на ВЫХОДЕ I «В1» – 10 дБ (при синусоидальной, треугольной и пилообразной формах сигнала), коэффициент заполнения « $\tau/T$ » – 0,2 (при прямоугольной форме сигнала) – см. п. 7. Остальные параметры в работе не используются.

6. Для ввода заданной формы сигнала нажать соответствующую клавишу. При этом на табло должен загореться соответствующий световой индикатор.

7. Для ввода остальных параметров нажать клавиши в следующей последовательности: клавишу вводимого параметра (при этом на табло загорается буква **Н** индикатора набора «НАБОР»); клавиши численного значения параметра (при этом на табло высвечивается набранное значение); клавишу «ВВОД» (при этом индикатор «НАБОР» гаснет);

8. У генератора Г6-33 ручку плавного регулирования выходного напряжения на ВЫХОДЕ I установить в крайнее правое положение (на максимальное значение). Генератор Г6-33 готов к проведению работы.

9. Включить анализатор спектра С4-77 тумблером «СЕТЬ |». Прибор автоматически устанавливает органы управления в следующие положения (начальная установка):

- включены клавиши: «ОПТИМ», «АВТ», «100dB»;
- установлены значения:
  - полосы обзора – 200 kHz;
  - времени развертки – 0,2 s;
  - постоянной времени – 0,1 ms;
  - полосы пропускания – 3 kHz;

- 10). Проверить калибровку анализатора спектра С4-77. Для этого:
- ручкой «» установить умеренную яркость изображения;
  - дискретный переключатель «Ат ВХ × 10dB» установить в положение «3» («30dB»);
  - дискретный переключатель (отсчетный аттенюатор) «Ат ОТСЧЕТ – dB» установить в положение «0dB»;
  - включить клавиши «КАЛИБР», «V» и тумблер «»; ручками «ЧАСТОТА ▼ » и «ЧАСТОТА ▼ ▼ » установить на табло «ЧАСТОТА kHz» частоту, равную 128 kHz;
  - проверить совмещение вершины отклика на экране ЭЛТ с верхней горизонтальной линией масштабной сетки;
  - выключить клавишу «КАЛИБР».
- 11). Произвести селекцию высоких уровней составляющих спектра (откликов) собственных шумов анализатора спектра С4-77:
- включить клавишу «100dB»;
  - включить клавишу «МЕТКА»; на экране ЭЛТ должна появиться яр-костная вертикальная линия (при необходимости воспользоваться ручкой «РУЧ»);
  - вращая ручку «ЧАСТОТА » во всем диапазоне регулировки, вы-вести на рабочую часть экрана ЭЛТ отклики, имеющие относительно высокие уровни; вращая ручку «РУЧ» и совмещая светящуюся метку с положением вершин откликов, определить по показанию частотомера (световому табло «ЧАСТОТА kHz») частоту этих спектральных составляющих;
  - зафиксировать частоты высоких уровней откликов собственных шумов, включая отклик с частотой 50 Гц, и занести их значения в протокол исследований.
- 12) Установить тумблер «600Ω/100kΩ» анализатора спектра С4-77 в положение «600Ω», соответствующее выходному сопротивлению генератора Г6-33.
- Анализатор спектра С4-77 готов к проведению измерений.

13) Для измерения спектра исследуемого периодического сигнала по частоте и амплитуде:

- дискретный переключатель «Ат ВХ × 10dB» установить в положение «7» («70dB»);
- соединительный кабель подключить к ВЫХОДУ I (или ВЫХОДУ III, в зависимости от формы сигнала) генератора Г6-33 и к входу «» анализатора спектра С4-77;
- при помощи ручки «ЧАСТОТА » настроиться так, чтобы спектр исследуемого сигнала находился в пределах рабочей части экрана ЭЛТ;
- переключением клавиш «ПОЛОСА ОБЗОРА kHz» и клавиши множителя «×100» выбрать соответствующую полосу обзора;
- не допуская перегрузки (свечения индикатора «>>>»), переключением ослабления входного аттенюатора «Ат ВХ × 10dB» установить вершину наибольшего отклика в верхней части масштабной сетки ЭЛТ;
- вращая ручку «РУЧ» и совмещая светящуюся метку с положением вершин основного и боковых откликов, определить по показанию частотомера частоты этих спектральных составляющих; результаты измерений частот  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$  (где  $n$  – число откликов;  $f_1$  – частота основного отклика;  $f_2, f_3, \dots, f_n$  – частоты

боковых откликов) занести в табл. 1;

Таблица 1

Результаты измерения и расчета спектра исследуемого сигнала по частоте и амплитуде

Частота, кГц	Измерение	$f_1$	$f_2$	$f_3$	...	$f_n$
	Расчет	$f_{p1}$	$f_{p2}$	$f_{p3}$	...	$f_{pn}$
Амплитуда, В (дВ)	Измерение	$U_1$	$U_2$	$U_3$	...	$U_n$
	Расчет	$U_{p1}$	$U_{p2}$	$U_{p3}$	...	$U_{pn}$

- определить уровень амплитуд напряжения основной ( $U_1$ ) и боковых ( $U_2, U_3, \dots, U_n$ ) спектральных составляющих исследуемого сигнала в абсолютных (см. п. 11.5.14) или относительных (см. п. 11.5.15) единицах; результаты измерений амплитуд  $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$ , соответствующих измеренным частотам  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ , занести в табл. 11.3;
- спектрограмму исследуемого сигнала сфотографировать (скопировать на кальку – наложением на экран ЭЛТ – или срисовать в масштабе на клетчатую бумагу).

#### 4. Контрольные вопросы

1. Что называется спектром сигнала? Для чего используются спектры сигналов?
2. Какие характеристики называются спектральными? Назовите основные виды спектральных характеристик.
3. Какой математический аппарат используется для спектрального представления периодического сигнала?
4. Что включает в себя анализ спектра? Дайте определение спектра амплитуд, спектральной плотности.
5. Какую форму имеют спектры периодического, непериодического сигналов и короткого одиночного импульса?
6. Дайте понятие текущего и мгновенного спектров.
7. Что является спектральной характеристикой стационарных случайных процессов?
8. Дайте определения нелинейного искажения, коэффициентов гармоник и нелинейности. Как связаны аналитически коэффициенты гармоник и нелинейности?
9. Какой метод используется для экспериментального анализа спектра? Назовите основные способы его реализации. Какой из способов получил преимущественное распространение?
10. В чем заключается способ одновременного анализа? Назовите области его применения.
11. В чем заключается способ последовательного анализа? Назовите области его применения.

12. Общее устройство и принцип работы анализатора спектра последовательного типа.

## Раздел 6. Измерение параметров компонентов электротехнических цепей

### Тема 6.1. Измерение параметров компонентов с сосредоточенными постоянными. Измерение параметров полупроводниковых приборов

#### Письменный опрос

1. Метод непосредственной оценки параметров.
2. Мостовой метод измерения  $R$ ,  $L$  и  $C$ .
3. Методика измерения сопротивления, ёмкости, тангенса угла диэлектрических потерь индуктивности и добротности.
4. Погрешности измерения.
5. Методика измерения параметров полупроводниковых приборов.

#### Лабораторная работа №7 Измерение параметров полупроводниковых приборов

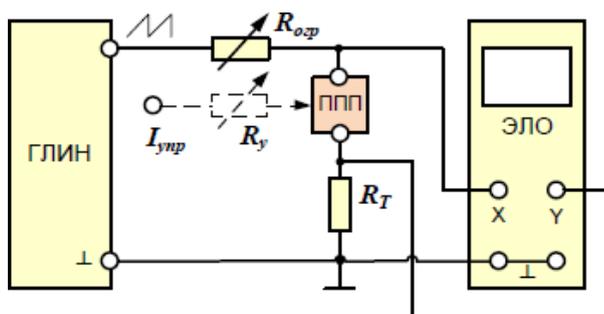
**1. Цель работы:** Изучение технических характеристик, устройства и принципа работы характериографа в составе электронно-лучевого осциллографа (ЭЛО) С1-122, приобретение навыков по исследованию вольт-амперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых приборов (ППП) и измерению по ВАХ их основных статических параметров.

#### 2. Перечень используемого оборудования:

1. Осциллограф универсальный С1-122А
2. Сменные адаптеры
3. Исследуемый ППП

#### 3. Краткие теоретические сведения

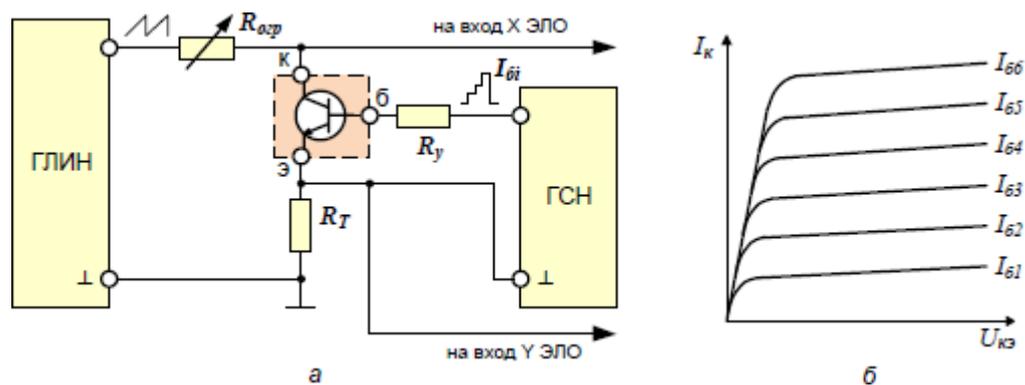
В качестве простейшего характериографа для наблюдения ВАХ ППП можно использовать практически любой ЭЛО с дополнительной схемой сопряжения в соответствии с рис. 1.



развертывающего напряжения по оси  $X$  для ЭЛО. ГЛИН может быть отдельным устройством, как показано на рис. 12.1, либо встроенным узлом ЭЛО. Во втором случае используется отключенный генератор развертки, выходной разъем которого имеется на многих типах ЭЛО. С помощью **токоограничивающего резистора  $R_{огр}$**  и амплитудой напряжения ГЛИН задается диапазон изменения рабочего тока, через исследуемый ППП. Падение напряжения на ППП подается на вход  $X$  ЭЛО. Падение напряжения на **токосъемном резисторе  $RT$**  небольшой величины прямо пропорционально протекающему через ППП рабочему току и подается на вход  $Y$  ЭЛО. Для этого сопротивление резистора  **$RT$**  должно быть много меньше сопротивления ППП в открытом состоянии с целью наименьшей погрешности воспроизведения ВАХ. При этом минимальное значение сопротивления резистора  **$RT$**  (обычно единицы Ом) ограничено чувствительностью канала  $Y$  ЭЛО.

Для наблюдения ВАХ ППП в трехэлектродном включении (транзисторов, тиристоров и др.) используется дополнительный источник питания (на рис. 12.1 не показан) для задания управляющего тока  **$I_{упр}$** . Последовательно устанавливая величину тока  **$I_{упр}$**  посредством изменения сопротивления токоограничивающих резисторов в цепи управления  **$R_y$** , возможно последовательно получить семейство ВАХ исследуемого ППП.

Для проведения измерения статических параметров исследуемых ППП по полученной ВАХ необходима предварительная калибровка масштабных коэффициентов отклонения каналов  $X$  и  $Y$  (соответствуют положениям переключателей входных аттенюаторов ЭЛО). Результаты калибровки оформляются в виде специальной переводной таблицы для данного ЭЛО. Используя эту таблицу и метод калиброванных шкал, измеряют статические параметры ППП в соответствующих точках ВАХ. Для расширения функциональных возможностей характернографа, в частности для одновременного наблюдения семейства ВАХ трехэлектродных ППП и задания числа ВАХ в семействе, дополнительно используется **генератор ступенчатого напряжения (ГСН)**. Схема такого характернографа на примере исследования семейства ВАХ биполярного транзистора приведена на рис.2.



**Рис.2. Схема для измерения ВАХ (а) и изображение семейства ВАХ на экране ЭЛО (б) биполярного транзистора**

В схеме на рис.2 ток базы  $I_{бi}$  задается ГСН и резистором  $R_y$ . Временные параметры ступенчатого напряжения согласованы с периодом изменения напряжения ГЛИН таким образом, чтобы в течение каждого периода ГЛИН (на каждом ходе развертки) высвечивалась ВАХ, соответствующая одному значению тока базы  $I_{бi}$  (одной ступеньке). За счет частоты ГСН и развертывающего напряжения ГЛИН, выше частоты мелькания глаза, на экране ЭЛО воспроизводится семейство ВАХ биполярного транзистора, число характеристик в котором равняется количеству ступенек в одном периоде напряжения ГСН.

Для исследования ППП различного типа проводимости данная схема может содержать переключатель изменения полярности подключения ППП.

По данному принципу устроены специальные осциллографы (на-пример, С1-91, С1-122А и др.), в которых предусмотрены сменные блоки различного функционального назначения, в том числе и блок характернографа для измерения ВАХ различных типов ППП. Кроме этого, на аналогичных методах построены специализированные измерители ВАХ – характернографы (например, ПНХТ-1, ПНХТ-2, Л2-56, TR4805 (Венгрия) и др.).

#### **4. Порядок выполнения работы**

1. Получите у преподавателя заданный тип ППП в соответствии с табл.1.

## Исходные данные

№ варианта	1	2	3	4
Тип ППП	стабилитрон	биполярный транзистор	полевой транзистор	тиристор

2. Изучите основные технические характеристики, устройство и принцип работы, назначение основных органов управления, контроля и присоединения базового и сменных блоков ЭЛО С1-122.
3. Изучите по справочнику конструкцию (цоколевку) и паспортные значения основных параметров (характеристик) исследуемого ППП.
4. Воспроизведите ВАХ (или семейство ВАХ) исследуемого ППП на экране ЭЛО С1-122. Проведите по полученной ВАХ осциллографические измерения методом калиброванных шкал основных статических параметров исследуемого ППП. Сфотографируйте ВАХ (или семейство ВАХ) (скопируйте на кальку или клетчатую бумагу).
5. Сравните основные параметры по исследованным ВАХ ППП с паспортными данными по справочнику.
6. Сформулируйте выводы о проделанной работе.

## 5. Контрольные вопросы

- 1) В чем состоит принцип схемного решения и работы характериографа на базе осциллографа (воспроизведения на экране ЭЛТ осциллограммы в виде ВАХ)?
- 2) Какую роль выполняют токоограничивающий *R<sub>огр</sub>* и токосъемный *RT* резисторы? Какие требования предъявляются к величине токосъемного резистора?
- 3) Какой электронный узел в блок-схеме характериографа обеспечивает воспроизведение на экране ЭЛТ семейства ВАХ? Как согласованы временные параметры ступенчатого напряжения ГСН с периодом изменения развертывающего напряжения ГЛИН?
- 4) Назовите типы известных серийно выпускаемых характериографов.
- 5) Назначение всех органов управления, присоединения и индикации блока характериографа Я4С-92 в составе ЭЛО С1-122А.
- 6) Какую роль выполняют адаптеры? Каково назначение гнезда В в сочетании с гнездом А? В чем отличие изображений ВАХ при подключении исследуемого ППП к гнезду А и гнезду В?

7) Последовательность действий для воспроизведения на экране ЭЛТ ВАХ стабилитрона.

8) Последовательность действий для воспроизведения на экране ЭЛТ семейства выходных ВАХ БТ.

### **Самостоятельная работа обучающегося:**

Выполнение индивидуальных исследований по направлениям:

- Обеспечение качества измерительного оборудования;
- Эталоны и их эволюция;
- Возможности программы Multisim;
- Современные цифровые измерительные приборы;
- Основные направления развития цифровой осциллографии;
- Компьютерные измерительные системы: структура, особенности, общая характеристика, возможности.

### **Требования к содержанию, структуре и оформлению индивидуального проекта**

Проект должен соответствовать заданной тематике. Проектная работа включает не только сбор, систематизацию и обобщение информации по выдвинутой проблеме, но и представляет собой самостоятельное исследование, демонстрирующее авторское видение проблемы, оригинальное ее толкование или решение. Проект должен иметь практическую направленность, быть востребованным и иметь возможность применения в той или иной сфере человеческой деятельности. Результатом (продуктом) проектной деятельности может быть любая из следующих работ:

- эссе,
- реферат,
- аналитические материалы,
- обзорные материалы,
- отчёты о проведённых исследованиях,
- бизнес-план,
- стендовый доклад.

## **4.КОМПЛЕКТОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **4.1. Назначение**

Контрольно-оценочное средство предназначено для промежуточной аттестации по учебной дисциплине ОП.09 Электрорадиоизмерения оценки знаний и умений аттестуемых, а также элементов ПК и ОК.

### **4.2. Форма и условия аттестации**

Аттестация проводится в форме устного экзамена по завершению освоения всех тем учебной дисциплины, при положительных результатах текущего контроля. К экзамену по дисциплине допускаются студенты, полностью выполнившие все лабораторные работы и практические задания по данной дисциплине.

Контрольно-оценочные средства для проведения промежуточной аттестации доводятся до сведения студентов не позднее, чем за месяц до окончания изучения дисциплины. На основе разработанного и объявленного обучающимся перечня теоретических вопросов и практических задач, рекомендуемых для подготовки к экзамену, составляются экзаменационные билеты, содержание которых до обучающихся не доводится. Комплект билетов по своему содержанию охватывает все основные вопросы пройденного материала по предмету. Число экзаменационных билетов разрабатывается больше числа студентов в экзаменуемой группе.

Экзамен проводится в специально подготовленных помещениях. На выполнение задания по билету студенту отводится не более 1 академического часа. В случае неточных и неполных ответов обучающего на вопросы экзаменационного билета преподаватель вправе задать дополнительные вопросы из перечня включенных в оценочное средство в форме блиц-опроса (без предварительной подготовки). Во время сдачи промежуточной аттестации в устной форме в аудитории может находиться одновременно не более 6 обучающихся.

### **4.3.Необходимые ресурсы**

На экзамене разрешается использовать раздаточный материал по темам, плакаты.

### **4.4. Время проведения экзамена**

На подготовку к устному ответу на экзамене студенту отводится не более 45 минут. Время устного ответа студента на экзамене составляет 15 минут.

### **4.5.Структура оценочного средства**

Каждый экзаменационный билет включает два вопроса из разных разделов дисциплины. Вопросы носят теоретический и практический характер. При ответе студент должен опираться на явления, понятия, принцип работы элементов электрорадиотехники, уметь анализировать схемы применения и знать их свойства. Свое понимание предмета необходимо демонстрировать приведением схем, иллюстраций, характеристик, параметров.

**Экзаменационные вопросы  
по дисциплине ОП.09 Электрорадиоизмерения  
Теоретические вопросы**

1. Что такое поверка средств измерений?
2. В чем проградуирован встроенный вольтметр генератора Г5-54.
3. Как измерить амплитуду гармонических колебаний с помощью осциллографа?
4. Что такое вариация показаний электромеханического измерительного прибора?
5. Что такое скважность импульсов и чему она равна по результатам измерений?
6. Какой вид развертки применяется в осциллографах при исследовании гармонических колебаний?
7. По какой погрешности определяют класс точности электромеханического измерительного прибора?
8. Сущность измерения частоты методом дискретного счета;
9. Необходимость синхронизации в осциллографе. Виды синхронизации.
10. Что такое класс точности прибора?
11. Сущность измерения периода методом дискретного счета;
12. Необходимость и назначение калибратора осциллографа.
13. С какой целью и как производится поверка измерительных приборов (вольтметров)?
14. Из каких соображений следует выбирать при измерениях погрешность дискретности при измерениях частоты, периода?
15. Что такое класс точности измерительного прибора?
16. Назовите преимущества и недостатки вольтметров магнитоэлектрической системы.
17. Что понимают под основной погрешностью частотомера при измерении частоты, периода?
18. Расскажите как получают частотные метки на АЧХ.
19. Назначение генератора импульсов Г5-54.
20. Как измерить частоту гармонических колебаний с помощью осциллографа?
21. Какой принцип работы мостовых схем.
22. Объясните принцип действия электронного вольтметра средневыпрямленных значений.
23. Назовите основные принципы построения цифровых вольтметров.
24. Дайте определение средней мощности, мгновенной и импульсной мощности, уровня мощности.
25. На каких частотах используется метод сравнения?
26. Какое влияние на средства измерения оказывают монтаж, температура, форма сигналов и частота?
27. Что собой представляют интеллектуальные измерительные системы?

28. Значение калибровки в системе обеспечения единства измерений
29. Понятие и сущность калибровки и ее отличие от поверки.
30. Цели, место и значение калибровки в системе обеспечения единства измерений в стране.
31. Нормативная база калибровки
32. Организация проведения калибровки.
33. Порядок проведения калибровки.
34. Построение и содержание методики калибровки.
35. Оформление и содержание свидетельства о калибровке и его последующих страницах.
36. Калибровочные клейма.
37. Операции, средства и методы поверки и калибровки
38. Общие вопросы поверки и калибровки измерительных генераторов низких, высоких и сверхвысоких частот, импульсных сигналов.
39. Каким должна быть амплитуда напряжения, которое подается на пластины ЭЛТ осциллографа, чтобы луч отклонялся по вертикали на весь экран?
40. Из каких соображений выбирается коэффициент отклонения в осциллографе?
41. Из каких соображений выбрана полоса частот канала  $Y$ ? Чему она равна в исследуемом осциллографе?
42. Из каких соображений выбрана полоса частот канала  $X$ ? Чему она равна в исследуемом осциллографе?
43. Поясните, как определяют погрешности измерения коэффициента отклонения  $K_{откл}$  ?
44. Поясните, как определяют погрешности измерения коэффициента развертки  $K_p$ ?

### Практические задания

1. Напряжение постоянного тока 10 В измеряется выпрямительными вольтметрами: а) с однополупериодной схемой выпрямления; б) с двухполупериодной схемой выпрямления. Определить показания вольтметров, шкалы которых градуированы в среднеквадратических значениях синусоидального тока.
2. Рассчитать сопротивления шунта  $R_{ш}$  для расширения пределов измерения магнитоэлектрического миллиамперметра с током полного отклонения  $I_A = 50$  А, ценой деления по току  $C_i$  и внутренним сопротивлением  $R_A = 5$  Ом.
3. Можно ли измерить ток в 1500 мА магнитоэлектрическим милливольтметром с пределом измерения  $U_v = 75$  мВ и внутренним сопротивлением  $R_v = 5$  Ом (Шкала имеет 150 делений).
4. Амплитуда (пиковое значение)  $U_{max}$  напряжения периодической последовательности положительных импульсов с длительностью  $t_{и} = 200$  мкс и периодом повторения  $T = 1$  мс измерено электронными вольтметрами ВК7-9; В3-42; В4-12. При этом были получены следующие показания приборов (отсчеты:  $U_{\alpha 1} = 34$  В,  $U_{\alpha 2} = 24$  В,  $U_{\alpha 3} = 48$  В).

5. Определить показания вольтметра типа ВЗ-42, если на его вход подано напряжения формы «меандр», максимальное значение которого  $U_m = 141$  В.

6. Определить значение сопротивления резистора  $R_x$ , включенного в плечо моста, если в уравновешенном состоянии сопротивления других плеч моста составляют сопротивления других плеч моста составляют  $R_2 = 100$  Ом,  $R_3 = 2$  кОм,  $R_4 = 524$  Ом.

7. Определить период и частоту синусоидального сигнала, изображенного на экране осциллографа, если отклонение луча  $l_x$  по горизонтали, соответствующее периоду, равно пяти делениям шкалы, значение длительности развертки  $D_p = 0,1$  мс/дел, значение множителя развертки  $M_p = 0,2$ .

8. Чему должна быть равна верхняя граничная частота полосы пропускания осциллографа при исследовании прямоугольного импульса длительностью  $t_n = 100$  нс, если  $t_\phi = 0,1t_n$ .

9. С генератора прямоугольных импульсов типа Г5-54 (сопротивление генератора  $R_u = 100$  Ом) на вход интегрирующей RC-цепочки подается импульс амплитудой  $U = 2$  В и длительностью  $t_n = 10$  мкс (период следования импульсов  $T = 10t_n$ ). Изобразить форму импульса  $u_c(t)$ , наблюдаемого на экране осциллографа С1-67 ( $R_{вх} = 1$  МОм,  $C_{вх} = 40$  пФ, открытый вход), и указать амплитудные и временные параметры импульса, если значения  $R = 400$  Ом,  $C = 1$  нФ (учесть  $R_r$ ).

10. Вольтметром ВК7-9 измерялось пиковое (амплитудное) значение напряжения формы «меандр». При этом вольтметр показал  $U_x = 12,8$  В. Определить пиковое, средневыпрямленное и среднеквадратическое значения измеряемого напряжения.

11. При измерении постоянного напряжения на пределе 20 В вольтметр В7-22 показал 5,72 В. Определить относительную и абсолютную погрешность измерения.

12. Определить входное сопротивление вольтметров ВК7-9 и В7-17 в диапазоне частот 0,5-20 кГц.