

БРЕСТСКИЙ КОЛЛЕДЖ – филиал учреждения образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
по учебной работе
В.В.Карпович
.08.2023

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА, ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

для учащихся заочной формы получения образования
по специальности

5-04-0715-17 «Техническая эксплуатация устройств автоматики и
телемеханики на железнодорожном транспорте»

Брест 2023

Методические рекомендации по изучению учебного предмета и выполнению домашних контрольных работ для учащихся заочной формы получения образования разработаны на основе учебной программы по учебному предмету «Электрические измерения», утвержденной ректором университета

Автор: Родзевич В.С., преподаватель Брестского колледжа – филиала учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»

Рассмотрены на заседании цикловой комиссии
учебных предметов автоматике, телемеханики
и технологической связи и рекомендован к утверждению
Председатель В.С. Родзевич
Протокол № 1 от 30.08.2023

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Постоянный рост и совершенствование науки и техники, механизация и автоматизация производственных процессов выдвигает новые задачи перед электроизмерительной техникой и приборостроительной промышленностью. Ведется большая работа по повышению качественных показателей измерительной аппаратуры: точности чувствительности, надежности, устойчивости, значительно расширяется ее номенклатура. Внедряются автоматические приборы с цифровым отсчетом, обеспечивающие не только быстрые и точные измерения, но и связь с системами автоматического управления и регулирования.

Программой дисциплины «Электрические измерения» предусматривается изучение принципов работы, схем, конструкций, способов включения измерительных приборов и методики общих измерений электрических величин в электротехнических устройствах автоматики и телемеханики.

Учебным планом предусмотрено выполнение лабораторно-практических работ и одной обязательной контрольной работы.

Поддерживая постоянный контакт с производством, обращаясь к вновь выходящей литературе, преподаватели должны изучать все новое, прогрессивное в области данной дисциплины. Цикловым комиссиям предоставляется право корректировать содержание учебного материала, вносить при необходимости изменения в распределение часов по темам в рамках общего бюджета времени, отведенного на изучение данной дисциплины.

В результате изучения дисциплины учащиеся **должны знать:**

на уровне представления:

- основные понятия метрологии;
- новейшие достижения и перспективы развития в области электроизмерительной техники и методов измерения;

на уровне понимания:

- методы, средства и погрешности измерений;
- устройство, принцип действия, характеристики, область применения, достоинства и недостатки электроизмерительных приборов различных систем;
- влияние измерительных приборов на точность измерений;
- принципы действия, достоинства и недостатки аналоговых электромеханических и электроизмерительных приборов;
- правила пользования и снятие показаний с приборов при измерении основных электрических величин;
- способы измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин;
- способы измерения электрических сопротивлений проводников и заземляющих устройств;
- условные обозначения и маркировку измерений;
- требования безопасности при проведении электрических измерений.

уметь:

- пользоваться электроизмерительными приборами при выполнении электрических измерений;
- определять значения измеряемой величины и точность измерений;
- определять погрешности приборов и измерений, выбирать класс точности приборов;
- производить измерения параметров электрических цепей, электрических, электромеханических, магнитных и других показателей аппаратуры и устройств автоматики и телемеханики;
- пользоваться справочной литературой по измерительным приборам;
- соблюдать требования безопасности при работе с электроизмерительными приборами.

Тематический план

№ п/п	Наименование тем	Количество учебных часов		
		всего	в том числе	
			практических	лабораторных
	Введение	1		
	Раздел 1. Погрешности измерений и приборов	1		
	1.1. Обработка результатов измерений			
	<i>Практическая работа №1</i> Обработка результатов измерений			
	1.2. Единицы, эталоны и меры единиц электрических величин			
	Раздел 2. Классификация электроизмерительных приборов	2		
	2.1. Классификация электроизмерительных приборов по системам, степени точности и другим признакам			
	2.2. Общая схема устройства и детали электроизмерительных приборов непосредственной оценки			
	Раздел 3. Аналоговые электромеханические измерительные приборы	4		
	3.1. Классификация приборов для измерения силы тока и напряжения			
	3.2. Электроизмерительные приборы различных систем			
	<i>Лабораторная работа № 1</i> Анализ конструктивного построения и принцип работы приборов непосредственной оценки			
	<i>Лабораторная работа № 2</i> Поверка электромеханического вольтметра			2
	3.3. Расширение пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы			
	3.4. Проверка приборов для измерения тока и напряжения			
	<i>Лабораторная работа № 3</i> Измерение величины тока и напряжения в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты электромеханическими измерительными приборами			
	Раздел 4. Электронные приборы	4		
	4.1. Электронные вольтметры			
	<i>Лабораторная работа № 4</i> Измерение напряжения цифровым вольтметром			
	4.2. Электронные осциллографы и прочие регистрирующие приборы			
	<i>Лабораторная работа № 5</i> Измерение параметров синусоидальных и импульсных сигналов с помощью осциллографа			2
	4.3. Измерительные трансформаторы			
	4.7. Измерение магнитных величин			
	Раздел 5. Измерение параметров компонентов цепей с сосредоточенными постоянными	2		
	5.1. Мосты постоянного тока			
	<i>Лабораторная работа № 6</i> Измерение сопротивлений			
	5.2. Измерение сопротивления изоляции и сопротивления заземления			

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Цели изучения	Содержание разделов, тем	Результат
Ознакомить с целями и задачами изучения дисциплины	<p>Введение</p> <p>Краткий исторический обзор. Роль и значение измерений в науке, промышленности, транспорте.</p> <p>Краткая характеристика современного состояния измерительной техники и основные направления совершенствования измерительных приборов общего применения и специальных (улучшение характеристик и изменение возможности приборов с микропроцессорами).</p>	Представляет цели и задачи изучения дисциплины, ее роль в подготовке техника автоматики и телемеханики
Дать понятие о погрешностях измерений и обработке результатов измерений	<p>Раздел 1. Погрешности измерений и приборов.</p> <p>1.1. Обработка результатов измерений</p> <p>Погрешности измерительного прибора и способы их выражения. Погрешности измерительного прибора основные и дополнительные. Способы выражения погрешностей измерительных приборов: абсолютная погрешность, относительная, приведенная. Примеры выражения погрешностей промышленных электроизмерительных приборов.</p> <p>Погрешности измерений. Источники возникновения погрешностей измерений (методические погрешности, инструментальные, субъективные). Способы выражения погрешностей измерений: абсолютные и относительные погрешности.</p> <p>Закономерности проявления погрешностей измерений (систематические, случайные, грубые погрешности).</p> <p>Расчет погрешностей при однозначных и многозначных измерениях. Уменьшение влияния погрешностей многократных измерений в результате их обработки, определение действительного значения измеряемой величины.</p>	Объясняет погрешности измерений, обобщает их результаты
Ознакомить с основными понятиями метрологии и метрологическим обеспечением на железнодорожном транспорте	<p>1.2. Единицы, эталоны и меры единиц электрических величин</p> <p>Основные термины, применяемые в метрологии. Измерения. Средства измерений. Виды и методы измерений.</p> <p>Метрологическая служба РБ. Поверка средств измерений.</p> <p>Нормативно-технические документы в области метрологии.</p> <p>Документация на электроизмерительные приборы.</p>	Имеет представление о метрологии как науке
Научить рассчитывать погрешности ряда измерений электрических величин, проводить обработку результатов измерений	<p><i>Практическая работа № 1</i></p> <p>Обработка результатов измерений.</p>	Рассчитывает погрешности, используя известные формулы, справочную литературу, проводить обработку результатов измерений
Дать понятие о различных типах приборов, условных обозначениях и классах точности	<p>Раздел 2. Классификация электроизмерительных приборов</p> <p>2.1. Классификация электроизмерительных приборов по системам, степени точности и другим признакам.</p> <p>Классификация электроизмерительных приборов (электромеханические, электротепловые, электронные, электронно-лучевые).</p> <p>Классификация электромеханических приборов по принципу действия. Условные обозначения, наносимые на прибор. Классы точности. Цена деления, чувствительность прибора.</p>	Описывает различные измерительные приборы. различает их по принципу действия
Дать понятие об устройстве и деталях электроизмерительных	<p>2.2. Общая схема устройства и детали электроизмерительных приборов непосредственной оценки</p> <p>Детали электроизмерительных приборов непосредственной оценки.</p> <p>Подвижная часть и ее крепление. Шкалы и указательные</p>	Объясняет устройство приборов и описывает их детали

приборов	стрелки. Корректор и арретир.	
Дать понятие о типах приборов для измерения силы тока и напряжения	Раздел 3. Аналоговые электромеханические измерительные приборы 3.1. Классификация приборов для измерения силы тока и напряжения. Вольтметры, милливольтметры, амперметры, миллиамперметры, микроамперметры.	Описывает приборы для измерения силы тока и напряжения
Сформировать понятие об отличительных особенностях аналоговых электромеханических приборов	3.2. Электроизмерительные приборы различных систем Принцип действия и конструктивное выполнение измерительных механизмов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической (ферродинамической) электростатической систем. Их достоинства, недостатки и область применения.	Раскрывает отличительные особенности, достоинства и недостатки электроизмерительных приборов
Научить различать приборы по конструктивному построению и принципу работы	<i>Лабораторная работа № 1</i> Анализ конструктивного построения и принцип работы приборов непосредственной оценки.	Характеризует приборы различных систем по условному обозначению на шкале
Научить измерять величины тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока	<i>Лабораторная работа № 2</i> Измерение величины тока и напряжения в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты электромеханическими измерительными приборами.	Измеряет напряжения и токи в цепях постоянного и переменного тока
Дать понятие о методике применения и расчета шунтов и добавочных резисторов	3.3. Расширение пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы Включение амперметра в схему, влияние сопротивления шунта, внутренние и наружные шунты. Включение вольтметра в схему. Добавочные резисторы: наружные и внутренние, индивидуальные и взаимозаменяемые.	Объясняет технологию применения шунты и методику расчета шунтов и добавочных резисторов
Сформировать понятие о методике проверки приборов	3.4. Проверка приборов для измерения силы тока и напряжения Техника безопасности при проведении поверочных работ	Излагает методику проверки приборов для измерения силы тока и напряжения
Выработать навыки проведения поверки приборов на соответствие классу точности	<i>Лабораторная работа № 3</i> Поверка электромеханического амперметра и вольтметра.	Выполняет поверку, использует образцовые и технические приборы, определяет соответствие поверяемого прибора классу точности
Дать понятие о возможностях электронных и цифровых вольтметров, принципе их работы	Раздел 4. Электронные приборы 4.1. Электронные вольтметры Классификация электронных измерительных приборов по назначению, их наименования, назначение. Электронные вольтметры постоянного и переменного тока. Классификация электронных вольтметров по назначению. Достоинства электронных вольтметров, область применения. Структурная схема вольтметра для измерения постоянного напряжения, требования к входной цепи и усилителю. Основные структурные схемы электронных вольтметров для измерения переменного напряжения (усилитель - детектор и детектор - усилитель). Виды преобразователей (средневыпрямленного значения, среднеквадратичного,	Раскрывает возможности использования электронных и цифровых вольтметров. Объясняет их структурные схемы.

	<p>амплитудного). Вольтметр с открытым и закрытым входом. Структурная схема универсального электронного вольтметра, его особенности.</p> <p>Градуировка шкалы вольтметра в значениях напряжения и децибеллах, влияние формы измеряемого напряжения на показания прибора. Особенности конструктивного выполнения современных вольтметров. Технические характеристики некоторых типов промышленных электронных вольтметров.</p> <p>Цифровые вольтметры. Отличительные особенности цифровых приборов. Достоинства и недостатки цифровых вольтметров. Класс точности цифрового прибора. Структурная схема вольтметра с время-импульсным преобразователем; погрешности вольтметра.</p> <p>Понятие о методе двойного интегрирования, его достоинство.</p> <p>Возможности цифровых вольтметров с микропроцессорами.</p> <p>Примеры промышленных типов цифровых вольтметров.</p>	
<p>Научить использовать цифровые вольтметры для измерения напряжения и сопротивления</p>	<p><i>Лабораторная работа № 4</i></p> <p>Измерение напряжения цифровым вольтметром.</p>	<p>Измеряет напряжение и сопротивление цифровыми вольтметрами</p>
<p>Дать понятие о возможностях и структуре электронных осциллографов</p>	<p>4.2. Электронные осциллографы и прочие регистрирующие приборы</p> <p>Классификация электронных осциллографов, их назначение, основные рекомендации по выбору типа осциллографа.</p> <p>Регистрирующие приборы с непрерывной и точечной записью.</p> <p>Упрощенная структурная схема электронно-лучевого осциллографа, принцип получения изображения на экране.</p> <p>Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), основные элементы конструкции, коэффициент отклонения ЭЛТ, недостатки ЭЛТ, другие устройства отображения информации электронных осциллографов.</p> <p>Коэффициент отклонения и полоса пропускания осциллографа. Основные каналы электронно-лучевого осциллографа, назначение калибраторов.</p> <p>Виды разверток (непрерывная и ждущая), синхронизация разверток осциллографа.</p> <p>Примеры промышленных типов электронных осциллографов, их основные характеристики.</p> <p>Достоинства промышленных типов электронных осциллографов, их основные характеристики.</p> <p>Достоинства и возможности осциллографов с микропроцессорами.</p> <p>Двухлучевой осциллограф: упрощенная схема, достоинства и область применения двухлучевого осциллографа, многолучевые осциллографы.</p> <p>Двухканальный осциллограф: упрощенная структурная схема, назначение коммутатора, его режим работы (прерывистый, попеременный).</p> <p>Основные органы управления электронного осциллографа.</p> <p>Необходимость введения калибровки. Получение устойчивого изображения, выбор синхронизации. Измерение параметров синусоидальных и импульсных сигналов осциллографом. Использование «открытого» и «закрытого» входа осциллографа.</p>	<p>Раскрывает возможности электронных осциллографов на практике, объясняет их структуру</p>
<p>Научить пользоваться осцилло-</p>	<p><i>Лабораторная работа № 5</i></p> <p>Измерение параметров синусоидальных и импульсных</p>	<p>Использует осциллограф для</p>

графом для измерения параметров синусоидальных и импульсных сигналов	сигналов с помощью осциллографа.	измерения параметров электрических сигналов
Дать понятие об измерительных трансформаторах, их назначении	4.3. Измерительные трансформаторы Назначение и классификация измерительных трансформаторов. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Устройство и схемы включения. Измерительные трансформаторы постоянного тока.	Описывает измерительные трансформаторы, их устройство, схемы включения, цели их применения
Дать понятие о возможностях измерительных мостов постоянного тока	Раздел 5. Измерение параметров компонентов цепей с сосредоточенными постоянными 5.1. Мосты постоянного тока Принципиальная схема одинарного четырехплечевого моста. Основное уравнение моста. Мост постоянного тока. Классификация электрических сопротивлений по величине и методике измерений. Измерение средних сопротивлений косвенным методом и одинарным измерительным мостом на постоянном токе. Принцип действия и схемы омметров с однорабочным и двухрабочным (логотрическим) измерительными механизмами. Понятие об измерении малых сопротивлений двойным измерительным мостом.	Раскрывает возможности использования мостов постоянного тока
Научить использовать мосты и омметры для измерения сопротивления	<i>Лабораторная работа № 6</i> Измерение средних и больших сопротивлений.	Измеряет сопротивление мостом и омметром, сравнивает результаты
Сформировать понятие об измерениях сопротивления изоляции и сопротивления заземления	5.2. Измерение сопротивления изоляции и сопротивления заземления Измерение больших сопротивлений мегаомметром. Измерение сопротивления изоляции. Понятие о сопротивлении заземления. Методы измерения сопротивления заземления /амперметром - вольтметром и компенсационным методом/. Приборы для измерения сопротивления заземлений, принцип действия. Методика измерения приборами.	Объясняет процесс измерения сопротивления изоляции и сопротивления заземления
Научить использовать измерительные приборы МС-08 и М416 и М1101	<i>Лабораторная работа № 7</i> Измерение сопротивления изоляции и заземления.	Выполняет измерения сопротивления заземления
Дать понятие о возможностях измерительных мостов переменного тока	5.3. Мосты переменного тока Мосты для измерения параметров конденсаторов и катушек индуктивности; измерение взаимдуктивности. Структурная схема универсального измерительного моста. Трансформаторная мостовая схема, достоинства трансформаторных мостов. Понятие об измерителях, использующих мостовой метод.	Раскрывает возможности мостов переменного тока
	<i>Обязательная контрольная работа.</i>	
Дать понятие о возможностях приборов и методах измерения частоты и интервалов времени	Раздел 6. Измерение параметров электромагнитных колебаний 6.1. Измерение частоты и интервалов времени Методы измерения частоты: осциллографические (метод калиброванной линейной и синусоидальной разверток), метод дискретного счета. Электронно-счетный частотомер (ЭСЧ). Структурная схема прибора в режиме измерения частоты, принцип действия, погрешности измерения частоты. Возможности ЭСЧ. Особенности микропроцессорных цифровых приборов	Описывает возможности приборов и методы измерения частоты и интервалов времени

	<p>частотомеров.</p> <p>Примеры промышленных типов приборов.</p> <p>Измерение временных интервалов методом дискретного счета, структурная схема измерителя. Погрешности измерения им временных интервалов.</p> <p>Измерители временных интервалов с устройством сравнения в виде ЭЛТ, структурная схема, принцип работы, область применения и основные технические характеристики промышленных измерительных временных интервалов.</p>	
<p>Дать понятие о методах измерения фазы и приборах для измерения фазового сдвига</p>	<p>6.2. Измерение фазового сдвига.</p> <p>Методы измерения фазы, осциллографические и электронные (преобразование фазового сдвига во временной интервал, сравнения и компенсации).</p> <p>Цифровой фазометр, структурная схема, принцип работы, погрешности измерения.</p> <p>Примеры промышленных типов приборов.</p>	<p>Описывает приборы и методы измерения фазового сдвига</p>
<p>Сформировать понятие о приборах и методах измерения мощности в цепях постоянного и переменного тока и тока промышленной частоты</p>	<p>Раздел 7. Измерение мощности и энергии в цепях постоянного и переменного тока и тока промышленной частоты</p> <p>7.1. Измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока.</p> <p>Измерение мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока электродинамическим ваттметром.</p> <p>Включение прибора в цепь, определение цены деления.</p> <p>Ферродинамический ваттметр. Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока одним, двумя и тремя ваттметрами. Трехфазные ваттметры.</p> <p>Понятие об измерении реактивной мощности.</p>	<p>Описывает приборы и объясняет методы измерения мощности</p>
<p>Сформировать понятие о приборах и методах измерения энергии в цепях переменного тока и тока промышленной частоты</p>	<p>7.2. Измерение электрической энергии</p> <p>Измерение энергии в цепях однофазного и трехфазного переменного тока. Схемы включения двух и трехэлементных счетчиков в цепях трехфазного тока.</p> <p>Понятие об измерении мощности и энергии в цепях переменного тока с применением измерительных трансформаторов напряжения и тока</p>	<p>Описывает приборы и объясняет методы для измерения электрической энергии</p>
<p>Научить включать однофазный счетчик в сеть и проводить поверку на соответствие классу точности</p>	<p><i>Лабораторная работа № 8</i></p> <p>Включение в цепь и поверка однофазного индукционного счетчика электрической энергии.</p>	<p>Собирает схему включения счетчика, проводит измерения и указывает на соответствие его классу точности</p>
<p>Дать понятие об особенностях измерения в рельсовых цепях</p>	<p>Раздел 8. Измерения в системах автоматики, телемеханики и связи.</p> <p>8.1. Основные измерения в рельсовых цепях</p> <p>Методы измерения параметров рельсовых цепей переменного и постоянного тока. Измерение напряжения в импульсных рельсовых цепях. Способы проверки исправности изоляции стыков.</p>	<p>Описывает методы измерения в различных рельсовых цепях</p>
<p>Сформировать понятие о методах измерения параметров кабельных линий связи</p>	<p>8.2. Основные измерения в кабельных линиях связи</p> <p>Общие сведения о линейных и кабельных измерениях. Значение электрических измерений воздушных и кабельных линий для обеспечения безаварийной работы электротехнических устройств</p>	<p>Излагает методы измерения параметров кабельных линий связи</p>
<p>Сформировать понятие о методах измерения параметров воздушных и кабельных линий связи</p>	<p>8.3. Измерение параметров воздушных и кабельных линий связи</p> <p>Измерение сопротивления, асимметрии и сопротивления изоляции воздушных линий измерительным мостом.</p> <p>Определение характера и места повреждения воздушной линии.</p>	<p>Объясняет методы измерения параметров воздушных и кабельных линий связи</p>

	Измерение сопротивления и асимметрии, сопротивления изоляции и емкости жил кабеля переносным кабельным прибором. Измерения мегомметром	
Сформировать понятие о методах определения места, вида и характера повреждений линий связи	8.4. Методы определения места, вида и характера повреждений линий связи Определение места обрыва жил и места повреждения изоляции кабеля методами моста с переменным и постоянным отношением плеч, осциллографический	Раскрывает методы определения повреждений в линиях связи
Научить определять места, виды и характер повреждений линий связи	<i>Лабораторная работа № 9</i> Основные измерения воздушных и кабельных линий измерительным мостом.	Производит измерения, определяет вид и характер повреждения линий связи
Познакомить с новыми направлениями автоматизации измерений и телеизмерений	Раздел 9. Автоматизация измерений и телеизмерения 9.1. Классификация телеизмерительных систем Основные направления автоматизации, микропроцессоры и микро ЭВМ в измерительных приборах. Основные направления автоматизации измерительных приборов (замена косвенных измерений прямыми, многофункциональность, автоматизация регулировок). Функции микропроцессоров и микро ЭВМ в цифровых измерительных приборах (расширение видов измерений, улучшение метрологических характеристик, диагностика и самодиагностика неисправностей, возможность включения прибора в АИС). Примеры промышленных приборов с микропроцессорами и микро ЭВМ. Объединение приборов в автоматизированные измерительные системы. Возможности и достоинства АИС на основе серийных приборов. Система КАМАК. Стандарт МЭК. Универсальные и индивидуальные АИС. Понятия о стандартном интерфейсе, электрические, конструктивные и программные средства соединения объекта измерения, приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ. Требования к приборам, входящим в АИС (наличие встроенного интерфейсного модуля). Канал общего пользования.	Представляет современные направления в автоматизации измерений и телеизмерений
Дать понятие о частотной и импульсной системах телеизмерений	9.2. Частотная и импульсная системы телеизмерений Общие сведения о телеизмерениях. Классификация телеизмерительных систем. Частотная и импульсная системы измерений. Применение системы телеизмерений на железнодорожном транспорте.	Объясняет применение систем телеизмерений

ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Две последние цифры шифра	№ варианта	Номера задач	Две последние цифры шифра	№ варианта	Номера задач
01 или 51	1	1,6,11,16,21	26 или 76	26	3,7,11,20,24
02 или 52	2	3,8,13,18,23	27 или 77	27	4,8,12,16,25
03 или 53	3	5,10,15,20,25	28 или 78	28	5,9,11,16,24
04 или 54	4	2,7,12,17,22	29 или 79	29	2,10,11,20,22
05 или 55	5	4,9,14,19,24	30 или 80	30	1,10,12,17,25
06 или 56	6	2,8,14,20,21	31 или 81	31	4,8,15,20,23
07 или 57	7	4,10,11,17,23	32 или 82	32	5,6,15,17,22
08 или 58	8	1,7,13,19,25	33 или 83	33	1,8,13,16,22
09 или 59	9	3,9,15,16,22	34 или 84	34	2,6,13,18,21
10 или 60	10	4,6,13,20,22	35 или 85	35	3,7,14,19,22
11 или 61	11	2,9,11,13,25	36 или 86	36	5,9,13,17,21
12 или 62	12	5,6,12,13,24	37 или 87	37	4,6,11,19,25
13 или 63	13	3,10,12,19,21	38 или 88	38	1,7,11,13,23
14 или 64	14	1,8,15,17,24	39 или 89	39	5,8,14,18,25
15 или 65	15	2,10,13,16,24	40 или 90	40	3,6,12,16,23
16 или 66	16	5,7,14,16,23	41 или 91	41	2,9,14,17,23
17 или 67	17	1,9,12,20,23	42 или 92	42	1,6,14,20,24
18 или 68	18	3,6,14,17,25	43 или 93	43	4,9,12,18, 22
19 или 69	19	4,7,15,18,21	44 или 94	44	2,8,12,19,24
20 или 70	20	3,8,11,17,21	45 или 95	45	1,9,15,19,21
21 или 71	21	2,6,15,19,23	46 или 96	46	3,10,15,18, 24
22 или 72	22	5,8,11,19,22	47 или 97	47	5,7,12,20,21
23 или 73	23	1,10,14,18,22	48 или 98	48	3,9,13,20,25
24 или 74	24	4,10,14,16,21	49 или 99	49	5,10,13,19, 23
25 или 75	25	2,7,15,16,25	50 или 100	50	4,7,13,17, 24

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Задача № 1.

При проверке технического амперметра электромагнитной системы типа Э - 378, имеющего предел измерения (номинальный ток) $I_n = 10 \text{ А}$ и класс точности $\gamma_d = 1,5 \%$, была определена его наибольшая абсолютная погрешность $\Delta I_{\text{наиб}} = 0,18 \text{ А}$.

Определите:

1. наибольшую приведенную погрешность прибора γ_n ;
2. наибольшую возможную относительную погрешность измерения $\delta_{\text{нв}1}$, если показание амперметра равно $I_1 = 3 \text{ А}$;
3. наибольшую возможную относительную погрешность измерения $\delta_{\text{нв}2}$, если показание амперметра равно $I_2 = 9 \text{ А}$;
4. сделайте обоснованный вывод о соответствии амперметра указанному на нем классу точности;
5. укажите, в какой части шкалы прибора измерения получают более точными.

Поясните, на основании чего сделан вывод.

Задача № 2.

Для измерения напряжения в цепи переменного тока использовались два вольтметра: первый типа Э-378 с пределом измерения (номинальным напряжением) $U_{н1} = 100$ В, и классом точности $\gamma_{д1} = 1$ %; второй типа Д-121 с пределом измерения $U_{н2} = 250$ В, и классом точности $\gamma_{д2} = 0,5$ %.

Определите:

1. наибольшую абсолютную погрешность первого вольтметра $\Delta U_{наиб1}$;
2. наибольшую абсолютную погрешность второго вольтметра $\Delta U_{наиб2}$;
3. наибольшую возможную относительную погрешность $\delta_{нв1}$, при измерении первым вольтметром $U = 80$ В;
4. наибольшую возможную относительную погрешность $\delta_{нв2}$, при измерении вторым вольтметром $U = 80$ В;
5. укажите прибор, который выполнит измерение с большей точностью.

Поясните, на основании чего сделан вывод

Задача № 3.

Измерение активного сопротивления катушки выполнено косвенным методом при помощи амперметра и ваттметра. При этом были использованы: ваттметр типа Д-307, имеющий предел измерения (номинальную мощность) $P_n = 1$ кВт и класс точности $\gamma_d = 1,5$ %; амперметр типа Э-378 с пределом точности (номинальным током) $I_n = 5$ А, и классом точности $\gamma_d = 1,5$ %. Показания приборов, амперметра $I = 2$ А, ваттметра $P = 500$ Вт.

Определите.

1. величину активного сопротивления катушки R_k ;
2. наибольшее возможные относительные погрешности измерения тока $\delta_{нвI}$ и измерения мощности $\delta_{нвP}$;
3. наибольшую возможную относительную погрешность измерения сопротивления $\delta_{нвR}$;
4. наибольшую абсолютную погрешность измерения сопротивления $\Delta R_{наиб}$.

Задача № 4.

Миллиамперметр типа Э-513 имеет класс точности $\gamma_d = 0,5$ % и предел измерения (номинальный ток) $I_n = 200$ мА, число делений шкалы $\alpha_n = 100$ делений.

Определите:

1. постоянную прибора (цену деления шкалы) C_I ;
2. чувствительность прибора S_I ;
3. наибольшую абсолютную погрешность прибора $\Delta I_{наиб}$;
4. величину измеренного тока I , если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 40$ делений;
5. наибольшую возможную относительную погрешность $\delta_{нв}$ при измерении тока I .

Задача № 5.

Электродинамический ваттметр класса точности $\gamma_d = 0,5$ % имеет два предела измерения по току $I_{н1} = 2,5$ А, $I_{н2} = 5$ А и два предела измерения по напряжению $U_{н1} = 150$ В, $U_{н2} = 300$ В. Шкала прибора разбита на $\alpha = 150$ делений.

Определите:

1. постоянную (цену деления) ваттметра для всех возможных четырёх вариантов включения прибора C_{p1} , C_{p2} , C_{p3} , C_{p4} ,
2. величину мощности P , измеренную ваттметром, если при включении его на пределы $I_{н1} = 2,5$ А и $U_{н2} = 300$ В стрелка ваттметра отклонилась на $\alpha = 120$ делений;
3. наибольшую абсолютную погрешность прибора при указанном в пункте 2 задачи включении прибора, $\Delta P_{наиб}$,
4. пределы действительного значения измеренной величины $P_{д1}$ и $P_{д2}$ при измерении мощности P , определенной в пункте 2 задачи;
5. наибольшую возможную относительную погрешность $\delta_{нв}$ при измерении мощности P .

Задача № 6.

Измерение активного среднего сопротивления проведено косвенным методом дважды по двум возможным схемам измерения (с включением амперметра перед вольтметром и после вольтметра) сопротивление амперметра $R_A = 0,1$ Ом, сопротивление вольтметра $R_V = 3$ кОм. При включении амперметра перед вольтметром показания приборов были $I_1 = 0,5$ А, $U_1 = 24$ В; при включении амперметра после вольтметра показания прибора стали $I_2 = 0,5$ А, $U_2 = 24,5$ В.

1. определите сопротивление R'_x и R''_x , приближенно по закону Ома для обоих вариантов схем измерения;
2. выберите верную схему измерения сопротивления косвенным методом, обосновав выбор расчетом, начертите эту схему. Укажите системы применяемых приборов;
3. определите точное значение измеряемого сопротивления R_x согласно выбранной схеме;
4. вычислите относительную погрешность измерения сопротивления δ , которая получилась бы при расчете сопротивления приближенного по закону Ома и применении неточной схемы измерения;
5. укажите приборы, которые применяются для измерения сопротивлений.

Задача № 7.

Измерение емкости электроустановки приведено дважды при питании схемы измерения переменным током частотой $f = 100$ Гц. Сначала без учета активного сопротивления ёмкость была определена по показаниям амперметра и вольтметра. При этом показания приборов были: $I_1 = 0,88$ А, $U_1 = 7$ В. Затем измерение было проведено точнее, с учетом активного сопротивления. Для этого в схему был включен дополнительно ваттметр.

Показания приборов при этом были: $I_2 = 0,88$ А, $U_2 = 7$ В, $P = 1,55$ Вт.

1. начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов;
2. определите значения измерительных ёмкостей C_1 и C_2 для каждой из схем;
3. вычислите относительную погрешность измерения δ , получившуюся при отсутствии учета активного сопротивления конденсатора;
4. укажите, какими ещё приборами может быть измерена емкость.

Задача № 8.

Измерение индуктивности катушки приведено дважды при питании схемы измерения переменным током частотой $f = 200$ Гц. Сначала без учета активного сопротивления катушки, индуктивность была определена по показаниям амперметра и вольтметра. При этом, показания приборов были, $I_1 = 1,75$ А, $U_1 = 44$ В. Затем измерение было проведено более точно с учетом активного сопротивления катушки. Для этого в схему был включён дополнительно ваттметр. Показания приборов при этом были: $I_2 = 1,75$ А, $U_2 = 44$ В, $P = 33,5$ Вт.

1. начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов;
2. определите значения измерительных «индуктивностей» L_1 и L_2 для каждой из схем;
3. вычислите относительную погрешность измерения δ , получившуюся при отсутствии учета активного сопротивления катушки;
4. укажите какими ещё приборами может быть измерена индуктивность.

Задача № 9.

Измерение взаимной индуктивности двух катушек выполнено методом последовательного соединения катушек с использованием амперметра, вольтметра и ваттметра. Питание схемы измерения осуществлялось от сети переменного тока частотой $f = 50$ Гц. При согласованном включении катушек показания приборов были $I_c = 3$ А, $U_c = 100$ В, $P_c = 90$ Вт, при встречном $I_b = 6,25$ А, $U_b = 100$ В, $P_b = 390$ Вт.

1. начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов;
2. определите:
 - а) общую индуктивность двух согласованно включенных катушек L_c ;
 - б) общую индуктивность двух встречно включенных катушек L_b ;

в) взаимную индуктивность катушек M ;

3. укажите, какими ещё методами можно измерить взаимную индуктивность

Задача № 10.

А) Сопротивление изоляции между двумя проводами воздушной линии было измерено с помощью одного вольтметра, рассчитанного на номинальное напряжение $U_n = 150\text{ В}$ и номинальный ток $I_n = 0,75\text{ А}$. Провода линии на противоположном конце были разомкнуты. Показание вольтметра при измерении напряжения между проводами А и В составило $U_v = 100\text{ В}$, а при включении вольтметра последовательно в цепь одного из проводов его показание стало $U_v = 40\text{ В}$.

Б) Для измерения сопротивления изоляции между каждым проводом линии и землёй использовался указанный выше вольтметр. Измеренное напряжение между проводами А и В составило $U = 110\text{ В}$, а напряжение между каждым проводом и землёй соответственно равны $U_A = 25\text{ В}$, $U_B = 20\text{ В}$.

1. начертите схему измерения для первого опыта и две необходимые схемы измерения для второго опыта
2. определите:
 - а) сопротивление вольтметра R_v ;
 - б) сопротивление изоляции между проводами R_x ;
 - в) сопротивление изоляции R_A между проводом А и землёй;
 - г) сопротивление изоляции R_B между проводом В и землёй.
3. укажите, какие приборы служат для непосредственного измерения сопротивления изоляции электроустановок.

Задача № 11.

А) Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление $R_n = 150\text{ Ом}$ и рассчитан на номинальное напряжение $U_n = 75\text{ мВ}$, число делений шкалы $\alpha_n = 30$. Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределом измерения (номинальным током) $I_n = 300\text{ А}$. Начертите схему включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки. Определите:

1. номинальный ток измерительного механизма I_n ;
2. ток шунта $I_{ш}$;
3. сопротивление шунта $R_{ш}$;
4. потери мощности в шунте $P_{ш}$ и измерительном механизме P_n ;
5. постоянную (цену деления) амперметра, включенного совместно с шунтом С.
6. величину тока I , измеряемого амперметром, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 25$ делений.

Б) Вольтметр магнитоэлектрической системы имеет встроенный внутри прибора добавочный резистор. Предел измерения вольтметра $U_n = 150\text{ В}$, сопротивление рамки измерительного механизма $R_n = 1\text{ кОм}$. При измерении напряжения $U = 120\text{ В}$ вольтметр потребляет мощность $P = 48\text{ мВт}$. Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

1. сопротивление добавочного резистора R_d ;
2. ток, при котором происходит полное отклонение подвижной части прибора I_n .

Задача № 12.

А) Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление $R_n = 150\text{ Ом}$ и рассчитан на номинальный ток $I_n = 1\text{ мА}$. Число делений шкалы $\alpha = 20$. Используя данный измерительный механизм, необходимо создать вольтметр, имеющий предел измерения (номинальное напряжение) $U_n = 300\text{ В}$. Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

1. напряжение U , которое может измерить измерительный механизм без добавочного

резистора;

2. величину сопротивления добавочного резистора R_d ;
3. падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
4. потерю мощности в добавочном резисторе P_d ;
5. постоянную (цену деления) вольтметра, включенного совместно с добавочным резистором C_n ;
6. величину напряжения U , измеряемого вольтметром с добавочным резистором, если стрелка отклонилась на $\alpha = 15$ делений.

Б) Измерительный механизм амперметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 10$ Ом и включается с измерительным шунтом, сопротивление которого $R_{ш} = 0,0167$ Ом. При этом предельное значение измеряемого амперметром тока $I_n = 15$ А. Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

1. ток, который можно измерить этим измерительным механизмом при включении его без шунта I_n ;
2. номинальное напряжение шунта $U_{ш}$.

Задача № 13.

А) Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 600$ Ом и рассчитан на номинальное напряжение $U_n = 1,5$ В, число делений шкалы $\alpha_n = 15$. Встроенный внутри вольтметра добавочный регистр имеет сопротивление $R_d = 29,4$ кОм. Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

1. ток вольтметра I_v ;
2. падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
3. предельное значение напряжения, которое можно измерить вольтметром с добавочным резистором U_n ;
4. потерю мощности в вольтметре P_v ; »
5. постоянную (цену деления) вольтметра, включенного совместно с добавочным резистором C_n ;
6. величину напряжения U , измеряемого вольтметром с добавочным резистором, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 12$ делений.

Б) Рамка измерительного механизма магнитоэлектрической системы рассчитана на номинальное напряжение $U_n = 75$ мВ и номинальный ток $I_n = 25$ мА. Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр, с пределом измерения $I_n = 500$ А. Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

1. сопротивление цепи рамки измерительного механизма R_n ;
2. сопротивление измерительного шунта $R_{ш}$.

Задача № 14.

А) Многопредельный амперметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения тока: $I_{n1} = 5$ А, $I_{n2} = 2,5$ А, $I_{n3} = 1$ А, Номинальный ток измерительного механизма $I_n = 10$ мА, номинальное напряжение $U_n = 99$ мВ. Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным шунтом для измерения тока нагрузки и обозначьте выводы шунта для каждого из пределов измерения амперметра. Определите:

1. сопротивление рамки измерительного механизма R_n ;
2. необходимые сопротивления участков многопредельного шунта $R_{ш1}$, $R_{ш2}$, $R_{ш3}$, для каждого из пределов измерения амперметра;
3. каждое из трех сопротивлений $R'_{ш1}$, $R'_{ш2}$, $R'_{ш3}$ из которых состоит измерительный шунт.

Б) Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 625$ Ом рассчитан на номинальный ток $I_n = 3$ мА. Используя данный измерительный механизм, необходимо создать вольтметр, имеющий предел измерения $U_n = 4000$ В. Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

1. напряжение, которое может измерить измерительный механизм без добавочного резистора U_n ;
2. сопротивление добавочного резистора R_d .

Задача № 15.

А) Многопредельный вольтметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения тока: $U_{n1} = 75$ В, $U_{n2} = 150$ В, $U_{n3} = 300$ В. Номинальный ток измерительного механизма $I_n = 10$ мА. При измерении напряжения на пределе $U_{n1} = 75$ В сопротивление добавочного резистора $R_1 = R_d = 7485$ Ом. Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки и обозначьте выводы добавочного резистора для каждого из пределов измерения вольтметра.

Определите:

1. общее сопротивление цепи прибора R при включении его на предел $U_{n1} = 75$ В и сопротивление рамки измерительного механизма R_n ;
2. необходимые сопротивления добавочных резисторов R_{d2} R_{d3} для пределов измерения U_{n2} и U_{n3} ;
3. сопротивления R_2 , R_3 (R_1 - задано) из которых состоит добавочный резистор.

Б) Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, рассчитанный на номинальный ток $I_n = 25$ мА и номинальное напряжение $U_n = 19,95$ мВ, включается для измерения тока с измерительным шунтом, имеющим сопротивление $R_{ш} = 0,002$ Ом. Начертите схему включения амперметра совместно с добавочным шунтом в цепь нагрузки. Определите;

1. сопротивление рамки измерительного механизма R_n ;
2. предельную величину тока, которую можно измерить указанным прибором, включенным совместно с шунтом I_n .

Задача № 16.

Трехфазный потребитель с равномерной симметричной нагрузкой фаз, соединенной треугольником, подключен к сети с линейным напряжением $U_L = 35$ кВ. Активная мощность потребителя $P = 10000$ кВт, коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,866$. Для измерения активной мощности потребителя используются два одинаковых ваттметра.

1. начертите схему измерения;
2. используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, подберите ваттметры и измерительные трансформаторы;
3. определите:
 - а) линейный ток трехфазной цепи I_L ;
 - б) показания каждого из ваттметров P_1 и P_2 ;
 - в) постоянную (цену деления) ваттметра C_p ;
 - г) число делений шкалы ваттметров α_1 и α_2 на которые отклоняются стрелки приборов.

Задача № 17.

Потребитель с равномерной нагрузкой фаз, соединенной треугольником, подключен к трехфазной цепи переменного тока с линейным напряжением $U_L = 10$ кВ, номинальный линейный ток потребителя $I_n = 575$ А. Необходимо измерить линейные токи в каждом проводе линии, а также активную и реактивную мощности потребителя, его коэффициент мощности. Для измерения мощности потребителя используются два одинаковых ваттметра. Стрелка одного из них отклонилась на $\alpha_1 = 92$ деления, а второго на $\alpha_2 = 43$ деления, отклонение стрелки у амперметров $\alpha = 23$ деления.

1. начертите схему измерения;
2. используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите амперметры, ваттметры и измерительные трансформаторы,
3. определите.
 - а) постоянную (цену деления) ваттметров C_p и амперметров C_i ;
 - б) показания каждого из ваттметров P_1 и P_2 и амперметров I_A в амперах;
 - в) активную мощность потребителя по показаниям ваттметров P ;
 - г) реактивную мощность потребителя по показаниям ваттметров Q ;
 - д) линейный ток потребителя I ;
 - е) коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi$.

Задача № 18.

Потребитель, подключенный к однофазной сети рассчитан на номинальное значение напряжения $U_n = 380$ В и номинальное значение тока $I_n = 80$ А. Необходимо измерить напряжение U , ток I , активную мощность P установки.

1. начертите схему измерения;
2. используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите необходимые вольтметр, амперметр, ваттметр и измерительный трансформатор тока;
3. определите:
 - а) ток установки I , если показания амперметра $I_A = 3,5$ А;
 - б) активную мощность потребителя P , если показание ваттметра $P = 1130$ Вт;
 - в) коэффициент мощности установки $\cos \varphi$;
 - г) какому классу точности будет удовлетворять трансформатор тока, если при классе точности 0,5 % его номинальное сопротивление $Z_{н1} = 0,2$ Ом, а при классе точности 1 % номинальное сопротивление $Z_{н2} = 0,4$ Ом.

Сопротивление обмотки амперметра $Z_n = 0,004$ Ом, токовой обмотки ваттметра $Z_n = 0,02$ Ом, переходное сопротивление $Z_k = 0,1$ Ом. Для присоединения приборов используется медный провод сечением $S = 4$ мм², расстояние от трансформатора тока до приборов $l = 20$ м.

Задача № 19.

Потребитель с неравномерной активной нагрузкой фаз, соединенной звездой, подключен к четырехпроводной трехфазной сети переменного тока, имеющей симметричную систему напряжений и величину линейного напряжения $U_n = 380$ В. Максимальный рабочий ток каждой из фаз линии может достигать $I_{max} = 350$ А. Необходимо измерить напряжение каждой из фаз U_A , U_B , U_C и одно из линейных напряжений U_n , токи каждой из фаз I_A , I_B , I_C и активные мощности каждой фазы потребителя P_A , P_B , P_C .

1. Начертите схему измерения;
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите все необходимые электроизмерительные приборы и измерительные трансформаторы тока;
3. Определите:
 - а) показания каждого амперметра I'_A , I'_B , I'_C и токи фаз I_A , I_B , I_C , если стрелки амперметра отклонились соответственно $\alpha_A = 20$ делений, $\alpha_B = 12,5$ делений, $\alpha_C = 15$ делений;
 - б) показания каждого ваттметра в ваттах P'_A , P'_B , P'_C согласно значениям тока и напряжения, приведенным к обмоткам ваттметров;
 - в) постоянную (цену деления) ваттметров C_p ;
 - г) число делений шкалы, на которые отклонятся стрелки каждого из ваттметров α_A , α_B , α_C ;
 - д) активные мощности каждой из фаз потребителя P_A , P_B , P_C и мощность всего потребителя P по показаниям ваттметров.

Задача № 20.

Потребитель, подключенный к однофазной сети, рассчитан на максимальные значения напряжения $U_{max} = 10$ кВ и тока $I_{max} = 280$ А, коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi = 0,9$. Необходимо

измерить напряжение U_1 , ток I_1 и активную мощность потребителя P_1 .

1. Начертите схему измерения.
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите все необходимые электроизмерительные приборы и измерительные трансформаторы.
3. Определите:
 - а) ток установки I , если показание амперметра $I_A = 4$ А;
 - б) напряжение установки U_1 , если показание вольтметра $U_V = 98$ В;
 - в) активную мощность потребителя по известным значениям I_1, U_1 , и $\cos \varphi$;
 - г) показание ваттметра в ваттах P_W ;
 - д) постоянную ваттметра C_p , и число делений шкалы a , на которое отклоняется стрелка ваттметра;
 - е) проверьте возможность подключения к измерительному трансформатору напряжения, имеющему номинальную мощность $S_n = 7,5$ В·А при классе точности 0,5%, обмоток напряжения выбранных приборов, если мощности, потребляемые вольтметром и обмоткой напряжением ваттметра соответственно равны $S_v = 2$ В·А, $S_w = 2,5$ В·А.

Задача 21.

На однофазном индукционном счетчике типа СО написано: $U_n = 220$ В, $I_n = 10$ А, 1 кВт = 2500 оборотов диска, класс точности $\gamma_d = 2,5$ %. При проверке счетчика на номинальном напряжении $U = 220$ В при токе $I = 7,5$ А и $\cos \varphi = 1$, диск счетчика сделал $N = 140$ оборотов за время $t = 120$ с. Начертите схему включения в сеть однофазного индукционного счетчика и поясните обмотки счетчика, количество и назначение выводов от обмоток.

Определите:

1. номинальную постоянную счетчика C_n ;
2. действительную постоянную счетчика C_d ;
3. энергию, учтенную счетчиком W_n ;
4. энергию, действительно израсходованную в цепи W_d ;
5. относительную погрешность счетчика δ_w .

Задача № 22.

Измерение расхода электроэнергии трехфазной установки, имеющей равномерную нагрузку фаз, выполнялось двумя однофазными счетчиками типа СО. В начале месяца показания каждого из счетчиков были: $W'_1 = 4200$ кВт/ч и $W'_2 = 5500$ кВт/ч, после 720 часов непрерывной работы установки показание первого счетчика стало $W''_1 = 9500$ кВт/ч, а второго $W''_2 = 7600$ кВт/ч. Начертите схему измерения и поясните обмотки счетчиков, количество и назначение выводов от обмоток.

Определите:

1. активную энергию, измеренную первым счетчиком, W_1 ;
2. активную энергию, измеренную вторым счетчиком, W_2 ;
3. активную W , и реактивную W_p энергии, полученные трехфазной установкой за 720 часов работы,
4. среднемесячный $\cos \varphi$;
5. активную P и реактивную Q мощности установки.

Задача № 23.

На однофазном индукционном счетчике типа СО указано номинальное передаточное число R_n : 1 кВт/ч = 750 оборотов диска и класс точности $\gamma_d = 2,5$ %. Начертите схему включения в сеть однофазного индукционного счетчика и поясните обмотки счетчика, количество и назначение выводов от обмоток.

Определите:

1. номинальную постоянную счетчика C_n ;
2. предельное значение действительной постоянной счетчика C_d , при котором будет

обеспечиваться класс точности счетчика $\gamma_d = 2,5 \%$;

3. сколько оборотов N должен сделать диск счетчика за время $t = 5$ мин, при неизменной активной мощности цепи $P = 500$ Вт, чтобы относительная погрешность счетчика соответствовала его классу точности;
4. энергию W_n , учтённую при N оборотов диска счетчика;
5. энергию W_d , действительно израсходованную в цепи за $t = 5$ мин.

Задача № 24.

Измерение расхода электроэнергии трехфазной установкой, потребляющей номинальную полную мощность $S_H = 3$ кВА с коэффициентом мощности $\cos \varphi = 0,6$, выполнялось двухэлементным счетчиком активной энергии типа САЗ-670 и трехэлементным счетчиком реактивной энергии типа СР4-673. Номинальное передаточное число K_{Ha} счетчика САЗ : $1 \text{ кВт/ч} = 1250$ оборотов диска, а его класс точности $\gamma_d = 2\%$. Номинальное передаточное число K_{Hp} счетчика СР4 : $1 \text{ кВт/ч} = 450$ оборотов диска а его класс точности $\gamma_d = 2\%$. За время $t = 30$ минут диск счетчика САЗ сделал $N_a = 1135$ оборотов, а диск счетчика СР4 сделал $N_p = 561$ оборотов. Начертите схему включения в трехфазную сеть двухэлементного счетчика активной энергии и поясните обмотки счетчика количество и назначение выводов его обмоток.

Определите:

1. активную P и реактивную Q мощности установки;
2. активную W_a и реактивную W_p энергии, полученные установкой за $t = 30$ минут;
3. действительные постоянные счетчиков активной и реактивной энергии C_{Ha} и C_{Hp} ;
4. относительные погрешности счетчиков δ_{wa} и δ_{wp} .

Задача № 25.

На трехфазном трехэлементном счетчике типа СА4-762 указаны его класс точности $\gamma_d = 2 \%$ и номинальное передаточное число R_n : $1 \text{ кВт/ч} = 800$ оборотов диска. При проверке счетчика поддерживалось неизменной активной мощностью цепи $P = 1,5$ кВт. При этом время $t = 45$ мин показание счетчика увеличилось на $W_n = 1,15$ кВт/ч. Начертите схему включения в четырехпроводную трехфазную цепь счетчика активной энергии типа СА4 и поясните обмотки счетчика, количество и назначение выводов от его обмоток.

Определите:

1. номинальную постоянную счетчика C_n ;
2. число оборотов диска счетчика N , которое он сделал за время проверки;
3. действительную постоянную счетчика C_d ;
4. относительную погрешность счетчика δ_w ;
5. укажите, соответствует ли данный счетчик указанному на нем классу точности; завышенное или заниженное значение энергии учитывает счетчик.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Указания к задачам 1, 2,3,4,5

Задачи 1 - 5 посвящены определению погрешностей при измерениях электрических величин. Прежде чем решать эти задачи, необходимо изучить соответствующий материал по учебнику Бартновского с. 9 - 13, 34 или учебнику Попова, с. 6 - 13, 35 - 36, 41 - 44.

Указания к задачам 6, 7,8,9,10

Задачи 6 - 10 посвящены вопросам измерения параметров электрических цепей (сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности и емкости).

Теоретический материал по указанным измерениям изложен в учебнике Бартновского с. 91 - 96, 100 - 106, 109 - 110, 258 - 259, 263 - 264 и в учебнике Попова с. 181 - 197, 204 - 207, 215-219.

Указания к задачам 11,12,13,14,15

Для решения задач предварительно необходимо хорошо изучить назначение и конструкции, схемы включения в измерительную цепь шунтов и добавочных резисторов, нужно отчётливо представлять способы их расчета (Бартновский, с. 43 - 48, Попов, с. 72 - 76). Очень полезно разобрать решенные примеры в учебнике Бартновского.

Указания к задачам 16,17,18,19,20

Прежде чем приступить к решению задач изучите по учебникам Бартновского или Попова главы «Измерительные трансформаторы» и «Измерение мощности». В них указаны необходимые для решения задач формулы и схемы измерения.

Указания к задачам 21,22, 23, 24, 25

Перед началом решения задач изучите устройство счетчиков, их принцип действия и схемы включения в цепь по главе «Измерение электрической энергии» учебников Бартновского или Попова.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ТРАНСФОРМАТОРОВ
приведены в таблицах 1,2, 3,4, 5.

Амперметры электромагнитной системы переменного тока с изоляцией на 2 кВ.

Таблица 1

Тип прибора	Э378	Э378	Э378	Э378
Класс точности, %	1,5	1,5	1,5	1,5
Предел измерения, А	1	3	5	10
Число делений шкалы, α_n	25	25	25	25

Вольтметры электромагнитной системы переменного тока с изоляцией на 2 кВ.

Таблица 2

Тип прибора	Э378	Э378	Э378	Э378
Класс точности, %	1,5	1,5	1,5	1,5
Предел измерения, А	100	150	250	500
Число делений шкалы, α_n	25	25	25	25

Ваттметры ферродинамической системы для измерения активной мощности в целях однофазного переменного тока, многопредельные с изоляцией на 2 кВ.

Таблица 3

Тип прибора		Д5004/1	Д5004/10	Д529/4	Д529/5
Класс точности, %		0,5	0,5	0,5	0,5
Предел измерения	Катушки тока, А	5; 10	1; 5	2,5; 5	5; 10
	Катушки напряжения, В	75; 150; 300; 450; 600	100; 150	75; 150; 300; 600	37,5; 75; 150; 300
Номинальное число делений шкалы, α_n		150	150	150	150

Некоторые данные измерительных трансформаторов напряжения.

Таблица 4

Трансформаторы однофазные двухобмоточные	
Номинальное первичное напряжение, кВ	3; 6; 10; 15; 35
Класс точности, %	0,2; 0,5; 1; 4
Трансформаторы трёхфазные	
Номинальное первичное напряжение, кВ	3; 6; 10
Класс точности, %	0,2; 0,5; 1; 4

Некоторые данные измерительных трансформаторов тока с изоляцией на 0,66 кВ, 10 кВ и 35 кВ

Таблица 5

Трансформаторы однофазные	
Номинальный первичный ток, А	10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600
Класс точности, %	0,2; 0,5; 1; 4

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

1. Классификация методов измерения при измерении различных электрических величин. Сравнительная оценка их точности.
2. Погрешность измерений и приборов. Их классификация. Определение погрешности измерений при прямом методе непосредственной оценки и косвенном методе измерений.
3. Классы точности приборов. Определение по классу точности наибольшей абсолютной погрешности и пределов действительного значения измеряемой величины.
4. Меры электрических величин: мера ЭДС, электрического сопротивления, индуктивности, емкости.
5. Классификация электроизмерительных приборов по системам, степени точности и другим признакам.
6. Общая схема устройства электроизмерительного прибора непосредственной оценки и детали таких приборов. Создание вращающего момента и противодействующего. Чувствительность и постоянная прибора.
7. Маркировка и технические характеристики, указанные на шкале приборов.
8. Приборы магнитоэлектрической системы. Их устройство, принцип действия, уравнение вращающего момента и шкалы, достоинства и недостатки, недостатки и область применения.
9. Приборы электромагнитной системы, их устройство, принцип действия, уравнения вращающего момента и шкалы, достоинства, недостатки и область применения.
10. Приборы электродинамической системы. Их устройство, принцип действия, уравнения вращающего момента и шкалы, достоинства, недостатки и область применения.
11. Приборы ферродинамической системы. Их устройство, принцип действия, уравнения вращающего момента и шкалы, достоинства, недостатки и область применения.
12. Приборы электростатической системы. Их устройство, принцип действия, уравнения вращающего момента и шкалы, достоинства, недостатки и область применения.
13. Приборы выпрямительной системы. Их устройство, системы управления, принцип действия, уравнение шкалы, достоинства, недостатки и область применения.
14. Приборы электронной системы. Их устройство, структурная схема электронного вольтметра, достоинства, недостатки и область применения.
15. Цифровые приборы. Структурные схемы, принцип действия, достоинства и недостатки.
16. Порядок и схема проверки технических амперметров на соответствие классу точности.
17. Порядок и схема проверки технических вольтметров на соответствие классу точности.
18. Магнитоэлектрический гальванометр постоянного тока. Его назначение, принцип действия и устройство.
19. Классификация электрических сопротивлений по величине и методике измерений.
20. Измерение средних сопротивлений косвенным методом (при помощи амперметра и вольтметра).
21. Измерение средних сопротивлений косвенным методом (при помощи милливольтметра).
22. Измерение средних сопротивлений одинарным измерительным мостом на постоянном токе. Принципиальная схема и условие равновесия моста.
23. Устройство и схемы омметров с однорамочным измерительным механизмом. Их принцип действия и выполнение измерений сопротивлений омметрами.
24. Устройство и схема логометрического мегомметра (последовательная схема омметра-логометра). Его принцип действия и выполнение измерений мегомметром.
25. Измерение больших сопротивлений методами вольтметра и замещения.
26. Особенности измерения сопротивления заземления. Измерение сопротивления заземления с помощью амперметра и вольтметра.
27. Устройство и схема измерений сопротивления заземления МС-08 и М416. Их принцип

действия и выполнение измерений этими приборами.

28. Измерение индуктивности и емкости косвенным методом (при помощи амперметра и вольтметра)
29. Измерение взаимной индуктивности косвенным методом (при помощи амперметра и вольтметра)
30. Измерение взаимной индуктивности методом согласованного и встречного включения катушек.
31. Измерительный мост переменного тока, его назначение и условия равновесия.
32. Самопишущие приборы с непрерывной записью. Их назначение, принцип действия, устройство.
33. Электронный осциллограф. Основные элементы. Электронно-лучевая трубка. Принцип получения изображения исследуемого процесса на экране осциллографа.
34. Универсальный осциллограф. Его структурная схема, назначение каждого из блоков схемы, управление осциллографом.
35. Измерительные шунты. Их назначение, конструкция, характеристики и расчет. Схема включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.
36. Добавочные резисторы. Их назначение, конструкция, характеристики и расчет. Схема включения измерительного механизма с добавочным резистором.
37. Однофазные измерительные трансформаторы напряжения. Их назначение, конструкция, основные технические характеристики, схема включения однофазного трансформатора в измеряемую цепь и присоединение к нему приборов.
38. Трехфазные измерительные трансформаторы напряжения. Их назначение, конструкция, основные технические характеристики, схема включения трехфазного трансформатора в измеряемую цепь и присоединение к нему приборов.
39. Измерительные трансформаторы тока. Их назначение, конструкция, основные технические характеристики, схема включения измерительного трансформатора в измеряемую цепь и присоединение к нему приборов.
40. Погрешности измерительных трансформаторов тока и напряжения. Определение допустимого количества приборов, присоединенных к измерительным трансформаторам.
41. Электродинамический ваттметр. Его устройство, принцип действия, уравнение шкалы и схема включения в цепь постоянного тока для измерения мощности. Определение постоянной (цены деления) шкалы ваттметра.
42. Измерение активной мощности в трехфазных цепях переменного тока. Схема включения электродинамического (ферродинамического) ваттметра.
43. Измерение активной мощности в трехфазных цепях переменного тока методом двух ваттметров. Схема включения ваттметров. Определение реактивной мощности по показаниям этих ваттметров.
44. Трехфазные ваттметры ферродинамической системы. Их схемы, устройство и включение в четырехпроводную трехфазную цепь переменного тока для измерения активной мощности.
45. Измерение активной энергии в цепях однофазного переменного тока. Однофазный индукционный счетчик, его устройство, принцип действия и схема включения в цепь.
46. Измерение активной энергии в трехфазной цепи переменного тока двухэлементным индукционным счетчиком. Его устройство, принцип действия и схема включения в цепь.
47. Измерение активной энергии в трехфазной цепи переменного тока трехэлементным индукционным счетчиком. Его устройство, принцип действия и схема включения в цепь.
48. Измерение частоты в цепях переменного тока. Электродинамический фазометр однофазного тока, его устройство, принцип действия и схема включения.
49. Измерение частоты в цепях переменного тока. Электронносчетный частотомер, его устройство, принцип действия, схема включения.

50. Измерение сопротивления одного провода линии измерительным мостом постоянного тока.
Схема измерения.
51. Измерение асимметрии двухпроводной цепи мостом постоянного тока.
52. Измерение сопротивления изоляции линий мостом постоянного тока.
53. Определение расстояния до места короткого замыкания провода с землей (место пробоя изоляции) двухпроводной линии при помощи измерительного моста постоянного тока - метод петли.
54. Определение расстояния до места обрыва жил в кабеле мостовым методом.
55. Методы измерения параметров рельсовых цепей постоянного и переменного тока
56. Измерение изоляции рельсовых стыков, сопротивление балласта.
57. Измерение параметров трансформаторов и выпрямителей.
58. Классификация телеизмерительных систем. Применение телеизмерений на железнодорожном транспорте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуйский А.С., Мельничук В.М., Кучер С.А. Измерения в электротехнических устройствах железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1989.
2. Бартновский А.Л., Козин В.О., Кучер С.А. Измерения в электрических устройствах железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1989.
3. Алукер Ш.М. Электроизмерительные приборы. М.: Высшая школа, 1976.
4. Попов В.С. Электрические измерения. М.: Энергия, 1974.
5. Бартновский А.Л. Электрические измерения (лабораторный практикум). Киев, Высшая школа, 1977.
6. Мирский Г.Я. Микропроцессоры в измерительных приборах. М.: Радио и связь, 1984.
7. Мирский Г.Я. Электронные измерения. М.: Радио и связь, 1986.
8. Хромой Б.П., Кандинов А.В., Сенявский А.Л. и др. Под ред. Хромого Б.П. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи. Учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1986.