

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНТРАНС РОССИИ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА (РОСАВИАЦИЯ)  
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

## **ИЗМЕРЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ**

Методические указания по изучению дисциплины и  
выполнению курсовой работы

Для студентов заочного факультета и факультета аэропортов и инженерно-технического обеспечения полетов по специальности 162001 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализаций «Организация радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов и авиационной электросвязи» и «Организация технической эксплуатации автоматизированных систем управления воздушным движением»

Санкт-Петербург  
2016

Одобрено и рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом  
Университета

Ш87 (03)

Измерения в радиоэлектронике: Методические указания по изучению дисциплины. /Университет ГА. С.-Петербург, 2016.

Издаются в соответствии программой дисциплины «Измерения в радиоэлектронике».

Приведены учебная программа, методические указания по изучению дисциплины и вопросы для самопроверки по материалу каждой темы.

Предназначены для студентов заочного факультета и факультета аэропортов и инженерно-технического обеспечения полетов по специальности 162001 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализаций «Организация радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов и авиационной электросвязи» и «Организация технической эксплуатации автоматизированных систем управления воздушным движением».

Составитель В.В. Пономарев, канд. техн. наук  
Рецензент О.А. Соколов

## Содержание

1 Общие указания.....	4
2 Объем дисциплины и виды учебной работы .....	5
3 Распределение времени по темам .....	6
4 Содержание дисциплины.....	6
4.1 Содержание учебного материала дисциплины .....	6
4.2 Перечень практических занятий по дисциплине .....	16
4.3 Перечень работ лабораторного практикума.....	17
4.4 Самостоятельная работа.....	18
5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	18
6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов .....	19
6.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов.....	20
6.2 Темы рефератов, курсовых работ, эссе и т.д.....	21
6.3 Контрольные вопросы и задания для проведения входного контроля, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины .....	21
6.3.1 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения входного контроля .....	21
6.3.2 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения текущего контроля успеваемости .....	23
6.3.3 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации .....	29
7 Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.....	31
7.1 Методические рекомендации по изучению учебного материала дисциплины студентами заочного факультета.....	32
7.2 Методические рекомендации по изучению учебного материала дисциплины студентами очной формы обучения .....	33
8 Методические рекомендации по выполнению курсовой работы.....	34
9 Задание на выполнение курсовой работы .....	42
10. Перечень документов, представляемых по итогам изучения учебного материала дисциплины .....	44

## 1 Общие указания

Цель дисциплины – дать студентам систематические знания и практические навыки в области теоретических основ и средств измерений в радиоэлектронике, используемых как в гражданской авиации, так и общего применения.

Задачей дисциплины является формирование у студентов знаний и представлений о назначении и структуре, методах, принципах действия, построения и эксплуатации измерительных приборов и систем, используемых как в гражданской авиации, так и общего применения;

Дисциплина «Измерения в радиоэлектронике» представляет собой дисциплину вариативной части цикла профессиональных дисциплин. Дисциплина «Измерения в радиоэлектронике» базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированных у студента при освоении дисциплин: «Математика», «Физика», «Электротехника и электроника» и «Метрология, стандартизация и сертификация».

Дисциплина служит для формирования основополагающих знаний, необходимых для изучения последующих дисциплин: «Техническая диагностика радиоэлектронных систем», «Радиотехнические средства навигации и посадки», «Радиотехнические средства наблюдения», «Авиационная электросвязь» и «Организация технической эксплуатации средств РТОП и связи».

В результате освоения дисциплины «Измерения в радиоэлектронике» обучающийся формирует и развивает следующие компетенции:

### **общекультурные (ОК):**

умение анализировать логику рассуждений и высказываний, выявлять значение, смысловое содержание в услышанном, увиденном или прочитанном (ОК-5);

способность профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с целями подготовки специалиста (ОК-52).

### **профессиональные (ПК):**

владением современными средствами измерений и методами проведения измерений (ПК-122);

способностью и готовностью составлять описания проводимых наблюдений и измерений и формулировать выводы (ПК-141);

способностью и готовностью организовывать и проводить измерения и наблюдения (ПК-145).

### **профессионально специализированные компетенции (ПСК)**

способностью и готовностью организовывать и осуществлять техническое обслуживание радиотехнических средств и средств связи (ПСК-4.4).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:**

- средства и методы измерений эксплуатационно-технических параметров и характеристик радиоэлектронного оборудования (ОК-5, ОК-52);

**уметь:**

- грамотно использовать измерительные приборы для решения эксплуатационно-технических задач и производить обработку результатов измерений (ОК-52, ПК-122, ПК-145);

**владеть:**

- современными средствами измерений и методами их проведения с целью достижения единства и требуемой точности измерений (ПК-141, ОК-145).

## **2 Объем дисциплины и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестры
		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>В т.ч.: аудиторные занятия, всего</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Из них: - лекции,	28	28
- практические занятия (ПЗ),	20	20
- семинары (С),	-	-
- лабораторные занятия (ЛР),	8	8
- другие виды аудиторных занятий	-	-
<b>самостоятельная работа студента</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
Курсовая работа (количество)	1	1
Домашнее задание (количество)	-	-
Реферат (количество)	-	-
<b>Вид и количество промежуточного контроля (экзамен, зачет)</b>	<b>Экзамен, КУР</b>	<b>Экзамен, КУР</b>

### 3 Распределение времени по темам

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СР	СРС	Всего часов
1	<b>Раздел 1. Формирование измерительных сигналов</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>24</b>
	Тема 1. Измерительные сигналы	2	2		4		8
	Тема 2. Генераторы измерительных сигналов	6	2		8		16
2	<b>Раздел 2. Измерения параметров сигналов</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
	Тема 3. Наблюдение и анализ формы сигналов	4	2	2	6		14
	Тема 4. Измерение частотно-временных параметров и анализ спектра сигналов	4	2	2	8		16
	Тема 5. Измерение фазового сдвига сигналов	2	2	2	6		6
3	<b>Раздел 3. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>24</b>
	Тема 6. Измерение электрической мощности	2	2		6		10
	Тема 7. Измерение параметров радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными постоянными	4	4		6		14
4	<b>Раздел 4. Измерительные системы</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>20</b>
	Тема 8. Измерительные системы параметров радиотехнических устройств и систем.	2	2		4		8
	Тема 9. Информационно-измерительные системы.	2	2	2	6		12
	<b>ИТОГО:</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>52</b>	<b>-</b>	<b>108</b>

### 4 Содержание дисциплины

#### 4.1 Содержание учебного материала дисциплины

#### Раздел 1. Формирование измерительных сигналов

#### Тема 1. Измерительные сигналы

Общие сведения об измерениях. Требования, предъявляемые к измерениям в радиоэлектронике. Измерительные сигналы.

### **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 1**

1. Какие сигналы относятся к измерительным?
2. По каким основным признакам принято в метрологии классифицировать измерительные сигналы?
3. Что отражает аналоговый (непрерывный) сигнал?
4. В чем отличие аналоговых сигналов от дискретных и цифровых?
5. Какие виды импульсных и цифровых сигналов вы знаете?
6. Приведите известные примеры импульсных и цифровых сигналов.
7. В чем основное отличие детерминированных сигналов от случайных?
8. Какие помехи возникают в процессе измерений?
9. Какие элементарные измерительные сигналы вы знаете.
10. Что собой представляет  $\delta$ -функция и какими свойствами она характерна?
11. Какие элементарные сигналы используются в измерительной технике?
12. Какие виды представлений электрических сигналов применяют в измерительной технике?
13. Какой математический аппарат используется для спектрального представления периодических сигналов?
14. Какой математический аппарат используется для спектрального представления непериодических (импульсных) сигналов?
15. Чем отличается спектральная плотность непериодических сигналов от спектра периодических импульсов?
16. Какой спектр имеет гармонический сигнал?
17. Какие виды аналоговой модуляции сигналов используются в измерительной технике?
18. С помощью каких видов модуляции можно преобразовать аналоговый сигнал в импульсный и цифровой?
19. В каких случаях в измерительной технике применяется импульсно-кодовая модуляция?

### **Тема 2. Генераторы измерительных сигналов**

Общие сведения о генераторах гармонических колебаний. Генераторы низкой частоты. Принцип работы генераторов низкой частоты. ГНЧ на основе LC-генераторов. ГНЧ на основе RC – генераторов. Генератор, реализуемый

метод биения. Цифровые измерительные генераторы низкой частоты. Генераторы высоких частот и специальных сигналов. Генераторы высокой частоты. Генераторы сверхвысоких частот. Генераторы качающейся частоты и сигналов специальной формы. Генераторы качающейся частоты. Генераторы специальной формы. Генераторы шумовых сигналов. Генераторы шумоподобных сигналов. Применение генераторов измерительных сигналов при проведении измерений.

### **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 2**

1. Как различаются измерительные генераторы в зависимости от формы выходного сигнала?
2. Как подразделяются генераторы по частотным характеристикам?
3. Каковы условия самовозбуждения генератора гармонических колебаний? Какими методами они реализуются?
4. Каковы методы создания генераторов инфранизких частот?
5. В чем особенности конструирования генераторов СВЧ?
6. Какова упрощенная схема цифрового измерительного генератора?
7. Какие физические явления могут быть положены в основу создания шумовых генераторов?
8. Какие требования предъявляются к форме сигнала импульсного генератора?
9. Для каких целей используются стандарты частоты?
10. На каких принципах строятся синтезаторы частоты?
11. Для чего используются генераторы шумоподобных сигналов?

## **Раздел 2. Измерения параметров сигналов**

### **Тема 3. Наблюдение и анализ формы сигналов**

Общие сведения об осциллографах. Принцип работы осциллографа. Универсальный осциллограф. Стробоскопические и скоростные осциллографы. Запоминающие осциллографы. Цифровые осциллографы. Автоматизация процесса измерения. Принцип формирования изображения на экране осциллографа. Методы наблюдения, анализа, измерения и исследования формы сигналов. Измерение амплитуды, временных параметров сигнала и сдвига фаз двух сигналов. Осциллографирование импульсных сигналов. Применение осциллографа при наблюдении и анализе формы сигналов.

### **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 3**

1. Какие параметры полностью характеризуют гармоническое напряжение? Поясните на графике.
2. Требуется измерить все параметры гармонического электрического сигнала. Ориентировочно амплитуда сигнала равна 1 мВ (100 мВ, 5В, 100В), частота - 0,1 Гц (30 Гц, 1кГц, 1МГц, 1 ГГц), а разность фаз с опорным напряжением составляет  $1^\circ$  ( $10^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $175^\circ$ ). Как это лучше сделать, если необходимо минимизировать погрешность (минимизировать количество средств измерений, обеспечить, чтобы погрешность измерения всех параметров не превысила 1 %)?
3. Почему при наблюдении гармонических сигналов и измерении их параметров удобно использовать осциллограф?
4. От чего зависит погрешность измерения амплитуды при помощи осциллографа?
5. От чего зависит погрешность измерения частоты при помощи осциллографа?
6. Что измеряется осциллографом при измерении разности фаз?
7. Какие параметры гармонического напряжения можно измерить при помощи фигур Лиссажу? Как организовать такие измерения?
8. Как определить разность фаз между двумя гармоническими сигналами по форме и ориентации наблюдаемого на экране эллипса?
9. Чем определяется погрешность измерения угла сдвига фаз методом линейной развертки и методом эллипса?
11. Почему при осциллографических измерениях размер изображения на экране стремятся по возможности увеличить?
12. Каким образом можно повысить качество осциллографических измерений?

### **Тема 4. Измерение частотно-временных параметров и анализ спектра сигналов**

Методы измерения частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении частоты и интервалов времени. Резонансный метод измерения частоты. Гетеродинный метод измерения частоты. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора. Цифровой метод измерения частоты. Цифровой метод измерения интервалов времени. Автоматизация процессов измерения частоты и интервалов времени. Измерители частотно-временных параметров сигналов. Методы анализа спектра сигнала. Общие сведения о спектральном

анализе сигналов. Методы выделения гармонических составляющих сигнала. Методы выделения гармонических составляющих сигнала. Параллельный анализ спектра. Последовательный анализ спектра. Цифровой способ выделения спектральной составляющей сигнала. Анализаторы спектра. Измерение нелинейных искажений. Измерители нелинейных искажений. Использование измерительных приборов при анализе частотно-временных параметров и спектра сигналов.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 4**

1. Требуется измерить частоту гармонического электрического сигнала, равную ориентировочно 1 Гц (100 Гц, 1 кГц, 100 кГц, 5 МГц, 100 МГц, 30 ГГц). Как это лучше сделать, если погрешность измерений не должна превысить 0,5% (10 Гц)?
2. В каком диапазоне частот можно выполнять измерения частоты периодических электрических сигналов?
3. Каковы достоинства резонансного метода измерения частоты?
4. Какие частотомеры обладают наибольшей точностью?
5. Какова основная причина возникновения погрешностей при измерении частоты с помощью частотомера?
6. В каком диапазоне значений частот удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от значения измеряемой частоты?
7. В каком диапазоне значений длительности периодов удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от длительности измеряемого периода?
8. Как нормируется класс точности цифровых частотомеров?
9. Какой частотомер дает возможность производить измерения в гигагерцовом диапазоне частот?
10. Какова инструментальная погрешность резонансного частотомера? Чем она определяется?
11. Каким образом при использовании цифровых частотомеров удастся достичь высокой точности измерений как в области высоких, так и в области низких частот? В каком диапазоне частот погрешность таких измерений максимальна (минимальна)?

#### **Тема 5. Измерение фазового сдвига сигналов**

Методы измерения фазового сдвига сигнала. Общие сведения об измерении фазового сдвига сигналов. Осциллографические методы измерения. Компенсационный метод измерения. Метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. Цифровые методы измерения. Методы измерения фазового сдвига с преобразованием частоты. Измерение фазового сдвига фазовыми детекторами. Измерители фазового сдвига. Использование измерительных приборов при измерении угла фазового сдвига сигналов.

### **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 5**

1. Требуется измерить угол фазового сдвига между двумя гармоническими электрическими сигналами, ориентировочно равный 1 (10, 30, 90, 175) градусу, с погрешностью, не превышающей 1% (1°). Как это лучше сделать, если частота сигналов равна 1 Гц (100 Гц, 100 кГц, 10 МГц, 1 ГГц)?

2. В каком случае гармонические напряжения называют противофазными?

3. Какой метод реализуется при измерении сдвига фаз электродинамическим или ферродинамическим логометром?

4. Какие преобразования претерпевает измеряемая величина в аналоговых электронных фазометрах?

5. В каком диапазоне частот работают аналоговые электронные фазометры?

6. Какие фазометры обеспечивают наивысшую точность в диапазоне частот от нескольких герц до десятков мегагерц?

7. За счет чего при использовании цифровых фазометров удается обеспечить высокую точность измерений как в области высоких, так и в области низких частот?

8. Чем отличаются друг от друга цифровой фазометр с усреднением и без усреднения? Когда они используются?

## **Раздел 3. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем**

### **Тема 6. Измерение электрической мощности**

Методы измерения электрической мощности. Общие сведения об измерении электрической мощности. Измерители мощности. Измерение мощности в диапазонах низких и высоких частот. Измерение мощности СВЧ-колебаний. Измерение мощности лазерного излучения. Использование измерительных приборов при измерении мощности излучаемых сигналов.

## **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 6**

1. Что собой представляет такая физическая величина, как мощность электрических колебаний?
2. Как записывается аналитическое выражение для активной мощности в случае периодического сигнала?
3. Перечислить основные методы измерения мощностей в различных частотных диапазонах.
4. Объяснить принцип действия электродинамического ваттметра.
5. Какой алгоритм математических операций лежит в основе ваттметра на перемножителях.
6. Каковы особенности измерения мощности электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ?
7. Как строятся ваттметры поглощающей мощности для диапазона СВЧ?
8. Приведите пример ваттметра поглощающей мощности.
9. В чем заключается терморезисторный метод измерения электрической мощности в СВЧ-диапазоне?
10. Какие типы мостов применяют для измерения мощности с помощью терморезисторов?
11. Приведите схему неуравновешенного моста.
12. Приведите схему уравновешенного моста.
13. В чем заключается метод измерения электрической мощности с помощью термопар?
14. На чем основан калориметрический метод измерения мощности?
15. Как работают ваттметры проходящей мощности? Привести примеры.
16. На каком принципе основаны измерители мощности, использующие преобразователи Холла?
17. Как осуществляется измерение мощности с преобразователями Холла?
18. Как работают ваттметры на основе эффекта «горячих» носителей тока?
19. Какие методы используются при измерениях мощности и энергии лазерного излучения?
20. Объяснить принцип действия цифрового ваттметра по его упрощенной структурной схеме.

**Тема 7. Измерение параметров радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными постоянными**

Методы измерения параметров радиотехнических цепей с сосредоточенными постоянными. Общие сведения об измерениях параметров цепей. Измерители параметров цепей. Методы измерения активных сопротивлений на постоянном токе. Измерение индуктивности, добротности, емкости и тангенса угла потерь мостами переменного тока. Резонансные методы измерения параметров элементов. Цифровые методы измерения параметров элементов. Особенности измерения параметров с помощью цифровых автоматических приборов с микропроцессором.

Методы измерения параметров радиотехнических цепей с распределенными постоянными. Методы измерения параметров линейных СВЧ-устройств. Способ измерительной линии. Способ раздельного измерения падающей и отраженной волн. Автоматические микропроцессорные панорамные рефлектометры и измерители КСВ. Измерители параметров цепи. Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с распределенными постоянными.

### **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 7**

1. Какие параметры электрических цепей считаются сосредоточенными, а какие распределенными?
2. Перечислить методы измерения активных сопротивлений, дать краткую характеристику этим методам.
3. Мостовые методы измерения на переменном и постоянном токе. Чем отличаются условия равновесия четырехплечего моста на переменном токе от условия равновесия на постоянном токе?
4. Приведите схемы мостов для измерения параметров  $L$ ,  $C$ ,  $R$  и  $\text{tg}\delta$ .
5. Нарисовать упрощенную функциональную схему куметра и объяснить его принцип действия.
6. Какие методы измерения параметров длинных линий используются в цифровых приборах?
7. Как производится исследование АЧХ линейных цепей?
8. Какие методы измерения параметров используются в диапазоне СВЧ?
9. Какая связь существует между режимом работы и нагрузкой в передающей линии СВЧ? Привести примеры.
10. Для чего служит измерительная линия?
11. Каково устройство волноводной линии и каков принцип ее действия?

12. Как определяется фаза коэффициента отражения с помощью измерительной линии?
13. Как вычисляется модуль коэффициента отражения?
14. Для чего предназначен рефлектометр?
15. Объяснить работу панорамного измерителя КСВ и ослабления по упрощенной структурной схеме.
16. Пояснить принцип действия автоматического микропроцессорного измерителя КСВ и ослабления.
17. Какие параметры электрических цепей считаются сосредоточенными, а какие распределенными?
18. Перечислить методы измерения активных сопротивлений, дать краткую характеристику этим методам.
19. Мостовые методы измерения на переменном и постоянном токе. Чем отличаются условия равновесия четырехплечего моста на переменном токе от условия равновесия на постоянном токе?
20. Приведите схемы мостов для измерения параметров  $L$ ,  $C$ ,  $R$  и  $\text{tg}\delta$ .
21. Нарисовать упрощенную функциональную схему куметра и объяснить его принцип действия.
22. Какие методы измерения параметров длинных линий используются в цифровых приборах?
23. Как производится исследование АЧХ линейных цепей?
24. Какие методы измерения параметров используются в диапазоне СВЧ?
25. Какая связь существует между режимом работы и нагрузкой в передающей линии СВЧ? Привести примеры.
26. Для чего служит измерительная линия?
27. Каково устройство волноводной линии и каков принцип ее действия?
28. Как определяется фаза коэффициента отражения с помощью измерительной линии?
29. Как вычисляется модуль коэффициента отражения?
30. Для чего предназначен рефлектометр?
31. Объяснить работу панорамного измерителя КСВ и ослабления по упрощенной структурной схеме.
32. Пояснить принцип действия автоматического микропроцессорного измерителя КСВ и ослабления.

#### **Раздел 4. Измерительные системы**

## **Тема 8. Измерительные системы параметров радиотехнических устройств и систем.**

Методы измерения параметров радиотехнических устройств и систем. Методы измерения совокупности параметров или обобщенных параметров радиотехнических устройств и систем. Метод измерения параметров радиотехнических устройств и систем с использованием имитации сигнала. Метод измерения параметров радиотехнических устройств и систем с использованием имитаторов сигналов. Метод измерения параметров радиотехнических устройств и систем с использованием имитаторов сигналов стендов для их регулировки и испытаний. Измерители параметров РТУ и систем. Использование измерительных приборов при измерении параметров радиотехнических устройств и систем.

### **Контрольные вопросы для самопроверки по теме 8**

1. Сущность метода измерения совокупности параметров радиотехнических устройств.
2. Сущность метода измерения обобщенного параметра радиотехнического устройства.
3. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием имитации сигнала.
4. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием имитаторов сигнала.
5. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием специальных стендов.

## **Тема 9. Информационно-измерительные системы.**

Общие сведения об информационно-измерительных системах. Общие понятия и определения. Общие сведения об ИИС. Общая характеристика контрольно-измерительных систем. Измерительные системы. Телеизмерительные системы. Виртуальные измерительные системы. Использование информационно-измерительных систем для контроля параметров радиотехнических устройств и систем.

Направления развития методов измерения и измерительных средств. Развитие современных методов измерений. Совершенствование

измерительных средств технологических процессов. Перспективы развития универсальных измерительных приборов.

### Контрольные вопросы для самопроверки по теме 9

1. Назвать перечень наземных средств РТОП, состояние параметров аппаратуры которых контролируется с помощью программы «CONSOLE».
2. Имеется ли возможность дистанционного контроля параметров аппаратуры наземных средств РТОП? Если да, то описать порядок контроля параметров.
3. С какой целью осуществляется хранение параметров предыдущего аварийного состояния?
4. При проверке комплекса выдано на экран сообщение «Ошибка RS-232»? Что означает это сообщение?
5. С какой целью включена процедура «Обслуживание таймера»?

Информация по учебному материалу изложена в [1, 4, 5]. Кроме того, не запрещается использовать и другие источники информации, в которых изложен вышеуказанный перечень учебного материала.

### 4.2 Перечень практических занятий по дисциплине

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Всего часов
1	1	Основы теории измерений.	2
2	1	Применение генераторов измерительных сигналов при проведении измерений.	2
3	1	Применение осциллографа при наблюдении и анализе формы сигналов	2
4	2	Использование измерительных приборов при анализе частотно-временных параметров сигналов	2
5	2	Измерение угла фазового сдвига	2
6	3	Использование измерительных приборов при измерении мощности излучаемых сигналов	2
7	3	Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с сосредоточенными постоянными	2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Всего часов
8	3	Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с распределенными постоянными	2
9	4	Использование измерительных систем при измерении параметров радиотехнических устройств и систем	2
10	4	Использование измерительных систем при измерении параметров РТА информационно-	2
	<b>Итого</b>		<b>20</b>

#### 4.3 Перечень работ лабораторного практикума\*

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (часы)
1.	2	Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа	2
2.	2	Измерение частоты и периода электрических сигналов	2
3.	2	Измерение угла фазового сдвига	2
4.	4	ИИС «Комплекс программный управляемый»	2
	<b>Итого</b>		<b>8</b>

#### Примечание:

\*Методика выполнения лабораторных работ изложена в [1].

#### 4.4 Самостоятельная работа

№ п/п	№ раздела	Изучение теоретического материала	Кол. часов
1	1 - 4	Подготовка к аудиторным занятиям [3, 4]	14
2	1 - 4	Подготовка к «летучке» по каждой теме [1, 2, 3, 4]	4
3	2, 4	Самостоятельное выполнение задания на лабораторных и практических занятиях [1, 3]	4
4	1 - 4	Выполнение курсовой работы [1, 2, 3, 4]	30
	<b>Итого</b>		52

#### 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### а) основная литература

1. Батоврин, В.К., Бессонов, А.С. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий [Текст]: учебное пособие / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В.Ф. Папуловский. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 232 с. – ISBN 978-5-94074-498-6.

2. Клаассен, К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы [Текст]: учебное пособие / К. Клаассен. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. – 352 с. – ISBN 978-5-91559-125-6.

3. Нефедов, В.И. Метрология и радиоизмерения [Текст]: учебник / В.И. Нефедов. - М.: «Высшая школа», 2006. – 526 с.

4. Фролов, В.И. Измерения в радиоэлектронике и техническая диагностика РЭС [Текст]: Курс лекций / В.И. Фролов. – СПб.: ГУГА, 2010. – 85 с.

##### б) дополнительная литература

1. Карр, Д. Диагностика и ремонт аппаратуры радиосвязи и радиовещания [Текст]: учебник / Д. Карр. – М.: МИР, 1991.- 400 с. – ISBN 5-03002134-5.

2. Кузнецов, В.А., Долгов, В.А. Измерения в электронике [Текст]: справочник / В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских; под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоиздат, 1987. – 512 с.

3. Шишмарев, В.Ю. Технические измерения и приборы [Текст]: учебное пособие / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 384 с. – ISBN 978-5-7695-8764-1.

4. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения [Текст]: учебное пособие / З.А. Хрусталева. – М.: КНОРУС, 2012. – 208 с. – ISBN 978-5-406-02168-2.

5. Государственные стандарты: /Комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии [Текст]: в 4-х т. - М.: Ростехнадзор, 2003.- 560 с.

## **6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Основными оценочными средствами, используемыми для текущего контроля успеваемости, являются контрольные вопросы и задания, выдаваемые на самостоятельную работу.

Контрольные вопросы в начале занятия могут ставиться перед обучающимися, для ответа в течение не более 5 минут с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции.

Контрольные задания выполняются на каждом практическом занятии. Контрольные задания выдаются за 30 минут до окончания занятия с целью контроля уровня формирования компетенций.

Перечень вопросов и содержание контрольного задания определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся. Перечень вопросов и содержание контрольного задания корректируются после изучения соответствующего теоретического материала.

Оценка ответа определяется по трем уровням сложности. Первый уровень соответствует уровню – «средний», второй уровень – «выше среднего» и третий уровень – «высший». Студенту предоставляется право выбора уровня ответа. Выбранный уровень засчитывается, в случае если получен полный ответ на поставленный вопрос.

Контроль выполнения задания, выдаваемого на самостоятельную работу, преследует собой цель своевременного выявления плохо усвоенного материала дисциплины для последующей корректировки или организации обязательной консультации. Проверка выданного задания производится не реже чем один раз в две недели.

## 6.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов

Общая трудоемкость освоения дисциплины 108 часов; 3 зачетных единицы. Вид итогового контроля: экзамен, курсовая работа.

№ п/п	Раздел (тема) / Вид учебных занятий(оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
		Минимальное значение	Максимальное значение		
<b>I Обязательные виды занятий</b>					
1	<i>Аудиторные занятия</i>				
<b>Раздел 1. Формирование измерительных сигналов</b>					
	Тема 1	3	5	2	
	Тема 2	3	5	3	
<b>Раздел 2. Измерения параметров сигналов</b>					
	Тема3	3	5	4	
	Тема 4	3	5	5	
	Тема 5	3	5	6	
<b>Раздел 3. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем</b>					
	Тема 6	3	5	7	
	Тема 7	3	5	8	
<b>Раздел 4. Измерительные системы</b>					
	Тема 8	3	5	9	
	Тема 9	3	5	10	
	<b>Итого баллов</b>	<b>27</b>	<b>45</b>		
2	<b>Самостоятельная работа</b>	<b>23</b>	<b>25</b>		
3	<b>Экзамен</b>	<b>10</b>	<b>30</b>		
	<b>Итого</b>	<b>60</b>	<b>100</b>		
4	<b>Курсовая работа</b>	<b>60</b>	<b>100</b>		
<b>II Премияльные виды деятельности</b>					
1	Научные публикации		5		
2	Участие в конференциях		5		
3	Участие в выставке (доклад)		5		
	<b>Итого дополнительных баллов</b>		<b>15</b>		
	<b>Всего по дисциплине</b>	<b>120</b>	<b>215</b>		
<b>Перевод баллов балльно-рейтинговой системы в оценку по 5-ти балльной «академической» шкале</b>					
<b>Количество баллов по балльно-рейтинговой системе</b>		<b>Оценка (по 5-ти балльной «академической» шкале)</b>			
<b>90 и более</b>		<b>5 - «отлично»</b>			
<b>70 – 89</b>		<b>4 - «хорошо»</b>			
<b>60 – 69</b>		<b>3 - «удовлетворительно»</b>			
<b>менее 60</b>		<b>2 - «неудовлетворительно»</b>			

## **6.2. Темы рефератов, курсовых работ, эссе и т.д. по разделам дисциплины**

### **Темы курсовой работы**

Тема «Расчет оценки случайных погрешностей измерений» (по типам измерительных приборов):

0. Генератор синусоидальных сигналов низкочастотный;
1. Генератор синусоидальных сигналов высокочастотный;
2. Генератор синусоидальных сигналов сверхвысоких частот;
3. Электронный осциллограф;
4. Цифровой частотомер;
5. Цифровой измеритель временных интервалов;
6. Цифровой фазометр;
7. Генератор импульсных сигналов прямоугольной формы;
8. Измеритель частотных характеристик;
9. Измеритель коэффициента стоячей волны;

## **6.3 Контрольные вопросы и задания для проведения Входного контроля, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **6.3.1 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения входного контроля**

1. Дать определение понятию «Измерение - ...».
2. Дать определение понятию «Физическая величина - ...».
3. Дать определение понятию «Значение физической величины - ...».
4. Дать определение понятию «Единица физической величины - ...».
5. Дать определение понятию «Истинное (действительное) значение - ...»
6. Дать определение понятию «Измеренное значение - ...»
7. Прямые измерения.
8. Косвенные измерения.
9. Дать определение понятию «Абсолютное измерение - ...».
10. Дать определение понятию «Относительное измерение - ...»
11. Измерительные приборы.
12. Измерительная шкала.
13. Погрешности измерений.
14. Дать классификацию диапазонов радиочастот и длин волн.

15. Нарисовать электрические схемы усилительного каскада на транзисторе.
16. Привести семейство выходных характеристик транзистора.
17. Нарисовать эквивалентную электрическую схему кварцевого резонатора.
18. Резистор как источник напряжения теплового шума. Привести формулу Найквиста.
19. Диод как источник шумового тока. Привести формулу Шоттки.
20. Амплитудная характеристика прямой передачи электронного усилителя и ее аппроксимация степенным рядом.
21. Преобразование частоты как результат умножения двух гармонических колебаний.
22. Частота биений как результат сложения двух гармонических колебаний.
23. Стробоскопический эффект.
24. Результат прохождения прямоугольного импульса через дифференцирующую цепь.
25. Частотная характеристика фильтра нижних частот.
26. Результат прохождения прямоугольного импульса через интегрирующую цепь.
27. Частотная характеристика фильтра верхних частот.
28. Частотная характеристика полосового фильтра.
29. Гармонический ряд Фурье.
30. Интеграл Фурье.
31. Амплитудный детектор: схема и принцип работы.
32. Сопротивление емкости конденсатора по переменному току.
33. Сопротивление катушки индуктивности по переменному току.
34. Условие резонанса колебательного контура.
36. Указать недостающие сведения в таблице (типовой вопрос):

№ п/п	Наименование величины	Единица измерения				Соотношение величин
		Обозначение в РФ	Междунар. обозначение	Основная	Кратная или дольная	
1	Сопротивление					
2	Сила тока					
3	Напряжение					
4	Мощность					
5	Емкость					
6	Частота					
7	Период					
8	Длина волны					

9	Фаза сигналов					
10	Амплитуда сигнала					

37. Перевести заданные значения в требуемые единицы (типовой вопрос):

№ п/п	Задано	Перевести в единицы
1	$18\,000 \cdot 10^{-4}$ МГц	_____ кГц
2	$0,0143 \cdot 10^{-1}$ мкФ	_____ нФ
3	$3020,12 \cdot 10^{-2}$ мГн	_____ мкГн
4	$0,00910 \cdot 10^5$ Ом	_____ кОм
5	$120,1 \cdot 10^{-7}$ с	_____ мкс

### 6.3.2 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения текущего контроля успеваемости (по итогам освоения учебного материала темы)

#### К теме № 1

1. Какие сигналы относятся к измерительным?
2. По каким основным признакам принято в метрологии классифицировать измерительные сигналы?
3. Что отражает аналоговый (непрерывный) сигнал?
4. В чем отличие аналоговых сигналов от дискретных и цифровых?
5. Какие виды импульсных и цифровых сигналов вы знаете?
6. Приведите известные примеры импульсных и цифровых сигналов.
7. В чем основное отличие детерминированных сигналов от случайных?
8. Какие помехи возникают в процессе измерений?
9. Какие элементарные измерительные сигналы вы знаете.
10. Что собой представляет  $\delta$ -функция и какими свойствами она характерна?
11. Какие элементарные сигналы используются в измерительной технике?
12. Какие виды представлений электрических сигналов применяют в измерительной технике?
13. Какой математический аппарат используется для спектрального представления периодических сигналов?
14. Какой математический аппарат используется для спектрального представления непериодических (импульсных) сигналов?

15. Чем отличается спектральная плотность непериодических сигналов от спектра периодических импульсов?

16. Какой спектр имеет гармонический сигнал?

17. Какие виды аналоговой модуляции сигналов используются в измерительной технике?

18. С помощью каких видов модуляции можно преобразовать аналоговый сигнал в импульсный и цифровой?

19. В каких случаях в измерительной технике применяется импульсно-кодовая модуляция?

### **К теме № 2**

1. Как различаются измерительные генераторы в зависимости от формы выходного сигнала?

2. Как подразделяются генераторы по частотным характеристикам?

3. Каковы условия самовозбуждения генератора гармонических колебаний? Какими методами они реализуются?

4. Каковы методы создания генераторов инфранизких частот?

5. В чем особенности конструирования генераторов СВЧ?

6. Какова упрощенная схема цифрового измерительного генератора?

7. Какие физические явления могут быть положены в основу создания шумовых генераторов?

8. Какие требования предъявляются к форме сигнала импульсного генератора?

9. Для каких целей используются стандарты частоты?

10. На каких принципах строятся синтезаторы частоты?

11. Для чего используются генераторы шумоподобных сигналов?

### **К теме № 3**

1. Какие параметры полностью характеризуют гармоническое напряжение? Поясните на графике.

2. Требуется измерить все параметры гармонического электрического сигнала. Ориентировочно амплитуда сигнала равна 1 мВ (100 мВ, 5В, 100В), частота - 0,1 Гц (30 Гц, 1кГц, 1МГц, 1 ГГц), а разность фаз с опорным напряжением составляет  $1^\circ$  ( $10^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $175^\circ$ ). Как это лучше сделать, если необходимо минимизировать погрешность (минимизировать количество средств измерений, обеспечить, чтобы погрешность измерения всех параметров не превысила 1 %)?

3. Почему при наблюдении гармонических сигналов и измерении их параметров удобно использовать осциллограф?
4. От чего зависит погрешность измерения амплитуды при помощи осциллографа?
5. От чего зависит погрешность измерения частоты при помощи осциллографа?
6. Что измеряется осциллографом при измерении разности фаз?
7. Какие параметры гармонического напряжения можно измерить при помощи фигур Лиссажу? Как организовать такие измерения?
8. Как определить разность фаз между двумя гармоническими сигналами по форме и ориентации наблюдаемого на экране эллипса?
9. Чем определяется погрешность измерения угла сдвига фаз методом линейной развертки и методом эллипса?
10. Почему при осциллографических измерениях размер изображения на экране стремятся по возможности увеличить?
11. Каким образом можно повысить качество осциллографических измерений?

#### **К теме № 4**

1. Требуется измерить частоту гармонического электрического сигнала, равную ориентировочно 1 Гц (100 Гц, 1 кГц, 100 кГц, 5 МГц, 100 МГц, 30 ГГц). Как это лучше сделать, если погрешность измерений не должна превысить 0,5% (10 Гц)?
2. В каком диапазоне частот можно выполнять измерения частоты периодических электрических сигналов?
3. Каковы достоинства резонансного метода измерения частоты?
4. Какие частотомеры обладают наибольшей точностью?
5. Какова основная причина возникновения погрешностей при измерении частоты с помощью частотомера?
6. В каком диапазоне значений частот удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от значения измеряемой частоты?
7. В каком диапазоне значений длительности периодов удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от длительности измеряемого периода?
8. Как нормируется класс точности цифровых частотомеров?
9. Какой частотомер дает возможность производить измерения в гигагерцовом диапазоне частот?

10. Какова инструментальная погрешность резонансного частотомера? Чем она определяется?

11. Каким образом при использовании цифровых частотомеров удается достичь высокой точности измерений как в области высоких, так и в области низких частот? В каком диапазоне частот погрешность таких измерений максимальна (минимальна)?

### **К теме № 5**

1. Требуется измерить угол фазового сдвига между двумя гармоническими электрическими сигналами, ориентировочно равный 1 (10, 30, 90, 175) градусу, с погрешностью, не превышающей 1% (1°). Как это лучше сделать, если частота сигналов равна 1 Гц (100 Гц, 100 кГц, 10 МГц, 1 ГГц)?

2. В каком случае гармонические напряжения называют противофазными?

3. Какой метод реализуется при измерении сдвига фаз электродинамическим или ферродинамическим логометром?

4. Какие преобразования претерпевает измеряемая величина в аналоговых электронных фазометрах?

5. В каком диапазоне частот работают аналоговые электронные фазометры?

6. Какие фазометры обеспечивают наивысшую точность в диапазоне частот от нескольких герц до десятков мегагерц?

7. За счет чего при использовании цифровых фазометров удается обеспечить высокую точность измерений как в области высоких, так и в области низких частот?

8. Чем отличаются друг от друга цифровой фазометр с усреднением и без усреднения? Когда они используются?

### **К теме № 6**

1. Что собой представляет такая физическая величина, как мощность электрических колебаний?

2. Как записывается аналитическое выражение для активной мощности в случае периодического сигнала?

3. Перечислить основные методы измерения мощностей в различных частотных диапазонах.

4. Объяснить принцип действия электродинамического ваттметра.

5. Какой алгоритм математических операций лежит в основе ваттметра на перемножителях.

6. Каковы особенности измерения мощности электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ?
7. Как строятся ваттметры поглощающей мощности для диапазона СВЧ?
8. Приведите пример ваттметра поглощающей мощности.
9. В чем заключается терморезисторный метод измерения электрической мощности в СВЧ-диапазоне?
10. Какие типы мостов применяют для измерения мощности с помощью терморезисторов?
11. Приведите схему неуравновешенного моста.
12. Приведите схему уравновешенного моста.
13. В чем заключается метод измерения электрической мощности с помощью термопар?
14. На чем основан калориметрический метод измерения мощности?
15. Как работают ваттметры проходящей мощности? Привести примеры.
16. На каком принципе основаны измерители мощности, использующие преобразователи Холла?
17. Как осуществляется измерение мощности с преобразователями Холла?
18. Как работают ваттметры на основе эффекта «горячих» носителей тока?
19. Какие методы используются при измерениях мощности и энергии лазерного излучения?
20. Объяснить принцип действия цифрового ваттметра по его упрощенной структурной схеме.

#### **К теме № 7**

1. Какие параметры электрических цепей считаются сосредоточенными, а какие распределенными?
2. Перечислить методы измерения активных сопротивлений, дать краткую характеристику этим методам.
3. Мостовые методы измерения на переменном и постоянном токе. Чем отличаются условия равновесия четырехплечего моста на переменном токе от условия равновесия на постоянном токе?
4. Приведите схемы мостов для измерения параметров  $L$ ,  $C$ ,  $R$  и  $\text{tg}\delta$ .
5. Нарисовать упрощенную функциональную схему куметра и объяснить его принцип действия.
6. Какие методы измерения параметров длинных линий используются в цифровых приборах?

7. Как производится исследование АЧХ линейных цепей?
8. Какие методы измерения параметров используются в диапазоне СВЧ?
9. Какая связь существует между режимом работы и нагрузкой в передающей линии СВЧ? Привести примеры.
10. Для чего служит измерительная линия?
11. Каково устройство волноводной линии и каков принцип ее действия?
12. Как определяется фаза коэффициента отражения с помощью измерительной линии?
13. Как вычисляется модуль коэффициента отражения?
14. Для чего предназначен рефлектометр?
15. Объяснить работу панорамного измерителя КСВ и ослабления по упрощенной структурной схеме.
16. Пояснить принцип действия автоматического микропроцессорного измерителя КСВ и ослабления.
17. Какие параметры электрических цепей считаются сосредоточенными, а какие распределенными?
18. Перечислить методы измерения активных сопротивлений, дать краткую характеристику этим методам.
19. Мостовые методы измерения на переменном и постоянном токе. Чем отличаются условия равновесия четырехплечего моста на переменном токе от условия равновесия на постоянном токе?
20. Приведите схемы мостов для измерения параметров  $L$ ,  $C$ ,  $R$  и  $\operatorname{tg}\delta$ .
21. Нарисовать упрощенную функциональную схему куметра и объяснить его принцип действия.
22. Какие методы измерения параметров длинных линий используются в цифровых приборах?
23. Как производится исследование АЧХ линейных цепей?
24. Какие методы измерения параметров используются в диапазоне СВЧ?
25. Какая связь существует между режимом работы и нагрузкой в передающей линии СВЧ? Привести примеры.
26. Для чего служит измерительная линия?
27. Каково устройство волноводной линии и каков принцип ее действия?
28. Как определяется фаза коэффициента отражения с помощью измерительной линии?
29. Как вычисляется модуль коэффициента отражения?
30. Для чего предназначен рефлектометр?
31. Объяснить работу панорамного измерителя КСВ и ослабления по упрощенной структурной схеме.

32. Пояснить принцип действия автоматического микропроцессорного измерителя КСВ и ослабления.

#### **К теме 8**

1. Сущность метода измерения совокупности параметров радиотехнических устройств.

2. Сущность метода измерения обобщенного параметра радиотехнического устройства.

3. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием имитации сигнала.

4. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием имитаторов сигнала.

5. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием специальных стендов.

#### **К теме № 9**

1. Назвать перечень наземных средств РТОП, состояние параметров аппаратуры которых контролируется с помощью программы «CONSOLE».

2. Имеется ли возможность дистанционного контроля параметров аппаратуры наземных средств РТОП? Если да, то описать порядок контроля параметров.

3. С какой целью осуществляется хранение параметров предыдущего аварийного состояния?

4. При проверке комплекса выдано на экран сообщение «Ошибка RS-232»? Что означает это сообщение?

5. С какой целью включена процедура «Обслуживание таймера»?

### **6.3.3 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации**

1. Измерительные сигналы. Понятие измерительного сигнала. Классификация. Принципы формирования сигналов.

2. Измерительные генераторы. Общие сведения о генераторах. Классификация. Принципы измерения параметров сигналов с помощью генераторов.

3. Исследование формы сигналов. Общие сведения об измерениях. Принципы измерения параметров сигналов с помощью осциллографа.

4. Измерение частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении. Принцип измерения частоты и интервалов времени резонансным способом.

5. Измерение частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении. Принцип измерения частоты и интервалов времени цифровым методом.

6. Измерение частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении. Принцип измерения частоты и интервалов времени осциллографическим способом.

7. Измерение фазового сдвига сигналов. Общие сведения об измерении. Принцип измерения фазового сдвига фазометром.

8. Измерение фазового сдвига сигналов. Общие сведения об измерении. Принцип измерения фазового сдвига осциллографическим способом.

9. Измерение электрической мощности. Общие сведения об измерении. Принцип измерения мощности с использованием направленных ответвителей.

10. Измерение электрической мощности. Общие сведения об измерении. Принцип измерения мощности с использованием поглощающей нагрузки..

11. Измерение электрической мощности. Общие сведения об измерении. Принцип измерения мощности с использованием измерительных линий.

12. Анализ спектра сигналов. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения спектра сигналов.

13. Измерение параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Принцип измерения параметров  $R$ ,  $C$ ,  $L$ .

14. Измерение параметров цепей с распределенными постоянными. Принцип измерения параметров цепи.

15. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения параметров РТУ и систем с помощью специальных приборов.

16. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения параметров РТУ и систем с помощью имитаторов.

17. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения параметров РТУ и систем с помощью имитирования рабочих сигналов.

18. Генератор ГЗ-36. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
19. Генератор Г5-15. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
20. Осциллограф С1-68. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
21. Осциллограф. Используя электронную модель осциллографа измерить амплитуду сигнала.
22. Осциллограф. Используя электронную модель осциллографа измерить фазовый сдвиг между сигналами.
23. Осциллограф. Используя электронную модель осциллографа измерить частоту сигнала.
24. Частотомер ЧЗ-34. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
25. Частотомер ЧЗ-34. Подготовить к работе и измерить частоту и период сигнала.
26. Фазометр. Порядок его использования при осуществлении измерений сдвига сигналов.
27. Фазометр. Используя электронную модель фазометра измерить сдвиг фазы сигналов.
28. Измеритель ГК4-19А. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров РТУ.
29. Имитатор МИМ -70. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров маяков.
30. Комплекс программный управляемый. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров маяков.
31. Комплекс программный управляемый. Используя электронную модель оценить измеренные комплексом параметры.
32. Применение измерительных приборов. Используя электронную модель измерить частоту сигнала с помощью резонансного частотомера.
33. Применение измерительных приборов. Используя электронную модель измерить частоту сигнала с помощью электронно-счетного частотомера.
34. Генератор ГЗ-34. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.

## **7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

## **7.1 Методические рекомендации по изучению учебного материала дисциплины студентами заочного факультета**

Основная форма изучения учебного материала дисциплины – самостоятельная работа студента. По наиболее трудным для усвоения разделам программы читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

При изучении теоретического материала и выполнения курсовой работы студенту рекомендуется вести конспект, в котором следует отражать весь изученный теоретический материал.

Изучение учебного материала осуществляется последовательно по темам. Освоение материала осуществляется по следующей схеме: изучается учебный материал темы, затем – учебный материал практического занятия и далее – изучается методика проведения лабораторной работы, если она предусмотрена по теме.

Для оценки знаний студентов в университете используется балльно-рейтинговая система, в соответствии с которой итоговый экзамен выставляется студенту по совокупности баллов, полученных им за выполнение курсовой работы, за самостоятельную работу и непосредственно по результатам сдачи экзамена. Оценивание самостоятельной работы будет производиться по результатам изучения учебного материала, представленного в конспекте в соответствии с содержанием дисциплины.

По всем разделам и тема дисциплины студенты могут получить консультацию на кафедре, отправив свой вопрос на электронный адрес [info@guga.ru](mailto:info@guga.ru). При отправке вопроса в теме сообщения необходимо в обязательном порядке указать название дисциплины.

Как было отмечено ранее, самостоятельная работа является основным видом работы при изучении дисциплины «Измерения в радиоэлектронике». Изучение учебного материала дисциплины рекомендуется организовывать следующим образом. Вначале необходимо внимательно прочитать вопрос, подлежащий изучению, а также методические рекомендации, приведенные в соответствующем разделе документа. Теоретический материал, подлежащий изучению можно найти, обратившись к приведенному в документе списку литературы. Следует иметь в виду, что приведенная литература является ориентировочной. То есть может возникнуть ситуация, когда дополнительно к уже рекомендованному источнику необходимо будет добавить свой, найденный самостоятельно. В процессе самостоятельного изучения дисциплины необходимо вести конспект. При конспектировании материала не следует переписывать его полностью из источника. Необходимо прочитать, осмыслить

и только затем занести в конспект основную мысль, идею и так далее. Ведение конспекта в электронной форме не запрещается, но и не приветствуется. За ведение конспекта в электронном виде будет выставляться наименьшее из возможного количества баллов.

После каждой темы приводится список контрольных вопросов, которые даны для проверки уяснения выносимого для изучения материала. Список вопросов ориентировочный и в него включаются, как правило, основные вопросы, которые определяют направление, в котором следует двигаться в процессе проработки темы. Контрольные вопросы, приведенные в конце темы, не имеют цели дублировать вопросы, выносимые для проведения промежуточной аттестации.

## **7.2 Методические рекомендации по изучению учебного материала дисциплины студентами очной формы обучения**

Изучение учебного материала дисциплины осуществляется с участием преподавателя в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины по утвержденному ректором вуза расписанию.

В целях освоения дисциплины проводятся лекции, практические занятия и лабораторные работы. После проведения любого вида занятия студентам могут выдаваться задания на самостоятельную работу. Выдаваемое задание является частью учебного материала, который студенты должны освоить за время изучения дисциплины.

Объем учебного материала предназначенного для самостоятельного изучения определяется следующим образом.

На один час изучения теоретического материала приходится один полный вопрос, выносимый на лекционное занятие (при условии, что на лекции рассматривается три полных вопроса) либо два не полных вопроса.

На один час обобщения и систематизации технических данных приходится не более четырех обрабатываемых листов справочной литературы.

На один час оформления результатов моделирования приходится не более 3 листов (без учета титульного листа для отчетов по лабораторным работам) формата А4, оформленного в соответствии с существующими требованиями ГОСТ.

На один час решения различных производственных задач приходится одна задача, при условии, что порядок ее решения и основные моменты были оговорены на занятии преподавателем.

Самостоятельная работа выполняется студентами в рабочих тетрадях, которые не реже 1 раза в две недели проверяются преподавателем. Результатом проверки является выставление баллов за выполненное задание.

При изучении учебного материала основное внимание уделяется разъяснению роли измерений параметров и характеристик средств РТОП и АЭС в обеспечении безопасности, регулярности и экономичности полетов ВС.

Теоретические положения иллюстрируются примерами из практической деятельности специалистов службы ЭРТОС и АТО (ДАТО).

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется систематически в форме летучек: на лекциях, при подготовке и проведении практических занятий и лабораторных работ.

Итоговый контроль знаний студентов по разделам и темам дисциплины проводится в форме контрольного опроса, а за семестр – в виде экзамена.

## **8. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы**

Курсовая работа выполняется после изучения учебного материала дисциплины.

Курсовая работа выполняется в виде пояснительной записки в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Межгосударственный стандарт. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

Пояснительная записка курсовой работы выполняется с помощью персонального компьютера в текстовом редакторе Microsoft Word. В качестве альтернативных и более сложных вариантов можно предложить программы PageMaker фирмы Adobe или мощную научно-ориентированную систему LATEX. Для набора формул и различного рода математических выражений предпочтительно использовать программу Microsoft Equation, входящую в состав пакета Microsoft Office. Другой, более мощной программой является Math Type, которая обладает гораздо более широкими функциональными возможностями. Для создания изображений различного рода электрических схем и цепей рекомендуется использовать программу Corel Draw.

При оформлении пояснительной записки с использованием программы Microsoft Word размер текста, оформление заголовков, межстрочных интервалов и т.д., необходимо осуществлять в соответствии с таблицей.

Текст документа следует располагать с одной стороны листа. Лист считается заполненным, если расположенный на нем текст, рисунок или схема занимает 2/3 от рабочего поля документа. Вложения в документ пустых листов не допускается. Листы готовой работы сшиваются по всей длине по левому

краю документа. В случае использования в документе листов с альбомным расположением текста листы подшиваются в документ стороной, с которой расположен заголовок. Скрепление документа с одного угла, а также представление работы в виде вложения листов в полиэтиленовый файл не допускается.

Таблица

№ п/п	Наименование элемента	Параметры	№ п/п	Наименование элемента	Параметры
	Шрифт	Times New Roman	1.3	Абзацный отступ (см)	1,3 – 1,5
<b>1</b>	<b>Заголовок раздела</b>		1.4	Интервал перед (пт)	0
1.1	Новая страница	Да	1.5	Интервал после (пт)	20
1.2	Размер шрифта	16 (полужирный)	1.6	Выравнивание	По центру
№ п/п	Наименование элемента	Параметры	№ п/п	Наименование элемента	Параметры
1.7	Межстрочное расстояние	1,5 строки	3.5	Запрет висячих строк	нет
<b>2</b>	<b>Заголовок подраздела</b>		<b>4</b>	<b>Подписи к рисункам</b>	
2.1	Новая страница	Нет	4.1	Размер шрифта	14
2.2	Размер шрифта	14 (полужирный)	4.2	Выравнивание	по центру
2.3	Абзацный отступ (см)	1,3 – 1,5	<b>5</b>	<b>Нумерация страниц</b>	
2.4	Интервал перед (пт)	12	5.1	Вид	простой
2.5	Интервал после (пт)	8	5.2	Расположение	внизу, справа
2.6	Выравнивание	слева	5.3	Размер шрифта	14
2.7	Межстрочное расстояние	1,5 строки	5.4	Нижний колонтитул (см)	2
<b>3</b>	<b>Основной текст</b>		<b>6</b>	<b>Параметры документа</b>	
3.1	Размер шрифта	14	6.1	Размер бумаги	

3.2	Абзацный отступ (см)	1,3 – 1,5	6.2	Верхнее и нижнее поле (см)	A4 (21 x 29,7 см)
3.3	Выравнивание	по ширине	6.3	Правое поле (см)	2
3.4	Межстрочное расстояние	1,5 строки	6.4	Левое поле (см)	1

Примечание:

1. Абзацный отступ по всему документу имеет одинаковое значение.

2. Размер символов в математических выражениях должен всегда совпадать с размером основного текста пояснительной записки.

3. Если не оговорен стиль написания шрифта по умолчанию используется обычный.

Форма титульного листа пояснительной записки является общепринятой и оформляется исполнителем по образцу, изображенному на рисунке 1.

Следующим за титульным листом следует лист, на котором последовательно излагаются вопросы, подлежащие рассмотрению в курсовой работе. Вопросы переписываются с соблюдением уникальной нумерации, приведенной в методическом пособии и в той же постановке.

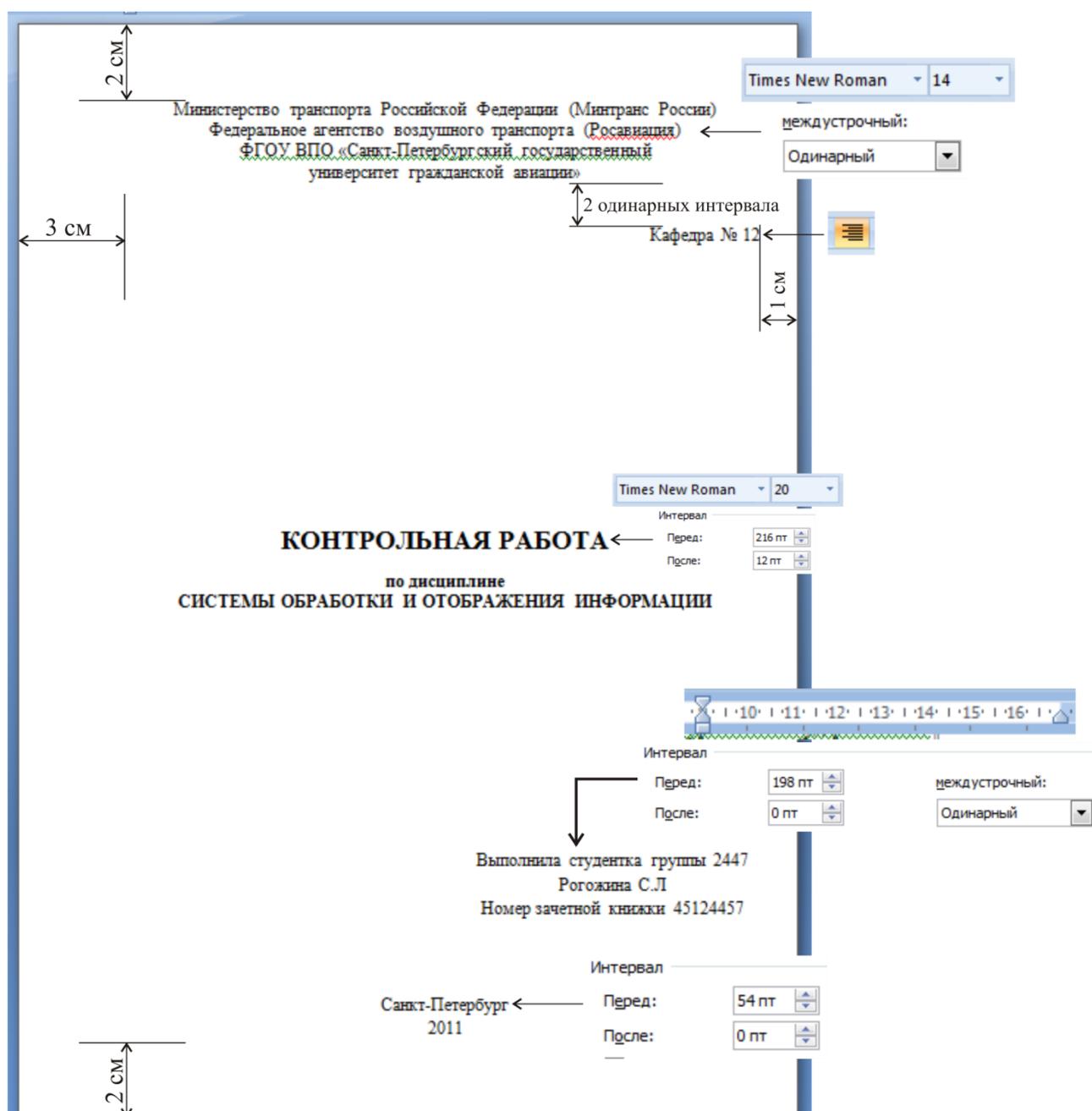


Рисунок 1 – Внешний вид титульного листа контрольной работы

Содержание должно включать введение, наименование всех разделов и подразделов с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала (рисунок 2).

Перечень используемых сокращений включает сокращения, используемые в контрольной работе с обязательной расшифровкой и пояснениями. Поскольку пояснительная записка выполняется с использованием компьютера то от использования русскоязычных сокращений, по возможности, следует воздержаться.

<b>Содержание</b>	
Перечень используемых сокращений .....	3
Введение.....	4
1 Эффективное и помехоустойчивое кодирование в компьютерных сетях и системах.....	7
<i>Текст второй строки начинается на уровне начала теста первой строки</i>	
1.1 Виды помехоустойчивого кодирования.....	7
1.2 Помехоустойчивое кодирование в компьютерных сетях.....	10
1.3 Помехоустойчивое кодирование в компьютерных системах.....	13
2 <u>Протокол маршрутной информации (Routing Information Protocol)</u> .....	16
<i>Номера подразделов приводят после абзацного отступа, равного двум интервалам</i>	
2.1 Построение таблицы маршрутизации.....	16
<i>точка не ставится</i>	
2.2 <u>Адаптация RIP-маршрутизаторов к изменениям состояния сети</u> .....	19
2.3 Методы борьбы с ложными протоколами в протоколе RIP.....	21
3 Пример построения беспроводной сети на аэродроме <u>Ульяновск-Восточный</u> .....	23
3.1 Схема расположения сети.....	26
3.2 Тип используемого оборудования и его технические характеристики.....	29
3.3 Достоинства и недостатки используемой сети.....	32
Заключение.....	33
Список используемой литературы.....	34
<i>Номер страницы проставляется с учетом титульного листа</i>	
	2

Рисунок 2 – Пример оформления содержания

Во введении кратко характеризуется современное состояние систем обработки и отображения информации, проводится сравнительный анализ оборудования выпускаемого зарубежным производителем и отечественной Государственной корпорацией «РОСНАНО», ставятся цели преследуемые

студентом при выполнении контрольной работы. Материал излагается кратким лаконичным, логически связанным языком. Объем введения не может быть менее чем 2/3 листа.

Заключение содержит выводы по работе и степень достижения поставленных во введении целей.

Список используемой литературы включает все использованные источники, которые следует располагать в порядке появления на них ссылок в тексте пояснительной записки. Ссылки выполняются путем проставления в квадратных скобках порядкового номера литературного источника (книги, журнала, статьи), указанного в списке используемой литературы по ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ 7.82-2001 и ГОСТ 7.12-93. Пример оформления библиографической записи в списке используемой литературы представлен на рисунке 3.

Графический материал (чертеж, схему, диаграмму, рисунок и т.п.) помещают в контрольную работу для установления или иллюстрации отдельных свойств (характеристик) объекта, а также для пояснения текста с целью его лучшего понимания.

Графический материал располагают непосредственно после текста, в котором о нем упоминается впервые, или на следующей странице, а при необходимости в отдельном приложении.

Чертежи, схемы, диаграммы и т. п., помещаемые в контрольной работе, должны соответствовать Рекомендациям Единой системы конструкторской документации Р 50-77-88. При этом все англоязычные термины должны быть расшифрованы и переведены на русский язык. Расшифровка терминов допускается как непосредственно на самом рисунке путем замещения англоязычной записи, так и под самим рисунком.

При изготовлении рисунков желательно использовать программные пакеты векторной графики, так как их использование обеспечивает высокое качество рисунков после изменения их размеров.

### Список используемой литературы

1. Браммер, Ю.А. Импульсные и цифровые устройства [Текст]: Учеб. для студентов электрорадиоприборостроительных сред. спец. учеб. заведений / Ю.А. Браммер, И.Н. Пашук. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 351, [1] с. – 6000 экз. – ISBN 5-06-004354-1.
2. Сборник заданий по инженерной графике с примерами выполнения чертежей на компьютере [Текст]: учеб. пособие / Б.Г. Миронов, Р.С. Миронова, Д.А. Пяткина [и др.]. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 355 с. – 3000 экз. – ISBN 5-8071-0087-5.
3. Боголюбов, А.Н. О вещественных резонансах в волноводе с неоднородным заполнением [Текст] / А. Н. Боголюбов, А. Л. Делицын, М. Д. Малых // Вестн Моск. ун-та. Сер. 3, Физика. Астрономия. – 2001. – № 5. – С. 23-25. Библиогр.: с. 25.
4. Богданов, Ю.Е. Игровая модель распределения ресурсов радиотехнического оборудования воздушного судна на этапе посадки [Текст] / Ю. Е. Богданов: Ульяновское высшее авиационное училище летчиков гражданской авиации (институт) // Материалы XIV Всероссийской Научно-технической конференции. Проблемы повышения безопасности полетов. Часть II. – Ульяновск: УВАИУ (И), 2005, С. 3-6. – Проводилась с 5–7 октября.
5. Андреев, Д. Надежный щит России [Текст] / Дмитрий Андреев, Александр Тихонов // Красная звезда: газ. центрального органа м-ва обороны Российской Федерации. – № 1 (1924) – М., 2007. – 8 полос. – Регистрацион. № 01326, 2007, № 233, С.1.– 56100 экз.
6. Федеральный закон от 27 мая 1998 г. № 76-ФЗ «О статусе военнослужащих [Электронный ресурс] / Система «Гарант». – Электрон. дан. и прогр. (46 файлов). – М.: [б.и.], [б.д.]. – С изм. от 31 дек. 1999 г. 19 июня 7 авг. 27 дек. 2000 г. 26 июля 30 дек. 2001 г. 7 21 мая 28 июня 27 нояб. 24 дек. 2002 г. 11 нояб. 23 дек. 2003 г. 26 апр. 20 июля 22 авг. 10 нояб. 2004 г. 22 апр. 27 дек. 2005 г. 2 февр. 4, 8 мая 6, 27 июля, 17 окт., 4, 30 дек. 2006 г., 6 янв., 2, 16 марта, 22 июня, 24 июля 2007 г. – Режим доступа: [http://UVAIU/mainserver/Sqlserver/Garant\\_Client/garant.exe](http://UVAIU/mainserver/Sqlserver/Garant_Client/garant.exe).
7. Кононов А.С. Дискретные сигналы и их спектры. – М.: Наука, 2002. – Режим доступа: <http://www.nauka.ru/books/kononov/titul.htm> (15 апр. 2004).
8. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. (4,5 ГБ). – М.: Большая Рос. энцикл. [и др.], 2006. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM): зв., цв.; 12 см + рук. пользователя (1 л.) + открытка (1 л.). – (Интерактивный мир). – Систем. требования: ПК 486 или выше; 512 Мб ОЗУ; Windows 98 или выше; SVGA 32768 и более цв.; 640×480; 2x DVD-ROM дисковод; 16-бит. зв. карта; мышь. – Загл. с экрана. – Диск и сопровод. материал помещены в контейнер 20×14 см.
9. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое

31

Рисунок 3 – Пример оформления списка используемой литературы  
Примеры оформления рисунков в курсовой работе представлены на рисунках 4 и 5.

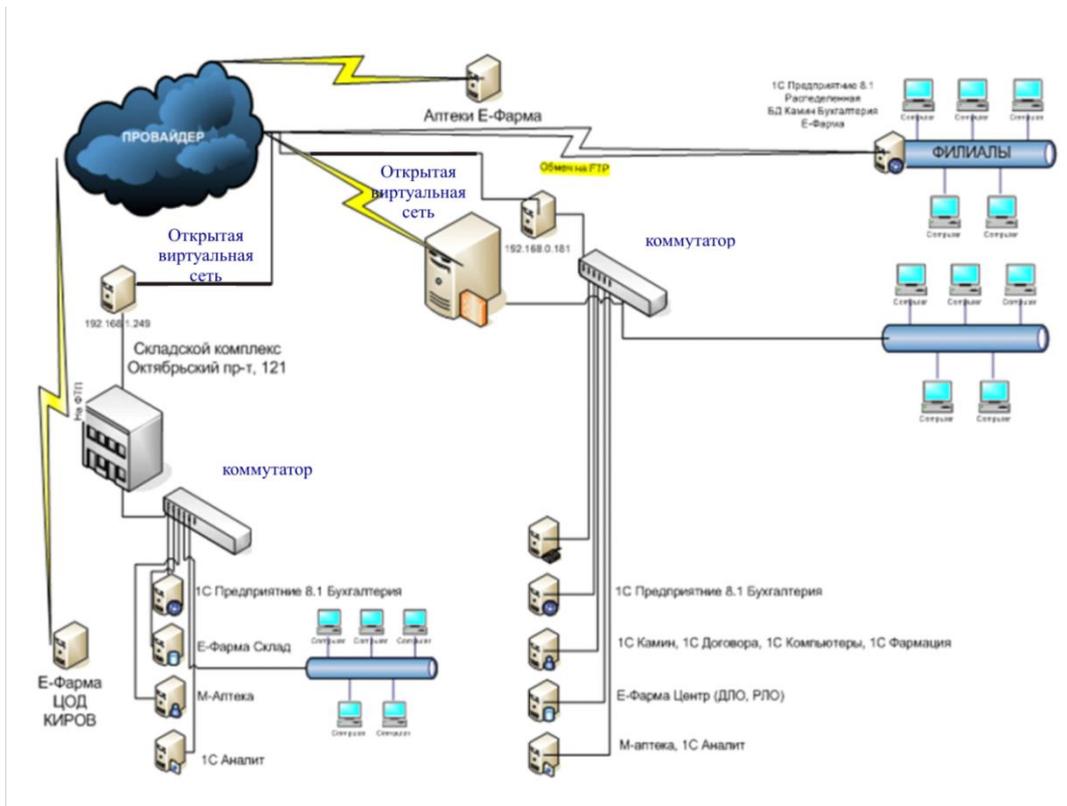


Рисунок 4 – Пример выполнения надписей на рисунке

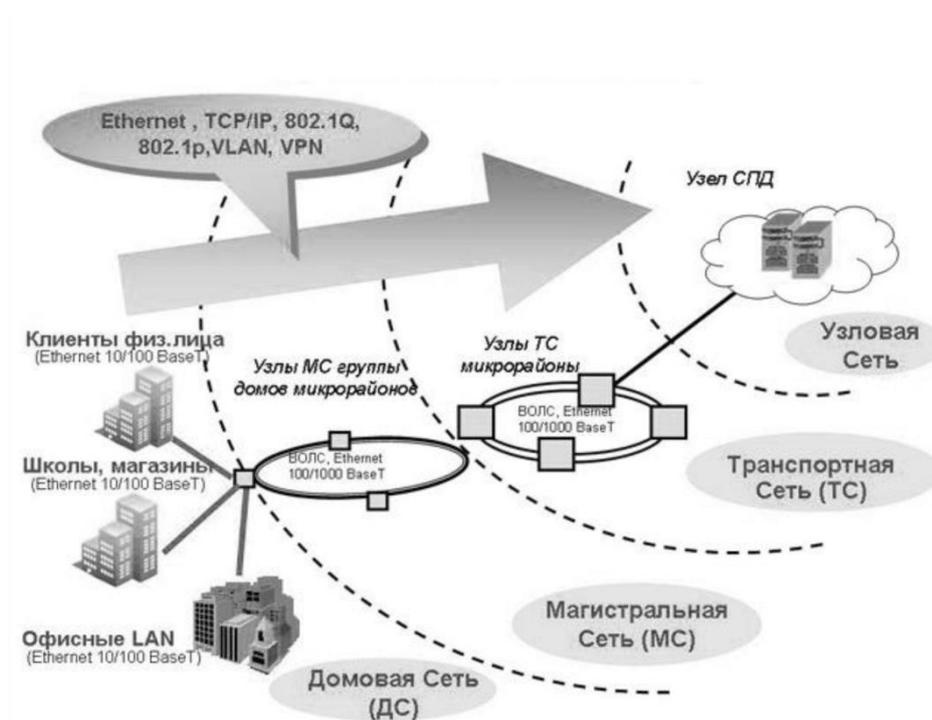


Рисунок 3 - Структура сети передачи данных

Ethernet - протокол канального уровня; TCP/IP - протокол управления передачей/ межсетевой протокол; 802.1x - стандарт межсетевого взаимодействия; VLAN - виртуальная локальная сеть; VPN - виртуальная частная сеть; LAN - локальная сеть

Рисунок 5 – Пример расшифровки надписей под рисунком

Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием.

Оценка за выполнение курсовой работы осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой и складывается из оценки за разработку пояснительной записки и оценки за защиту курсовой работы.

## 9. Задание на выполнение курсовой работы

Исходные данные выбираются по трем последним цифрам X,Y,Z личного шифра студента.

**1. Описать основные характеристики, принцип функционирования, структурную схему и порядок работы с прибором, выбираемым по цифре Z из следующих:**

0. Измеритель коэффициента стоячей волны;
1. Генератор синусоидальных сигналов низкочастотный;
2. Генератор синусоидальных сигналов высокочастотный;
3. Генератор синусоидальных сигналов сверхвысоких частот;
4. Электронный осциллограф;
5. Цифровой частотомер;
6. Цифровой измеритель временных интервалов;
7. Цифровой фазометр;
8. Генератор импульсных сигналов прямоугольной формы;
9. Измеритель частотных характеристик;

**2. Произвести оценку случайных погрешностей по результатам  $n=10$  измерений параметра  $U_i$ .**

Для этого необходимо рассчитать:

- относительную погрешность измерений  $\delta_0 U_i$  согласно двум последним цифрам Y,Z и данным таблицы;
- математическое ожидание  $M(\delta_0 U\%)$ ;
- дисперсию  $D(\delta_0 U\%)$ ;
- среднюю квадратическую ошибку  $\tau(\delta_0 U\%)$ ;
- абсолютную погрешность измерений  $\Delta U_i$ , принимая за истинное значение  $U_{ист}=100+X+Y+Z$ ;
- среднее арифметическое значение измерений  $U_{ср}$ ;
- дисперсию абсолютной погрешности  $D(\Delta U)$ ;
- среднюю квадратическую ошибку измерений  $\tau(\Delta U)$ ;
- границы доверительного интервала погрешности измерений, распределенной по нормальному закону, с вероятностью 0,95 и 0,99.

Значения относительных погрешностей заданы в таблице коэффициентами а, b.

Таблица

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\delta_0 U\%$	+0.1a	-0.2a	-0.3a	+0.4a	-0.5a	+0.1b.	+0.2b	-0.3b	-0.4b	-0.5b

Коэффициенты а, b определяются согласно предпоследней - Y, и последней - Z цифр личного шифра студента как:

$$a = |11 - Y|,$$

$$b = |11 - Z|.$$

### 3. Методические указания к расчету погрешностей:

3.1 Относительная погрешность измерений, % , составляет:

$$\delta_0 U_i = \frac{U_i - U_{ист}}{U_{ист}} 100\% ,$$

где  $U_i$  - измеренное значение параметра;

$U_{ист}$  - истинное значение параметра.

3.2 Математическое ожидание:

$$M(\delta_0 U\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_0 U_i\% ;$$

3.3 Дисперсия:

$$D(\delta_0 U\%) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\delta_0 U_i\% - M(\delta_0 U\%)]^2 ;$$

3.4 Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma(\delta_0 U\%) = \sqrt{D(\delta_0 U\%)};$$

3.5 Среднее арифметическое абсолютных значений измеряемых величин:

$$U_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i .$$

3.6 Половина ширины доверительного интервала  $\epsilon$  выражается через относительную величину  $t$  в долях среднего квадратического отклонения, т.е.

$$t = \epsilon / \sigma$$

Доверительная вероятность определяется по значению интеграла вероятностей  $\Phi(t)$ . При  $t=2$  оно составляет  $\Phi(t) = 0,95$ , для  $t=3$  - соответственно  $\Phi(t) = 0,99$ . Тогда границы доверительного интервала:

$$T_{0,95} = [(U_{\text{ср}} - 2\sigma); (U_{\text{ср}} + 2\sigma)],$$
$$T_{0,99} = [(U_{\text{ср}} - 3\sigma); (U_{\text{ср}} + 3\sigma)].$$

## **10. Перечень документов, представляемых по итогам изучения учебного материала дисциплины**

а) Конспект изученного теоретического материала и материала практических занятий, выполненных в соответствии с методическими рекомендациями.

б) Пояснительная записка курсовой работы.

в) Доклад (презентация) по результатам выполненной работы с целью их защиты.