

**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 заочная**

## 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>14</b>
<b>3.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Качественные показатели электроизмерительных приборов, их классификация, маркировка и условно – графические обозначения. ....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Проверка и градуировка электроизмерительных приборов. ....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Методы и средства измерения сопротивлений. ....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Лабораторная работа № ЛР-3 Косвенные методы измерения индуктивности и емкости. ....</b>	<b>14</b>

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1.Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельное изучение вопросов (СИВ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Общие сведения об измерениях. Измерительные механизмы и приборы.				10	8
2	Методы измерений и точность результатов измерений.				10	8
3	Измерение электрических величин.				28	
4	Электрические измерения незлектрических величин				28	

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

### **2.1 Магнитоэлектрические механизмы и приборы.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Устройство магнитоэлектрических приборов основано на взаимодействии поля постоянного магнита с электрическим током проводника. Подвижным элементом прибора может быть проводник с током (приборы с подвижной рамкой) или постоянный магнит (приборы с подвижным магнитом). Более распространены приборы с подвижной рамкой.

Магнитоэлектрические приборы - самые точные из всех изготавляемых в настоящее время. Это самые распространенные приборы для цепей постоянного тока. Они обладают следующими достоинствами: высокая точность и чувствительность, равномерность шкалы, малая чувствительность к внешним магнитным полям и малое собственное потребление. Недостатками этих приборов являются: пригодность только для постоянного тока, относительная сложность конструкции и соответственно более высокая стоимость, относительная сложность ремонта.

Эти приборы применяют для измерения: тока и напряжения в цепях постоянного тока; сопротивлений на постоянном токе; в цепях переменного тока повышенной частоты (выпрямительные амперметры, вольтметры и частотометры) и т. п.

### **2.2 Электромагнитные механизмы и приборы.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. В приборах этой системы перемещение подвижной части вызывается воздействием магнитного поля неподвижной катушки на подвижный ферромагнитный сердечник, укрепленный на одной оси со стрелочным указателем.

Электромагнитные приборы могут быть построены с плоской или круглой катушкой.

Неподвижной частью таких приборов служит катушка 4, намотанная на пластмассовый каркас 3. Сечение провода и количество витков обмотки зависят от назначения прибора; у амперметров обмотка с малым количеством витков из провода большого сечения, у вольтметров обмотка имеет много витков из тонкой проволоки.

Подвижная часть представляет собой сердечник 8 в виде лепестка из электротехнической стали или специального сплава - пермаллоя. Сердечник, насаженный на одну ось 9 со стрелкой 7, в зависимости от величины тока, протекающего по обмотке, больше или меньше втягивается в окно 2 катушки. Соответственно и подвижная часть отклоняется на больший или меньший угол от нулевого положения.

Электромагнитные приборы, пригодные для постоянного и переменного тока, используют в качестве щитовых и переносных амперметров, вольтметров, фазометров и частотометров.

Основными достоинствами этих приборов являются: пригодность для цепей постоянного и переменного тока; большая перегрузочная способность; возможность изготавливать амперметры непосредственного включения на большие токи; простота конструкции и соответственно низкая стоимость.

Недостатками электромагнитных приборов являются: неравномерность шкалы и относительно низкая чувствительность, особенно в начале шкалы; относительно низкая точность; подверженность приборов влиянию частоты и внешних магнитных полей; большое собственное потребление, достигающее 2 Вт у амперметров и 3 - 20 Вт у вольтметров в зависимости от напряжения.

### **2.3 Электродинамические механизмы и приборы.**

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 взаимоиндуктивности 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, емкости, 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.

## 2.4 Гальванометры.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Чтобы измерить малые токи и напряжения или установить отсутствие тока (напряжения) в исследуемой цепи, применяют специальные высокочувствительные приборы с условной шкалой – гальванометры.

Шкалы гальванометров бывают двух типов: встроенные в корпус прибора и отдельные, устанавливаемые вне корпуса. Первые, менее чувствительные, имеют стрелочный или световой указатель. Гальванометры с отдельной шкалой всегда имеют световой указатель (зеркальные). По устройству отсчетного приспособления зеркальные гальванометры различают с объективным или субъективным отсчетом. При объективном отсчете отклонение светового указателя наблюдают непосредственно на шкале; при субъективном отсчете отклонение указателя определяют через специальное оптическое устройство – окуляр. Последние более точные, но менее удобны в использовании.

Преимущественное распространение имеют магнитоэлектрические гальванометры с подвижной рамкой.

Гальванометры характеризуются чувствительностью по токе  $S_1$  и чувствительностью по напряжению  $S_u$ . Под чувствительностью по току понимают отношение величины углового и линейного перемещения указателя к единице тока, протекающего по рамке гальванометра:

Для измерения количества электричества и магнитного потока используют магнитоэлектрические гальванометры с подвижной рамкой, работающей в баллистическом режиме.

## 2.5 Приборы сравнения.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Мостовая схема (мост) представляет собой четырехполюсник, к двум зажимам которого подведено питание, а к двум другим подключен нулевой указатель. Элементы внутренней цепи называют плечами моста, а цепи питания и нулевого указателя – диагоналями. Эти устройства используются главным образом для измерения сопротивлений.

При электрических измерениях неэлектрических величин мост постоянного тока часто используется в неуравновешенном режиме – при измерении сопротивления одного из плеч неуравновешенного моста появляется ток в диагонали указателя, который функционально связан с этим измерением. По величине тока судят о значении измеряемой. Чтобы величина тока указатели зависела только от сопротивлений плеч моста, необходимо обеспечить постоянство напряжения питания моста. Поэтому в неуравновешенных мостах применяется стабилизированный источник питания или в качестве измерителя используется магнитоэлектрический логометр, показания которого не зависят от изменения напряжения питания.

Для точных измерений емкости, индуктивности, взаимоиндукции и др. величин широко используются мосты переменного тока в уравновешенном режиме.

## **2.6 Приборы для измерения и записи величин, изменяющихся во времени.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. В практике электрических измерений часто требуется знать численное значение измеряемой переменной величины в определенный момент, а также характер ее изменения во времени. Для этого применяются специальные измерительные приборы, называемые регистрирующими. Они подразделяются на две группы: самопищащие приборы и осциллографы.

Самопищащие приборы (самописцы) предназначены для измерения и записи величин, относительно медленно изменяющихся во времени. От обычных показывающих приборов они отличаются дополнительными узлами: устройством для записи кривой изменения измеряемой величины и устройством для равномерного перемещения бумаги. Скорость подачи бумаги должна соответствовать частоте изменения измеряемой величины. Недостатком самописцев является ограниченный частотный диапазон.

Для визуального наблюдения и записи быстро протекающих процессов используются осциллографы. Они подразделяются на две группы: светолучевые и электроннолучевые.

## **2.7 Методы 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.

## **2.8 Измерение силы тока и напряжения.**

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.

## **2.9 Измерение активной и реактивной мощности.**

Измерение активной мощности. Метод двух ваттметров применяется независимо от схемы соединений нагрузки и её симметрии. В лабораторной работе необходимо исследовать метод с применением измерительных трансформаторов тока.

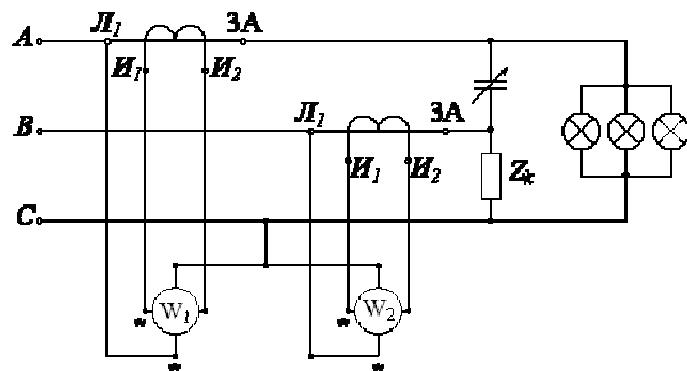


Схема измерения активной мощности двумя ваттметрами

Измерение реактивной мощности осуществляется при помощи ваттметров, включённых по специальным схемам. При полной симметрии трёхфазной цепи реактивную мощность можно измерить одним ваттметром, включённым по схеме.

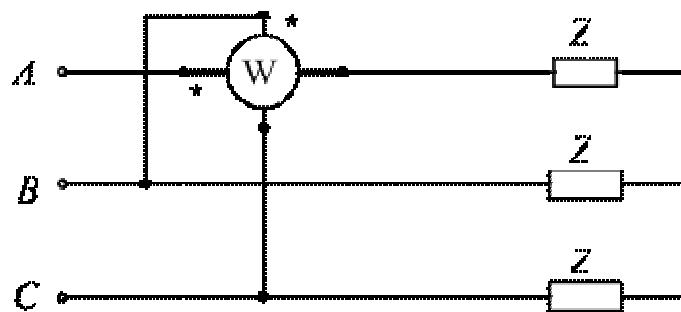


Схема включения ваттметра  
для измерения реактивной мощности

## 2.10 Погрешность измерений.

Для автоматизации учета электроэнергии и мощности в электрических сетях рекомендуется внедрять автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности (АСКУЭ), которые обеспечивают решение следующих задач: сбор и формирование данных на энергообъекте для использования их при коммерческих расчетах; сбор и передача информации на верхний уровень управления и формирование на этой основе данных для проведения коммерческих расчетов между субъектами рынка; формирование баланса производства и потребления электроэнергии по отдельным узлам; оперативный контроль и анализ режимов потребления мощности и электроэнергии основными потребителями; формирование статистической отчетности; оптимальное управление нагрузкой потребителей; автоматизация финансово - банковских операций и расчетов с потребителями; контроль достоверности показаний приборов учета электроэнергии. Системы АСКУЭ должны выполняться по проектам, как правило, на базе серийно выпускаемых технических средств и программного обеспечения.

## 2.11 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.

Такими индикаторами является сумма остаточных погрешностей и сумма квадратов остаточных погрешностей. Эти индикаторы являются косвенной характеристикой несмешенности 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 распределены 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 несмешенности оценки результата измерения.

Несмешенная оценка - статистическая оценка, математическое ожидание которой совпадает с оцениваемой величиной. Про несмешенную 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 несмешенных 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.

## 2.12 Учет электрической энергии.

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.

## 2.13 Измерение сопротивлений.

Метод вольтметра - амперметра наиболее простой, но и наименее точный, т.к. этому методу присуща методическая систематическая погрешность. Если включить приборы по схеме (рис. 4.12, а), то напряжение измеряется правильно, но амперметр показывает сумму токов вольтметра и измеряемого сопротивления. При схеме включения, показанной на (рис. 4.12, б), результаты получаются точнее при измерении малых сопротивлений  $R_b \gg R_x$ , а при измерении больших лучше использовать схему (рис. 4.12, б), с неправильно измеряемым напряжением, учитывающим напряжение на амперметре. При этом сопротивлении  $R_x \gg R_a$ , где  $R_b$  и  $R_a$  - соответственно, сопротивления вольтметра и амперметра.

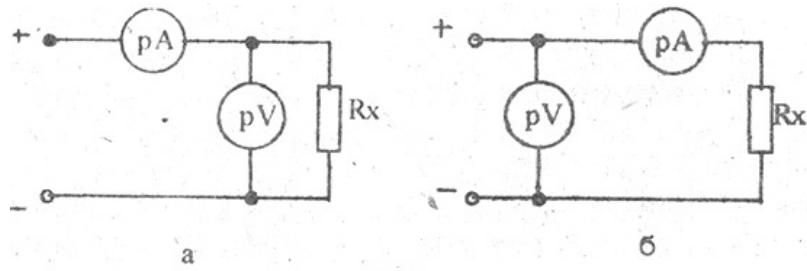


Рис. 4.12

Метод вольтметра - амперметра применяют и для измерения реактивных сопротивлений (емкостных или индуктивных) при питании схем напряжением переменного тока. Однако в этих случаях результат измерения будет показывать значение полного сопротивления. Для определения всех параметров в схему дополнительно включают либо ваттметр, либо сопротивление подключается в цепь постоянного тока, считая, что омическое сопротивление равно активному. В некоторых случаях активным сопротивлением пренебрегают, считая, что полное сопротивление равно реактивному и производя соответствующие расчеты.

## 2.14 Измерение емкости, индуктивности и взаимоиндуктивности.

Простейшие проверки конденсаторов можно производить и без специальных измерительных приборов. С помощью омметра или пробника легко обнаружить короткое замыкание или пробой между обкладками конденсатора (следует лишь учитывать, что

пробой иногда проявляется только при значительном напряжении на конденсаторе, близком к его рабочему напряжению). Проверка на обрыв неэлектролитических конденсаторов ёмкостью от 0,01 мкФ и выше проще всего производится включением конденсатора в цепь переменного тока, например осветительную или трансляционную, последовательно с какой-либо нагрузкой - лампой накаливания, громкоговорителем и т. п. Нормальное или несколько ослабленное свечение лампы или звучание радиопередачи будет свидетельствовать об отсутствии обрыва.

Для измерения параметров катушек индуктивности применяются в основном методы вольтметра - амперметра, мостовой и резонансный. Перед измерениями катушка индуктивности должна быть проверена на отсутствие в ней обрыва и короткозамкнутых витков. Обрыв легко обнаруживается с помощью любого омметра или пробника, тогда как выявление коротких замыканий требует проведения специального испытания.

Для простейших испытаний катушек индуктивности иногда используют электронно-лучевые осциллографы.

Взаимоиндуктивность – это явление, проявляющееся тогда, когда два элемента электрической цепи, обладающие индуктивностью (две катушки индуктивности, два близко расположенных проводника с током и т.п.) оказывают влияние друг на друга через общий для них магнитный поток. В электротехнике это явление схематично представляется в виде двух катушек индуктивности, связанных взаимоиндукцией  $M$ . При этом кроме ЭДС самоиндукции катушки от собственного тока напряжение уравновешивается ещё и ЭДС взаимоиндукции от тока соседней катушки.

## 2.15 Назначение и характеристики преобразователей.

Приборы работающие по методу непосредственной оценки измеряемая величина подвергается ряду последовательных преобразований в прямом направлении, в конечном счете измеряемая величина преобразуется в величину удобную для наблюдения регистрацию и запоминанию.

Измерительные преобразователи могут служить электрические шунты, усилители, электромагнитные механизмы, цифровые преобразователи.

Различают преобразователи:

Первичный, к которому подводится измерительная величина, передающей для дистанционной передачи сигналы измерительной информации масштабные для изменения величины сигналов заданного число раз. Структурная схема прибора основана на методе сравнения. Измерительная величина  $X$  и величина воспроизводимая мера  $X_M$  подаются на схему сравнения. Цепь прямого преобразования обеспечивает передачу измерительной информации к регистрирующему прибору, а цепь обратного преобразователя, которая включает в себя р' устройства управления и мера "M" обеспечивает изменение значение величины " $X_M$ ". Центральным звеном любого измерительного средства сравнения является измерительные преобразователь. Измерительным преобразователем принято называть средства измерения для выработки измерительной информации в форме удобной для передачи дальнейшей передачи и хранения, но не для непосредственного восприятия наблюдателя.

## 2.16 Классификация и основные типы преобразователей.

Преобразователи можно классифицировать по следующим признакам:

1) По видам входных и выходных сигналов: аналоговый вход, аналоговый выход; аналоговый вход, дискретный выход; дискретный вход, аналоговый вход; дискретный вход, дискретный выход.

2) По физической природе входных и выходных сигналов: электрический вход, электрический выход; неэлектрический вход, электрический вход; электрический вход, неэлектрический выход; неэлектрический вход, неэлектрический выход.

3) По принципу действия: механические, тепловые, акустические, электрические, магнитные, электромагнитные, оптические, ядерные и химические.

4) По виду преобразования энергии: генераторные, параметрические и радиационные.

Генераторные преобразователи - это преобразователи, в которых осуществляется непосредственное преобразование энергии одной природы в другую

В случае если энергия от объекта не преобразуется непосредственно в энергию другого вида, а используются для изменения параметров электрических, механических и др.

цепей, то преобразователь принято называть *параметрическим*.

Другими словами измерительный в преобразователь поступает два потока энергии; Энергия  $E$  от объекта изменения, несущая полезной информации и  $E_0$  от прибора не несущая полезной информации, но необходимая для извлечения информации заключенная в изменяемых параметрах. Что касается радиационных преобразователей, то здесь можно отметить следующие: не редко приходится изменять такие параметров объектов, у которых невозможно получить необходимую информацию. К примеру, координаты пространственного положения удаленных объектов (корабли, самолеты) определяют внутреннюю структуру материала и тому подобную; В этих условиях для осуществления процессов измерения объект нужно облучать энергией передаваемой от прибора. Возвращаемая объектами энергия, к примеру, отраженная содержит в себе информацию об изменении параметров и воспринимается преобразователем, который принято называть радиационным.

Отметим, что отраженные от объекта энергия может восприниматься генераторным или параметрическим преобразователем, в связи с этим радиационные преобразователь является сложным и как правило, содержит в своём составе генераторные и параметрические преобразователи.

## 2.17 Выбор схемы и средств измерения.

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.

## 2.18 Методы измерения неэлектрических величин.

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 .

Различают прямой и обратный пьезоэффект. Прямой проявляется в возникновении электрических зарядов на противоположных гранях кристалла при его деформации в определенном направлении. Интенсивность электризации кристалла определяется величиной его деформации.

Термоэлектрические датчики основаны на явлении термоэлектричества. В качестве таких датчиков используются термопары – два металлических проводника из разных сплавов, которые спаяны между собой с одного конца, свободные концы подключены к измерительному устройству. Если температура спая отличается от температуры свободных концов, на них появляется эдс.

## **2.19 Измерение магнитного потока, напряженности магнитного поля и магнитодвижущей силы.**

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...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...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.

## **2.20 Снятие магнитных характеристик ферромагнитных материалов, измерение и разделение потерь в стали.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности. Электрической прочностью называется свойство диэлектрика сохранять свое электрическое сопротивление при приложении напряжения. Потери диэлектриком своих изоляционных свойств при превышении напряженности поля некоторого критического значения называется пробоем, напряжение – пробивным напряжением.

Электрическую прочность определяют величиной пробивного напряжения, отнесенного к толщине диэлектрика в месте пробоя:

*Ферромагнитные* вещества содержат атомы, обладающие магнитным моментом (незаполненные электронные оболочки), однако расстояние между ними не так велико, как в парамагнетиках, в результате чего между атомами возникает взаимодействие, которое называется обменным (предполагается, что соседние атомы обмениваются электронами). В результате такого взаимодействия энергетически выгодной в зависимости

от расстояния становится параллельная ориентация магнитных моментов соседних атомов (ферромагнетизм) либо антипараллельная (антиферромагнетизм).

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ**

**3.1 Лабораторная работа № ЛР-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 № ЛР-2** Проверка 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 № ЛР-3** 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

**3.4 Лабораторная работа № ЛР-4** 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.