

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра управления в технических системах

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМАХ**

Б1.В.12

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Многоканальные телекоммуникационные системы

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ		Стр.
1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ		4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....		4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости		4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ		5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий		5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам		6
4.3 Лабораторные работы.....		21
4.4 Семинары / практические занятия.....		21
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....		21
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ		22
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ		23
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....		23
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ		23
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....		24
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ семинаров / практических работ		24
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ		38
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ		38
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....		39
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины		43
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе		43
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....		44

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к экспериментально-исследовательскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Обучение наиболее распространенным схемам и методам измерения, подготовке и проведению измерений, обработке их результатов.

Задачи дисциплины

Сформировать у студентов знания, умения, навыки необходимые для проведения измерений, обработки и анализа информации.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-6	способность проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи	<p>знать: основы измерительной техники; устройство и принцип действия, схемы и режимы работы приборов.</p> <p>уметь: определять основные технические характеристики оборудования и устройств телекоммуникационных сетей.</p> <p>владеть: начальными навыками разработки и отладки средств измерений; навыками практической работы с лабораторными макетами различных устройств.</p>
ПК-18	способность организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	<p>знать: технические регламенты, международные, национальные стандарты и нормативные документы в области измерений</p> <p>уметь: организовывать и проводить измерения согласно аттестованным методикам</p> <p>владеть: достаточным уровнем понимания материала и способностью самостоятельно применять методы измерения и способы определения характеристик различных устройств</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.12 Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах относится к вариативной части.

Дисциплина Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Б1.Б.09 Физика, Б1.Б.12 Теория электрических цепей, Б1.Б.13 Электроника.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах представляют основу для изучения дисциплин: Б1.Б.23 Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях, Б1.В.13 Многоканальные телекоммуникационные системы, Б1.В.15 Проектирование и эксплуатация систем пере-

дачи .

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах					Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации	
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	5	108	51	17	17	17	57	-	Зачет
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			5
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	51	16	51
Лекции (Лк)	17	5	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	6	17
Практические занятия (ПЗ)	17	5	17
Групповые (индивидуальные) консультации	+		+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	57	-	57
Подготовка к лабораторным работам	20	-	20
Подготовка к практическим занятиям	19	-	19
Подготовка к зачету	18	-	18
III. Промежуточная аттестация зачет	+	-	+
Общая трудоемкость дисциплины час.	108	-	108
зач. ед.	3	-	3

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений	12	2	2	2	6
1.1.	ГСИ: общие сведения. Основные задачи. Основы ГСИ. Объекты и сферы деятельности	3	1	-	-	2
1.2.	Средства измерений. Классификация средств измерений	9	1	2	2	4
2.	Измерительные сигналы и помехи	18	2	4	4	8
2.1.	Классификация измерительных сигналов.	9	1	2	2	4
2.2.	Классификация помех	9	1	2	2	4
3.	Аналоговые электромеханические СИ.	15	3	2	2	8
3.1.	Структурная схема аналогового СИ. Типы измерительных механизмов	15	3	2	2	8
4.	Цифровые измерительные приборы и аналого-цифровые преобразователи.	23	3	4	4	12
4.1.	Структурная схема цифрового СИ.	11	1	2	2	6
4.2.	Типы АЦП	12	2	2	2	6
5.	Аналоговые электронные СИ.	15	3	2	2	8
5.1.	Структурная схема электронного СИ.	7	1	1	1	4
5.2.	Классификация электронных СИ	8	2	1	1	4
6.	Измерение напряжения и силы тока.	14	2	2	2	8
6.1.	Общие сведения. Основные типы приборов, измеряющих постоянное и переменное напряжение и силу тока.	14	2	2	2	8
7.	Измерительные генераторы	11	2	1	1	7
7.1.	Общие сведения. Типы измерительных генераторов	11	2	1	1	7
	ИТОГО	108	17	17	17	57

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

РАЗДЕЛ 1. ГСП, ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений

1.1. ГСИ: общие сведения. Основные задачи. Основы ГСИ. Объекты и сферы деятельности

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) - государственное управление субъектами, нормами, средствами и видами деятельности по обеспечению заданного уровня единства измерений в стране. Деятельность по обеспечению единства измерений направлена на охрану законных интересов граждан и установлению правопорядка и экономики, а также на содействие экономическому и социальному развитию страны путем защиты от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений во всех сферах общества.

Обеспечение единства измерений осуществляется на нескольких уровнях:

- государственном;
- уровне федеральных органов исполнительной власти;
- уровне юридического лица.

Основной целью Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) является создание общегосударственных правовых, нормативных, организационных, технических и экономических условий для решения задач по обеспечению единства измерений.

Основными задачами ГСИ являются:

- разработка оптимальных принципов управления деятельностью по обеспечению единства измерений;
- организация и проведение фундаментальных научных исследований с целью создания более совершенных и точных методов и средств воспроизведения единиц и передачи их размеров;
- установление системы единиц величин и шкал измерений, допускаемых к применению;
- установление основных понятий в метрологии, унификация их терминов и определений;
- установление экономически рациональной системы государственных эталонов, их создание, утверждение, применение и совершенствование;
- установление систем передачи размеров единиц величин от государственных эталонов средствам измерений, применяемым в стране;
- создание и совершенствование вторичных и рабочих эталонов, комплектных поверочных установок и лабораторий;
- установление общих метрологических требований к эталонам, средствам измерений, методикам выполнения измерений, методикам поверки (калибровки) средств измерений и всех других требований, соблюдение которых является необходимым условием обеспечения единства измерений;
- разработка и экспертиза разделов метрологического обеспечения федеральных и иных государственных программ, в том числе программ создания и развития производства оборонной техники; осуществление государственного метрологического контроля: поверка средств измерений;
- испытания с целью утверждения типа средств измерений, лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений;
- осуществление государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами единиц физических величин, соблюдением метрологических норм и правил; разработка принципов оптимизации материально-технической и кадровой базы органов государственной метрологической службы;
- аттестация методик выполнения измерений;
- калибровка и сертификация средств измерений, не входящих в сферы государственного метрологического контроля и надзора;
- аккредитация метрологических служб и иных юридических и физических лиц по различным видам метрологической деятельности;
- аккредитация поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля в составе действующих в

Российской Федерации систем аккредитации;

- участие в работе международных организаций, деятельность которых связана с обеспечением единства измерений;
- разработка совместно с уполномоченными федеральными органами исполнительной власти порядка определения стоимости метрологических работ и регулирование тарифов на эти работы;
- организация подготовки и переподготовка кадров метрологов;
- информационное обеспечение по вопросам обеспечения единства измерений;
- совершенствование и развитие ГСИ.

Государственная система обеспечения единства измерений состоит из следующих подсистем:

- правовой,
- организационной;
- технической.

Структура Государственной системы обеспечения единства измерений



Рисунок 1 – Структура ГСИ

ГНМЦ – государственные научные метрологические центры,
ЦСМ – центры стандартизации и метрологии, ГЭТ – государственные эталоны, УВТ – установки высокой точности

Правовая подсистема – комплекс взаимосвязанных законодательных и подзаконных актов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к взаимосвязанным объектам деятельности по обеспечению единства измерений.

Объектами деятельности по обеспечению единства измерений являются:

- совокупность узаконенных единиц величин и шкал измерений;
- терминология в области метрологии;
- воспроизведение и передача размеров единиц величин и шкал измерений;
- способы и формы представления результатов измерений и характеристики погрешности;
- методы оценивания погрешности и неопределенности измерений;
- порядок разработки и аттестации методик выполнения измерений;
- комплекс нормируемых метрологических характеристик средств измерений;

- методы установления и корректировки межповерочных интервалов;
- порядок проведения испытаний в целях утверждения типа средств измерений и сертификации средств измерений;
- порядок проведения поверки и калибровки средств измерений;
- порядок осуществления метрологического контроля и надзора;
- порядок лицензирования деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений;
- типовые задачи, права и обязанности метрологических служб федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц;
- порядок аккредитации поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, лабораторий неразрушающего и радиационного контроля в составе действующих в Российской Федерации систем аккредитации;
- порядок аккредитации метрологических служб и иных юридических и физических лиц по различным видам метрологической деятельности;
- термины и определения по видам измерений;
- государственные поверочные схемы;
- методики поверки (калибровки) средств измерений;
- методики выполнения измерений.

Нормативная база ГСИ насчитывает более 2500 обязательных и рекомендательных документов, регламентирующих все аспекты в области метрологии. В их числе государственные и межгосударственные стандарты, правила по метрологии (ПР), методические инструкции (МИ), руководящие документы (РД), методические указания (МУ) и др.

К правилам (ПР) по метрологии относятся документы в области метрологии, устанавливающие обязательные для применения организационно-технические и общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ, а также обязательные требования к оформлению результатов этих работ. К рекомендациям относятся документы в области метрологии, содержащие добровольные для применения организационно-технические и общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ, а также рекомендуемые правила оформления результатов этих работ.

Основным основополагающим документом в области обеспечения единства измерений является ГОСТ Р 8.000 «ГСИ. Основные положения».

Техническую подсистему составляют:

- совокупность государственных эталонов, эталонов единиц величин и шкал измерений;
- совокупность военных эталонов – резерва государственных эталонов
- совокупность стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- совокупность стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;
- средства измерений и испытательное оборудование, необходимы для осуществления метрологического контроля и надзора;
- совокупность специальных зданий и сооружений для проведения высокочастотных измерений в метрологических целях;
- совокупность научно-исследовательских, эталонных, испытательных поверочных, калибровочных и измерительных лабораторий и их оборудования.

Техническая основа состоит из 114 государственных эталонов, 76 установок высшей точности, около 15 млн. рабочих эталонов и средств испытаний, более 8000 типов стандартных образцов.

Организационная подсистема ГСИ – совокупность подразделений Госстандарта России, осуществляющих функции по обеспечению единства измерений.

Организационную подсистему ГСИ составляют следующие метрологические службы обеспечения единства измерений:

- Государственная метрологическая служба;
- иные государственные метрологические службы;
- метрологические службы федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц.

В Государственную метрологическую службу входят:

- подразделения центрального аппарата Госстандарта России, осуществляющие функции планирования, управления, контроля деятельностью по обеспечению единства измерений на межотраслевом уровне;

- государственные научно-метрологические центры;
 - органы Государственной метрологической службы на территории республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, округов и городов.
- К иным государственным службам обеспечения единства измерений относятся:
- Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли;
 - Государственная служба стандартных образцов состава веществ и материалов (ГССО);
 - Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГССД).

Организационную, научную и практическую деятельность по обеспечению единства измерений осуществляют 11 научно-исследовательских метрологических институтов и центров, около 100 ЦСМ Госстандарта России, более 30 тыс. метрологических служб организаций и предприятий.

1.2. Средства измерений. Классификация средств измерений

Средство измерения – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные МХ, воспроизводящее и (или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Все СИ, независимо от их конкретного исполнения, обладают рядом общих свойств, необходимых для выполнения ими их функционального назначения. Технические характеристики, описывающие эти свойства и оказывающие влияние на результаты и на погрешности измерений, называются метрологическими характеристиками.

МХ позволяют судить об пригодности приборов для проведения измерений в известном диапазоне с известной точностью.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИ

1. по функциональному назначению:

- меры – это СИ, воспроизводящие или хранящие ФВ заданного размера. Например, резистор, воспроизводящий сопротивление определенной величины с известной погрешностью. Меры могут быть однозначными, воспроизводящими одно значение ФВ (гирия, катушка сопротивления) и многозначными – для воспроизведения плавно или дискретно ряда значений одной и той же ФВ (магазин сопротивлений, измерительные линейки). Измерения методом сравнения с мерой выполняют с помощью специальных технических средств – компараторов (равноплечие весы, измерительный мост). Иногда в качестве компаратора выступает человек, например при измерении длины линейкой.

- измерительные преобразователи – это СИ, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но недоступной для непосредственного восприятия наблюдателям. Это термопары, измерительные трансформаторы, преобразователи давления. По месту, занимаемому в измерительной цепи, они делятся на первичные и промежуточные. Конструктивно они выполняются либо отдельными блоками, либо являются составной частью СИ.

- измерительные приборы – это СИ, предназначенные для переработки сигнала измерительной информации в другие, доступные для непосредственного восприятия наблюдателем формы. Различают приборы прямого действия (амперметр, вольтметр, манометр) и приборы сравнения (компараторы). По способу представления информации СИ делятся на показывающие и регистрирующие. По виду шкалы: с равномерной шкалой, с неравномерной шкалой, с нулевой отметкой внутри шкалы, с нулевой отметкой на краю или вне шкалы.

- измерительная установка - это совокупность функционально объединенных СИ и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте. Например, поверочные установки, стенды для испытания электротехнических, магнитных и других материалов. Измерительная установка позволяет предусмотреть определенный метод измерения, заранее оценить погрешность измерения, изменить режим и условия ее функционирования.

- измерительная система – это комплекс СИ и вспомогательных устройств с компонентами связи (проводные, телевизионные и т.д.), предназначенный для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления. Измерительная система не воздействует на объект и режим его работы, а предназначена только для сбора и хранения информации. Частными случаями измерительной системы являются информационно-вычислительные комплексы (ИВК), информационно-измерительные системы (ИИС). ИИС предназначены для представления измерительной информации в форме, необходимой потребителю. ИВК в своем составе имеют свободно программируемую ЭВМ, которая используется как для обработки результатов измерения, так и для управления самим процес-

сом измерения. К измерительным системам можно отнести системы автоматического контроля, системы распознавания образов (дактилоскопия).

2. по виду выходного сигнала:
 - аналоговые – это СИ, показания которых являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины. Например, электроизмерительный прибор с отсчетным устройством в виде стрелки и шкалы.
 - цифровые – это СИ, автоматически вырабатывающие дискретный (кодированный) сигнал измерительной информации и дающие показания в цифровой форме.
 - аналогово-цифровые
3. по степени автоматизации:
 - неавтоматизированные
 - автоматизированные
 - автоматические
4. по выполняемым метрологическим функциям:
 - образцовые – предназначены для поверки с их помощью других рабочих СИ
 - рабочие – используют для выполнения всех измерений, кроме поверки.
5. по измеряемым величинам:
 - механические; гидравлические; пневматические; акустические; электрические; электронные; прочие и комбинированные.
6. по характеру установки на месте применения:
 - стационарные
 - переносные

РАЗДЕЛ 2. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ И ПОМЕХИ

2.1. Классификация измерительных сигналов.

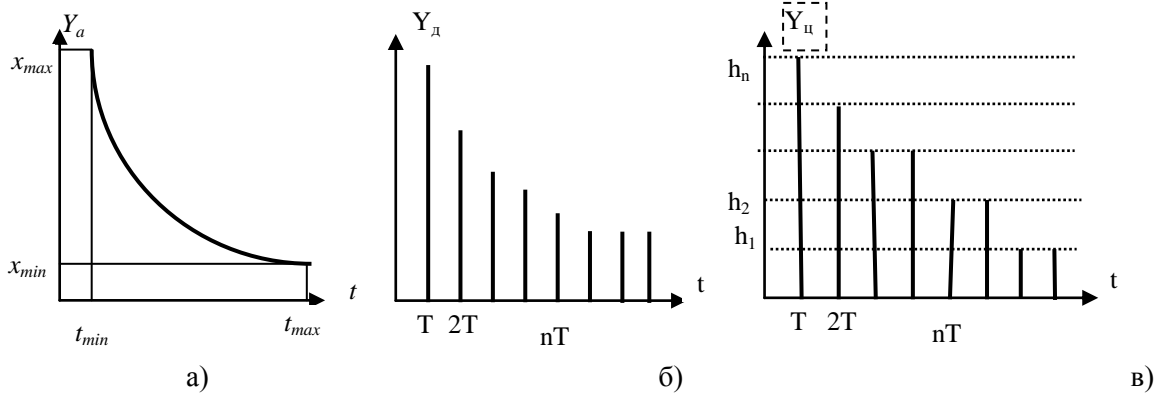
Сигнал – это материальный носитель информации, представляющий собой некоторый физический процесс, один из параметров которого функционально связан с измеряемой физической величиной. Если между параметрами сигнала и измеряемой величиной существует известная функциональная связь, то этот параметр называют *информативным*. При отсутствии функциональной связи такой параметр является *неинформативным*.

В измерительной технике различают два типа сигналов: образцовые и измерительные.

Образцовыми называют сигналы, характеристики которых априорно известны. Образцовые сигналы формируются с помощью образцовых мер и цифроаналоговых преобразователей. Образцовые сигналы позволяют получить информацию о характеристиках изучаемых СИ; в этом случае на вход СИ воздействуют соответствующими образцовыми сигналами, а измерению подвергают сигналы на выходе, отражающие свойства изучаемого объекта.

Измерительные сигналы в отличие от образцовых характеризуются априорной неопределенностью значений некоторых своих параметров. – это сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой ФВ. Рассмотрим классификацию измерительных сигналов.

1. по характеру измерения информативного и временного параметров:
 - аналоговые сигналы – сигналы, описываемые непрерывной или кусочно-непрерывной функцией $Y_a(t)$, причем как сама эта функция, так и ее аргумент t могут принимать любые значения на заданных интервалах $Y \in (Y_{\min}; Y_{\max})$ и $t \in (t_{\min}; t_{\max})$ (рис.9.а)
 - дискретные сигналы – это сигналы, изменяющиеся дискретно во времени или по уровню. В первом случае он может принимать в дискретные моменты времени pT любые значения $Y_d(pT) \in (Y_{\min}; Y_{\max})$, называемые выборками (отсчетами), где T - интервал дискретизации (постоянное число), $p=0; 1; 2; \dots$ – целое число. Эти сигналы описываются решетчатыми функциями (рис.9.б). Во втором случае значения сигнала $Y_d(t)$ существуют в любой момент времени $t \in (t_{\min}; t_{\max})$, однако они могут принимать ограниченный ряд значений $h_i = nq$, кратных кванту q .
 - цифровые сигналы – это квантованные по уровню и дискретные по времени сигналы $Y_{ц}(pT)$, которые описываются квантованными решетчатыми функциями, принимающими в дискретные моменты времени pT лишь конечный ряд дискретных значений – уровней квантования h_1, h_2, \dots, h_n (рис.9.в).



Аналоговый (а), дискретный (по времени) (б) и цифровой (в) измерительные сигналы

2. по характеру изменения во времени:

- постоянные, значения которых со временем не изменяются
- переменные, значения которых меняются во времени. Переменные сигналы могут быть непрерывными во времени и импульсными. Непрерывным называется сигнал, параметры которого изменяются непрерывно. Импульсный сигнал – это сигнал конечной энергии, существенно отличный от нуля в течение ограниченного интервала времени, соизмеримого со временем завершения переходного процесса в системе, для воздействия на которую этот сигнал предназначен.

3. по степени наличия априорной информации:

– детерминированный – это сигнал, закон изменения которого известен, а модель не содержит неизвестных параметров. Мгновенные значения детерминированного сигнала известны в любой момент времени. Детерминированные модели используются в основном лишь для описания образцовых сигналов.

– квазидетерминированные сигналы – это сигналы с частично известным характером изменения во времени, т.е. с одним или несколькими неизвестными параметрами. Подавляющее большинство измерительных сигналов являются квазидетерминированными.

– случайный сигнал – это изменяющаяся во времени ФВ, мгновенное значение которой является случайной величиной.

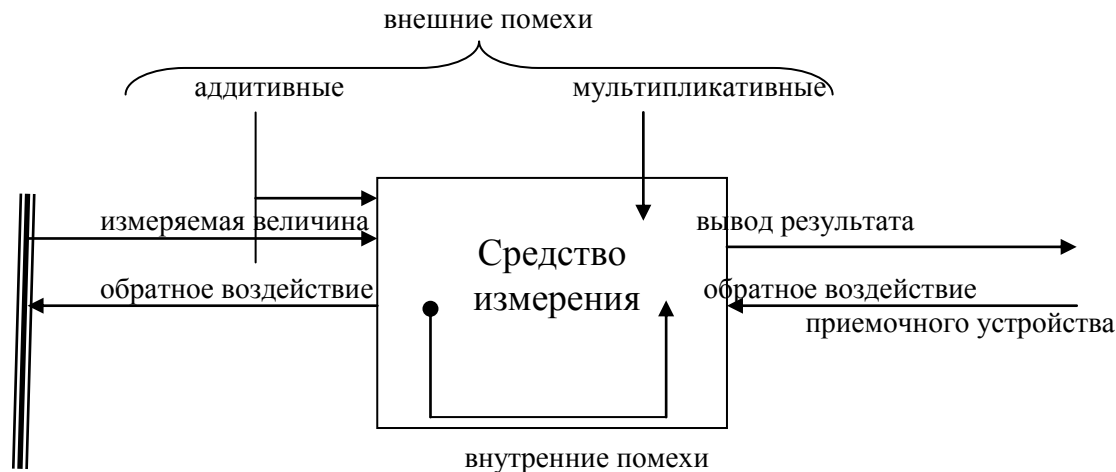
2.2. Классификация помех

Измерительные сигналы редко присутствуют в средствах измерений в чистом виде. Практически всегда на них накладываются помехи. Под **помехой** понимается сигнал, однородный с измерительным и действующий одновременно с ним. Его присутствие приводит к появлению погрешности измерения.

По месту возникновения помехи делятся на внешние и внутренние. Причиной возникновения внешних помех являются природные процессы и работа различных технических устройств. Последние создают так называемые индустриальные помехи, которые обусловлены резкими изменениями тока в электрических цепях прибора, помехами от электротранспорта, электрических двигателей, медицинских установок.

Внешние помехи делятся на аддитивные и мультипликативные.

Аддитивные (налагающиеся) помехи характеризуются тем, что их действие накладывается на измерительный сигнал и соответственно на показание СИ. При этом погрешность не зависит от значения измеряемой величины. Примерами аддитивных помех могут служить наложения на измерительный сигнал напряжения, наведенного переменным магнитным полем; температурная зависимость электролитической проводимости при измерении концентраций; смещение нуля прибора.



Помехи при измерении

Измерительное устройство имеет передаточную характеристику, т.е. зависимость между входной и выходной величинами измерительного устройства независимо от того, изменяется ли во времени определяемая величина или остается постоянной.

Мультипликативная (деформирующая) помеха характеризуется тем, что ее действие перемножается с измерительным сигналом и оказывает влияние на передаточную характеристику прибора. Например, статическое давление, температура окружающей среды, поле тяготения и т.д. При мультипликативных помехах результирующая погрешность зависит от измеряемой величины: либо от измеряемого значения, либо от скорости его изменения во времени. В качестве примера мультипликативной помехи может служить нагрев рычажных весов солнечными лучами. В результате теплового удлинения одного плеча рычага соотношение плеч рычагов меняется. При этом величина погрешности измерения зависит от веса, подлежащего измерению.

Внутренние помехи обусловлены процессами, происходящими при работе самого СИ. К ним можно отнести люфт при механическом преобразовании, трение опор и т.д.

Кроме этого погрешность вызывается обратным воздействием измерительного устройства на процесс. Например, при измерении температуры жидкости, находящейся в адиабатическом изолированном сосуде, с помощью термометра после введения последнего устанавливается новое температурное равновесие между жидкостью и термометром. При этом термометр покажет температуру, искаженную обратным действием.

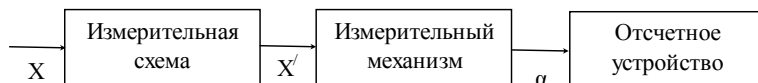
РАЗДЕЛ 3. АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИ.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (2 часа).

3.1. Структурная схема аналогового СИ. Типы измерительных механизмов

Аналоговые – это СИ, показания которых являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины.

Обобщенная структурная схема аналоговых СИ выглядит следующим образом:

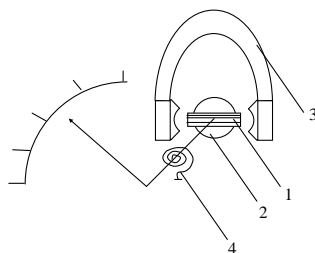


Измерительная схема прибора состоит из совокупности сопротивлений, индуктивностей, емкостей и др. элементов электрической цепи прибора и осуществляет преобразование входной величины X в электрическую величину X' , на которую реагирует измерительный механизм.

Измерительный механизм преобразует электрическую величину X' в механическое угловое или линейное перемещение α , значение которого отражается на шкале отсчетного устройства, проградуированной в единицах измеряемой величины.

По типу измерительного механизма наиболее распространенными в практике радиотехнических измерений являются системы: магнитоэлектрическая, электромагнитная, электродинамическая, электростатическая.

Магнитоэлектрическая система: измерительный механизм состоит из проволочной рамки 1, по которой протекает ток. Неподвижный сердечник 2 и расположенная на нем рамка помещены в поле постоянного магнита 3. Под воздействием тока рамка, жестко соединенная со стрелкой прибора, вращается в магнитном поле. Угол поворота ограничен специальной пружиной 4, создающей противодействующий момент.

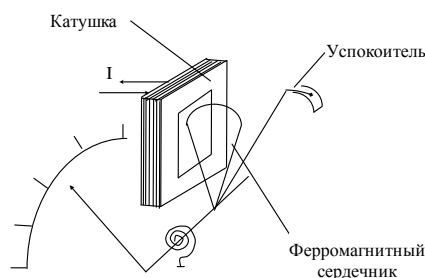


На основе магнитоэлектрического механизма создаются вольтметры, амперметры, миллиамперметры, гальванометры и др. измерительные приборы.

СИ магнитоэлектрической системы имеют достаточно высокую точность, высокую чувствительность, сравнительно малое потребление энергии от измерительной цепи, равномерность шкалы, малую чувствительность к изменениям температуры окружающей среды и внешним магнитным полям, но работают только на постоянном токе.

Электромагнитная система: принцип действия электромагнитной системы основан на взаимодействии катушки с ферромагнитным сердечником. Ферромагнитный сердечник втягивается в неподвижную катушку, по обмоткам которой протекает ток. Сердечник, жестко скрепленный со стрелкой прибора, располагается в магнитном поле катушки так, что поле усиливается. Поэтому прибор может работать на переменном токе. В процессе движения к положению равновесия подвижная часть, имея кинетическую энергию, по инерции проходит это положение и начинает совершать колебания. Чтобы избежать этого используют успокоители.

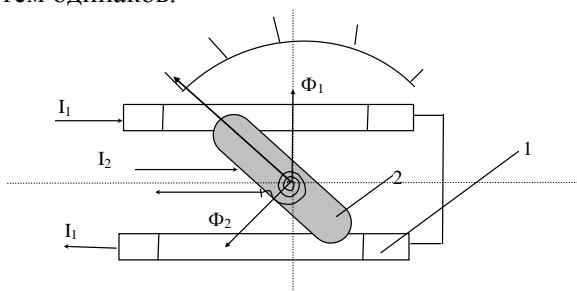
Приборы электромагнитной системы применяют в основном как щитовые амперметры и вольтметры переменного тока промышленной частоты.



Достоинствами приборов электромагнитной системы являются простота конструкции, способность выдерживать большие перегрузки, возможность градуировки приборов, работающих на переменном токе, для работы на постоянном токе.

К недостаткам этих приборов можно отнести большое потребление энергии, невысокую точность, малую чувствительность, сильное влияние магнитных полей, нелинейность шкалы (сжата в начале и растянута в конце).

Электродинамическая и ферродинамическая системы: принцип действия электродинамической и ферродинамической систем одинаков.



Измерительный механизм содержит измерительные катушки: две неподвижные 1, разделен-

ные воздушным зазором и одну подвижную 2. В обесточенном состоянии подвижная катушка находится под углом 135° к горизонтальной плоскости.

Принцип действия основан на взаимодействии катушек, электромагнитные поля которых взаимодействуют между собой при протекании по ним тока.

При наличии токов в обмотках катушек возникает вращающий момент, стремящийся повернуть подвижную катушку так, чтобы магнитные потоки неподвижной Φ_1 и подвижной Φ_2 катушек совпали.

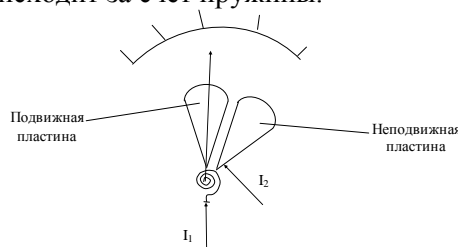
Для создания противодействующего момента используются пружинки.

В ферродинамических приборах неподвижные катушки расположены на сердечнике из ферромагнитного материала, который набирается из листов электротехнической стали. За счет этого увеличивается магнитный поток, а, следовательно, и вращающий момент.

На основе ферродинамического механизма изготавливают вольтметры, амперметры, ваттметры. Достоинствами этих приборов является возможность измерения напряжений, токов и мощности постоянного и переменного токов, высокая точность.

Недостатки: большая потребляемая мощность, малая чувствительность, сложность конструкции, нелинейность шкалы, влияние температуры и внешнего магнитного поля.

Электростатическая система: принцип действия основан на взаимодействии двух заряженных пластин (т.е. по ним протекает ток), одна из которых является неподвижной. В результате этого взаимодействия возникает вращающий момент: разность потенциалов изменяет расстояние между пластинами и подвижная алюминиевая пластина, скрепленная со стрелкой, перемещается. Ограничение движения подвижной пластины происходит за счет пружины.



На этом принципе изготавливают вольтметры. Достоинства этих приборов: широкий диапазон измеряемых напряжений (до 30 МГц), малая мощность, потребляемая от измерительной цепи.

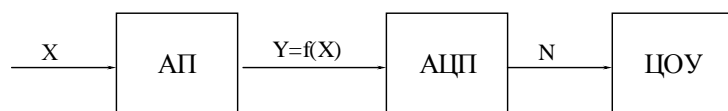
Недостатки: малая чувствительность, изменение емкости в процессе измерения, нелинейность шкалы, влияние внешнего электрического поля.

РАЗДЕЛ 4. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (2 часа).

4.1. Структурная схема цифрового СИ.

Цифровыми называются измерительные приборы, автоматически вырабатывающие дискретные сигналы измерительной информации и представляющие показания в цифровой форме. В ЦИП в соответствии со значением измеряемой величины образуется код, а затем в соответствии с кодом измеряемая величина представляется на отсчетном устройстве в цифровой форме.



Цифровые измерительные приборы (ЦИП) включают: аналоговый преобразователь (АП) – изменяет масштаб входной величины X или преобразует ее в другую величину $Y=f(X)$, более удобную для дальнейшей обработки;

– аналого-цифровой преобразователь (АЦП) автоматически преобразует непрерывную входную величину в цифровой код;

– цифровое отсчетное устройство (ЦОУ) преобразует цифровой код в цифровые символы десятичной системы, удобные для визуального восприятия.

4.2. Типы АЦП

При аналого-цифровом преобразовании (АЦП) входной сигнал связан с выходным следующей зависимостью:

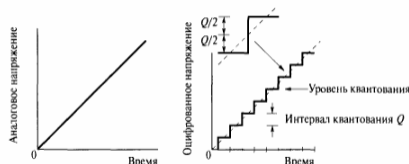
$$V_A \approx V_R (b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + b_3 2^{-3} + \dots + b_n 2^{-n}),$$

где V_A — напряжение на аналоговом входе, V_R — опорное напряжение, b_1, \dots, b_n — цифровые выходы, n — число таких выходов. Все эти выходы вместе и составляют двоичное слово, соответствующее величине аналогового сигнала.

Так как выходной сигнал преобразователя растет ступенчато, то и вышеприведенное уравнение имеет знак \approx . Термин квантование используется для обозначения преобразования непрерывного аналогового сигнала в ступенчатый дискретный выходной сигнал. Каждая ступенька или уровень напряжения такого выходного сигнала называется уровнем квантования. Интервал квантования — это разность уровней напряжения между двумя соседними ступеньками. Интервал квантования равен выходному сигналу, создаваемому младшим значащим битом двоичного входного слова. Так как квантованный сигнал может меняться только ступенчато, то возникает погрешность АЦП, называемая погрешностью квантования, которая изменяется в диапазоне плюс—минус половина интервала квантования Q , т.е. $\pm 0.5Q$. Эта погрешность квантования может рассматриваться как шум, добавленный к аналоговому напряжению, поэтому его иногда также называют шумом квантования. Погрешность квантования или шум квантования могут быть уменьшены при использовании преобразователя, работающего с большим количеством разрядов.

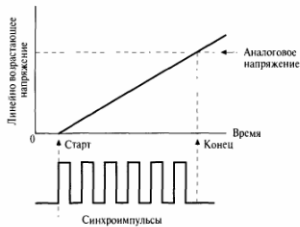
Длина двоичного слова определяется дискретностью (разрешением) элемента, т.е. самым маленьким изменением сигнала ΔV_A , которое приведет к изменению выходного сигнала. Если аналого-цифровой преобразователь работает с длиной слова, равной n разрядам, то изменение от 0 до 1 в b_n разряде и есть минимальное изменение выходного сигнала, и, следовательно, дискретность может быть определена как: Дискретность = $V_R 2^{-n}$.

Время преобразования аналого-цифрового преобразователя — это время, которое необходимо преобразователю для создания на выходе двоичного слова после того, как на его вход поступил аналоговый сигнал.



Существует несколько методов построения аналого-цифровых преобразователей. Метод последовательного приближения (метод поразрядного взвешивания) заключается в том, что приблизительно 1 000 раз в секунду производится съем значений входного аналогового напряжения. Одновременно преобразователь вырабатывает напряжение, значение которого сравнивается с величиной входного напряжения. Если между этими сигналами будет существовать рассогласование, то напряжение преобразователя будет увеличено на величину, равную напряжению младшего разряда. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока напряжение, вырабатываемое преобразователем, не будет соответствовать входному напряжению. Таким образом, выходной сигнал преобразователя определяется количеством шагов приближения. Метод линейно возрастающего напряжения (метод одностадийного интегрирования) заключается в преобразовании сигнала напряжения во временной сигнал. В начале процесса измерений преобразователь начинает вырабатывать линейно возрастающее напряжение которое постоянно сравнивается с входным напряжением. Одновременно с этим вырабатывается стартовый импульс, открывающий логическую схему, которая позволяет временным импульсам поступать на вход счетчика. Линейное напряжение будет расти до тех пор, пока оно не станет равным входному напряжению. В момент равенства этих напряжений вырабатывается еще один управляющий импульс, закрывающий доступ временных импульсов на вход счетчика. Таким образом, счетчик подсчитывает количество временных импульсов от начала измерений до момента равенства линейного напряжения и входного сигнала. Это подсчитанное количество импульсов и есть мера величины входного напряжения.

В вышеописанных методах аналоговый сигнал преобразуется в цифровой вид в дискретные моменты времени. Остальные методы основаны на том, что перед преобразованием в цифровой вид



аналоговый сигнал интегрируется в течение какого-то промежутка времени. При использовании метода двухстадийного интегрирования входной сигнал заряжает конденсатор в течение фиксированного интервала времени, равного, например, одному циклу сетевой частоты. После этого входной сигнал отключается от конденсатора, и на его место подключается источник опорного напряжения, под действием которого будет происходить разряд конденсатора. Так как разряд конденсатора происходит с постоянной скоростью, зависящей от величины опорного напряжения, то измерив время, за которое разность потенциалов на конденсаторе упадет до нуля, можно судить о величине входного сигнала. Измерение времени разряда конденсатора осуществляется при помощи счетчика тактовых импульсов фиксированной частоты.

При цифро-аналоговом преобразовании (ЦАП) величина шага изменения (инкремент) аналогового напряжения определяется изменением значения младшего разряда L_n от 0 к 1. Таким образом.

Инкремент аналогового напряжения $= V_R 2^{-n}$.

Существуют два основных типа цифро-аналоговых преобразователей: суммирующий преобразователь и многозвенный преобразователь. В суммирующем цифро-аналоговом преобразователе цифровое слово загружается в двоичный регистр, выходы которого используются для подключения опорного напряжения к ряду резисторов, подсоединенных к входу операционного усилителя. Набор резисторов имеет следующие значения: $1R, 2R, 4R, \dots, 2^{n-1}R$, где n — длина входного слова. Значения резисторов являются «двоично-взвешенными», т.е. определяются рядом значений $2^0, 2^1, 2^2, \dots$ и т.д. Младший значащий разряд управляет включением или выключением резистора $2^0 R$ в зависимости от того, равен этот разряд единице или нулю, в то время как старший значащий разряд управляет включением первого резистора R . Суммирующие цифро-аналоговые преобразователи редко используются в случаях, когда длина слова превышает шесть разрядов. Это связано с трудностями подбора точных значений резисторов больших номиналов, которые необходимы для создания набора резисторов требуемого диапазона. Многозвенные цифро-аналоговые преобразователи используют резистивные цепочки $R - 2R$ и не имеют проблем с подбором больших номиналов резисторов, так как все резисторы имеют значения R или $2R$. В каждой точке соединения звеньев эти резисторы делят ток пополам. Включение или выключение звеньев определяется значениями разрядов входного слова. Выходной сигнал такого цифро-аналогового преобразователя определяется суммой токов в звеньях, т.е.

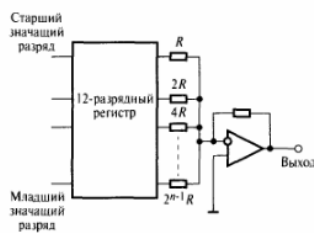


Рис. 9.40. Суммирующий цифро-аналоговый преобразователь

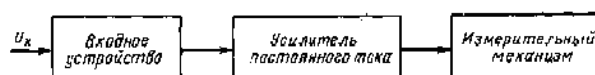
РАЗДЕЛ 5. АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СИ.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (1 часа).

5.1. Структурная схема электронного СИ.

В электронных вольтметрах измеряемое напряжение с помощью электронного преобразователя преобразуется в постоянный ток, который подается на измерительный механизм со шкалой, градуированной в единицах напряжения. Измерительный механизм обычно магнитоэлектрический.

Электронные вольтметры постоянного тока выполняются по схеме, представленной на рис.

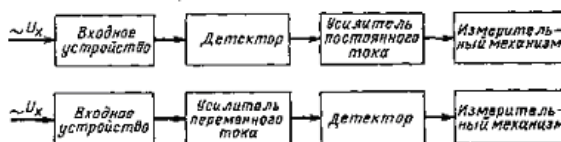


Измеряемое напряжение U_x подается на входное устройство, представляющее собой многопредельный высокоомный делитель на резисторах. С делителя напряжение поступает на усилитель

постоянного тока и далее — на измерительный механизм. Делитель и усилитель постоянного тока ослабляют или усиливают напряжение до значений, необходимых для нормальной работы измерительного механизма. Одновременно усилитель обеспечивает согласование высокого сопротивления входной цепи прибора с низким сопротивлением катушки измерительного механизма.

5.2. Классификация электронных СИ.

Электронные вольтметры переменного тока выполняются по двум структурным схемам.



В первой схеме измеряемое переменное напряжение сначала преобразуется в постоянное при помощи детектора, а затем усиливается усилителем постоянного тока и воздействует на измерительный механизм.

Во второй схеме усиление производится на переменном токе (для этого служит усилитель переменного тока) и затем предварительно усиленный сигнал выпрямляется детектором и отклоняет стрелку измерительного механизма.

Каждая из схем обладает своими преимуществами и недостатками. По первой схеме могут строиться вольтметры, обладающие широким частотным диапазоном (10Гц-1000 МГц), но обычно не способные измерять напряжения меньше нескольких десятых долей вольта: детектор выпрямляет только достаточно большие напряжения.

Вторая схема позволяет строить чувствительные вольтметры, нижний предел измерения которых составляет единицы микровольт. Однако эти приборы имеют меньший частотный диапазон, т.к. частотный диапазон усилителя переменного тока трудно сделать достаточно большим.

Входное устройство представляет собой многопредельный высокоомный делитель на резисторах.

Усилитель постоянного тока обеспечивает ослабление или усиление входного напряжения до значений, необходимых для нормальной работы измерительного механизма.

Детекторы, применяемые в электронных вольтметрах, служат для выпрямления переменного тока, т.е. преобразуют переменное напряжение в постоянное. Они могут быть выполнены по различным схемам и подразделяются на детекторы средневыпрямленного, амплитудного и среднеквадратического значений. Это деление показывает, какому из значений (средневыпрямленному, амплитудному или среднеквадратическому) измеряемого напряжения соответствует напряжение на выходе детектора.

Детекторы средневыпрямленного значения представляют собой выпрямители на полупроводниковых диодах. Детекторы средневыпрямленного значения преобразуют переменное напряжение в постоянный ток, пропорциональный средневыпрямленному значению напряжения.

Амплитудные детекторы обычно содержат диод и конденсатор, который заряжается до амплитудного значения измеряемого напряжения и на выходе детектора напряжение соответствует максимальному амплитудному значению измеряемого напряжения.

Детекторы среднеквадратического значения используют для преобразования переменного напряжения в постоянное, пропорциональное квадратному корню из среднего квадрата мгновенного значения напряжения. Т.е. измерение действующего напряжения связано с выполнением 3-х последовательных операций: возведение в квадрат мгновенного значения сигнала, усреднение и извлечение корня из результата усреднения.

Электронные вольтметры обладают рядом достоинств: они имеют большое входное сопротивление, поэтому потребляют малую мощность от цепи, в которой производятся измерения; диапазон их рабочих частот изменяется от нуля до сотен мегагерц; значения измеряемых напряжений лежат в диапазоне от нескольких микровольт до киловольт.

К недостаткам электронных вольтметров относятся: необходимость источника питания, невысокая точность, обусловленная недостаточной стабильностью электронных элементов (резисторов, полупроводниковых диодов и триодов и т.д.).

РАЗДЕЛ 6. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ И СИЛЫ ТОКА.

6.1. Общие сведения. Основные типы приборов, измеряющих постоянное и переменное напряжение и силу тока.

Приборы для измерения напряжения и тока можно проклассифицировать:

- по типу отсчетного устройства (аналоговые и цифровые);
- по методу измерения (непосредственной оценки и сравнения с мерой);
- по значению измеряемого напряжения (пиковых значений, средневыпрямленных значений, среднеквадратических значений).

В настоящее время в эксплуатации находится большое количество электромеханических и электронных приборов для измерения напряжений и токов.

Наиболее часто измеряют напряжения, реже токи. Это объясняется тем, что для измерения тока измеряемую цепь необходимо разрывать, а измерение напряжения можно проводить без нарушения целостности измеряемой электрической цепи.

Электромеханические вольтметры и амперметры относятся к аналоговым приборам, в которых электрическая измеряемая величина непосредственно преобразуется в показание отсчетного устройства.

В простейшем случае электромеханические вольтметры и амперметры представляют собой измерительный механизм с отсчетным устройством, снабженный входными зажимами для подключения к объекту измерения.

Для измерения напряжения и токов применяются известные типы измерительных механизмов.

Для измерения постоянных напряжений в широком диапазоне применяют вольтметры с магнитоэлектрической системой. Реже применяют вольтметры с электростатической, электромагнитной и электродинамической системой.

Вольтметры с электростатическим механизмом обычно используют для измерения больших напряжений.

Вольтметры с электродинамическим механизмом применяют в качестве образцовых приборов.

Измерение переменных напряжений проводят вольтметрами с электромагнитным, электродинамическим, электростатическим механизмами, выпрямительными вольтметрами.

На практике широкое распространение получили аввометры - универсальные электромеханические приборы для измерения постоянных и переменных напряжений и токов, а также сопротивлений постоянному току.

РАЗДЕЛ 7. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

7.1. Общие сведения. Типы измерительных генераторов

В практике эксплуатации радиоэлектронных устройств часто возникает необходимость исследовать реакцию какого-либо устройства при воздействии на его вход сигнала, имеющего заданные характеристики. В качестве источников таких сигналов используют измерительные генераторы (ИГ). Измерительные генераторы обозначают буквой Г.

В общем случае измерительный генератор представляет собой источник электрических сигналов заданной формы, частоту и амплитуду которых можно изменять в широких пределах и отсчитывать с заданной точностью. По частотному диапазону генераторы делятся на:

- инфранизкочастотные (0,01-20 Гц);
- низкочастотные (20-300000 Гц);
- генераторы высоких частот (0,3-300 МГц);
- сверхвысокочастотные (свыше 300 МГц).

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

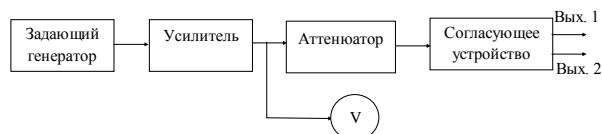
Измерительные генераторы низкой частоты условно разделяют на генераторы инфранизких и низких частот.

ИГ инфранизких частот обычно вырабатывают сигнал гармонической формы в диапазоне от

0,01 Гц до 20 Гц. Эти генераторы используют в основном для исследования и настройки САР.

Генераторы низких частот охватывают диапазон 20 Гц...200 (300) кГц. Эти генераторы широко используют при испытаниях и настройке узлов радиоэлектронной аппаратуры, градуировки измерительных приборов и т.д.

Рассмотрим схему низкочастотного измерительного генератора, выходным сигналом которого является немодулированный синусоидальный сигнал.



Основным узлом является задающий генератор, который вырабатывает сигнал синусоидальной формы низкой частоты.

Усилитель, включенный после задающего генератора, обеспечивает усиление напряжения и мощности генерируемых синусоидальных колебаний. Напряжение на выходе генератора определяется по показанию вольтметра, умноженному на коэффициент, отсчитываемый по шкале аттенюатора.

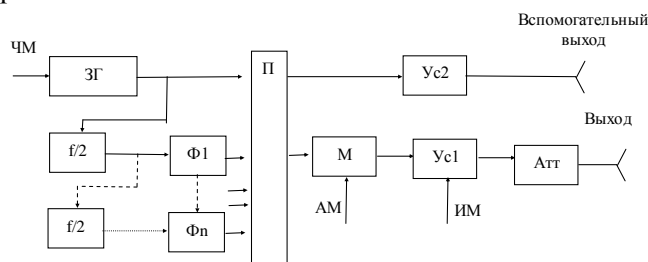
Аттенюатор предназначен для понижения напряжения в требуемое число раз.

В качестве согласующего устройства в ИГ используют согласующие трансформаторы, которые обеспечивают согласование выходного сопротивления ИГ с сопротивлением нагрузки. Выходные зажимы согласующего трансформатора позволяют получать как симметричные, так и несимметричные выходные сигналы, а также два одинаковых по амплитуде и противоположных по фазе выходных напряжения. Многие ИГ не имеют согласующих трансформаторов. Они рассчитаны на нагрузку 600 Ом.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

ИГ сигналов высокой частоты работают в диапазоне 0,3-300 МГц.

Рассмотрим ИГ метрового диапазона, которые предназначены для настройки, контроля и испытаний аппаратуры частотно-модулированного вещания, радиосредств с частотной модуляцией и телевизионной аппаратуры.



Для формирования диапазона частот применяют задающие генераторы, работающие на частотах верхнего поддиапазона и использующие для перекрытия всего диапазона принцип деления частоты. Для этой цели применяется цепочка делителей частоты, каждый из которых делит частоту на два. Выходные сигналы делителей несинусоидальны, поэтому после каждого из них включены фильтры.

Различные виды модуляции генерируемых сигналов реализуются в различных узлах схемы. В рассматриваемом генераторе частотная модуляция осуществляется в ЗГ, импульсная модуляция происходит в выходном усилителе, амплитудная модуляция – в модуляторе М.

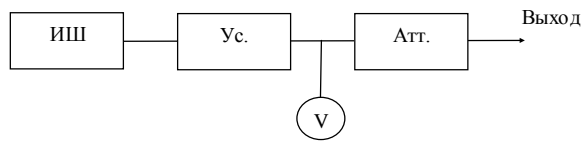
Генераторы этого типа имеют вспомогательный выход немодулированного сигнала через усилитель.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ (ИГШС)

Шумовым сигналом называется совокупность одновременно существующих электрических колебаний, частоты и амплитуды которых носят случайный характер.

Измерительные генераторы шумовых сигналов вырабатывают шумовые измерительные радиотехнические сигналы с нормированными характеристиками.

ИГШС применяют при оценке технического состояния и для измерения параметров различных объектов; в качестве источников помех при исследовании предельной чувствительности радиоприемных и усилительных устройств; в качестве имитаторов полного сигнала многоканальной аппаратуры связи; для измерения коэффициента шума и исследования помехоустойчивости радиоэлектронных систем и их узлов.



Обобщенная схема ИГШС состоит из источника шума (ИШ), широкополосного усилителя (Ус.) и аттенюатора (Атт.). Измеритель выхода (V) позволяет контролировать уровень выходного сигнала.

В качестве источника шума используют проволочные резисторы; полупроводниковые приборы; газоразрядные шумовые трубки; генераторы псевдослучайных последовательностей. Псевдослучайные последовательности формируются с помощью цифровых логических схем или программными средствами.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1, 2, 3, 6	Изучение методов измерения постоянного напряжения и тока и определения погрешности измерительных приборов	3	тренинги в малой группе (1 ч.)
2	3, 4, 5, 6	Изучение методов расширения пределов измерения амперметра	3	тренинги в малой группе (1 ч.)
3	3, 4, 5, 6	Изучение методов расширения пределов измерения вольтметра	3	тренинги в малой группе (1 ч.)
4	1, 2, 4, 7	Изучение методов измерения вольтамперных характеристик 2-х полюсников	2	тренинги в малой группе (1 ч.)
5	4	Изучение методов аналого-цифрового преобразования	3	тренинги в малой группе (1 ч.)
6	1, 2, 4, 7	Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников	3	тренинги в малой группе (1 ч.)
ИТОГО			17	6

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раз- дела дисци- плины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1, 2, 3, 6	Измерение силы постоянного электрического тока	6	тренинги в малой группе (2 ч.)
2	3, 4, 5, 6	Измерение переменного электрического напряжения	6	тренинги в малой группе (2 ч.)
3	1, 2, 4, 7	Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа	5	тренинги в малой группе (1 ч.)
ИТОГО			17	5

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

учебным планом не предусмотрены

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп</i>	<i>tср, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		6	18				
1	2	3	4	5	6	7	8
1. ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений	12	+	+	2	6	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Зачет
2. Измерительные сигналы и помехи	18	+	+	2	9	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Зачет
3. Аналоговые электромеханические СИ.	15	+	+	2	7,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Зачет
4. Цифровые измерительные приборы и аналого-цифровые преобразователи	23	+	+	2	11,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Зачет
5. Аналоговые электронные СИ.	15	+	+	2	7,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Зачет
6. Измерение напряжения и силы тока.	14	+	+	2	7	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Зачет
7. Измерительные генераторы	11	+	+	2	5,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Зачет
всего часов	108	54	54	2	54		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Григорьева, Т. А. Технические измерения и приборы : методические указания по выполнению лабораторных работ / Т. А. Григорьева, Д. Г. Половинкин. - Братск : БрГУ, 2009. - 48 с.

2. Измерения электрических величин: Лабораторный практикум/ Т.В. Темгеновская. - Братск: БрГУ, 2009 - 101 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, СР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.	Лк, ЛР	15	1
Дополнительная литература				
2.	LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.	Пз	15	1
3.	Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.	Лк, ЛР	5	0,3
4.	Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.	Лк, ЛР, Пз	10	0,7
5.	Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.	Лк, ЛР, Пз	10	0,7

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»

<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Выполнение лабораторных работ является обязательным условием изучения дисциплины «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах». Умение и навыки, полученные при выполнении лабораторных работ и математическом анализе полученных результатов, не могут быть заменены другими видами занятий.

Лабораторные работы разработаны в соответствии с государственным стандартом высшего образования и с рабочей программой дисциплины: «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах» для подготовки студентов всех форм обучения направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Лабораторные работы проводятся с целью:

- ознакомить студентов с основными электроизмерительными приборами и элементами электрических цепей;
- научить чтению и сборке электрических схем, методике и технике проведения экспериментов;
- научить проведению электрических измерений и умению делать правильные выводы на основании полученных результатов эксперимента.

Лабораторные работы выполняются в следующей последовательности:

- предварительная подготовка;
- ознакомление в лаборатории с соответствующим оборудованием;
- коммутирование (сборка) электрических цепей по заданным схемам и представление сборки на проверку преподавателю;
- выполнение предварительных расчетов, проведение эксперимента, аналитическая и графическая обработка результатов, полученных в ходе экспериментов;
- составление отчета;
- защита отчета.

Прежде чем выполнить лабораторную работу необходимо повторить теоретический материал по соответствующей теме и ознакомиться с содержанием лабораторной работы, а также усвоить программу эксперимента.

Перед началом эксперимента необходимо составить протокол испытаний и таблицы результатов измерений и вычислений.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических занятий

Лабораторная работа № 1

Изучение методов измерения постоянного напряжения и тока и определения погрешности измерительных приборов

(Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы:

- 1.1. Изучение принципов измерения постоянного напряжения и тока.
- 1.2. Получение практических навыков работы с измерительными приборами.
- 1.3. Получение навыков определения погрешности измерительных приборов.
- 1.4. Получение навыков измерений с многократными наблюдениями и обработки полученных результатов.

Порядок выполнения работы

Для проведения измерений используются:

- лабораторная установка "Электрические измерения";
- комбинированный прибор (тестер).

Измерение постоянного напряжения

3.1.1. Подключить эталонный вольтметр (тестер) к установке. Для этого проводами соединить комбинированный прибор и разъемы источника напряжения на установке.

3.1.2. АЦП блока «Средства измерения напряжения и тока» подключить к разъемам источника напряжения. Комбинированный прибор и АЦП включаются параллельно

3.1.3. Тумблер на блоке «Средства измерения напряжения и тока» включить в режим измерения напряжения («В»). Комбинированный прибор включаем в режим измерения постоянного напряжения.

3.1.4. Выбрать предел шкалы измерения на комбинированном приборе и АЦП (в зависимости от подаваемого напряжения).

3.1.5. Изменяя ручками «грубо», «точно» значение напряжения на комбинированном приборе, фиксировать значение напряжения на АЦП (15 – 20 измерений).

3.1.6. Полученные данные занести в таблицу 2

3.1.7. Рассчитать погрешности, вносимой делителем напряжения для каждой пары значений.

3.1.8. Построить график зависимости измеряемого напряжения от эталонного.

3.2. Измерение постоянного тока

3.2.1. Подключить эталонный амперметр (тестер) к установке. Для этого проводами соединить комбинированный прибор и разъемы источника тока на установке.

3.2.2. АЦП блока «Средства измерения напряжения и тока» к разъемам источника тока на установке. Комбинированный прибор и АЦП включаются последовательно

3.2.3. Тумблер на блоке «Средства измерения напряжения и тока» включить в режим измерения тока («А»). Комбинированный прибор включаем в режим измерения тока.

3.2.4. Выбрать предел шкалы измерения на комбинированном приборе и АЦП (в зависимости от тока).

3.2.5. Изменяя значение тока ручками «грубо», «точно» фиксировать значение тока на АЦП (15 – 20 измерений).

3.2.6. Полученные данные занести в таблицу

3.2.7. Рассчитать погрешности, вносимой шунтами для каждой пары значений.

3.2.8. Построить график зависимости измеряемого тока от эталонного.

3.2.9. Установить ток на эталонном амперметре 1 мА, не меняя положения ручек регулировки тока, замерьте ток на комбинированном приборе, при трех значениях пределов измерения тока (2, 20, 200 мА).

3.2.10. Полученные данные занести в таблицу

3.2.11. Вычислить абсолютную и относительную погрешность.

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схемы исследуемых электрических цепей.
3. Таблицы результатов измерений и вычислений, расчетные формулы.
4. Графическая часть (графики зависимостей).
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Цель лабораторной работы?
2. От чего зависит точность измерения напряжения?
3. Какие виды измерений существуют?
4. Назвать методы измерения.
5. Объяснить зависимость показания приборов от переключения пределов измерения в одной точке (например, при значении 1,9 мА при переключении предела измерения с 2 мА на 20 мА и 200 мА).
6. Виды погрешностей.
7. Аналоговые и цифровые приборы.

8. АЦП. Виды, способы измерения.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Лабораторная работа № 2

Изучение методов расширения пределов измерения амперметра

(Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы:

- 1.1 Изучить методы расширения пределов измерения амперметра.
- 1.2. Получить практические навыки работы с измерительными приборами.

Порядок выполнения работы

Для проведения измерений используются:

- комбинированный измерительный прибор (амперметр)
- АЦП в составе лабораторного стенда
- источник регулируемого тока в составе лабораторного стенда

3.1. Расчет шунтов для расширения пределов измерения

3.1.1. Рассчитать по приведенным формулам сопротивление шунтов для получения пределов измерения тока с помощью прибора магнитоэлектрической системы.

Для расчета шунта принять $R_a=1,2\text{кОм}$, $I_a=0,3\text{мА}$.

3.1.2 Полученные значения занести в таблицу

3.1.3 Сравнить полученные значения с имеющимися номиналами шунтов и записать их значения в таблицу

3.1.4 Экспериментальная проверка амперметра с расширенными пределами измерения.

3.1.2. Собрать схему измерения согласно рис. 6. При соединении источника и клемм приборов соблюдать полярность.

3.2.2 Установить на АЦП и на комбинированном приборе режим измерения тока.

3.2.3 На комбинированном приборе выбрать предел измерения согласно варианту задания.

3.2.4 Установить ручку регулятора выходного источника тока в крайнее левое положение. Плавно поворачивая ручку регулятора выходного тока вправо, добиться отклонения стрелки прибора согласно варианту задания. Установить стрелку на оцифрованную отметку шкалы.

3.2.5 Записать значение АЦП (I) и исследуемого (I_0) прибора в таблицу 7.

3.2.6 Повторить измерение 10 раз. Каждый раз, устанавливая стрелку на выбранную

отметку шкалы.

3.2.7 Вычислить абсолютную погрешность каждого наблюдения и записать ее значения в соответствующий столбец.

3.2.8 Найти среднее значение погрешности, которое является оценкой систематической составляющей погрешности

3.2.9 Сравнить полученное значение с абсолютной суммарной погрешностью для приборов данного класса точности

3.2.10 Сделайте выводы о влиянии шунтов на погрешность измерений амперметром при различных пределах измерений.

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схемы исследуемых электрических цепей.
3. Таблицы результатов измерений и вычислений, расчетные формулы.
4. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Принцип работы миллиамперметра.
2. Устройство амперметра.
3. Способы подключения прибора для измерения тока.
4. Расчет шунта для амперметра с целью расширения пределов измерения.
5. Объяснить принцип расширения пределов измерения.
6. Достоинства и недостатки магнитоэлектрической системы.
7. Способы расширения пределов измерения.
8. Влияние шунтов на погрешность измерений амперметром при различных пределах измерений.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Лабораторная работа № 3

Изучение методов расширения пределов измерения вольтметра

(Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы:

- 1.1. Изучить методы расширения пределов измерения вольтметра.

1.2. Получить практические навыки работы с измерительными приборами.

Порядок выполнения работы

Для проведения измерений используются:

- комбинированный прибор (вольтметр)
- АЦП в составе лабораторного стенда
- источник постоянного регулируемого напряжения в составе лабораторного стенда

3.1. Расчет добавочных резисторов для расширения пределов измерения вольтметра

3.1.1. Рассчитать по приведенным формулам сопротивление добавочных резисторов, для получения пределов измерения с помощью исследуемого прибора.

3.1.2. Сравнить полученные значения с имеющимися добавочными резисторами и записать их значения в таблицу.

3.2. Экспериментальная проверка вольтметра с расширенными пределами измерения.

3.2.1. Собрать схему измерения согласно рис. 8. При соединении источника с вольтметрами соблюдать полярность.

3.2.2 Установить на АЦП и на комбинированном приборе режим измерения напряжения.

3.2.3 На комбинированном приборе выбрать предел измерения согласно варианта задания.

3.2.4 Установить ручку регулятора выходного напряжения источника в крайнее левое положение. Плавно поворачивая ручку регулятора выходного напряжения вправо, добиться отклонения стрелки прибора согласно варианту заданий. Установить стрелку на оцифрованную отметку шкалы.

3.2.5 Записать значение АЦП (U) и исследуемого (U_0) прибора в таблицу

3.2.6 Повторить измерение 10 раз. Каждый раз, устанавливая стрелку на выбранную отметку шкалы.

3.2.7 Вычислить абсолютную погрешность каждого наблюдения и записать ее значения в соответствующий столбец.

3.2.8 Найти среднее значение погрешности, которое является оценкой систематической составляющей погрешности

3.2.9 Сравнить полученное значение с абсолютной суммарной погрешностью для приборов данного класса точности

3.2.10 Сделайте выводы о влиянии добавочных сопротивлений на погрешность измерений вольтметром при различных пределах измерений.

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схемы исследуемых электрических цепей.
3. Таблицы результатов измерений и вычислений, расчетные формулы.
4. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Принцип работы милливольтметра.
2. Устройство милливольтметра.
3. Достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической системы.
4. Способы подключения прибора напряжения.
5. Расчет добавочных резисторов для расширения пределов измерения вольтметра.
6. Источники погрешностей при расширении пределов измерения аналоговых измерительных приборов.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной

дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Лабораторная работа № 4

Изучение методов измерения вольтамперных характеристик 2-х полюсников (Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы:

- 1.1. Изучить методы измерения вольтамперных характеристик двухполюсников.
- 1.2. Получить навыки в построении вольтамперных характеристик по имеющимся данным.
- 1.3. Получить навыки использования измерительных приборов.

Порядок выполнения работы

Для проведения измерений используются:

- АЦП из лабораторного стенда в режиме измерения тока
- комбинированный прибор в режиме измерения напряжения
- источник постоянного напряжения из лабораторного стенда
- двухполюсники, имеющиеся в составе лабораторного стенда

3.1. Собрать схему измерения рис.9, согласно рисунку на лицевой панели стенда, используя приборы согласно вышеизложенному.

3.2. Ручку регулировки источника постоянного напряжения установить в крайнее левое положение.

3.3. Подключить источник напряжения, соблюдая полярность.

3.4. Включить питание лабораторного стенда.

3.5. На переключателе выбора вариантов нажать кнопку “ (согласно варианту задания) “.

3.6. Плавно поворачивая ручку регулятора выходного напряжения источника, следить за показаниями вольтметра и амперметра.

3.7. Получаемые значения напряжения и тока записывать в таблицу.

3.8. Используя полученные данные, построить график вольтамперной характеристики исследуемого устройства. Сделать выводы о том, какое устройство исследовалось.

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схема исследуемого электрической цепи.
3. Таблицы результатов измерений.
4. Графическая часть (вольтамперная характеристика).
5. Вывод о типе исследованного двухполюсника.

Вопросы для защиты

1. Цель лабораторной работы?
2. Определение вольтамперной характеристики двухполюсника.

3. Методы измерения вольтамперных характеристик (ручной и автоматизированный).
4. Источники погрешностей при измерении вольтамперных характеристик.
5. Двухполосники. Четырехполосники.
6. Типы приборов, измеряющих напряжение и силу тока.
7. Какие системы различают по типу измерительного механизма

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Лабораторной работы № 5

Изучение методов аналого-цифрового преобразования

(Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы:

1.1. Изучить методы аналого-цифрового преобразования, применяемые в цифровых измерительных приборах.

1.2. Получить практические навыки работы с измерительными приборами.

Порядок выполнения работы

Для проведения измерений используются:

- аналого-цифровой преобразователь в составе лабораторного стенда.

- цифровой вольтметр в составе лабораторного стенда.

- источник постоянного регулируемого напряжения в составе лабораторного стенда

3.1. Включить питание лабораторного стенда и вспомогательных приборов. Убедиться в том, что ручка регулятора выходного напряжения находится в крайнем левом положении.

3.2. Для проведения эксперимента собрать схему измерения.

3.3. Плавно вращая ручку регулятора опорного напряжения $U_{оп}$, по цифровому вольтметру установить значения напряжения по заданному варианту.

3.4. Плавно вращать ручку регулятора напряжения источника питания до тех пор, пока не сработает первый индикатор на входе шифратора или не изменится значение на цифровом табло. Снимаем показания вольтметра.

3.5. Повышаем напряжение до следующего срабатывания, снимаем показания вольтметра. Опыт проделывать до последнего срабатывания индикатора.

3.6. Результаты измерений занести в таблицу.

3.7. Рассчитать формулу значения опорного напряжения $U_{оп}$.

3.8. Сравнить экспериментальные (установленные по варианту) данные с расчетными (полученными).

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схема исследуемой электрической цепи.
3. Таблицы результатов измерений.
4. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Какие сигналы относятся к измерительным?
2. В чем отличие аналоговых сигналов от дискретных и цифровых?
3. Методы аналого-цифрового преобразования напряжения, применяемые в цифровых измерительных приборах.
4. Как представляется обобщенная структурная схема цифрового измерительного прибора?
5. По каким принципам строятся АЦП и ЦАП?
6. Какие основные элементы используются в цифровых приборах?
7. Источники погрешностей аналого-цифровых преобразователей.
8. Для каких целей в устройствах измерительной техники используются компараторы на операционных усилителях?
9. АЦП. Виды, способы измерения.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Лабораторная работа № 6

Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников

(Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы:

- 1.1. Изучить методы измерения амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников.
- 1.2. Ознакомиться с различными типами 4-х полюсников.
- 1.3. Получить навыки работы с измерительными приборами.

Порядок выполнения работы

Для проведения измерений используются:

- четырехполюсники, входящие в состав лабораторного стенда.
- электронно-лучевой осциллограф
- вольтметр переменного тока
- частотомер
- функциональный генератор в составе лабораторного стенда

1.1. Измерение АЧХ четырехполюсников

1.1.1. Собрать схему измерения

1.1.2. Установить ручку регулировки выходного напряжения генератора на стенде в крайнее левое положение.

1.1.3. Включить питание лабораторного стенда, осциллографа. После прогрева приборов при необходимости произвести калибровку осциллографа.

1.1.4. Выбрать режим на генераторе. Нажать кнопку выбора варианта четырехполюсников «1,2,3,4,5» при этом к выходным клеммам будет подключен один из фильтров. Постепенно увеличивая выходное напряжение генератора вращением вправо регулятора, а также с помощью органов управления приборов добиться показаний частотомера, вольтметра, изображения сигнала на экране осциллографа. При этом выходное напряжение генератора не должно быть больше 1 В.

1.1.5. Проконтролировать по осциллографу отсутствие искажений синусоидального сигнала на выходе фильтра. Если искажения присутствуют, необходимо уменьшить уровень сигнала с генератора.

1.1.6. Установить частоту генератора, равную 400 Гц и измерить входное и выходное напряжения (в положении переключателя выбора четырехполюсников, установленном в начале этого пункта).

1.1.7. Полученные данные занести в таблицу

1.1.8. Увеличив частоту на 200 Гц, повторить измерение, контролируя постоянство входного напряжения (в процессе снятия характеристики уровень входного напряжения должен быть одним и тем же). В результате образуется ряд значений $U_{\text{вых}}$, которые представляют собой функцию $U_{\text{вых}}(f)$ для данного устройства, то есть амплитудно-частотную характеристику этого устройства.

1.1.9. Построить график АЧХ для данного фильтра, аппроксимируя кривую по полученным точкам и отбрасывая результаты с явными выбросами. Для построения графика АЧХ целесообразно применить логарифмический масштаб по оси ординат, рассчитав коэффициент передачи по формуле: $K=20\lg U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}+20$, дБ (слагаемое +20 учитывает ослабление встроенного делителя).

1.2. Измерение фазового сдвига, вносимого четырехполюсником на рабочей частоте.

1.2.1. Собрать схему измерения.

1.2.2. Установить частоту сигнала генератора, равную рабочей частоте одного из фильтров; для этого использовать данные, полученные в п. 3.1; уровень сигнала такой же, как в п. 3.1.

1.2.3. Установить размеры осциллограммы в пределах 2/3 площади экрана.

1.2.4. Измерить длину каждого отрезка рис. 15 2А, 2В, 2У0, 2Х0 и вычислить значение фазового сдвига, вносимого четырехполюсником по формулам:

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схемы исследуемых 4-х полюсников.
3. Таблицы результатов измерений и вычислений, расчетные формулы.
4. Графическая часть (АЧХ).

Вопросы для защиты

1. Цель лабораторной работы?
2. Определение амплитудно-частотной характеристики.
3. Структурная схема измерителя АЧХ.
4. Источники погрешностей при измерении АЧХ.

5. Осциллографы. Классификация. Конструкция. Принцип действия.
6. Калибровка приборов.
7. Определение фазового сдвига.
8. Генераторы. Классификация. Конструкция. Принцип действия.

Задания для самостоятельной работы:
Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Практическое занятие №1

Измерение силы постоянного электрического тока

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы

Ознакомление с прямыми и косвенными измерениями силы постоянного электрического тока; получение сведений о способах учета погрешностей измерений в этих случаях.

Порядок выполнения работы

Запустить программу лабораторного практикума и выбрать лабораторную работу №3.1.

а) Подготовить к работе модель УИП:

– тумблер переключения поддиапазонов УИП установить в положение «0 – 15 В»;

– включить тумблер «СЕТЬ»;

– с помощью ручки плавной регулировки выходного напряжения установить, ориентируясь на стрелочный индикатор, нулевое напряжение на выходе УИП.

б) Подготовить к работе магазин сопротивлений, установив с помощью восьмидекадного переключателя сопротивление магазина, равным значению, рассчитанному в п. 5.

в) Подготовить к работе модель цифрового мультиметра:

– с помощью кнопки «ВКЛ» включить прибор;

– установить режим измерения постоянного напряжения;

– включить автоматический выбор пределов измерения.

г) Подготовить к работе модель магнитоэлектрического вольтамперметра:

– установить переключатель пределов измерений и переключатель множителя пределов в положение, при котором обеспечивается наилучшее качество измерений;

– постепенно повышая напряжение на выходе УИП, добиться того, чтобы вольтамперметр показал 15 мА.

д) Записать в отчет показания вольтамперметра, цифрового мультиметра и магазина сопротивлений, тип и класс точности приборов, выбранные диапазоны измерений.

е) Увеличить сопротивление магазина до ближайшего значения, кратного 100 Ом, запи-

сать в отчет показания СИ.

ж) Продолжить измерения, увеличивая сопротивление магазина от опыта к опыту в два раза, снимая и записывая в отчет показания СИ.

з) Завершить измерения после того, как с увеличением сопротивления цепи прекратится заметное изменение показаний амперметра.

и) Построить графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей прямых и косвенных измерений силы тока от показаний измерительных приборов.

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схемы включения используемых приборов.
3. Таблицы результатов измерений и вычислений, расчетные формулы.
4. Графическая часть.

Вопросы для защиты

1. Цель лабораторной работы?
2. Структурная схема измерения.
3. Источники погрешностей и их оценка.
4. Принцип действия амперметра.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Практическое занятие №2

Измерение переменного электрического напряжения

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе)

Цель работы

Изучить принцип действия, устройство и основные метрологические характеристики электронных вольтметров с преобразователями амплитудного, среднеквадратического и средневыпрямленного значений напряжения; изучить особенности измерения напряжения сигналов различной формы; получить практические навыки работы с измерительными приборами.

Порядок выполнения работы

1. Включить питание исследуемых вольтметров и вспомогательных приборов, ознакомиться с краткими техническими описаниями и органами управления исследуемых вольтметров. После 15-минутного прогрева проверить установку “0” и калибровку исследуемых вольтмет-

ров.

2. Подключить осциллограф к выходу генератора сигналов синусоидальной формы (рис. 3.1.).

2.1. Установить частоту сигнала генератора 1 кГц. Переключить регулятор входного делителя осциллографа Вольт/дел в положение 1В/дел, установить ручку Усиление в крайнее правое положение, получить на экране осциллографа изображение измеряемого сигнала в пределах 2 - 4 его периодов и с помощью соответствующей регулировки генератора установить размах синусоидального сигнала, равным 4 В. В дальнейшем при выполнении п. 2 положение регуляторов не изменять.

2.2. Поочередно подключая исследуемые вольтметры к выходу генератора, записать их показания в соответствующий столбец табл. 3.4.

2.3. Сравнить эти показания. Должны ли эти показания различаться для вольтметров с различными типами преобразователей или они должны быть приблизительно одинаковыми (в пределах погрешностей вольтметров)?

2.4. Подать на вход осциллографа с выхода вспомогательного генератора импульсный сигнал прямоугольной формы положительной полярности с переключаемым коэффициентом заполнения (частота следования этих импульсов порядка 1 кГц). Убедиться, что коэффициенты заполнения этого сигнала соответствуют значениям, указанным на переключателе вспомогательного генератора. С помощью соответствующей регулировки генератора установить размах импульсного сигнала, равным 4 В.

2.5. Используя переключатель осциллографа Открытый вход/закрытый вход, разобраться, что происходит с импульсными сигналами положительной полярности с различными значениями коэффициента заполнения после их прохождения через RC-цепочку, обеспечивающую закрытый вход. Сопоставить эти осциллограммы с временными диаграммами, нарисованными по п. 1.5.

2.6. Измерить тремя исследуемыми вольтметрами (имеющими закрытый вход) напряжение импульсного сигнала при коэффициентах заполнения $K_3=0,25; 0,5; 0,75$ и записать показания в соответствующие столбцы табл. 3.4.

2.7. Построить по данным табл. 3.4 графики зависимости показаний исследуемых вольтметров от значений коэффициента заполнения при измерении напряжений импульсных сигналов прямоугольной формы. Продолжить (пунктиром) эти зависимости в область малых и больших значений коэффициента заполнения. Объяснить, используя осциллограммы, полученные при выполнении п. 2.6, различия в характере этих зависимостей для вольтметров с различными типами преобразователей.

2.8. По показаниям вольтметров рассчитать значения размаха измеряемых сигналов и записать полученные результаты в табл.

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схемы включения используемых приборов.
3. Таблицы результатов измерений и вычислений, расчетные формулы.
4. Графическая часть.

Вопросы для защиты

1. Количественные характеристики переменного напряжения.
2. Типовые структурные схемы электронных вольтметров.
3. Какая из этих схем обеспечивает высокую чувствительность вольтметра, а какая – широкий частотный диапазон?
4. Основные типы преобразователей переменного напряжения, применяемые в электронных вольтметрах; их схемы, формулы, описывающие их принцип действия.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

Практическое занятие №3

Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа (*Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде тренинга в малой группе*)

Цель работы

Приобретение навыков измерения параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа. Получение сведений о характеристиках и устройстве электронного осциллографа.

Порядок выполнения работы

Подготовить модели приборов к работе:

- включить с помощью тумблера «Сеть» калибратор фазовых сдвигов и осциллограф;
- установить регуляторы уровня выходных сигналов калибратора в среднее положение;
- установить значение угла фазового сдвига между сигналами на выходах калибратора, равным 0° ;
- установить переключатель управления режимом входных каналов осциллографа в положение II (одноканальный режим, подключен II-ой канал);
- установить режим внутренней синхронизации развертки осциллографа (переключатель «Внутр-Внеш» находится в положении «Внутр»);
- установить переключатель чувствительности входных каналов осциллографа в такое положение, чтобы входной сигнал целиком умещался на экране и был наибольшего размера;
- установить переключатель коэффициента развертки осциллографа в такое положение, чтобы на экране умещалось примерно два периода исследуемого сигнала.

Задание 1 Измерение с помощью осциллографа амплитуды гармонического напряжения

- а) Установить частоту выходного сигнала калибратора, равной 10кГц;
- б) подобрать подходящий коэффициент вертикального отклонения, при котором размер изображения по вертикали (размах изображения) будет максимальным;
- в) подобрать такой коэффициент развертки, чтобы на экране умещалось несколько периодов исследуемого напряжения, и было удобно определить размах изображения;
- г) измерить размах изображения;
- д) записать в отчет показания осциллографа и калибратора, а также сведения о классе точности используемых СИ;
- е) оставляя неизменной частоту исследуемого сигнала, выполнить измерения в соответствии с п.п. (б-д) для 5-6 различных значений напряжения на выходе калибратора.

Задание 1 Измерение с помощью осциллографа периода и частоты гармонического напряжения

- а) установить амплитуду выходного сигнала калибратора, равной примерно 1В;
- б) установить частоту сигнала на выходе калибратора, равной 50Гц;
- в) выбрать для измерения канал II осциллографа и включить режим линейной развертки с внутренней синхронизацией (переключатель «Внутр-Внеш» находится в положении «Внутр»);
- г) подобрать подходящий коэффициент вертикального отклонения, при котором размах изображения будет максимальным;
- д) подобрать такой коэффициент развертки, чтобы на экране умещалось 2-3 периода исследуемого напряжения;
- е) измерить линейный размер изображения, соответствующий одному периоду исследуемого сигнала;
- ж) записать в отчет показания осциллографа и калибратора;
- з) оставляя неизменной амплитуду исследуемого сигнала, выполнить измерения в соответствии с п.п. (г-ж), последовательно устанавливая частоту выходного сигнала калибратора, равной 500 Гц, 5 кГц, 50 кГц, 0,5МГц, 5 МГц.

Задание 2 Измерение с помощью осциллографа угла фазового сдвига

- а) установить на выходах калибратора одинаковое (близкое к максимальному) значение напряжения; частоту сигнала, равную 10 кГц и угол сдвига фаз, равный 30^0 ;
- б) выбрать для измерения каналы I+II осциллографа и включить режим линейной развертки с внутренней синхронизацией (переключатель «Внутр-Внеш» находится в положении «Внутр»);
- в) подобрать подходящий коэффициент развертки и коэффициент вертикального отклонения;
- г) измерить линейный размер изображения, соответствующего одному периоду исследуемого сигнала и сдвигу фаз;
- д) записать в отчет показания осциллографа и калибратора;
- е) оставляя неизменными амплитуду и частоту исследуемых сигналов, включить режим круговой развертки «X-Y» и подобрать такие коэффициенты вертикального отклонения, чтобы полученный эллипс занял практически весь экран;
- ж) измерить размеры отрезков h и H;
- з) записать в отчет показания осциллографа и калибратора;
- и) оставляя неизменными амплитуду и частоту исследуемых сигналов, выполнить измерения в соответствии с п.п. (а-з), последовательно устанавливая величину фазового сдвига, равной 40, 60, 90, 180, 270 и 360^0 ;
- к) построить графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей измерений фазового сдвига от показаний осциллографа при использовании методов линейной развертки и эллипса.

Форма отчетности:

1. Название и цель работы.
2. Схемы включения используемых приборов.
3. Таблицы результатов измерений и вычислений, расчетные формулы.
4. Графическая часть.

Вопросы для защиты

1. Характеристики гармонического напряжения.
2. Структурная схема электронного осциллографа.
3. Методы измерения параметров гармонического сигнала.
4. Источники погрешностей и формулы их определения.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович. –СПб.: Питер, 2008. – 368 с.: ил.

Дополнительная литература

1. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий : учеб. пособие для вузов / В. К. Батоврин [и др.]. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 208 с.

2.Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи : учебное пособие / И. И. Власов, М. М. Птичников. - Москва : Постмаркет, 2004. - 432 с.

3.Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

4.Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюгов; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.: ил.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- ОС Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР или Лк</i>
1	3	4	5
Лк	Ауд.1354 Лаборатория технических средств автоматизации и измерений	Учебно-лабораторная установка "Электрические измерения" Компьютеры AMD 690 G/FAN/1024 md	Лк
ЛР	Ауд.1354 Лаборатория технических средств автоматизации и измерений	Учебно-лабораторная установка "Электрические измерения"	ЛР 1-6
Пз	Ауд.1354 Лаборатория технических средств автоматизации и измерений	Компьютер AMD 690 G/FAN/1024 md	Пз 1-3
СР	ЧЗЗ	-	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-6	способность проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи	1. ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений.	1.1. Средства измерений. Классификация средств измерений 1.2. ГСИ: общие сведения. Основные задачи. Основы ГСИ. Объекты и сферы деятельности	Вопросы к зачету 1.1.÷1.7.
		2. Измерительные сигналы и помехи	2.1. Классификация измерительных сигналов. 2.2. Классификация помех	Вопросы к зачету 2.1.÷2.5.
		3. Аналоговые электромеханические СИ.	3.1. Структурная схема аналогового СИ. 3.2. Типы измерительных механизмов	Вопросы к зачету 3.1.÷3.5.
ПК-18	способность организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	4. Цифровые измерительные приборы и аналого-цифровые преобразователи.	4.1. Структурная схема цифрового СИ. 4.2. Типы АЦП	Вопросы к зачету 4.1.÷4.9.
		5. Аналоговые электронные СИ.	5.1. Структурная схема электронного СИ. 5.2. Классификация электронных СИ	Вопросы к зачету 5.1.÷5.2.
		6. Измерение напряжения и силы тока.	6.1. Общие сведения. Основные типы приборов, измеряющих постоянное и переменное напряжение и силу тока.	Вопросы к зачету 6.1.÷6.4.
		7. Измерительные генераторы	7.1. Общие сведения. Типы измерительных генераторов.	Вопросы к зачету 7.1.÷7.4.

2. Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-6	способность проводить инструментальные измерения, используемые в области	1.1. Средство измерения 1.2. Классификация средств измерений.	1. ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений

	инфокоммуникационных технологий и систем связи	2.1.Классификация измерительных сигналов. 2.2.Виды помех. 2.3.Случайный шумовые помехи. 2.4. Виды интерференции. 2.5. Способы уменьшения интерференции	2. Измерительные сигналы и помехи
		3.1.Структурная схема аналогового СИ. 3.2.Магнитоэлектрический измерительный механизм. 3.3.Электромагнитный измерительный механизм. 3.4.Электродинамический (ферродинамический) измерительный механизм. 3.5.Электростатический измерительный механизм.	3. Аналоговые электромеханические СИ.
		4.1.Структурная схема цифрового СИ. 4.2.Характеристики ЦИП. 4.3.Связь входного сигнала с выходным в АЦП. 4.4.ЦИП прямого преобразования. 4.5.ЦИП уравнивающего преобразования. 4.6.АЦП последовательного счета. 4.7.АЦП последовательного приближения. 4.8.АЦП параллельного типа. 4.9.АЦП последовательно-параллельного типа.	4. Цифровые измерительные приборы и аналого-цифровые преобразователи.
		5.1.Структурная схема электронного СИ. 5.2.Классификация аналоговых электронных СИ.	5. Аналоговые электронные СИ.
		6.1.Характеристики переменного напряжения. 6.2.Основные типы приборов, измеряющих постоянное и переменное напряжение и силу тока. 6.3.Способы расширения пределов амперметров. 6.4.Способы расширения пределов вольтметров	6. Измерение напряжения и силы тока.
		7.1.ИГ по частотному диапазону. 7.2.Основные характеристики ИГ. 7.3.ИГ сигналов низкой частоты. 7.4.ИГ сигналов высокой частоты. ИГ шумовых сигналов	7. Измерительные генераторы

2	ПК-18	способность организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	1.3.Основы ГСИ. 1.4.Принципы построения ГСИ. 1.5.ГСП - принципы построения. 1.6.Основные задачи ГСИ. 1.7.Объекты и сферы деятельности	1.ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений
---	-------	---	---	---

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-6): основы измерительной техники; устройство и принцип действия, схемы и режимы работы приборов.</p> <p>(ПК-18): технические регламенты, международные, национальные стандарты и нормативные документы в области измерений</p> <p>Уметь (ОПК-6): определять основные технические характеристики оборудования и устройств телекоммуникационных сетей</p> <p>(ПК-18): организовывать и проводить измерения согласно аттестованным методик</p>	зачтено	<p>Студент должен во время ответа показать знания: основ измерительной техники; устройств и принципа действия, схем и режимов работы приборов; технических регламентов, международных, национальных стандартов и нормативных документов в области измерений. Студент должен иметь навыки: отладки средств измерений; работы с лабораторными макетами различных устройств; достаточным уровнем понимания материала и способностью самостоятельно применять методы измерения и способы определения характеристик различных устройств.</p> <p>Студент во время ответа должен продемонстрировать умения: определять основные технические характеристики оборудования и устройств телекоммуникационных сетей; организовывать и проводить измерения согласно аттестованным методик</p>
<p>Владеть (ОПК-6): начальными навыками разработки и отладки средств измерений; навыками практической работы с лабораторными макетами различных устройств.</p> <p>(ПК-18): достаточным уровнем понимания материала и способностью самостоятельно применять методы измерения и способы определения характеристик различных устройств</p>	незачтено	<p>Ответ содержит грубые неточности. На дополнительные вопросы преподавателя отвечает неуверенно и неубедительно или не может ответить.</p>

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина " Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах " направлена на ознакомление с процессом измерения электрических величин, наиболее распространенными схемами их измерения, с подготовкой и проведением измерений, обработкой результатов измерений, с видами измерительной техники и ее характеристиками и применением.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- самостоятельную работу,
- зачет.

В ходе освоения раздела «ГСИ: общие сведения. Основные задачи. Основы ГСИ. Объекты и сферы деятельности» студенты должны ознакомиться с ГСИ, сферой ее деятельности, задачами, структурой, объектами деятельности, а также со СИ и их классификацией.

В ходе освоения раздела «Измерительные сигналы и помехи» студенты должны ознакомиться с видами сигналов и помех, способами уменьшения помех в зависимости от их источника.

При освоении разделов «Аналоговые электромеханические СИ», «Цифровые измерительные приборы и аналого-цифровые преобразователи», «Аналоговые электронные СИ» студенты должны ознакомиться с устройством, принципом действия, структурными схемами, достоинствами и недостатками, схемами измерений рассматриваемых СИ.

При рассмотрении раздела «Измерение напряжения и силы тока» студенты должны получить навыки измерения напряжения и силы тока приборами различных измерительных систем и устройств.

В ходе освоения раздела «Измерительные генераторы» студенты должны ознакомиться с видами измерительных генераторов по частотному диапазону, сферами их применения, а также структурными схемами.

В процессе проведения лабораторных работ и практических занятий происходит формирование практических навыков работы с измерительной техникой, проведением измерений с целью решения поставленных задач, формирование умений и навыков проведения расчетов и обработки результатов измерений, а также закрепление знаний, полученных на лекциях и при самостоятельной работе.

Проведение зачета направлено на выявление знаний студентов по изучаемой дисциплине. Основные показатели, критерии оценивания уровня освоения компетенций, а также вопросы к зачету приведены в приложении 1.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является ознакомление с наиболее распространенными схемами и методами измерения, подготовкой и проведением измерений, обработкой их результатов.

Задачей изучения дисциплины является приобретение навыков и умений использования измерительной техники, необходимых для проведения измерений, обработки и анализа информации.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 17 часов, лабораторные работы – 17 часов, практические занятия – 17 часов, самостоятельная работа студента – 57 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений
2. Измерительные сигналы и помехи
3. Аналоговые электромеханические СИ
4. Цифровые измерительные приборы и аналого-цифровые преобразователи
5. Аналоговые электронные СИ
6. Измерение напряжения и силы тока
7. Измерительные генераторы

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-6: способность проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи

ПК-18: способность организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов

4. Вид промежуточной аттестации: зачет

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-6	способность проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи	2. Измерительные сигналы и помехи	2.1. Изучение методов измерения постоянного напряжения и тока и определения погрешности измерительных приборов 2.2. Изучение методов измерения вольтамперных характеристик 2-х полюсников 2.3. Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников 2.4. Измерение силы постоянного электрического тока 2.5. Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа	Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям
		3. Аналоговые электромеханические СИ	3.1. Изучение методов измерения постоянного напряжения и тока и определения погрешности измерительных приборов 3.2. Изучение методов расширения пределов измерения амперметра 3.3. Изучение методов расширения пределов измерения вольтметра 3.4. Измерение силы постоянного электрического тока 3.5. Измерение переменного электрического напряжения	Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям

	<p>4. Цифровые измерительные приборы и аналого-цифровые преобразователи</p>	<p>4.1. Изучение методов расширения пределов измерения амперметра 4.2. Изучение методов расширения пределов измерения вольтметра 4.3. Изучение методов измерения вольтамперных характеристик 2-х полюсников 4.4. Изучение методов аналого-цифрового преобразования 4.5. Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников 4.6. Измерение переменного электрического напряжения 4.7. Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям</p>
	<p>5. Аналоговые электронные СИ</p>	<p>5.1. Изучение методов расширения пределов измерения амперметра 5.2. Изучение методов расширения пределов измерения вольтметра 5.3. Измерение переменного электрического напряжения</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям</p>
	<p>6. Измерение напряжения и силы тока</p>	<p>6.1. Изучение методов измерения постоянного напряжения и тока и определения погрешности измерительных приборов 6.2. Изучение методов расширения пределов измерения амперметра 6.3. Изучение методов расширения пределов измерения вольтметра 6.4. Измерение силы постоянного электрического тока 6.5. Измерение переменного электрического напряжения</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям</p>
	<p>7. Измерительные генераторы</p>	<p>7.1. Изучение методов измерения вольтамперных характеристик 2-х полюсников 7.2. Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников 7.3. Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям</p>

ПК-18	<p>способность организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов</p>	<p>1. ГСИ: принципы построения, классификация средств измерений</p>	<p>1.1. Изучение методов измерения постоянного напряжения и тока и определения погрешности измерительных приборов 1.2. Изучение методов измерения вольтамперных характеристик 2-х полюсников 1.3. Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников 1.4. Измерение силы постоянного электрического тока 1.5. Измерение параметров гармонического напряжения с помощью осциллографа</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам Отчеты по практическим занятиям</p>
-------	--	--	--	--

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-6): основы измерительной техники; устройство и принцип действия, схемы и режимы работы приборов. (ПК-18): технические регламенты, международные, национальные стандарты и нормативные документы в области измерений</p> <p>Уметь (ОПК-6): определять основные технические характеристики оборудования и устройств телекоммуникационных сетей (ПК-18): организовывать и проводить измерения согласно аттестованных методик</p> <p>Владеть (ОПК-6): начальными навыками разработки и отладки средств измерений; навыками практической работы с лабораторными макетами различных устройств. (ПК-18): достаточным уровнем понимания материала и способностью самостоятельно применять методы измерения и способы определения характеристик различных устройств.</p>	<p>зачтено</p>	<p>Во время защиты студент должен ответить на поставленные преподавателем вопросы, показав знания: основ измерительной техники; устройств и принципа действия, схем и режимов работы приборов; технических регламентов, международных, национальных стандартов и нормативных документов в области измерений; иметь навыки: отладки средств измерений; работы с лабораторными макетами различных устройств; достаточным уровнем понимания материала и способностью самостоятельно применять методы измерения и способы определения характеристик различных устройств; продемонстрировать умения: определять основные технические характеристики оборудования и устройств телекоммуникационных сетей; организовывать и проводить измерения согласно аттестованных методик</p>
	<p>незачтено</p>	<p>Во время защиты студент не смог дать ответы на поставленные преподавателем вопросы. Либо отчет вызывает нарекания.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Информационные технологии и системы связи от «б» марта 2015 г. №174

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 13.07.2015 №475

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 06.06.2016 №429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 06.03.2017 № 125

для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 12.03.2018 №130

Программу составил:

Т.В. Темгеновская, ст. преподаватель кафедры УТС _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры УТС от «___» _____ 2018 г., протокол № _____

Заведующий кафедрой УТС _____

Игнатьев И.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой УТС _____

Игнатьев И.В.

Директор библиотеки _____

Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «___» _____ 2018 г., протокол № _____

Председатель методической комиссии факультета ЭиА _____

Ульянов А.Д.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____

Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____