

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для  
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**Б1.В.ДВ.06.01 Электрические измерения**

**Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы Электрооборудование и электротехнологии**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Организация самостоятельной работы.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Методические рекомендации по подготовке к занятиям.....</b>	<b>9</b>
3.1    Лабораторная работа №1 .....	9
3.2    Лабораторная работа № 2 .....	9
3.3    Лабораторная работа № 3,4.....	9
3.4    Лабораторная работа № 5.....	9
3.5    Лабораторная работа № 6.....	9
3.6    Лабораторная работа № 7.....	9
3.7    Лабораторная работа № 8.....	10

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование разделов	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельное изучение вопросов (СИБ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Общие сведения об измерениях. Измерительные механизмы и приборы.				10	4
2	Методы измерений и точность результатов измерений.				10	4
3	Измерение электрических величин.				10	8
4	Электрические измерения неэлектрических величин				10	4

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ**

### **2.1 Введение. Меры электрических величин.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Меры электрических величин служат для воспроизведения величин заданного размера. К мерам электрических величин относятся измерительные резисторы (катушки сопротивления), катушки индуктивности и взаимной индуктивности, измерительные конденсаторы, меры электродвижущей силы (нормальные элементы). Меры электрических величин выполняются регулируемые (многозначными) и позволяют изменять величины в определённом диапазоне (например, конденсаторы переменной ёмкости, Вариометры индуктивности). Из мер электрических величин составляют наборы, а также объединяют их в магазины сопротивлений, ёмкостей или индуктивностей.

По метрологическому назначению меры электрических величин подразделяются на образцовые и рабочие. Обычно меры электрических величин применяются в мостовых или измерительных установках, позволяющих осуществлять измерения с более высокой точностью, чем непосредственно приборами прямого действия.

Изготавливают меры электрических величин различных классов точности. Резисторы — семи классов точности: 0,0005; 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05 (числа указывают предел допустимого отклонения сопротивления от номинального значения в %) конденсаторы (магазины ёмкости) — пяти классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; катушки индуктивности — семи классов: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; нормальные элементы — с пределами годовой нестабильности от 0,001 до 0,02%.

### **2.2 Измерительные механизмы электроизмерительных приборов.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Работа этих приборов основана на динамическом взаимодействии двух проводников, обтекаемых электрическим током. При одинаковом направлении тока в проводниках они взаимно притягиваются, а при противоположном направлении токов — отталкиваются.

При протекании по неподвижной и подвижной катушкам токов  $I_H$  и  $I_P$ , последняя будет поворачиваться относительно первой, стремясь установиться так, чтобы направление ее магнитного поля совпало с направлением поля неподвижной катушки.

При протекании по катушкам электродинамического прибора переменных токов вращающий момент, действующий на подвижную катушку, определяется: действующими значениями этих токов, косинусом угла сдвига фаз между ними и изменением взаимной индуктивности катушек в зависимости от их взаимного пространственного расположения.

Электродинамические приборы используют для измерения мощности, тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока промышленной частоты, энергии в цепях постоянного тока, ёмкости, сдвига фаз, частоты и др.

Чаще всего электродинамические приборы применяют для лабораторных измерений в цепях переменного тока.

Электродинамические приборы обладают следующими достоинствами: пригодностью для работы на постоянном и переменном токе (на переменном токе их показания пропорциональны действующим значениям); практически равномерной шкалой у ваттметров и почти равномерной рабочей частью шкалы у амперметров и вольтметров; высокой точностью.

### **2.3 Методы измерений. Погрешность измерений.**

Сущность этого способа может быть раскрыта следующим образом. Сравнение - это научный метод познания, в процессе его неизвестное (изучаемое) явление, предметы сопоставляются с уже известными, изучаемыми ранее, с целью определения общих черт либо различий между ними.

С помощью сравнения определяется общее и специфическое в экономических явлениях, изучаются изменения исследуемых объектов, тенденции и закономерности их развития.

Сравнение – сопоставление изучаемых данных и фактов хозяйственной жизни. Различают:

1. горизонтальный сравнительный анализ, который применяется для определения абсолютных и относительных отклонений фактического уровня исследуемых показателей от базового;
2. вертикальный сравнительный анализ, используемый для изучения структуры экономических явлений; трендовый анализ, применяемый при изучении относительных темпов роста и прироста показателей за ряд лет к уровню базисного года, т.е. при исследовании рядов динамики.

В экономическом анализе сравнение используют для решения всех его задач как основной или вспомогательный способ. Перечислим наиболее типичные ситуации, когда используется сравнение, и цели, которые при этом достигаются.

1. Сопоставление плановых и фактических показателей для оценки степени выполнения плана.
2. Сопоставление фактических показателей с нормативными позволяет провести контроль за затратами и способствует внедрению ресурсосберегающих технологий.
3. Сравнение фактических показателей с показателями прошлых лет для определения тенденций развития экономических процессов.
4. Сопоставление показателей анализируемого предприятия с достижениями науки и передового опыта работы других предприятий или подразделений необходимо для поиска резервов.
5. Сравнение показателей анализируемого хозяйства со средними показателями по отрасли производится с целью определения положения предприятия на рынке среди других предприятий той же отрасли или подотрасли.
6. Сопоставление параллельных и динамических рядов для изучения взаимосвязей исследуемых показателей. Например, анализируя одновременно динамику изменения объема производства валовой продукции, основных производственных фондов и фондоотдачи, можно обосновать взаимосвязь между этими показателями.
7. Сопоставление различных вариантов управленческих решений с целью выбора наиболее оптимального из них.
8. Сопоставление результатов деятельности до и после изменения какого-либо фактора применяется при расчете влияния факторов и подсчете резервов.

#### **2.4 Повышение точности и оценка достоверности результатов измерений.**

Применение рассмотренных выше элементов общей теории измерений необходимо для обеспечения точности и достоверности результата измерения. При многократных наблюдениях получают ряд значений, обрабатывая которые находят результат измерения. Для обработки применяют инструменты математической статистики, рассматривая ряд значений как выборку из генеральной совокупности. Опираясь на теорию вероятностей, математическая статистика позволяет оценить надежность и точность выводов, делаемых на основании ограниченного статистического материала.

**Точность** характеризуется значением, обратным значению относительной погрешности. Величина, обратная абсолютной погрешности, называется мерой точности. В зависимости от требуемой точности, в процессе измерений могут применяться как однократные, так и многократные наблюдения. Если выполняется лишь одно наблюдение, то результат наблюдения является результатом измерения. Если выполняется больше одного наблюдения, результат измерения получают в итоге обработки результатов наблюдений, как правило, в виде среднего арифметического.

Требуемая точность технических измерений может также обеспечиваться повторением многократных наблюдений. В этом случае многократные наблюдения одного и того же объекта выполняются несколько раз. Чтобы сократить время, необходимое для обработки нескольких рядов многократных наблюдений, в начале процесса обработки применяют индикаторы, позволяющие определить предпочтительный ряд и в дальнейшем обрабатывать только этот ряд.

Таковыми индикаторами является сумма остаточных погрешностей и сумма квадратов остаточных погрешностей. Эти индикаторы являются косвенной характеристикой несмещенности и эффективности оценки, полученной при обработке результатов многократных наблюдений.

Если измерения проводились несколько раз и получено несколько рядов результатов наблюдений, то при одинаковом количестве наблюдений в разных рядах наименьшую сумму остаточных погрешностей будет иметь тот ряд, в котором результаты распределились симметрично относительно среднего арифметического значения, т.е. наиболее близко к нормальному закону. Для дальнейших вычислений рекомендуется выбирать именно его, т.к. он в наибольшей степени будет удовлетворять условию равноточности, а при исключенной систематической погрешности - условию несмещенности оценки результата измерения.

Несмещенная оценка - статистическая оценка, математическое ожидание которой совпадает с оцениваемой величиной. Про несмещенную оценку говорят, что она лишена систематической ошибки.

Однако симметричность не является исчерпывающей характеристикой распределения. Следующим важным в метрологии признаком является компактность распределения. По этому признаку при фиксированном числе наблюдений предпочтительный ряд может быть определен индикатором эффективности. Эффективной называется та из нескольких возможных несмещенных оценок, которая имеет наименьшую дисперсию. Условию эффективности будет удовлетворять ряд с наименьшей суммой квадратов остаточных погрешностей.

Очевидно, что в практической метрологии эффективная оценка является предпочтительной. Признак эффективности свидетельствует о том, что субъективная составляющая случайной погрешности минимальна, наблюдения выполнялись более аккуратно и будет обеспечен наименьший размер случайной погрешности.

## **2.5 Измерение силы тока и напряжения. Измерение активной и реактивной мощности.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Значения электрических величин определяются с помощью измерительных электрических приборов: силы тока  $I$  - амперметром, напряжения на участке цепи  $U$  - вольтметром. Амперметр включается последовательно в разрыв участка цепи, на котором измеряется напряжение. Силу тока и напряжение постоянного и переменного токов можно измерить с помощью комбинированного прибора - тестера, в котором предусмотрена возможность переключения диапазона измерения. При этом изменяется верхний предел измерения электрической величины.

Измерения следует производить так, чтобы значение измеряемой электрической величины находилось в последней трети диапазона. В этом случае уменьшается систематическая приборная ошибка. Если при измерениях заранее не известно ориентировочное значение измеряемой электрической величины, то следует выбирать диапазон измерения с максимальным верхним пределом.

Значение измеряемой физической величины определяется по шкале прибора с учетом цены деления. Цена деления шкалы прибора равна верхнему пределу измерения, деленному на число делений. Например, для диапазона измерения напряжения с верхним пределом 30 В и числа делений 150 цена деления равна 0,2 В.

## **2.6 Учет электрической энергии.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Основной целью учета электроэнергии является получение достоверной информации о производстве, передаче, распределении и потреблении электрической энергии на оптовом и розничном рынках электроэнергии для решения основных технико-экономических задач:

- финансовых расчетов за электроэнергию и мощность между субъектами рынка (энергоснабжающими организациями, потребителями электроэнергии) с учетом ее качества;
- определения и прогнозирования технико-экономических показателей производства, передачи и распределения электроэнергии в энергетических системах;
- определения и прогнозирования технико-экономических показателей потребления электроэнергии на предприятиях промышленности, транспорта, сельского хозяйства, коммунально-бытовым сектором и др.;
- обеспечения энергосбережения и управления электропотреблением.

Качество подаваемой энергоснабжающей организацией энергии должно соответствовать требованиям, установленным государственными стандартами и иными обязательными правилами или предусмотренным договором энергоснабжения.

Учет активной электроэнергии должен обеспечивать определение количества электроэнергии (и в необходимых случаях средних значений мощности):

- выработанной генераторами электростанций;
- потребленной на собственные и хозяйственные нужды (раздельно) электростанций и подстанций, а также на производственные нужды энергосистемы;
- отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин электростанций непосредственно к потребителям;
- переданной в сети других собственников или полученной от них;
- отпущенной потребителям из электрической сети;
- переданной на экспорт и полученной по импорту.

## **2.7 Выбор схемы и средств измерения. Методы измерения неэлектрических величин.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Электрические методы измерения различных неэлектрических величин широко применяют в практике, поскольку они обеспечивают высокую точность измерений, отличаются широким диапазоном измеряемых величин, позволяют выполнять измерения и регистрацию их на значительном расстоянии от места расположения контролируемого объекта, а также дают возможность проводить измерения в труднодоступных местах.

Измерение различных неэлектрических величин (перемещений, усилий, температур и т. п.) электрическими методами выполняют с помощью устройств и приборов, преобразующих неэлектрические величины в зависимые от них электрические,

которые измеряют электроизмерительными приборами со шкалами, градуированными в единицах измеряемых неэлектрических величин.

Элемент измерительного устройства, предназначенный для преобразования измеряемой неэлектрической величины в функционально связанную с ней электрическую называют измерительным преобразователем или датчиком.

Для измерения одной и той же неэлектрической величины могут быть использованы различные типы датчиков. Чтобы выбрать наиболее подходящий для данных конкретных условий датчик, необходимо учитывать особенности, достоинства и недостатки каждого типа.

Эти датчики в основном используются для измерения скорости вращения. Измерения уровня вибрации, измерения угловых и линейных перемещений.

В пьезометрических датчиках используется пьезоэффект, сильно проявляющийся у некоторых кристаллических.

## **2.8 Измерение магнитного потока, напряженности магнитного поля и магнитодвижущей силы**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Измерение магнитной индукции и напряженности магнитного поля в постоянных и переменных полях выполняются с помощью тесламетров с преобразователями Холла. При помещении такого преобразователя в магнитное поле на боковых его гранях генерируется ЭДС.

Выпускаемые промышленностью тесламетры данного типа предназначены для измерений магнитной индукции в пределах  $0,002 \dots 2$  Т, с частотным диапазоном до 1 ГГц. К их достоинствам можно отнести простоту конструкции, удобство в эксплуатации, высокие метрологические характеристики. Недостатки: показания прибора зависят от температуры.

В *ядерно-резонансных* тесламетрах в качестве преобразователя применяется разновидность квантового магнитоизмерительного преобразователя, действие которого основано на взаимодействии атомов, ядер атомов с магнитным полем. Диапазон измерения таких устройств достигает 10Т при классе точности измерений в пределах  $0,001 \dots 0,1$ .

Ферромодуляционные тесламетры предназначены малых постоянных и переменных низкочастотных магнитных полей. Принцип их работы основан на явлении сверхпроводимости и позволяет производить измерения магнитного поля, создаваемого биотоками сердца, мозга человека. Напряженность магнитного поля в таких устройствах измеряют электродинамическим способом, основанным на взаимодействии тока, протекающего по рамке, с измеряемым магнитным полем. О значении напряженности поля судят по углу отклонения рамки, помещенной в измеряемое магнитное поле, при неизменном значении тока в ней.

## **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**



## **ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ**

### **3.1 Лабораторная работа №1**

**Качественные показатели электроизмерительных приборов, их классификация, маркировка и условно – графические обозначения.**

При подготовки к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты. Понятия, характеризующие точность электроизмерительного прибора: абсолютная погрешность; действительное и истинное значение измеряемой величины; основная погрешность; относительная погрешность; приведенная погрешность; класс точности прибора. Принцип действия магнитоэлектрического измерительного механизма с подвижной рамкой. Принцип действия магнитоэлектрического измерительного механизма с подвижным магнитом. Принцип действия электромагнитного измерительного механизма. Принцип действия электродинамического измерительного механизма.

### **3.2 Лабораторная работа № 2**

**Поверка и градуировка электроизмерительных приборов**

При подготовки к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Условия необходимые для выполнения при поверке ваттметра методом сличения. Отличие электродинамического и ферродинамического ваттметров. Прямые и косвенные методы измерения мощности

### **3.3 Лабораторная работа № 3,4**

**Расширение пределов измерения магнитоэлектрических приборов в цепях постоянного тока**

При подготовки к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

С какой целью на некоторых амперметрах приводится номинальное падение напряжения на приборе, а на вольтметре – номинальный ток. Шунтирование не применяется в работе с приборами, предназначенными для цепей переменного тока. Уяснить понятия класс точности шунта и добавочного сопротивления.

### **3.4 Лабораторная работа № 5**

**Методы и средства измерения сопротивлений**

При подготовки к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Сущность метода измерения сопротивлений одним вольтметром, и в каких случаях можно использовать этот метод. Сущность метода измерения сопротивлений одним амперметром, и в каких случаях можно использовать этот метод

### **3.5 Лабораторная работа № 6**

**Поверка однофазного индукционного счетчика активной электрической энергии**

При подготовки к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Принцип работы однофазного индукционного счетчика активной энергии. Причины, вызывающие увеличение погрешностей показаний индукционного счетчика. Параметры и характеристики индукционного счетчика. Схема прямого включения однофазного счетчика и схема включения с измерительными трансформаторами.

### **3.6 Лабораторная работа № 7**

**Косвенные методы измерения индуктивности и емкости**

При подготовки к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Алгоритм измерения индуктивности катушки косвенным методом с помощью вольтметра и амперметра. Алгоритм измерения емкости конденсатора косвенным методом с помощью вольтметра и амперметра. Методика измерения емкости с помощью

измерительного моста, алгоритм измерения индуктивности катушки косвенным методом с помощью ваттметра, вольтметра и амперметра.

### **3.7 Лабораторная работа № 8**

#### **Измерение активной и реактивной мощности в трехфазных цепях переменного тока**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты. Обозначение линейных и измерительных зажимов измерительных трансформаторов тока, применявшихся в работе. Как определяется цена деления шкал амперметров и вольтметров, включенных через измерительные трансформаторы тока. Измерение активной мощности трехфазного тока при реактивной нагрузке и измерение при активной нагрузке.