

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Учреждение образования
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра электротехники

МЕТРОЛОГИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

программа, методические указания
по изучению дисциплины и задания
контрольной работы для студентов-заочников
специальности 74 06 05 – «Энергетическое обеспечение
сельскохозяйственного производства»

МИНСК
2005

Программа, методические указания по изучению дисциплины и задание для контрольной работы студентам-заочникам специальности: 74 06 05 – «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» по дисциплине «Метрология и электрические измерения» рассмотрены на заседании методической комиссии агроэнергетического факультета и рекомендованы к изданию на ротапринтере БГАТУ.

Протокол № 8 от 24 марта 2005 г.

Составители: к.т.н., доцент Лисовский Владислав Васильевич,
к.т.н., доцент Ковалев Василий Александрович,
ст. преподаватель Булко Михаил Иванович.

СОДЕРЖАНИЕ

Программа дисциплины «Метрология и электрические измерения» для специальности 74 06 05 – «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства».....	4
1. Методические указания по изучению разделов курса.....	10
2. Задание для контрольной работы.....	17
Литература.....	31

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТРОЛОГИЯ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 74 06 05 – «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

Общеинженерная дисциплина «Метрология и электрические измерения» обеспечивает базовую подготовку студентов специальности «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» в области метрологии и электрических измерений.

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов знаний, умений и навыков, необходимых для квалифицированного метрологического обслуживания сельскохозяйственного производства и использования методов измерения электрических, неэлектрических и магнитных величин. В соответствии с требованиями непрерывной подготовки в дисциплине «Метрология и электрические измерения» изучаются сведения о метрологии и электрических измерениях, которые в дальнейшем развиваются и углубляются в специальных дисциплинах.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные положения метрологии применительно к измерению различных величин электрическими средствами: принцип действия в обобщенном представлении, а для измерительных информационных систем – структурный состав и назначение их элементов, метрологические и эксплуатационные характеристики: основные методы измерений, выбор средств измерений и общие вопросы автоматизации измерений. Студент должен планировать измерительный эксперимент, выполнить его и оценить результаты измерений.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Предмет и задачи дисциплины. Роль и место дисциплины в системе подготовки специалистов в области электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства.

Краткие сведения из истории развития метрологии и электрических измерений.

Основные тенденции и перспективы развития электроизмерительной техники для метрологического обеспечения сельскохозяйственного производства.

1. Основы метрологии и техники измерений

1.1. Основные метрологические понятия

Принципы и методы измерений. Метрология как наука. Законодательная и прикладная метрология. Основные метрологические понятия и определения.

Физическая величина. Виды величин. Единицы физических величин. Международная система единиц (СИ).

Измерение как процесс получения количественной информации об измеряемой величине. Измерительный сигнал. Принципы преобразования измерительной информации.

Виды и методы измерений. Прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения. Метод непосредственной оценки. Методы сравнения.

1.2. Средства измерений

Виды и классификационные признаки средств измерений. Меры. Измерительные приборы. Измерительные преобразователи. Измерительные системы.

Свойства средств измерений. Уравнения преобразования измерительной информации. Структурные схемы и основные узлы измерительных приборов и систем.

Нормируемые свойства и характеристики измерительных приборов: диапазон измерения, чувствительность, точность, надежность и др.

Классификация и принципы маркировки приборов.

1.3. Погрешности измерений

Факторы, влияющие на погрешности измерений. Абсолютная и относительная погрешности. Статическая и динамическая погрешности.

Систематическая и случайная погрешности. Проявление и исключение систематических погрешностей. Обработка результатов измерений. Оценка погрешностей прямых и косвенных измерений. Вероятностные методы оценки погрешностей. Показатели точности и формы представления результатов измерений.

Погрешности средств измерений. Аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности приборов. Классы точности средств измерений. Метрологическое обоснование выбора средств измерения.

2. Основы теории и конструкции измерительных приборов

2.1. Электромеханические измерительные приборы

Основы теории приборов электромеханической группы. Конструктивные особенности, узлы и детали приборов.

Магнитоэлектрические приборы. Магнитоэлектрические измерительные механизмы и приборы: принцип действия, устройство, уравнение преобразования и характер шкалы. Основные типы приборов, их метрологические и эксплуатационные характеристики и область применения. Магнитоэлектрические логометры и приборы на их основе. Магнитоэлектрические приборы с преобразователями.

Электромагнитные механизмы и приборы. Устройство и принцип действия электромагнитных амперметров и вольтметров. Астатические приборы. Электромагнитные логометры и приборы на их основе. Основные типы приборов, их метрологические и эксплуатационные характеристики и область применения.

Электро- и ферродинамические приборы. Устройство и принцип действия электро- и ферродинамических амперметров, вольтметров и ваттметров. Астатические приборы электродинамической системы.

Электро- и ферродинамические логометры и приборы на их основе. Метрологические и эксплуатационные характеристики электро- и ферродинамических приборов.

Электростатические приборы. Устройство и принцип действия электростатических вольтметров.

Индукционные механизмы и приборы. Устройство и принцип действия счетчиков электрической энергии. Метрологические и эксплуатационные характеристики счетчиков.

2.2. Приборы сравнения

Мосты. Одинарные и двойные мосты постоянного тока. Одинарные мосты переменного тока. Устройство и принцип действия. Условия равновесия, методика применения.

Компенсаторы. Устройство и принцип действия компенсаторов постоянного и переменного тока. Применение компенсаторов.

Автоматические мосты и компенсаторы. Устройство и принцип действия. Применение автоматических мостов и компенсаторов.

2.3. Электронные измерительные приборы

Электронные вольтметры постоянного и переменного тока. Преобразователи амплитудного, среднего и действующего значений переменного напряжения.

Электронные омметры, частотометры, ваттметры. Структурные схемы. Устройство, принцип действия.

2.4. Регистрирующие приборы

Назначение и классификация регистрирующих приборов. Самопишущие приборы. Светолучевые и электроннолучевые осциллографы. Магнитографы. Устройство и принцип действия. Основные типы приборов, их метрологические и эксплуатационные характеристики.

2.5. Цифровые измерительные приборы (ЦИП)

Основы и теории конструкции ЦИП. Принципы преобразования дискретных сигналов. Аналого-цифровые преобразователи. Основные узлы и элементная база современных ЦИП. Метрологические характеристики ЦИП.

Классификационные признаки и принципы классификации ЦИП.

Цифровые вольтметры, мультиметры, ваттметры, счетчики, счетчики электрической энергии, частотометры, мосты постоянного и переменного тока.

Микропроцессорные ЦИП.

2.6. Устройства сопряжения и вспомогательные измерительные преобразователи

Устройства для расширения диапазонов измерения: шунты, добавочные резисторы, измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Выбор шунтов, добавочных резисторов и измерительных трансформаторов. Оценка погрешностей.

Измерительные усилители и генераторы. Средства регулирования тока и напряжения.

2.7. Измерительные информационные системы (ИИС)

Измерительные системы: состав, структура и классификационные признаки. Основные и вспомогательные блоки ИИС. Принципы построения ИИС. Микропроцессоры и микро-ЭВМ в составе ИИС. Организация интерфейса. Метрологические и эксплуатационные характеристики.

3. Измерение электрических, магнитных и неэлектрических величин

3.1. Измерение электрических величин

Измерение тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока промышленной и повышенной частоты.

Измерение мощности и учет электрической энергии в цепях постоянного и переменного тока промышленной частоты. Измерение активной и реактивной мощности. Учет активной и реактивной энергии в трехфазных цепях переменного тока. Включение ваттметров и счетчиков через измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Измерение сопротивлений приборами прямого действия. Измерение сопротивлений изоляции электроустановок и заземляющих устройств.

Измерение емкости, индуктивности и взаимной индуктивности.

Измерение коэффициента мощности приборами прямого действия.

Измерение частоты переменного тока.

Косвенные измерения параметров схем электрических цепей постоянного и переменного тока.

3.2. Измерение магнитных величин

Измерение магнитного потока, магнитной индукции и напряженности магнитного поля.

Способы определения магнитных характеристик материалов. Измерение и разделение потерь мощности в ферромагнитных материалах.

3.3. Измерение неэлектрических величин в сельскохозяйственном производстве

Общие вопросы измерения неэлектрических величин электрическими средствами. Структурная схема измерительной цепи.

Измерительные преобразователи неэлектрических величин. Назначение и классификация. Устройство, принцип действия, метрологические и эксплуатационные характеристики параметрических и генераторных преобразователей.

Средства обработки сигналов, получаемых с измерительных преобразователей. Устройство, принцип действия и основные характеристики.

Средства измерений линейных и угловых размеров.

Методы и средства измерений механических величин: усилий, давлений, крутящих моментов, угловых скоростей и ускорений, расхода жидкостей и плотности сред.

Методы и средства измерений технологических параметров сельскохозяйственного производства. Измерение температуры, влажности, жирности и кислотности молока, содержания, состава и свойств газовой смеси, качества продукции.

4. Метрологический надзор и государственная поверка средств измерений

Единство измерений и единообразие средств измерений. Государственная система обеспечения единства измерений.

Организация метрологического надзора за средствами электрических измерений. Метрологическая служба РБ. Метрологическое обеспечение сельскохозяйственного производства.

Поверка средств измерений. Периодичность поверки средств измерений. Виды поверок. Организация и планирование работ по поверке средств измерений.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСА

1.1. Основы метрологии и техники измерений

1.1.1. Основные метрологические понятия

Прежде всего, следует уяснить понятия: физическая величина, значение физической величины, единица физической величины, система единиц физических величин. Необходимо помнить, что основными единицами Международной системы единиц (СИ) приняты: метр (м) – единица длины; килограмм (кг) – единица массы; секунда (с) – единица времени; ампер (А) – единица силы тока; кельвин (К) – единица термодинамической температуры; кандела (кд) – единица силы света; моль (моль) – единица количества вещества.

По способу получения результата измерения подразделяются на следующие виды: прямые, косвенные, совокупные и совместные.

В зависимости от способа применения меры известной величины различают следующие методы измерения: метод непосредственной оценки, методы сравнения с мерой (нулевой, дифференциальный, замещения, совпадения).

1.1.2. Средства измерений

По функциональному назначению все средства измерений делят на следующие группы: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и измерительные системы. Необходимо усвоить отличительные признаки каждого вида средств измерений.

Отдельные виды и типы средств измерений обладают своими специфическими свойствами. Вместе с тем средства измерений имеют некоторые общие свойства, которые описывают характеристиками. Наиболее важными характеристиками средств измерений являются: диапазон измерений, чувствительность, порог чувствительности, погрешность, вариация выходного сигнала, потребляемая мощность, быстродействие, надежность. Необходимо разобраться в сущности каждой из этих характеристик.

1.1.3. Погрешности измерений

В зависимости от причин возникновения различают методическую, инструментальную и субъективную погрешности измерений.

В зависимости от способа выражения различают абсолютную и относительную погрешности.

Изучая этот вопрос, следует усвоить разницу между действительным и истинным значениями измеряемой величины. Истинное значение измеряемой величины неизвестно, поэтому вместо него используют такое значение, которое максимально приближается к нему. Это значение, найденное экспериментально, называется действительным значением измеряемой величины. Таким образом, абсолютную и относительную погрешности на практике удастся оценить лишь приближенно, с той степенью точности, какую допускает современный уровень техники.

Для характеристики погрешности средств измерений наряду с абсолютной и относительной используется приведенная погрешность. Приведенная погрешность равна выраженному в процентах отношению абсолютной погрешности к нормирующему значению. Необходимо помнить, что чаще всего в качестве нормирующего значения используется верхний предел диапазона измерений. Но если нулевая отметка находится внутри диапазона измерений, то за нормирующее значение принимается арифметическая сумма конечных значений диапазона измерений. Для измерительных приборов с существенно неравномерной шкалой нормирующее значение устанавливают равным длине шкалы. При этом абсолютную погрешность выражают также в единицах длины.

В зависимости от характера измерения различают систематические погрешности и случайные погрешности. Изучая этот вопрос, следует усвоить, что систематические составляющие погрешности можно исключить или уменьшить, устранив, прежде всего, причины их появления. Случайную же погрешность исключить невозможно, можно лишь оценить ее величину и вероятность появления, что делается при обработке результатов измерений с привлечением математического аппарата теории вероятности и методов математической статистики.

В зависимости от условий возникновения погрешностей средств измерений различают основную погрешность и дополнительные погрешности. При этом основная погрешность подразделяется на аддитивную и мультипликативную составляющие. Абсолютные аддитивные погрешности не зависят от значения измеряемой величины, а мультипликативные — пропорциональны ей.

Для сопоставления средств измерений в отношении обеспечиваемой ими точности служат классы точности. Класс точности средства измерений — обобщенная характеристика, определяемая пределами его допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристика-

ми, влияющими на точность. Имейте в виду, что цифра, обозначающая класс точности в большинстве случаев указывает на предельно допустимое значение основной приведенной погрешности. Исключение составляют средства измерений, у которых преобладает мультипликативная составляющая погрешности. В этих случаях обозначение класса точности помещается в окружность, а цифра указывает на предельно допустимое значение основной относительной погрешности. Для средств измерений, имеющих в равной степени аддитивную и мультипликативную составляющую погрешности, используется обозначение класса точности в виде дроби. Предельно допустимое значение основной относительной погрешности в этом случае определяется по специальной формуле.

1.2. Основы теории и конструкции измерительных приборов

1.2.1. Электромеханические измерительные приборы

Изучая конкретные виды приборов, обратите особое внимание на принцип действия, уравнения вращающего и противодействующего моментов, на выражение угла установившегося отклонения подвижной части и назначение. Имейте в виду, что добавочные резисторы используются для расширения пределов измерения напряжений, как с магнитоэлектрическими приборами, так и с электромагнитными и электродинамическими. Шунты же применяют только с магнитоэлектрическими приборами.

Изучите приборы: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, электростатические и индукционные.

Разберитесь, какие приборы пригодны для измерения только постоянного тока или только переменного, а какие пригодны для обоих родов тока и почему.

Обратите внимание на то, что магнитоэлектрические приборы являются наиболее точными по сравнению с другими, но они предназначены для измерения в цепи постоянного тока. При необходимости производить измерения магнитоэлектрическим прибором в цепи переменного тока нужно использовать его с преобразователем рода тока. Так устроены выпрямительные и термоэлектрические приборы.

При изучении каждого нового типа прибора следует вспомнить его условное обозначение и сопоставить его с принципом работы прибора.

Рассматривая индукционные приборы, уясните физическую сущность возникновения вращающего момента, действующего на подвижный алюминиевый диск.

Необходимо обратить особое внимание на такие показатели работы счетчика электрической энергии, как порог чувствительности и самоход.

1.2.2. Приборы сравнения

Практическая важность изучения данного раздела становится все более очевидной в связи с постоянно возрастающими требованиями к точности средств измерений. Прежде всего, следует понять принцип работы прибора сравнения в равновесном и неравновесном режимах. Затем можно переходить к изучению измерительных мостов и компенсаторов.

Изучая одинарный мост постоянного тока, нужно уяснить: условия равновесия моста, абсолютную и относительную чувствительность по напряжению, току и мощности.

При изучении двойного моста постоянного тока следует обратить внимание на условие равновесия моста и на его преимущества перед одинарным мостом. Уясните, чем определяется его чувствительность. Рассматривая мост переменного тока, следует хорошо усвоить условия его равновесия (в отличие от одинарного моста постоянного тока).

При изучении компенсаторов необходимо знать их назначение, принцип работы. В последние годы находят широкое практическое применение автоматические мосты и компенсаторы. Следует разобраться в принципе их работы, знать их принципиальные схемы и назначение.

1.2.3. Электронные измерительные приборы

Изучая этот раздел, обратите особое внимание на принцип работы электронных вольтметров постоянного и переменного токов, получивших наибольшее распространение. При этом нужно уяснить принцип устройства и работы преобразователей амплитудного, действующего и среднего значений переменного напряжения.

Вольтметры переменного напряжения, независимо от типа преобразователя, градуируются, как правило, в действующих значениях синусоидального напряжения. Поэтому нужно помнить, что измерение действующего значения напряжения вольтметрами, показания которых пропорциональны амплитудному или среднему значению, сопровождаются погрешностями тем большими, чем сильнее форма измеряемого напряжения отличается от синусоидальной.

1.2.4. Регистрирующие приборы

Обратите внимание на то, что регистрирующие приборы позволяют не только измерить данную величину, но и зафиксировать ее измерение во времени. Уясните различия в формах записи измеряемой величины у самопишущих приборов, осциллографов и других регистрирующих приборов.

Изучая электроннолучевой осциллограф, разберитесь с назначением и принципом действия таких блоков, как электроннолучевая трубка, блок горизонтальной развертки, блок синхронизации. Заметьте, что условием устойчивого изображения исследуемого сигнала на экране осциллографа является кратность отношения периода пилообразного напряжения, поступающего с генератора горизонтальной развертки к периоду исследуемого сигнала.

1.2.5. Цифровые измерительные приборы

В настоящее время в электроизмерительную практику все более широко внедряются цифровые измерительные приборы, отличающиеся многими ценными качествами. Усвойте основные методы преобразования непрерывных измеряемых величин в код: последовательного счета, поразрядного уравнивания, одновременного считывания и принцип работы аналого-цифровых преобразователей, реализующих данные методы. Затем переходите к изучению цифровых частотомеров, периодометров, вольтметров. Ознакомьтесь в общих чертах с работой цифровых ваттметров, счетчиков электрической энергии, мостов, а также микропроцессорных цифровых приборов.

1.2.6. Устройства сопряжения и вспомогательные измерительные преобразователи

Ознакомьтесь с принципами подбора шунтов к амперметрам и добавочных резисторов к вольтметрам.

При изучении измерительных трансформаторов необходимо хорошо усвоить: их назначение, номинальный и действительный коэффициенты трансформации и погрешности по коэффициенту трансформации и по углу; схемы включения измерительных трансформаторов в цепь и правила безопасности при работе с ними.

К средствам регулирования тока и напряжения относятся переменные резисторы (реостаты), делители напряжения и автотрансформаторы, а также фазоуказатели и фазорегуляторы.

1.2.7. Измерительные информационные системы (ИИС)

В зависимости от назначения и выполняемых функций ИИС подразделяются на: измерительные, автоматического контроля, технической диагностики и идентификации (распознавания образов). Необходимо разобраться в сущности каждого вида ИИС. Важнейшей разновидностью ИИС являются измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), получившие распространение в последние годы. Их отличительной чертой является наличие в системе свободно программируемой ЭВМ, которая используется не только для обработки результатов измерения, но и для управления самим процессом измерения.

Особое место среди ИИС занимают телеизмерительные системы, функции которых обычно такие же, как у измерительных систем и систем автоматического контроля. Отличительной особенностью их является то, что информация о значениях измеряемых величин передается на большие расстояния.

Необходимо помнить, что в настоящее время при построении ИИС преобладает агрегатно-модульный принцип, согласно которому ИИС строятся из конструктивно законченных и выпускаемых серийно функциональных унифицированных узлов, сопрягаемых посредством стандартных интерфейсов. Необходимо усвоить основные структуры построения ИИС: цепочечную, радиальную и магистральную.

1.3. Измерение электрических, магнитных и неэлектрических величин

1.3.1. Измерение электрических величин

Правильный выбор метода измерений способствует повышению их достоверности.

До рассмотрения схем измерения токов и напряжений восстановите в своей памяти вопрос о масштабных преобразователях постоянного (шунты и добавочные резисторы) и переменного (измерительные трансформаторы) тока.

При измерении мощности в трехфазных сетях обратите внимание на то, что в трехпроводной цепи ее можно измерить не тремя, а только двумя ваттметрами.

Затем приступайте к изучению способов измерения коэффициента мощности и частоты. Изучая фазометры и частотомеры, полезно вспомнить

логометры. Особое внимание обратите на принцип работы однофазного электродинамического фазометра, электродинамического переносного частотомера и магнитоэлектрического омметра. После этого перейдите к рассмотрению принципов измерения сопротивлений и, прежде всего, проработайте метод амперметра и вольтметра. Разберитесь, в каких случаях амперметр следует включать до, а в каких – после вольтметра.

Повторите устройство и работу одинарного и двойного моста постоянного тока, а также моста переменного тока, а затем изучите схемы измерения параметров электрической цепи методом сравнения с мерой.

1.3.2. Измерение магнитных величин

Важнейшими в этой теме являются вопросы, связанные с измерением магнитного потока, напряженности магнитного поля и магнитодвижущей силы.

Так как основной характеристикой ферромагнитных материалов является кривая намагничивания, то необходимо знать, как ее получают практически. Особое внимание обратите на измерение и разделение потерь в стали.

Перед изучением этого раздела повторите работу баллистического гальванометра и закон электромагнитной индукции, то есть связь электрических и магнитных величин.

1.3.3. Измерение неэлектрических величин в сельскохозяйственном производстве

Рассматривая вопросы измерения какой-либо неэлектрической величины, предусмотренные программой курса, необходимо знать, какой из преобразователей может быть использован в каждом конкретном случае. При этом рекомендуется изобразить принципиальную и функциональную схемы измерения. Уясните, что является входной и выходной величинами для рассматриваемой схемы измерения: какие вспомогательные элементы и устройства при этом используются.

Следует хорошо уяснить основные характеристики преобразователей, отчетливо представляя входные и выходные величины каждого из них.

1.4. Метрологический надзор и государственная проверка средств измерений

Единство измерений и единообразие средств измерений в нашей республике обеспечивает метрологическая служба, входящая в систему Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации при СМ Республики Беларусь.

Задачи поверки – установление погрешностей средств измерений и их пригодности к дальнейшей работе.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1. Указание по выполнению контрольной работы

Учебным планом предусмотрена одна контрольная работа, предусматривающая решение пяти задач, выбираемых в соответствии с таблицей 2.1. Номер варианта студента определяется двумя последними цифрами его шифра.

К выполнению контрольной работы следует приступать только после изучения теоретического материала в соответствии с программой дисциплины.

При выполнении контрольной работы необходимо:

- указывать единицы заданных и найденных физических величин в системе СИ;
- все схемы, векторные диаграммы, графики выполнять аккуратно с помощью чертежных инструментов;
- обозначения элементов на схемах должны соответствовать действующим стандартам;
- в конце работы обязательно указать использованную литературу, расписаться, поставить дату.

2.2. Задачи для контрольной работы

Задача 1. В трехфазную сеть с равномерной нагрузкой фаз включены два ваттметра, показания которых 95 Вт и 385 Вт. Определить коэффициент мощности. Начертить схему включения приборов.

Задача 2. Показания амперметра 20 А, вольтметра 120 В, ваттметра 1500 Вт, частотомера 50 Гц. Определить активное сопротивление и индуктивность катушки. Изобразить схему включения приборов.

Задача 3. В распоряжении имеются четыре вольтметра: а) класса 0,1 на $U_n = 500$ В; б) класса 0,5 на $U_n = 100$ В; в) класса 1,0 на $U_n = 50$ В; г) класса 2,5 на $U_n = 10$ В. Какой выбрать вольтметр, чтобы измерить с наименьшей погрешностью ожидаемое напряжение 10 В?

Задача 4. В цепь переменного тока включен ваттметр на ток 5 А и напряжение 300 В со шкалой на 150 делений через трансформаторы тока 200/5 и напряжения 6000/100. Определить потребляемую мощность, если показания ваттметра 53 деления. Дать схему включения измерительных приборов.

Задача 5. Два сопротивления R_1 и R_2 и амперметр включены параллельно в цепь. В цепях R_1 и R_2 текут токи $I_1 = 2$ А и $I_2 = 4$ А, а в неразветвленной части ток $I = 10$ А. Показания амперметра 3,5 А. Определить абсолютную и относительную погрешности амперметра. Привести схему.

Задача 6. На электростанции установлены счетчики активной и реактивной энергии. За год работы показания счетчиков увеличились соответственно на 110 000 кВт·ч и 70 000 квар·ч. Определить среднегодовой коэффициент мощности.

Задача 7. Измерение сопротивления изоляции электродвигателя производится с помощью магнитоэлектрического вольтметра с сопротивлением 50 кОм. Определить сопротивление изоляции, если напряжение сети 220 В, показание вольтметра при последовательном его включении с сопротивлением изоляции 20 В.

Задача 8. Какова максимально допустимая абсолютная погрешность амперметра класса 0,5 на $I_n = 5$ А?

Задача 9. Счетчик активной энергии на напряжение 220 В и ток 5 А, подключенный к сети через измерительные трансформаторы тока 50/5 и напряжения 3000/100, в начале месяца имел показания 1234,2 кВт·ч, а в конце – 1478,5 кВт·ч. Определить энергию, израсходованную за месяц. Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 10. Электростатический вольтметр на $U_n = 10$ кВ, имеющий емкость $3,0 \cdot 10^{-5}$ мкФ, шунтирован емкостью $1,3 \cdot 10^{-4}$ мкФ. Какова должна быть емкость каждого из двух конденсаторов, включенных последовательно с вольтметром (один до него, другой после прибора), чтобы расширить предел измерения до 120 кВ? Измерение производится в цепи переменного тока.

Задача 11. Какова максимально допустимая абсолютная погрешность электродинамического ваттметра класса 1,0 на $I_n = 5$ А и $U_n = 300$ В?

Задача 12. Счетчик активной энергии в начале месяца показал 6852 кВт·ч, в конце 9156 кВт·ч, счетчик реактивной энергии соответственно 972,5 квар·ч и 1123 квар·ч. Определить среднемесячный коэффициент мощности.

Задача 13. Для измерения тока в цепи использован амперметр со шка-

лой на 5 А, имеющий сопротивление 0,8 Ом. Определить ток, протекающий по цепи, и коэффициент, на который нужно умножить показания амперметра, если последний включен с шунтом $R_{ш} = 0,02$ Ом, а его стрелка остановилась на делении 2,2 А.

Задача 14. Необходимо измерить величину активного сопротивления катушки, обладающей индуктивностью L . Какие способы измерения могут быть? Перечислите их, приведите схемы измерения.

Задача 15. В мостовой схеме при измерении $R = 200$ Ом на величину 4 Ом в измерительной диагонали появился ток 20 мА. Какова абсолютная и относительная чувствительности мостовой схемы по току?

Задача 16. Для измерения мощности, потребляемой активной нагрузкой, обладающей сопротивлением $20 \pm 0,5$ Ом, применяется вольтметр на $U_{н} = 300$ В класса точности 1,5. Определить потребляемую мощность и наибольшую относительную погрешность, если вольтметр показывает 200 В.

Задача 17. Определить активную и полную мощность трехфазной сети, если измерение производится методом двух ваттметров, на $P = 300$ Вт со шкалой на 150 делений, включенных через трансформаторы тока 25/5 и напряжения 500/100. Ваттметры показывают 100 и 130 делений. Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 18. В распоряжении имеются амперметры с номинальными значениями шкалы: 2,3 и 5 А и классами точности: 0,5; 0,2; 0,1. Какой прибор и почему следует выбирать, если им необходимо измерить ток 2 А с наибольшей точностью?

Задача 19. По показаниям амперметра $I = 20$ А, вольтметра $U = 120$ В и ваттметра $P = 2,0$ кВт, определить активное и индуктивное сопротивление катушки. Дать схему включения измерительных приборов и построить векторную диаграмму.

Задача 20. На счетчике написано: «1 кВт·ч – 2500 оборотов диска». Определить относительную погрешность счетчика, если при напряжении 220 В, токе 5 А и активной нагрузке диск сделал 45 оборотов за 1 минуту.

Задача 21. В симметричную сеть трехфазного тока включены в треугольник три одинаковых потребителя, у каждого из них $R = 20$ Ом, $X_L = 30$ Ом. Определить показания ваттметра и потребляемую активную мощность, если $U = 220$ В. Подобрать ваттметр для измерения мощности. Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 22. Предел измерения электростатического вольтметра 2 кВ. Его необходимо расширить до 10 кВ. Какова должна быть емкость доба-

вочного конденсатора, если емкость вольтметра $2 \cdot 10^{-5}$ мкФ?

Задача 23. Выведите условия равновесия моста переменного тока. Изобразите схему моста, если им необходимо измерить емкостное сопротивление.

Задача 24. Определить взаимную индуктивность катушек, если при согласном их включении показания приборов: ток 3 А, мощность 200 Вт; при встречном включении: ток 5 А, мощность 250 Вт. Напряжение в обоих случаях 200 В, частота 50 Гц.

Задача 25. Определить тангенс угла потерь ($\operatorname{tg} \delta$) конденсатора, обладающего емкостью C_1 и активным сопротивлением R_1 , если известно, что мост уравновешен при $C_2 = 2$ мкФ, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 4 R_4$. Частота источника тока $f = 1000$ Гц.

Задача 26. Амперметр сопротивлением 0,02 Ом и вольтметр сопротивлением 200 Ом применяются для измерения сопротивления якоря электродвигателя. При измерении приборы показали: $I = 4,5$ А, $U = 2,0$ В. Определить относительную погрешность измерения. Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 27. Ваттметр, вольтметр и амперметр, включенные в однофазную цепь, дали показания: $P = 2$ Вт, $U = 8$ В, $I = 0,3$ А. Определить величину угла φ между напряжением U и током I . Изобразить схему включения измерительных приборов и построить векторную диаграмму.

Задача 28. Амперметр рассчитан на ток 100 мА, сопротивление прибора $R_0 = 1,0$ Ом. Определить сопротивление шунта для измерения тока до 5 А. Как изменится ток, если шунт включить неправильно (появится сопротивление контактов $R = 0,005$ Ом?).

Задача 29. Определить предел измерений и чувствительность вольтметра со шкалой на 150 делений и ценой деления 0,3 В/дел.

Задача 30. Приборы, включенные в однофазную цепь, дали показания: $P = 5$ Вт, $U = 60$ В, $I = 0,2$ А. Определить активную и реактивную составляющие сопротивления Z . Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 31. При измерении мощности вольтметр на $U_n = 300$ В класса 1,5 и амперметр на $I_n = 5$ А класса 1,0 соответственно показали: $U = 215$ В и $I = 3$ А. В каких пределах может быть измеренная мощность и какова относительная погрешность измерения?

Задача 32. При измерении мощности ваттметром класса точности 0,2, рассчитанным на номинальную мощность 300 Вт, записано показание 120 Вт. Найти пределы, между которыми заключено действительное значение измеряемой мощности.

Задача 33. При поверке счетчика переменного тока поддерживались неизменными: напряжение 220 В, ток 2 А, нагрузка активная. В течение 3-ех минут число оборотов счетчика, замеренное три раза, было: 123, 125, 124. Чему равна действительная постоянная счетчика?

Задача 34. Определить относительную погрешность измерения тока в 1,0 А амперметром с номинальным током 5 А класса точности 2,0.

Задача 35. На щитке счетчика написано «220 В, 5 А, 1 кВт·ч = 5000 оборотов диска». Определить относительную погрешность счетчика, если при поверке были $U = 220$ В, $I = 3,5$ А. Нагрузка активная, диск сделал 63 оборота за 1 минуту. Изобразить схему включения счетчика.

Задача 36. К вольтметру сопротивлением 8 кОм подключено добавочное сопротивление $R_d = 12$ кОм; в этом случае он измеряет напряжение до 500 В. Определить, какое напряжение можно измерить этим прибором без добавочного сопротивления?

Задача 37. Магнитоэлектрический вольтметр с пределом измерений 100 В имеет сопротивление $R_0 = 10$ кОм. Число делений шкалы $n = 100$. Определить цену деления вольтметра, если его включить с добавочным резистором, сопротивление которого равно $R_d = 30$ кОм.

Задача 38. Ваттметр на 5 А и 150 В со шкалой на 150 делений включен через трансформатор тока 100/5 А и напряжения 6000/100 В для измерения мощности потребителя. Определить мощность цепи, если ваттметр показывает 120 делений. Дать схему включения измерительных приборов.

Задача 39. Амперметр со шкалой на 5 А и сопротивлением 0,8 Ом зашунтирован для измерения тока большой величины. При измерении тока в 70 А стрелка прибора остановилась против деления 2,8 А. Определить сопротивление шунта.

Задача 40. Показания амперметра $I = 2,0$ А, его верхний предел $I_n = 5,0$ А, показания образцового прибора, включенного последовательно, $I_0 = 2,2$ А. Определить относительную и приведенную погрешность амперметра.

Задача 41. Шкала прибора имеет 150 делений. Класс точности 0,1. Какова относительная погрешность, если прибор показал 90 делений?

Задача 42. Какова относительная погрешность измерения ЭДС генератора при измерении ее вольтметром с сопротивлением 20 кОм? Внутреннее сопротивление генератора 0,15 Ом.

Задача 43. Однофазный ваттметр, рассчитанный на напряжение 220 В и ток 5 А, подключили через трансформатор тока 300/5 в трехфазную цепь с симметричной нагрузкой. Определить активную мощность трехфазной цепи, если ваттметр показывает 300 Вт. Дать схему включения измеритель-

ных приборов.

Задача 44. Шкала амперметра с сопротивлением 4 Ом разбита на 300 делений, цена деления 0,2 А/дел. Определить величину добавочного сопротивления, если необходимо измерить напряжение 400 В.

Задача 45. По катушке, присоединенной к сети постоянного тока напряжением 110 В, проходит ток 1,8 А. По той же катушке, присоединенной к сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц, протекает ток 2,5 А. Определить индуктивность катушки.

Задача 46. Определить наибольшую возможную относительную погрешность измерения электрической энергии ваттметром на номинальную мощность 300 Вт класса точности 1,0 за время 3 минуты, измеренное с точностью до 1 секунды, если ваттметр показывает 100 Вт.

Задача 47. Для измерения мощности в трехпроводной трехфазной цепи при равномерной нагрузке установлены два однофазных ваттметра. Определить коэффициент мощности установки, если показания ваттметров 380 Вт и 210 Вт. Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 48. Два вольтметра с одинаковыми пределами измерения 300 В, но с разными сопротивлениями: $R_1 = 3$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, соединены последовательно и подключены к напряжению 380 В. Определить показания каждого вольтметра.

Задача 49. На щитке написано «220 В, 5 А, 1 кВт·ч = 200 оборотов диска». Класс точности 2,5. Определить относительную погрешность счетчика, если при поверке были $U = 220$ В, $I = 5$ А, нагрузка активная, а диск сделал 37 оборотов за 1 минуту. Какой класс точности должен быть у образцовых приборов? Приведите схему включения приборов.

Задача 50. Определите, чему равно сопротивление R_4 одинарного моста, если при его равновесии сопротивления были $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 100$ Ом; $R_3 = 20$ Ом. Объясните, как получается условие равновесия моста.

Задача 51. При включении двух последовательно соединенных катушек в цепь постоянного тока показания приборов: тока – 2 А, напряжения – 12 В. При согласном включении их в цепь переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 120 В амперметр показал 5 А, при встречном включении – 6 А. Определить взаимную индуктивность катушек.

Задача 52. Малые сопротивления измеряются методом сравнения. Измеряемые потенциометром падения напряжения на сопротивлениях были: $U_0 = 0,25$ В, $U_x = 0,05$ В. Образцовое сопротивление $R_0 = 0,01$ Ом. Определить значение измеряемого сопротивления. Изобразить схему измерения.

Задача 53. В мостовой схеме при измерении $R_1 = 1000$ Ом на величину 18 Ом в измерительной диагонали появился ток 0,05 А при напряжении по

этой же диагонали 10 В. Какова абсолютная и относительная чувствительность мостовой схемы по мощности?

Задача 54. Составить схему измерения и определить активную, реактивную и полную мощность в трехфазной симметричной сети, если измерение производится методом двух ваттметров с номинальной мощностью 900 Вт и шкалой на 150 делений, включенных через трансформаторы тока 100/5; показания ваттметров 50 и 70 делений.

Задача 55. Определить чувствительность по току магнитоэлектрического прибора со шкалой в 100 делений, если он при номинальном напряжении 15 В потребляет мощность 30 мВт.

Задача 56. В трехпроводную цепь трехфазного тока через трансформаторы напряжения 6000/100 и тока 200/5 включены приборы, которые показывают: $I = 4,2$ А, $U = 97$ В, $P_1 = 53$ Вт, $P_2 = 310$ Вт. Определить действительные значения тока, напряжения, мощности и коэффициента мощности в основной цепи. Изобразить схему соединения измерительных приборов.

Задача 57. В цепь переменного тока включен ваттметр на ток 5 А и напряжение 300 В со шкалой на 150 делений через трансформаторы тока 200/5 и напряжения 6000/100. Определить потребляемую мощность, если показания ваттметра 53 деления. Дать схему включения измерительных приборов.

Задача 58. На электростанции установлены счетчики активной и реактивной энергии. За год работы показания счетчиков увеличилось соответственно на 110000 кВт·ч и 70000 квар·ч. Определить среднегодовой коэффициент мощности.

Задача 59. Каким образом миллиамперметром магнитоэлектрической системы с сопротивлением 5 Ом можно измерить ток в 5 А? Падение напряжения на приборе при полном отклонении стрелки 100 мВ. Произвести расчет и составить схему прибора.

Задача 60. Составить схему моста переменного тока для измерения емкости конденсаторов с малыми потерями (малый угол потерь). Написать уравнения равновесия формулу для определения $\operatorname{tg} \delta$.

Задача 61. Напряжение на зажимах с внутренним сопротивлением 10 Ом измерено сначала потенциометром постоянного тока, а затем магнитоэлектрическим вольтметром. Показания потенциометра 1 В, показания вольтметра 0,9 В. Определить внутреннее сопротивление вольтметра.

Задача 62. Миллиамперметр рассчитан на ток 250 мА и имеет чувствительность по току 0,2 дел/мА. Определить ток, если стрелка прибора показала 30 делений.

Задача 63. Определить чувствительность по напряжению магнитоэлектрического прибора на 5 мА с внутренним сопротивлением 20 Ом и шкалой

на 150 делений.

Задача 64. В цепи трехфазного тока активная мощность, измеренная по схеме двух ваттметров составили 980 Вт. Нагрузки фаз равномерны, ток в фазе 5 А, линейное напряжение 220 В. Определить показания каждого ваттметра. Дать схему включения ваттметров.

Задача 65. Для определения электрической мощности, выделяемой в активном сопротивлении, были измерены: напряжение 110 В вольтметром с номинальным напряжением 150 В класса точности 2,0 и сопротивление нагрузки 30 Ом одинарным мостом с погрешностью 0,2%. Найти наибольшую возможную погрешность при ее измерении.

Задача 66. Какое сопротивление должны иметь соединительные провода от миллиамперметра на 15 мА сопротивлением 0,2 Ом и шунту сопротивлением 0,0002 Ом, чтобы получить амперметр на номинальный ток 100 А? Изобразить схему прибора.

Задача 67. Определите чему равно сопротивление R_4 одинарного моста, если при равновесии моста сопротивления были $R_1 = 20$ Ом; $R_2 = 200$ Ом; $R_3 = 40$ Ом. Объясните, как получается условие равновесия моста.

Задача 68. Два однофазных счетчика активной энергии, включенные в сеть трехфазного тока с симметричной нагрузкой для учета расхода энергии, вначале показывали: первый – 15000 кВт·ч, второй – 3000 кВт·ч, а спустя некоторое время соответственно 18000 и 3200 кВт·ч. Определить активную и реактивную энергию и средневзвешенный $\cos \varphi$. Изобразить схему включения счетчиков.

Задача 69. Измерить мощность в трехфазной сети с $U = 440$ В и 1 до 90 А ваттметрами на $U_n = 150$ В и $I_n = 5$ А со шкалой на 150 делений. Выбрать необходимые измерительные трансформаторы, определить мощность сети, если ваттметры покажут по 120 делений. Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 70. Для измерения затраты энергии в течение суток были замечены: напряжение сети 210 В вольтметром на номинальное напряжение 250 В класса точности 2,5 и ток 100 А амперметром на 150 А класса точности 1,5. Определить наибольшую возможную абсолютную и относительную погрешности при измерении расходуемой энергии за сутки, если время измеряется с точностью до 30 секунд.

Задача 71. Амперметр сопротивлением 0,02 Ом и вольтметр сопротивлением 40 Ом применяются в схеме для измерения сопротивления якоря электродвигателя. Приборы показали: $I = 10$ А, $U = 1,5$ В. Определить приближенное и точное значение сопротивления и относительную погрешность.

Задача 72. Составить схему моста переменного тока для измерения индуктивности катушек методом сравнения их с образцовой емкостью. Записать условия равновесия моста для этого случая.

Задача 73. Десять одинаковых осветительных ламп соединены параллельно. Ток каждой лампы 0,2 А. Определить: а) абсолютную и б) относительную погрешность амперметра, включенного в неразветвленную часть цепи, если его показания 2,1 А.

Задача 74. На счетчике написано «400 оборотов диска = 1 кВт·ч». Определить мощность потребителя, если диск счетчика сделал за 2 минуты 40 оборотов.

Задача 75. Вольтметр с внутренним сопротивлением 10 кОм при подключении к зажимам сети показал 150 В, а при подключении к той же сети последовательно с сопротивлением R показал 40 В. Каково сопротивление R ?

Задача 76. При измерении напряжения на нагрузке сопротивлением 10 Ом вольтметр показал 13,8 В. ЭДС источника 14,5 В, а его внутреннее сопротивление 0,2 Ом. Определить: а) абсолютную и б) относительную погрешности измерения.

Задача 77. При измерении мощности трехфазной цепи использовались два ваттметра с $U_n = 100$ В и $I_n = 5$ А, а включенные через трансформаторы тока 100/5 А и напряжения 3000/100. Число делений шкал ваттметров равно 100. Определить активную, реактивную и полную мощности цепи и $\cos \phi$, если нагрузка фаз равномерна и стрелки отклонились на 60 и 30 делений, соответственно. Привести схему включения ваттметров через трансформаторы.

Задача 78. Определить добротность Q катушки, обладающей индуктивностью L_1 и активным сопротивлением R_1 , если известно, что мост уравновешен при следующих значениях его параметров: $L_2 = 0,15$ Гн, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 2 \cdot R_4$, при питании моста источником переменного тока с частотой $f = 1000$ Гц. Изобразить схему измерения.

Задача 79. При измерении сопротивления величиной 7,5 Ом по цепи протекал ток 15 А, а вольтметр показал напряжение 112,95 В. Определить относительную погрешность измерения сопротивления. Дать схему включения измерительных приборов.

Задача 80. В сеть однофазного тока через измерительные трансформаторы тока 500/5 А и напряжения 6000/100 В включен ваттметр, показавший 70 делений при $I_n = 5$ А и $U_n = 150$ В. Шкала ваттметра имеет 150 делений. Определить мощность, потребляемую первичной цепью. Дать схему включения измерительных приборов.

Задача 81. Показания амперметра $I = 20$ А, его верхний предел $I_n = 50$ А, показания образцового прибора, включенного последовательно, $I_0 = 20,5$ А. Определить относительную и приведенную погрешность амперметра.

Задача 82. Десять одинаковых осветительных ламп соединены параллельно. Ток каждой лампы $0,3$ А. Определить: а) абсолютную б) относительную погрешности амперметра, включенного в неразветвленную часть цепи, если его показания равны $3,3$ А.

Задача 83. Определить активную и реактивную мощность цепи трехфазного тока при равномерной нагрузке фаз методом двух ваттметров с $U_n = 150$ В, $I_n = 5$ А со шкалой на 150 делений. Ваттметры включены через трансформаторы напряжения $3000/100$ и тока $200/5$ и показали один 80 , другой 40 делений. Дать схему включения измерительных приборов.

Задача 84. Определить показания вольтметра если известно, что $Z = 400$ Ом, а показания ваттметра и амперметра равны 3 Вт и $0,1$ А. Дать схему включения измерительных приборов. Построить треугольник сопротивлений в масштабе.

Задача 85. Имеются пять приборов: а) амперметр класса $0,2$ с $I_n = 5$ А; б) амперметр класса $0,1$ с $I_n = 5$ А; в) вольтметр класса $1,0$ с $U_n = 220$ В; г) вольтметр класса $1,5$ с $U_n = 220$ В; д) ваттметр класса $1,5$ с $I_n = 5$ А и $U_n = 150$ В. Какие приборы надо использовать для измерения мощности в однофазной цепи, чтобы иметь наименьшую погрешность, если ожидаемые ток $I = 5$ А и напряжение $U = 127$ В?

Задача 86. Амперметр на ток 5 А, вольтметр на 150 В и ваттметр на 5 А и 150 В включены в цепь с трансформаторами тока $1000/5$ и напряжения $6000/100$. Показания приборов: $I = 4,5$ А, $U = 105$ В, $P = 400$ Вт. Определить ток, напряжение, активную мощность и $\cos \varphi$. Изобразить схему включения измерительных приборов.

Задача 87. В мостовой схеме при изменении $R_1 = 900$ Ом на величину 12 Ом в измерительной диагонали появился ток $0,1$ А при напряжении на этой же диагонали 6 В. Какова абсолютная и относительная чувствительность мостовой схемы по мощности?

Задача 88. Амперметр сопротивлением $0,01$ Ом и вольтметр сопротивлением 25 Ом применяются в схемах для измерения сопротивления якоря электродвигателя. Приборы показали: $I = 8,5$ А, $U = 1,25$ В. Определить приближенное и точное значение сопротивления и относительные погрешности в зависимости от способа включения приборов относительно обмотки якоря.

Задача 89. Определить добротность Q катушки, обладающей индуктивностью L_1 и активным сопротивлением R_1 , если известно, что мост уравновешен при следующих значениях его параметров: $L_2 = 0,1$ Гн, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 2 \cdot R_4$ при питании моста источником переменного тока с частотой $f = 1000$ Гц. Изобразить схему измерения.

Задача 90. Два однофазных счетчика активной энергии, включенные в сеть трехфазного тока с симметричной нагрузкой для учета расхода энергии, вначале показывали: первый – 18400 кВт·ч, второй – 2000 кВт·ч, а спустя некоторое время соответственно 19000 и 2100 кВт·ч. Определить активную и реактивную энергию и средневзвешенный $\cos \varphi$. Изобразить схему включения счетчиков.

Задача 91. Для проверки однофазного счетчика активной энергии класса 2,5 на ток 5 А и напряжение 127 В, для которого 1 кВт·ч = 2500 оборотов диска, воспользовавшись электродинамическим ваттметром со шкалой 150 делений на напряжение 150 В и ток 5 А. Отклонение стрелки ваттметра составило 92 деления. За 3 минуты счетчик сделал 57 оборотов. Какой класс точности должен быть у выбираемого ваттметра? Определить относительную погрешность счетчика.

Задача 92. Счетчик сделал 60 оборотов за 4 минуты. На паспорте написано 100 Вт·ч = 80 оборотов диска, класс точности 2,5. Ваттметр показал мощность 1130 Вт. Определить относительную погрешность счетчика. Какой класс точности должен быть у ваттметра?

Задача 93. Имеются 5 приборов: а) амперметр класса 0,5 с $I_n = 5$ А, б) амперметр класса 0,2 с $I_n = 5$ А, в) вольтметр класса 1,0 с $U_n = 220$ В, г) вольтметр класса 0,5 с $U_n = 220$ В, д) ваттметр класса 2,5 с $I_n = 5$ А и $U_n = 150$ В. Какие приборы надо использовать для измерения мощности в однофазной цепи, чтобы иметь наименьшую погрешность, если ожидаемые ток $I_n = 5$ А и напряжение $U_n = 120$ В?

Задача 94. Определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с конечным значением шкалы $I_n = 0,5$ мА для измерения тока $I = 0,1 \dots 0,5$ мА так, чтобы относительная погрешность измерения тока не превышала 1 %.

Задача 95. Определить показания двух последовательно включенных магнитоэлектрических миллиамперметров с конечным значением шкалы $I_n = 100$ мА и классами точности 1,0 и 0,5. Действительное значение тока при измерении 50 мА. Определить наибольшую разницу в показаниях двух миллиамперметров?

Задача 96. Определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с конечным значением диапазона измерения тока $I_n = 0,5$ мА,

если предельное значение абсолютной погрешности измерений постоянно и равно $\pm 0,0015$ мА.

Задача 97. Измерение взаимной индуктивности M магнитосвязанных катушек производится методом амперметра и вольтметра. Чему равна M , если $I = 0,1$ А, $U = 10$ В, частота питающей сети $f = 50$ Гц? Изобразить схему включения приборов. Какие требования и почему предъявляются к вольтметру?

Задача 98. Измерение частоты синусоидального напряжения производится с помощью осциллографа методом фигур Лиссажу. Изобразить схему измерительной установки и фигуру Лиссажу, которая будет на экране осциллографа, если измеряемая частота $f_x = 1000$ Гц, а образцовая $f_0 = 3000$ Гц.

Задача 99. Для измерения сопротивления 100 Ом используются амперметр сопротивлением 1 Ом, вольтметр сопротивлением 1 кОм. В одной схеме вольтметр подключен параллельно измеряемому сопротивлению, а другой – параллельно амперметру и измеряемому сопротивлению. Изобразите схемы и укажите, какая из этих схем дает меньшую погрешность измерения и почему?

Задача 100. При измерении мощности в цепи постоянного тока применен электродинамический ваттметр. Сопротивление последовательной обмотки ваттметра $0,15$ Ом, сила тока параллельной обмотки 30 мА. Определить относительную погрешность измерения, если мощность потребителя 480 Вт при напряжении 120 В, в двух случаях: генераторный конец обмотки напряжения подсоединен: а) ко входу токовой обмотки; б) к выходу токовой обмотки. Изобразить схемы включения ваттметра.

2.1. Варианты заданий

Вариант	Номера задач	Вариант	Номера задач
1	2	3	4
01	1, 2, 3, 7, 10	37	26, 43, 71, 72, 97
02	4, 5, 6, 13, 14	38	32, 54, 79, 89, 100
03	8, 16, 22, 25, 29	39	34, 58, 78, 82, 84
04	11, 17, 28, 49, 50	40	9, 14, 35, 39, 50
05	18, 21, 36, 53, 55	41	7, 33, 40, 44, 53
06	20, 31, 37, 60, 62	42	24, 27, 41, 58, 62
07	26, 38, 39, 63, 67	43	19, 30, 42, 59, 63
08	32, 43, 44, 64, 72	44	25, 37, 43, 46, 51
09	34, 54, 59, 60, 64	45	29, 36, 38, 48, 53
10	2, 35, 56, 66, 72	46	27, 33, 50, 65, 66
11	39, 40, 57, 78, 97	47	28, 55, 68, 70, 99
12	2, 41, 44, 54, 78	48	37, 61, 69, 73, 89
13	29, 42, 66, 68, 71	49	39, 52, 64, 76, 97
14	45, 46, 61, 87, 98	50	60, 62, 75, 77, 81
15	14, 48, 53, 59, 69	51	31, 44, 71, 78, 82
16	1, 19, 31, 65, 90	52	30, 47, 48, 80, 85
17	6, 38, 61, 70, 77	53	15, 59, 79, 83, 93
18	12, 43, 45, 51, 73	54	23, 28, 29, 86, 94
19	7, 33, 36, 64, 78	55	4, 7, 10, 15, 95
20	27, 28, 52, 57, 81	56	46, 63, 66, 89, 96
21	15, 39, 75, 80, 82	57	19, 38, 39, 87, 100
22	13, 29, 79, 83, 85	58	3, 4, 13, 29, 47
23	51, 55, 84, 86, 93	59	5, 6, 16, 30, 36
24	16, 30, 34, 62, 94	60	8, 17, 28, 50, 55
25	17, 22, 51, 71, 95	61	11, 21, 37, 48, 53
26	21, 61, 63, 88, 96	62	18, 31, 39, 63, 71
27	31, 50, 59, 84, 100	63	20, 38, 44, 60, 78
28	2, 5, 16, 71, 98	64	26, 43, 52, 67, 97
29	7, 10, 11, 21, 24	65	32, 54, 61, 72, 98
30	10, 15, 29, 32, 38	66	34, 56, 59, 64, 87
31	3, 6, 19, 31, 99	67	2, 35, 57, 66, 89
32	5, 54, 66, 75, 78	68	39, 40, 58, 62, 79
33	8, 17, 36, 60, 63	69	1, 19, 31, 48, 51
34	11, 27, 37, 38, 44	70	10, 15, 29, 32, 43
35	18, 31, 52, 59, 64	71	3, 6, 17, 22, 23
36	20, 38, 61, 67, 87	72	5, 12, 14, 21, 30

Продолжение табл. 2.1

Вариант	Номера задач	Вариант	Номера задач
1	2	3	4
73	55, 78, 84, 86, 100	87	15, 22, 27, 31, 42
74	59, 72, 79, 83, 96	88	14, 21, 24, 36, 41
75	51, 67, 71, 80, 95	89	12, 17, 25, 37, 40
76	13, 15, 75, 77, 94	90	6, 35, 44, 84, 86
77	50, 55, 61, 69, 93	91	5, 13, 16, 19, 62
78	24, 29, 52, 85, 90	92	8, 9, 66, 72, 75
79	64, 82, 87, 88, 91	93	11, 33, 52, 67, 97
80	7, 23, 48, 81, 92	94	18, 21, 30, 36, 48
81	1, 53, 76, 86, 99	95	20, 31, 39, 78, 98
82	47, 63, 67, 68, 73	96	26, 38, 51, 89, 99
83	19, 55, 60, 69, 70	97	32, 43, 60, 62, 66
84	45, 50, 59, 64, 65	98	34, 54, 59, 61, 67
85	27, 29, 39, 43, 49	99	35, 56, 64, 72, 84
86	25, 28, 30, 38, 45	100	45, 47, 65, 71, 91

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравцов А. В. Метрология и электрические измерения. – М.: Колос, 1999.
2. Электрические измерения. В. Н. Малиновский, Р. М. Демидова-Парфенова / Под ред. В. Н. Малиновского. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Основы метрология и электрических измерений: Учебник для вузов /Б. Я. Авдеев и др.; Под ред. Е. М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Измерение электрических и неэлектрических величин: Учебное пособие для вузов /Н. Н. Евтихийев и др. Под общей ред. Н. Н. Евтихьева, – М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Атамалян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин. – М.: Высшая школа, 1989.
6. Шишкин И.Ф. Основы метрологии, стандартизация и контроля качества: Учебное пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

Примерное распределение учебного времени (в процентах от общего числа часов)

1. Основы метрологии и техники измерений	10 – 15
2. Основы теории и конструкции измерительных приборов	30
3. Измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин	50 - 43
4. Метрологический надзор и государственная поверка средств измерений	10 - 12

обработки результатов измерения, но и для управления самим процессом измерения

добавочные резисторы) и переменного (измерительные трансформаторы) тока

обработки результатов измерения, но и для управления самим процессом измерения

магнитного потока, напряженности магнитного поля и магнитодвижущей силы

поверка

изучения теоретического материала в соответствии с программой дисциплины.

измерения до 120 кВ? Измерение производится в цепи переменного тока.

5 А 2 кВ.

образите схему моста, если им необходимо измерить емкостное сопротивление. ных приборов.

на 150 делений. ность. включения измерительных приборов.

сопротивления

сти в зависимости от способа включения приборов относительно обмотки якоря

1 %. $R_3 = 4 R_4$ $I_n = 5$ А и $U_n = 300$ В? сопротивления

поверка « « « « « « 2 кВ.

наибольшую относительную погрешность, если вольтметр показывает 200 В.

Задача 67. Определите чему равно сопротивление R_4 одинарного моста, если при равновесии моста сопротивления были $R_1 = 20$ Ом; $R_2 = 200$ Ом; $R_3 = 40$ Ом. Объясните, как получается условие равновесия моста.

Продолжение табл. 2.1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35