

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»  
Инженерно-физический факультет высоких технологий  
Кафедра радиоп физики и электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для самостоятельной работы по дисциплинам  
«ОСНОВЫ ЭЛЕКТРО И РАДИОИЗМЕРЕНИЙ» и «ОСНОВЫ  
РАДИОИЗМЕРЕНИЙ»  
студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 .-Радиофизика  
Очная форма обучения

Семенов А. Л.

Ульяновск 2020

**Методические указания для самостоятельной работы по дисциплинам «Основы электро- и радиоизмерений» и «Основы радиоизмерений» студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 - Радиофизика. Очная форма обучения. Семенов А. Л. - Ульяновск: УлГУ, 2020.**

Настоящие методические указания предназначены для студентов направления 03.03.03 «Радиофизика», изучающих дисциплины «Основы электро- и радиоизмерений» и «Основы радиоизмерений». В работе приведены методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы, задания для самостоятельного выполнения, список рекомендуемой литературы, программное обеспечение по дисциплине. Предназначены для студентов очной формы обучения при подготовке к лабораторным занятиям и к экзамену по данной дисциплине. Рекомендованы к использованию Ученым советом инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ Протокол № от «\_\_\_\_\_» 2020 г.

## **1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы.**

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к зачету.

При подготовке к лабораторным занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками и учебными пособиями, в том числе и информацией, полученной в Internet.

Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами и подготовки к практическим занятиям:

- ознакомиться с содержанием темы;
- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций).

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет).

## **2. Задания для самостоятельного выполнения.**

### **Тема 1. Измерение электрического напряжения**

Основные вопросы темы:

1. Измеряемые параметры напряжений.
2. Общая характеристика и классификация электронных вольтметров.
3. Построение электронных вольтметров аналогового типа.
4. Детекторы электронных вольтметров.
5. Измерение пикового, среднеквадратического и средневыпрямленного значений напряжения.
6. Зависимость показаний электронного вольтметра от формы напряжений.
7. Цифровые вольтметры.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-7 изложены в учебно-методическом пособии [9] на с.10-17.

### **Контрольные вопросы по теме:**

1. Назовите основные измеряемые параметры напряжений. Дайте определение каждого из них.
2. Каким образом соотносятся между собой пиковое, среднеквадратическое и средневыпрямленное значения переменного напряжения?
3. Каким параметром определяются коэффициенты амплитуды и формы для однополярного импульсного напряжения прямоугольной формы?
4. Дайте определение электронного вольтметра.
5. Назовите разновидности электронных вольтметров по форме представления результатов измерения и по роду измеряемого тока.
6. Воспроизведите основные структурные схемы построения электронных вольтметров аналогового типа. Дайте характеристику каждой структурной составляющей этих схем.
7. В чем состоит принцип измерения различных значений переменного напряжения электронным вольтметром?
8. Назовите основные типы детекторов электронных вольтметров.
9. Дайте определение приведенной погрешности измерения.

## **Тема 2. Электронно-лучевые осциллографы (ЭЛО)**

### **Основные вопросы темы:**

1. Назначение и классификация ЭЛО.
2. Устройство и принцип действия ЭЛО.
3. Структурная схема универсального осциллографа.
4. Техника осциллографирования напряжений сигналов.
5. Измерение амплитуды напряжений, интервалов времени с помощью ЭЛО.
6. Метод калиброванных шкал, компенсационный и метод сравнения при измерении амплитудных и временных параметров.
7. Измерение вольт-амперных характеристик с помощью ЭЛО.
8. Автоматизация осциллографических измерений. Цифровые осциллографы.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-8 изложены в учебно-методическом пособии [9] на с.21-28.

### **Контрольные вопросы по теме:**

1. Назначение ЭЛО. Что называется осциллограммой?

2. Какие основные каналы входят в состав ЭЛО. Назначение каждого канала.
3. Устройство канала вертикального отклонения. Назначение каждой структурной составляющей канала.
4. Устройство канала горизонтального отклонения. Назначение каждой структурной составляющей канала.
5. Устройство канала управления яркостью. Принцип организации схемотехнических связей между каналами ЭЛО и электродами ЭЛТ.
6. Какие основные параметры сигналов измеряются с помощью ЭЛО? Назовите основные методы осциллографических измерений.
7. В чем заключается метод калиброванных шкал? Как при этом достигается минимальная погрешность измерения?
8. В чем заключается компенсационный метод? Чем достигается выигрыш в точности при использовании данного метода?
9. В чем заключается метод сравнения?

### **Тема 3. Измерение частоты и интервалов времени**

Основные вопросы темы:

1. Осциллографический способ сравнения частот.
2. Резонансные частотомеры.
3. Цифровые частотомеры.
4. Измерение низких и инфранизких частот.
5. Измерители интервалов времени.
6. Измерение интервалов времени с помощью цифровых частотомеров.

#### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-6 изложены в учебно-методическом пособии [9] на с.34-39.

#### **Контрольные вопросы по теме:**

1. Дайте понятия периода и частоты периодического сигнала. В чем заключается специфика этих понятий в отношении периодических, но не гармонических сигналов?
2. Как называются приборы, измеряющие частоты сигналов? Какие методы наиболее широко используются для измерения частоты сигналов?
3. В чем заключается метод интерференционных фигур при измерении частоты синусоидального сигнала? Какой недостаток этого метода?
4. В чем заключается метод круговой развертки с модуляцией яркости при измерении частоты синусоидального сигнала?
5. В чем заключается измерение частоты методом дискретного счета? Устройство и принцип работы простейшего цифрового частотомера.

### **Тема 4. Измерение фазового сдвига**

Основные вопросы темы:

1. Осциллографические методы измерения.
2. Измерение по осциллограммам исследуемых напряжений.
3. Измерение способом эллипса.
4. Измерение способом полуокружности.

**Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-4 изложены в учебно-методическом пособии [9] на с.43-48.

**Контрольные вопросы по теме:**

1. Дайте определения разности фаз и фазового сдвига двух гармонических сигналов. Какой термин используется для характеристики фазового сдвига для негармонических сигналов?
2. Как называются приборы, измеряющие фазовые сдвиги? Какие методы наиболее широко используются для измерения фазового сдвига?
3. В чем заключается способ измерения фазового сдвига по осциллограммам исследуемых сигналов? Какой недостаток этого способа?
4. В чем заключается измерение фазового сдвига способом эллипса? Какой недостаток этого способа?
5. В чем заключается измерение фазового сдвига методом дискретного счета? Устройство и принцип работы простейшего цифрового фазометра.

## **Тема 5. Измерение параметров компонентов цепей и устройств**

Основные разделы темы:

1. Измерение активных сопротивлений.
2. Мостовые схемы для измерения параметров компонентов: активных сопротивлений, емкости, индуктивности.
3. Резонансные схемы для измерения параметров компонентов: емкости, индуктивности.

**Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-3 изложены в учебно-методическом пособии [9] на с.53-59.

**Контрольные вопросы по теме:**

1. Воспроизведите полные эквивалентные схемы резистора, катушки индуктивности и конденсатора. Дайте качественную характеристику каждой составляющей этих схем.

2. В чем специфика эквивалентных схем резистора, катушки индуктивности и конденсатора на низких и высоких частотах?
3. Назовите основные методы измерения активного сопротивления, индуктивности и емкости. Для чего используется и в чем заключается метод вольтметра и амперметра, его основной недостаток?
4. В чем заключаются мостовые методы измерения? Назовите основные виды мостовых схем.
5. В чем заключаются резонансные методы измерения? Назовите основные их разновидности.
6. В чем заключается метод дискретного счета?
7. Дайте определения импеданса, адмиттанса и иммитанса.

## **Тема 6. Анализ спектров сигналов**

Основные вопросы темы:

1. Построение анализаторов спектра.
2. Измерение параметров спектра.
3. Основные характеристики анализатора спектра.
4. Особенности исследования спектров.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-4 изложены в учебно-методическом пособии [9] на с.64-76.

### **Контрольные вопросы по теме:**

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? Дайте понятие текущего и мгновенного спектров.
6. Что является спектральной характеристикой стационарных случайных процессов?
7. Дайте определения нелинейного искажения, коэффициентов гармоник и нелинейности. Как связаны аналитически коэффициенты гармоник и нелинейности?
8. Какой метод используется для экспериментального анализа спектра? Назовите основные способы его реализации. Какой из способов получил преимущественное распространение?

9. В чем заключается способ одновременного анализа? Назовите области его применения.

10. В чем заключается способ последовательного анализа? Назовите области его применения.

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

## **Тема 7. Исследование вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов**

Основные разделы темы:

1. Измерение ВАХ полупроводниковых приборов.
2. Устройство характериографа.

**Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-2 изложен в учебно-методическом пособии [9] на с.83-94.

**Контрольные вопросы по теме:**

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 и токосъемный  $R$  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 в составе ЭЛО?
6. Какую роль выполняют адаптеры? 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.
9. В чем заключается методика определения коэффициента передачи тока и выходной проводимости по полученным выходным ВАХ БТ?
10. Последовательность действий для воспроизведения на экране ЭЛТ семейства выходных ВАХ ПТ.



11. В чем заключается методика определения крутизны характеристики  $S$  и активной составляющей выходной проводимости по полученным выходным ВАХ ПТ?
12. Последовательность действий для воспроизведения на экране ЭЛТ семейства выходных ВАХ тиристора.

#### **4. Вопросы к зачету**

1. Измеряемые значения электрического напряжения. Однополярное импульсное напряжение прямоугольной формы.
2. Электронные вольтметры. Структурные схемы аналоговых вольтметров. Погрешность вольтметра.
3. Принцип работы и структурная схема электронно-лучевого осциллографа.
4. Измерение частоты электронно-лучевым осциллографом. Методы калиброванной шкалы, фигур Лиссажу, круговой развертки.
5. Измерение фазового сдвига электронно-лучевым осциллографом. Методы калиброванной шкалы и эллипса.
6. Идеальные компоненты электрических цепей. Связь между током и напряжением. Комплексное сопротивление.
7. Эквивалентные схемы компонентов электрических цепей. Условия идеальности. Случай низких частот.
8. Метод амперметра и вольтметра для измерения активного сопротивления. Измерение малых и больших сопротивлений.
9. Резонансный метод измерения индуктивности и емкости.
10. Мостовой метод измерения активного сопротивления, индуктивности и емкости.
11. Спектр периодического сигнала. Спектр гармонического сигнала.
12. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов.
13. Спектр непериодического сигнала. Спектр прямоугольного импульса.
14. Экспериментальный анализ спектров. Параллельный и последовательный спектрометры.
15. Исследование вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов.
16. Цифровые измерительные приборы. Частотомер и фазометр.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **а) Список рекомендуемой литературы**

##### **основная**

1. Пудовкин, А. П. Метрология и радиоизмерения: учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011. — 81 с. — ISBN 978-5-8265-1052-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/64113.html>
2. Астайкин, А. И. Метрология и радиоизмерения: учебное пособие / А. И. Астайкин, А. П. Помазков, Ю. П. Щербак ; под редакцией А. И. Астайкин. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010. — 405 с. — ISBN 978-5-9515-0137-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/18440.html>
3. Практикум по радиотехнике и радиоизмерениям. – Томск: ТГУ, 1977 (47 экз.).

#### дополнительная

4. Дворяшкин Б.В. Основы метрологии и радиоизмерения. – М.: Радио и связь, 1993 (13 экз.).
5. Хромоин П. К. Электротехнические измерения. - М.: Форум, 2013 (10 экз.).
6. Жуков, В. К. Метрология. Теория измерений : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. К. Жуков. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 414 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-03865-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434013>
7. Метрология. Теория измерений : учебник для академического бакалавриата / В. А. Мещеряков, Е. А. Бадеева, Е. В. Шалобаев ; под общей редакцией Т. И. Мурашкиной. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 167 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-07295-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434719>
8. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / К. П. Латышенко, С. А. Гарелина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 186 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-07086-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/437189>

#### учебно-методическая

9. **Основы электро-** и **радиоизмерений** : метод. указания к лаб. работам / С. Б. Бакланов; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Ульяновск : УлГУ, 2011. - 145 с.- Режим доступа: <ftp://10.2.96.134/Text/baklanov.pdf>
10. **Методы и средства измерений** : лаб. практикум / А. С. Амброзевич, С. В. Булярский. - Ульяновск : УлГУ, 2008. - 60 с. - Режим доступа: <ftp://10.2.96.134/Text/ambrozevich1.pdf>

11. Дубровский П.В., Вострецова Л.Н. Основы метрологии и теории измерений. - Ульяновск: УлГУ, 2009 (64 экз.).

**б) Программное обеспечение:**

- Операционная система Windows;
- Пакет офисных программ Microsoft Office.

**в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:**

**1. Электронно-библиотечные системы:**

- 1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ группа компаний Ай Пи Эр Медиа. - Электрон. дан. - Саратов, [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.
- 1.2. **ЮРАЙТ** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 1.3. **Консультант студента** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Политехресурс. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.
- 1.4. **Лань** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО ЭБС Лань. - Электрон. дан. - С.-Петербург, [2019]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.
- 1.5. **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Знаниум. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://znanium.com>.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система/ Компания «Консультант Плюс». - Электрон. дан. - Москва: КонсультантПлюс, [2019].

**3. База данных периодических изданий** [Электронный ресурс]: электронные журналы/ ООО ИВИС. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.

**4. Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.

**5. Электронная библиотека диссертаций РГБ** [Электронный ресурс]: электронная библиотека/ ФГБУ РГБ. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.

**6. Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. Информационная система **Единое окно доступа к образовательным ресурсам**. Режим доступа: <http://window.edu.ru>.

6.2. Федеральный портал [Российское образование](http://www.edu.ru). Режим доступа: <http://www.edu.ru>.

**7. Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>.

7.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа: <http://edu.ulsu.ru>.

**8. Профессиональные информационные ресурсы:**

8.1. Материалы о менеджменте качества. Режим доступа: <http://quality.eur.ru>.

8.2. Издательство «Стандарты и качество». Режим доступа: <http://www.stq.ru>.

8.3. Ассоциация Деминга. Режим доступа: <http://www.deming.ru>.

Центр «Приоритет». Режим доступа: <http://www.centerprioritet.ru>.