

**ГЛАВНОЕ УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛАСТНОГО  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

**УТВЕРЖДЕНО**

Зам.директора по учебной работе

\_\_\_\_\_ В.С.Лахмаков

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Методические указания**

По изучению дисциплины и выполнению контрольной работы для  
учащихся заочной формы обучения

Специальность: 2-74 0631-01 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного  
производства (электроэнергетика)»

Автор: Тимошенко Н.М., преподаватель первой категории.

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии

электротехнических дисциплин

Протокол № «\_\_»\_\_\_\_\_2020 г.

Председатель \_\_\_\_\_М.В.Азарушкина

Согласовано

Методист отделения заочного обучения

«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

\_\_\_\_\_Л.А.Ярош

Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ  
№1,2 для учащихся заочного отделения по специальности 2-74 0631-01 «Энергетическое  
обеспечение сельскохозяйственного производства (электроэнергетика)»:/  
Н.М.Тимошенко- Буда-Кошелево:МК,2020.-42

УО «Буда-Кошелевский государственный аграрно-технический колледж»,2020

Тимошенко Н.М.,Городинец О.М.,2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
1. Тематический план.....	6
2. План самостоятельного изучения дисциплины.....	7
3. Список использованных источников.....	21
4. Критерии оценки выполнения домашней контрольной работы.....	22
5. Методические рекомендации по выполнению и оформлению домашней контрольной работы.....	23
6. Задания для выполнения домашней контрольной работы.....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электрические измерения» обеспечивает базовую подготовку учащихся по специальности «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» в области метрологии и электроизмерительной техники.

Ее изучение опирается на знания по математике, физике, теоретическим основам электротехники, основам электроники и микропроцессорной техники и другим предшествующим дисциплинам.

Предмет изучения дисциплины «Электрические измерения» составляют основные положения метрологии, принципы, средства и методы измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин.

Цель дисциплины – дать учащимся представление о метрологическом обеспечении производства, о принципах действия и об устройстве современных средств измерений, о методах измерения основных электрических магнитных и неэлектрических величин, о проведении и обработке результатов измерений.

Дисциплина изучается на первом курсе. По изученному учебному материалу выполняется одна контрольная работа, которая состоит из ответов на пять вопросов. Вариант контрольной работы определяется двумя последними цифрами шифра (таблица 1).

К выполнению контрольной работы необходимо приступать только после изучения теоретического материала, руководствуясь методическими указаниями и проверяя свои знания по вопросам, данным в конце каждой темы. Для закрепления теоретических знаний программой предусмотрено 15 лабораторных работ. По каждой из них составляется отчет и сдается преподавателю.

Дисциплина изучается самостоятельно в межсессионный период по учебным заданиям и контрольным вопросам методических указаний и в период лабораторно-экзаменационной сессии под руководством преподавателя.

Изучать дисциплину рекомендуется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с программой учебного задания и краткими методическими указаниями по соответствующим разделам и темам курса.
2. Самостоятельно изучить материал по рекомендуемой литературе.
3. Ответить на вопросы для самоконтроля.
4. Рассмотреть решенные примеры типовых задач, приведенные в рекомендованной литературе и методических указаниях.
5. Выполнить соответствующую контрольную работу и отослать на рецензирование (при затруднениях можно получить лично или заочно консультацию в учреждении образования).

Занятия, проводимые во время лабораторно-экзаменационной сессии, призваны помочь в освоении более сложных вопросов дисциплины и носят обзорный характер.

Учащиеся, получившие зачет по контрольной работе, выполнившие и представившие отчеты по всем лабораторным работам, допускаются к сдаче экзамена.

В результате изучения дисциплины «Электрические измерения» учащиеся должны знать

***на уровне представления:***

общие сведения о средствах измерения и измерительных преобразователях;  
устройство, принцип действия, характеристики и области применения измерительных приборов;  
перспективы развития электрической измерительной техники и автоматизации измерений;

***на уровне понимания:***

основные методы измерений и типы аппаратуры для проведения измерений;  
способы измерения электрических, электромагнитных и неэлектрических величин;

основы метрологии, классы точности и погрешности средств измерений;

порядок поверки средств измерений и измерительных приборов;

правила безопасности при проведении электрических измерений;

***уметь:***

производить измерения с учетом требований безопасности труда;

выбирать оптимальные измерительные средства для конкретных условий;

рассчитывать погрешности средств измерений и обрабатывать результаты измерений и собирать схемы;

проводить настройку и эксплуатацию измерительных средств и оформлять техническую документацию;

использовать научно-техническую и справочную литературу по метрологии и электрическим измерениям.

## 1. Тематический план

Раздел, тема	Количество учебных часов			
	Всего по дневной форме обучения	На ОЗО		
		На теоретические занятия	На практические работы	На самостоятельное изучение
1	2	3	4	5
Введение	1			1
Раздел 1. Основы метрологии и измерительной техники	3	1		2
Раздел 2. Электромеханические измерительные приборы	10	1	2	7
Раздел 3. Приборы сравнения	4	1		3
Раздел 4. Электронные измерительные приборы	8	1		7
Раздел 5. Цифровые измерительные приборы	4			4
Раздел 6. Масштабные измерительные преобразователи	8			8
Раздел 7. Измерение силы тока и напряжения	2	1		1
Раздел 8. Измерение параметров электрических цепей	8	1	2	5
Раздел 9. Измерение мощности	4	1		3
Раздел 10. Измерение энергии	6	1		5
Раздел 11. Измерение коэффициента мощности и частоты	6	1	2	3
Раздел 12. Измерение магнитных величин	2			2
Раздел 13. Измерение неэлектрических величин	4	1		3
Раздел 14. Измерительные информационные системы	2			2
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>56</b>

## 2. План самостоятельного изучения дисциплины

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<b>Введение</b>		
Сформировать представление о дисциплине, ознакомить с ее целями и задачами, историей и перспективами развития	Задачи и содержание дисциплины, связь ее с другими дисциплинами. Основные этапы развития. Роль измерений в современной науке и технике. Метрологическая служба Республики Беларусь	Называет цели и задачи дисциплины, ее значение в системе подготовки специалистов. Высказывает общие суждения об истории и перспективах развития электроизмерительной техники
Литература [1], с. 4-7; [2], с. 3-6; [4], с. 6-14; [6], с. 5-15; [9], с. 4-5.		
<b>Раздел 1 Основы метрологии и измерительной техники</b>		
Сформировать понятие о метрологии и измерительной технике, погрешностях измерений и характеристиках средств измерений	Определение метрологии как науки. Виды средств измерений: мера, измерительный прибор, измерительная установка, измерительная система. Виды измерений: прямые, косвенные, совокупные, совместные. Методы измерений: непосредственной оценки, метод сравнения с мерой. Погрешности результата измерения. Классификация погрешностей измерения. Погрешности средств измерений и ее классификация. Параметры измерительных приборов: чувствительность, цена деления шкалы, вариация показаний прибора, перегрузочная способность, мощность, надежность	Формулирует определение средств измерений, описывает виды и методы измерений, излагает классификацию погрешностей измерений, объясняет характеристики средств измерений
При изучении темы обратите внимание на то, что конструкции мер и электроизмерительных приборов помимо общих технических показателей (простота, надёжность конструкции, возможно меньше габариты, масса, стоимость, удобство обслуживания, долговечность) должны удовлетворять и качественным показателям (точность, стабильность, влияние внешних условий, чувствительность, собственное потребление, перегрузочная способность).		

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>Каким бы совершенным не был прибор, его показания всегда будут отличаться от действительного значения измеряемой величины. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины вследствие воздействия различных факторов характеризует погрешность измерений.</p> <p>Разность между показаниями прибора <math>X</math> и действительным значением измеряемой величины <math>X_d</math> называют абсолютной погрешностью прибора <math>\Delta X</math>:</p> $\Delta X = X - X_d$ <p>Отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, выраженное в процентах, представляет собой относительную погрешность:</p> $\delta = \frac{\Delta X}{X_d} 100\%$ <p>Оценивать точность электроизмерительного прибора, работающего по методу непосредственной оценки, абсолютной или относительной погрешностью не представляется возможным, так как она оценивает точность прибора только в одной точке шкалы. Поэтому, чтобы охарактеризовать точность прибора по всей шкале, пользуются относительно приведённой погрешностью <math>\gamma</math>, под которой понимают отношение абсолютной погрешности к нормируемому значению шкалы прибора <math>X_{н.з.}</math>, выраженное в процентах:</p> $\gamma = \frac{\Delta X}{X_{н.з.}} 100\%$ <p>Если шкала прибора односторонняя, то за нормируемое значение принимается верхний предел измерения, в случае двусторонней шкалы – диапазон измерения прибора. Основная относительная приведённая погрешность прибора определяет его класс точности. Все приборы непосредственной оценки (кроме счётчиков электрической энергии) имеют восемь классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.</p> <p>Все приборы конструируются так, чтобы включение их в цепь не влияло на режим работы электрической цепи. Поэтому те обмотки приборов, которые включаются в цепь последовательно (амперметров, токовые обмотки ваттметров, счётчиков электрической энергии, фазометров) имеют малые сопротивления.</p> <p>Обмотки приборов, которые включаются в цепь параллельно (вольтметров, обмотки напряжения ваттметров, счётчиков электрической энергии, фазометров) имеют большие сопротивления.</p> <p>По рекомендованной литературе изучите и законспектируйте программный материал, разберите решённые примеры. Ответьте на вопросы для самоконтроля. Литература [1], с. 5-12; [2], с. 9-20; [4], с. 14-53; [6], с. 15-40; [9], с. 6-47.</p>		
<b>Раздел 2 Электромеханические измерительные приборы</b>		
<p>Дать понятие об основных узлах и деталях электромеханических приборов.</p> <p>Сформировать знания об</p>	<p>Структурная схема электромеханического прибора. Общие узлы и детали аналоговых электромеханических</p>	<p>Объясняет назначение узлов и деталей электромеханических приборов, раскрывает классификацию</p>



Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
устройстве, принципе действия и применении аналоговых электромеханических приборов	приборов. Классификация измерительных приборов. Технические требования к приборам. Условные обозначения, наносимые на шкалы измерительных приборов. Конструкция, принцип действия и особенности приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, ферродинамической, электростатической и индукционной систем. Магнитоэлектрические приборы с преобразователями. Логометры и приборы на их основе	измерительных приборов, расшифровывает условные обозначения на шкалах. Объясняет устройство, принципы действия и области применения аналоговых электромеханических измерительных приборов
Сформировать умения исследовать конструкцию и характеризовать принцип действия электромеханических измерительных приборов	<b>Лабораторное занятие № 1</b> Исследование конструкции и характеристика принципа действия электромеханических измерительных приборов	Проводит исследование конструкции и характеризует принцип действия электромеханических измерительных приборов
Сформировать умения по поверке амперметра и вольтметра магнитоэлектрической системы	<b>Лабораторное занятие № 2</b> Поверка технического амперметра и вольтметра магнитоэлектрической системы	Выполняет поверку амперметра и вольтметра магнитоэлектрической системы
Сформировать умения по поверке ваттметра электродинамической системы	<b>Лабораторное занятие № 3</b> Поверка ваттметра электродинамической системы	Выполняет поверку ваттметра электродинамической системы
<p>При изучении электроизмерительных приборов обратите внимание на то, что несмотря на небольшое их разнообразие, все они имеют много одинаковых по устройству и назначению узлов и деталей.</p> <p>К изучению принципа работы электроизмерительных приборов следует приступить после чёткого усвоения основных законов и правил электротехники, применяемых в теории электрических измерений, а именно: закона электромагнитной индукции,</p>		

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>правила буравчика, правила правой и левой руки, основных свойств магнитного поля и других.</p> <p>отать тогда, когда он замкнут на сопротивление, близкое к критическому?</p> <p>Литература [1], с. 12-54; [2], с. 26-59; [4], с. 74-94; [6], с. 59-118; [9], с. 26-70.</p>		
<b>Раздел 3 Приборы сравнения</b>		
Сформировать понятие о приборах сравнения, их устройстве и принципе работы	Сформировать понятие о приборах сравнения, их устройстве и принципе работы	Сформировать понятие о приборах сравнения, их устройстве и принципе работы
Сформировать умения исследовать конструкцию и характеризовать принцип работы измерительного моста постоянного тока	<b>Лабораторное занятие № 4</b> Исследование конструкции и характеристика работы измерительного моста постоянного тока	Проводит исследование конструкции и характеризует принцип работы измерительного моста постоянного тока
<p>Необходимо помнить, что для точных измерений больших и малых сопротивлений, ёмкостей, индуктивности, ЭДС, напряжений, токов применяют специальные приборы сравнения, мосты и потенциометры. Учащимся необходимо ознакомиться с устройством регистрирующих приборов.</p> <p>Литература [1], с. 169-179; [2], с. 59-68; [6], с. 120-156; [9], с. 128-141, 192-202.</p>		
<b>Раздел 4. Электронные измерительные приборы</b>		
Сформировать знания о классификации, структурных схемах электронных измерительных приборов, назначении основных узлов электронных приборов, их применении	Сформировать знания о классификации, структурных схемах электронных измерительных приборов, назначении основных узлов электронных приборов, их применении	Сформировать знания о классификации, структурных схемах электронных измерительных приборов, назначении основных узлов электронных приборов, их применении
Сформировать умения выполнять измерения параметров электрической цепи электронным вольтметром	<b>Лабораторное занятие № 5</b> Выполнение измерений параметров электрической цепи электронным вольтметром	Выполняет измерения параметров электрической цепи электронным вольтметром
<p>Одним из направлений совершенствования измерительной техники является разработка приборов с использованием достижения электротехники. Электронные приборы по сравнению с электромеханическими обладают значительным быстродействием, большим диапазоном измерений и высокой точностью. Обратите внимание на использование электронных приборов в различных областях сельскохозяйственного производства. При изучении устройства электронного вольтметра надо помнить, что он представляет собой прибор с</p>		

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>электромеханическим измерительным механизмом и схемой выполненной на электронных приборах. Важно разобраться в принципе составления структурных и принципиальных схем электронных и цифровых приборов.</p> <p>Обратите внимание на их преимущества и недостатки, принцип действия, конструкцию, область применения.</p> <p>Литература [1], с. 54-98; [2], с. 76-87; [4], с. 94-141; [6], с. 179-209; [9], с. 105-110.</p>		
<b>Раздел 5 Цифровые измерительные приборы</b>		
Сформировать знания о цифровых измерительных приборах, их классификации, назначении и структурной схеме цепи	Сформировать знания о цифровых измерительных приборах, их классификации, наз-начении и структурной схеме цепи	Сформировать знания о цифровых измерительных приборах, их классификации, назначении и структурной схеме цепи
Сформировать умения по выполнению измерений электрических величин цифровыми приборами	<b>Лабораторное занятие № 6</b> Сформировать умения по выполнению измерений электрических величин цифровыми приборами	Сформировать умения по выполнению измерений электрических величин цифровыми приборами
<p>Важно разобраться в принципе составления структурных и принципиальных схем цифровых приборов.</p> <p>Обратите внимание на их преимущества и недостатки, принцип действия, конструкцию, область применения.</p> <p>Литература [1], с. 98-113; [2], с. 87-98; [4], с. 158-222; [6], с. 217-238; [9], с. 141-174.</p>		
<b>Раздел 6 Масштабные измерительные преобразователи</b>		
Сформировать знания о назначении, схемах включения, области применения и методике выбора масштабных измерительных преобразователей	Сформировать знания о назначении, схемах включения, области применения и методике выбора масштабных измерительных преобразователей	Сформировать знания о назначении, схемах включения, области применения и методике выбора масштабных измерительных преобразователей
Сформировать умения по сборке схем расширения пределов измерения амперметра и выполнению измерений	<b>Лабораторное занятие № 7</b> Сформировать умения по сборке схем расширения пределов измерения амперметра и выполнению измерений	Сформировать умения по сборке схем расширения пределов измерения амперметра и выполнению измерений
Сформировать умения по сборке схем расширения пределов измерения вольтметра, выполнение измерений	<b>Лабораторное занятие № 8</b> Сформировать умения по сборке схем расширения пределов измерения вольтметра, выполнение измерений	Сформировать умения по сборке схем расширения пределов измерения вольтметра, выполнение измерений

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>В практике электрических измерений часто встречается необходимость измерить ток или напряжение, значения которых превосходят номинальные величины измерительных приборов. Необходимо знать, что для расширения пределов измерения по току в цепях постоянного тока используются шунты, а в цепях переменного тока – трансформаторы тока.</p> <p>Расширение пределов измерения по напряжению в цепях постоянного тока осуществляется при помощи добавочных сопротивлений, а в цепях переменного тока – при помощи добавочных сопротивлений и трансформаторов напряжения. Запомните, что расширение пределов измерения при помощи шунтов практически возможно лишь в цепях постоянного тока, потому что при переменном токе распределение тока зависит от частоты и от частоты зависит индуктивное сопротивление прибора и шунта.</p> <p>Идея шунтирования электроизмерительных приборов основана на использовании свойства параллельного соединения резистора, а идея расширения пределов измерения приборов по напряжению – на использовании свойства последовательного соединения резисторов.</p> <p>Для уменьшения температурной погрешности шунты и добавочные сопротивления изготавливаются из сплава с большим удельным сопротивлением – манганина, так как его сопротивление мало зависит от температуры.</p> <p>Следует научиться производить расчет и выбор шунтов и добавочных сопротивлений. Возможность шунтирующих и добавочных резисторов для расширения пределов измерения приборов ограничена.</p> <p>Увеличение напряжения, особенно в цепях переменного тока, связано с увеличением габаритов шунтов и добавочных сопротивлений и нестабильностью их сопротивлений.</p> <p>Поэтому в цепях переменного тока возможности приборов расширяют при помощи измерительных трансформаторов.</p> <p>Использование измерительных трансформаторов основано на преобразовании по величине тока, текущего в его первичной обмотке, или напряжения, приложенного к ней.</p> <p>Необходимо научиться производить выбор измерительных трансформаторов и определить искомые величины по показаниям приборов и коэффициентам трансформации.</p> <p>Уделите внимание составлению принципиальных схем с использованием измерительных трансформаторов, особенно в трёхфазных цепях при измерении мощности и энергии.</p> <p>Уясните, как определяется максимальное количество приборов, которые могут быть подключены к одному измерительному трансформатору, почему вторичную обмотку трансформатора тока нельзя оставлять разомкнутой, какие при этом могут быть последствия.</p> <p>Разберитесь, в каком режиме должен работать трансформатор напряжения и в каком режиме он фактически работает, а также почему трансформатор тока должен работать в режиме короткого замыкания и в каком режиме он работает фактически. Изучите схемы включения и конструкции трансформаторов тока и напряжения. По рекомендованной литературе изучите программный материал. Разберите</p>		

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>решённые примеры. Ответьте на вопросы для самоконтроля.  Литература [1], с. 41-45; [2], с. 98-108; [6], с. 40-56; [9], с. 70-76, 110-128.</p>		
<b>Раздел 7 Измерение силы тока и напряжения</b>		
Сформировать знания о методах и средствах измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного, переменного тока и в широком диапазоне частоты	Измерение силы тока и напряжения в цепях постоянного тока. Измерение силы тока и напряжения в цепях переменного тока. Измерение силы тока и напряжения в широком диапазоне частот	Объясняет методы и средства измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного, переменного тока и в широком диапазоне частот
<p>Сначала ознакомьтесь с измерениями тока и напряжения. При этом важно понять принципы, на которых основаны эти измерения. Измеряемый ток пропускается через измерительный механизм и по величине воздействия судят о величине измеряемого тока.</p> <p>Отсюда следует, что амперметр нужно включать в цепь последовательно с участком цепи, в котором измеряется ток.</p> <p>Измерение напряжение основано на оценке величины тока в цепи с известным сопротивлением, к которому подведено искомое напряжение.</p> <p>Значение напряжения определяется как произведение тока на величину известного сопротивления. Для облегчения измерения шкала измерительного механизма градуируется в единицах измерения напряжений.</p> <p>Следовательно, один и тот же механизм можно использовать как для измерения тока, так и для измерения напряжения, создавать комбинированные приборы.</p> <p>Из курса ТЭО известно, что напряжение есть разность потенциалов между двумя точками электрической цепи и оно измеряется вольтметром. На основании этого вольтметр включается в цепь параллельно участку, напряжение на зажимах которого мы желаем измерить. Так как прибор, включаемый в исследуемую электрическую цепь, должен по возможности меньше изменять её параметры, то желательно, чтобы амперметр имел внутреннее сопротивление, равное нулю, а вольтметр – бесконечности.</p> <p>Тогда амперметр, включённый в цепь для измерения тока, не изменит сопротивление цепи и в его обмотке не произойдёт падения напряжения.</p> <p>Вольтметр, подключённый для измерения напряжения, не изменит проводимость цепи и не будет потреблять ток.</p> <p>Практически осуществить эти условия невозможно, и поэтому лучшим считается тот амперметр, который имеет наименьшее внутреннее сопротивление (значит, и наименьшее собственное потребление ) и тот вольтметр, у которого внутреннее сопротивление больше.</p> <p>Практически сопротивление амперметра и токовых обмоток других приборов составляет десятые и сотые доли Ома, а сопротивление вольтметра и обмоток напряжений других приборов – десятки тысяч Ом.</p> <p>Надо так же учитывать, что даже такие простые электроизмерительные приборы, как амперметр и вольтметр, могут быть включены неправильно, что нередко</p>		

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>приводит к нежелательным последствиям.</p> <p>Литература [1], с. 113-135; [2], с. 121-126; [4], с. 53-55, 59-60, 62-64; [6], с. 239-252; [9], с. 70-72, 174-181.</p>		
<b>Раздел 8 Измерение параметров электрических цепей</b>		
Сформировать знания об основных методах измерения сопротивлений, методах измерения емкости, индуктивности	Измерение сопротивлений. Особенности измерения малых, средних и больших сопротивлений. Измерение сопротивлений методом амперметра и вольтметра, омметром, мегомметром, одинарным мостом. Измерение сопротивления изоляции электроустановок и заземляющих устройств. Измерение емкости, индуктивности и взаимной индуктивности	Объясняет основные методы измерения сопротивлений, методы измерения емкости, индуктивности
Сформировать умения по сборке схем, выполнению измерений сопротивлений косвенным методом, рассчитывать погрешности измерений при различных способах включения амперметра и вольтметра	<b>Лабораторное занятие № 9</b> Сборка схем и выполнение измерений сопротивления косвенным методом, расчет погрешности измерений при различных способах включения амперметра и вольтметра	Собирает схемы, выполняет измерение сопротивления косвенным методом, рассчитывает погрешности измерений при различных способах включения амперметра и вольтметра, анализирует, делает выводы
Сформировать умения по сборке схем и выполнению измерений индуктивности косвенным методом	<b>Лабораторное занятие № 10</b> Сборка схем и выполнение измерений индуктивности косвенным методом	Собирает схемы, выполняет измерения индуктивности косвенным методом, анализирует, делает выводы
<p>По рекомендованной литературе изучите программный материал. Разберите решённые примеры. Ответьте на вопросы для самоконтроля.</p> <p>Литература [1], с. 163-184; [2], с. 141-162; [6], с. 253-275; [9], с. 181-230.</p>		
<b>Раздел 9 Измерение мощности</b>		
Сформировать знания о методах измерения мощности, схемах включения ваттметров в	Измерение мощности в цепях постоянного тока. Методы измерения активной мощности в однофазных и трехфазных	Объясняет методы измерения мощности и схемы включения ваттметров в цепях

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
цепях постоянного и переменного тока	цепях переменного тока. Схемы включения ваттметров. Расширение пределов измерения трехфазных ваттметров. Измерение реактивной мощности	постоянного и переменного тока
Сформировать умения по сборке схем и выполнению измерений мощности в трехфазных цепях	<b>Лабораторное занятие № 11</b> Сборка схем и выполнение измерений активной мощности в трехфазных цепях	Собирает схемы, выполняет измерения мощности в трехфазных цепях, анализирует, делает выводы

Из курса «Теоретические основы электротехники» известно, что мощность в цепи постоянного тока зависит от величины напряжения и тока.

Поэтому прибор для измерения мощности (ваттметр) должен в своём устройстве иметь два чувствительных элемента, один из которых должен реагировать на изменение напряжения, другой – на изменение тока, а результат передавать на указатель прибора.

Из раздела 2 нам известно, что два чувствительных элемента имеют приборы электродинамической, ферродинамической и индукционной систем. Обратите внимание на обозначение генераторных зажимов обмоток ваттметров, как это учитывается при включении приборов.

Надо также запомнить, что для изменения направления движения подвижной части прибора достаточно изменить направление тока в одной из обмоток прибора.

В цепях переменного тока мощность зависит ещё от величины угла сдвига фаз между током нагрузки и напряжением на её зажимах.

Казалось бы, нужен механизм с тремя чувствительными элементами, но роль третьего элемента в механизмах электродинамической, ферродинамической и индукционной систем, когда они работают в цепях переменного тока, играет зависимость вращающего момента от величины угла сдвига по фазе между магнитными потоками обмоток  $\alpha$ . В конструкции прибора остаётся лишь обеспечить зависимость этого угла от угла сдвига фаз между током нагрузки и напряжением на ней  $\varphi$ . Тогда с изменением угла  $\alpha$  на столько же изменится и угол  $\varphi$ , отчего в необходимой степени изменится и вращающий момент. Таким образом, вращающий момент, действующий на подвижную систему, оказывается зависящим не только от тока и напряжения, но и от сдвига фаз между ними  $\varphi$ .

При измерении мощности главное внимание обратите на схемы включения ваттметров при измерении как активной, так и реактивной мощности с нормальными и расширенными пределами измерения в однофазных и трёхфазных трёх – и четырёх проводных цепях при симметричных и несимметричных нагрузках.

Особенно хорошо надо усвоить схему Арона и доказательство к ней, использование её для вычисления величины реактивной мощности и угла сдвига фаз в нагрузке, а также её применимость.

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>При этом имейте в виду, что схема Арона предназначена для измерения активной мощности, а для измерения реактивной мощности с помощью двух ваттметров используется схема с искусственной нулевой точкой.</p> <p>Обратите особое внимание на схемы включения ваттметров. Потренируйтесь для составления схем для измерения мощностей.</p> <p>По рекомендованной литературе изучите программный материал. Разберите решённые примеры. Ответьте на вопросы для самоконтроля.</p> <p>Литература [1], с. 135-144; [2], с. 126-136; [4], с. 58-59, 60-62, 64; [6], с. 275-294; [9], с. 230-256.</p>		
<b>Раздел 10 Измерение энергии</b>		
Сформировать знания об устройстве, принципе действия и схемах включения электрических счетчиков	Однофазный индукционный счетчик: конструкция, схема включения в цепь, постоянная счетчика, компенсационный момент, самоход счетчика. Измерение активной и реактивной энергии в трехфазных цепях. Схемы включения счетчиков через измерительные трансформаторы. Электронные счетчики	Объясняет устройство, принцип действия и схемы включения электрических счетчиков
Сформировать умения по выполнению поверки однофазного индукционного счетчика электрической энергии	<b>Лабораторное занятие № 12</b> Поверка однофазного индукционного счетчика электрической энергии	Выполняет поверку однофазного индукционного счетчика электрической энергии, анализирует, делает выводы
Сформировать умения по сборке схем, выполнению измерений электрической энергии в трехфазных цепях, рассчитывать погрешности измерений счетчика при различных нагрузках	<b>Лабораторное занятие № 13</b> Сборка схем и выполнение измерений электрической энергии в трехфазных цепях. Расчет погрешности измерений счетчика при различных нагрузках	Собирает схему, выполняет измерения электрической энергии в трехфазных цепях, рассчитывает погрешности измерений счетчика при различных нагрузках анализирует, делает выводы
<p>При изучении вопроса « Учёт электрической энергии» обратите внимание на особенности счётчика электрической энергии, отличающие его от других электроизмерительных приборов. Электрическая схема счётчика не отличается от электрической схемы ваттметра. Из Курса «Теоретические основы электротехники» известно, что энергия – это мощность за единицу времени.</p> <p>Поскольку счётчик должен реагировать на всякие изменения мощности, то его</p>		



Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>электрическая часть должна быть подобна ваттметру. Но показания счётчика должны всё время увеличиваться, для этого счётчик имеет в своём устройстве счётный механизм.</p> <p>Поэтому счётчик называется суммирующим или интегрирующим прибором. Обратите внимание на обозначение зажимов обмоток счётчиков. Генераторные зажимы таковых обмоток счётчиков обозначаются буквой Г, а зажимы, к которым подключается нагрузка – буквой Н.</p> <p>Зажимы обмоток напряжения счётчиков, предназначены для включения в трёхфазные трёх- или четырёхпроводные цепи, обозначаются цифрами 1, 2, 3, ..., 0. Запомните типы счётчиков и обозначение букв и цифр:</p> <p style="text-align: center;">СА-3; СА-4; СА-4У; СР-3; СР-4; СР-4У,</p> <p>где С - счётчик электрической энергии;</p> <p>А- для учёта активной энергии;</p> <p>Р- для учёта реактивной энергии;</p> <p>3- для трёхфазной трёхпроводной цепи;</p> <p>4- для трёхфазной четырёхпроводной цепи;</p> <p>У- универсальный, предназначен для работы с измерительными трансформаторами тока и напряжения с любыми коэффициентами трансформации. Обратите особое внимание на схемы включения счётчиков. Потренируйтесь для составления схем для измерения энергии. В результате изучения однофазного счётчика индукционной системы надо знать его устройство, принцип работы, преимущества, недостатки и регулировку дополнительных механизмов, уяснить основные правила установки счётчиков.</p> <p>Литература [2], с. 139-141; [4], с. 58-59, 60-62, 64; [6], с. 295-309; [9], с. 256-271.</p>		
<b>Раздел 11 Измерение коэффициента мощности и частоты</b>		
Сформировать знания по методам измерения коэффициента мощности и частоты	Косвенные методы измерения коэффициента мощности. Измерение коэффициента мощности фазометром. Измерение частоты	Объясняет методы измерения коэффициента мощности и частоты
Сформировать умения по сборке схем и выполнению измерения коэффициента мощности при различных видах нагрузки	<b>Лабораторное занятие № 14</b> Сборка схем и выполнение измерения коэффициента мощности при различных видах нагрузки	Собирает схемы, выполняет измерения коэффициента мощности при различных видах нагрузки, анализирует, делает выводы
Сформировать умения по сборке схем и выполнению измерения электрических величин электронным	<b>Лабораторное занятие № 15</b> Сборка схем и выполнение измерения напряжений, токов и частот при помощи электронного осциллографа	Собирает схемы, выполняет измерения напряжения, токов и частот при помощи электронного

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
осциллографом		осциллографа, анализирует, делает выводы

Коэффициент мощности имеет большое технико-экономическое значение для энергетики страны. Обратите внимание на определение средневзвешанного коэффициента мощности электроустановки, который вычисляется для некоторого периода времени по показаниям счётчиков активной и реактивной энергии. Эта величина более полно характеризует работу электроустановки в реальных условиях при изменении нагрузки, чем показания фазометра в данное мгновение времени. Средневзвешанный коэффициент мощности определяется по формуле

$$\cos \varphi_{CP.B3.} = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}$$

где  $W_a$  – активная энергия, учтённая счётчиком активной мощности;

$W_p$  – реактивная энергия, учтённая счётчиком реактивной энергии.

Ознакомьтесь с устройством, назначением, принципом работы фазометров и частотомеров. Изучите основные правила техники безопасности при измерении электрических величин.

По рекомендованной литературе изучите программный материал. Разберите решённые примеры. Ответьте на вопросы для самоконтроля.

Литература [1], с. 144-163; [2], с. 152-156; [4], с. 57-58, 62, 65-67; [6], с. 310-321; [9], с. 271-280.

## Раздел 12 Измерение магнитных величин

Сформировать знания о магнитных величинах, способах их измерения	Измерение магнитного потока, магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Способы определения магнитных характеристик материалов	Характеризует магнитные величины и способы их измерения
--	--	---

По рекомендованной литературе изучите программный материал. Разберите решённые примеры. Ответьте на вопросы для самоконтроля.

Литература [2], с. 162-173; [6], с. 321-349; [9], с. 299-320.

## Раздел 13. Измерение неэлектрических величин

Сформировать знания о классификации, методах преобразования и принципе действия измерительных преобразователей неэлектрических величин	Общие сведения об измерениях неэлектрических величин. Характеристики и классификация измерительных преобразователей неэлектрических величин. Электромагнитные, тепловые, резистивные и электростатические измерительные	Объясняет классификацию, методы преобразования и принцип действия измерительных преобразователей неэлектрических величин
--	---	--

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
	преобразователи: принцип действия и область применения. Измерение температуры, влажности и параметров продукции животноводства: кислотность и жирность	

Рассматривая вопросы измерения какой-либо неэлектрической величины, предусмотренные программой курса, необходимо её изменение превратить в изменение какой-либо электрической величины (тока, напряжения) и измерять эту электрическую величину.

Кроме того, необходимо знать, какой из преобразователей может быть использован в каждом конкретном случае. Преобразователь – это устройство, предназначено для преобразования неэлектрических величин в электрические.

При изучении этой темы обратите внимание на то, что все датчики по принципу действия подразделяют на параметрические и генераторные. Параметрические датчики под воздействием измеряемой неэлектрической величины изменяют один или несколько электрических параметров (сопротивление, индуктивность, ёмкость). Они работают при наличии источника вспомогательной электрической энергии. В генераторном датчике под влиянием измеряемой неэлектрической величины возникает ЭДС или ток, которые и изменяются соответствующим измерительным прибором.

Например, под влиянием давления в пьезометрическом датчике возникает ЭДС, величина которой пропорциональна величине давления, поэтому по величине ЭДС можно судить о величине давления.

При изучении датчиков рекомендуется изобразить принципиальные и функциональные схемы измерения. Уясните, что является входной и выходной величинами для рассматриваемой схемы измерения, Какие вспомогательные элементы и устройства при этом используются.

Важность изучаемых в этой теме вопросов состоит в том, что преобразователи широко используются в сельскохозяйственном производстве во многих автоматических системах.

Литература [1], с. 184-205; [2], с. 173-226; [4], с. 222-269; [6], с. 350-373; [9], с. 320-337.

#### **Раздел 14. Измерительные информационные системы**

Сформировать понятие об измерительных информационных системах	Общие сведения об измерительных информационных системах. Основные структуры измерительных информационных систем. Телеизмерительные системы	Объясняет структуру и состав измерительных информационных систем
---	--	--

Обратите внимание на то, что ранее рассмотренные средства электрических измерений не допускали значительного удаления от измеряемого объекта вследствие больших влияний внешних факторов на линию связи.

Цели изучения темы	Содержание темы	Результаты
1	2	3
<p>Поэтому удаление измерительных средств от исследуемого объекта обычно не превышает сотен метров.</p> <p>В практике возникает необходимость осуществлять измерения или контроль на объектах, находящихся на значительном расстоянии от места нахождения оператора.</p> <p>Такая необходимость встречается, например, при передаче измерительной информации со спутников Земли, космических летательных аппаратов.</p> <p>В энергетических системах наблюдение за режимом работы электрических станций производится с диспетчерского пункта, находящегося иногда на больших расстояниях.</p> <p>При изучении программного материала обратите особое внимание на принцип построения телеизмерительных систем.</p> <p>Литература [1], с. 205-217; [2], с. 111-121; [6], с. 373-386.</p> <p>Л-5 стр. 333-355</p>		

### **3. Список использованных источников**

#### **Основная литература**

1. Атамалян, Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин / Э. Г. Атамалян. – Москва: Высшая школа, 1982. – 223 с.
2. Кравцов, А. В. Электрические измерения / А. В. Кравцов. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 239с.
3. Кравцов, А. В. Метрология и электрические измерения / А. В. Кравцов. – Москва: Колос, 1999. – 216 с.
4. Панфилов, В. А. Электрические измерения / В. А. Панфилов. – Москва: Академия, 2010. – 284 с.
5. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. – Москва: Высшая школа, 2001. – 205 с.
6. Малиновский, В. Н. Электрические измерения : учебник для техникумов / В. Н. Малиновский, Р. М. Демидова-Панферова, В. С. Попов [и др.]. – Москва: Энергоатомиздат, 1982. – 392 с.

#### **Дополнительная литература**

7. Авдеев, Б. Я. Основы метрологии и электрические измерения : учебник для техникумов / Б. Я. Авдеев, Е. М. Душин, Е. М. Антонюк [и др.] ; под ред. Е. М. Душина. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
8. Панев, Б. И. Электрические измерения: справочник / Б. И. Панев. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 223 с.
9. Попов, В. С. Электрические измерения / В. С. Попов. - Москва: Энергия, 1974 – 373 с.

#### **4. Критерии оценки выполнения домашней контрольной работы**

При выполнении контрольных работ необходимо соблюдать следующие требования:

1. Каждая контрольная работа выполняется в отдельной тетради, аккуратно и разборчивым почерком, без помарок и исправлений. Для замечаний рецензента оставляют поля 3-3,5 см.

2. Условия вопросов и задач должны быть переписаны полностью. Для задач должны быть приведены данные своего варианта.

3. Ответы на вопросы должны быть краткими, точными, по существу вопроса и сопровождаться соответствующими иллюстрациями: рисунками, схемами, эскизами.

4. Решения задач должны сопровождаться краткими пояснениями, схемами, графиками, выполненными в соответствии с ГОСТами. При решении сначала записывается формула, затем подставляются числовые значения (последовательность подстановки числовых значений величин должна быть такая же, как и буквенных) и пишется конечный ответ с указанием единицы измерения. Промежуточные вычисления должны быть исключены. Вычисления должны содержать три значащие цифры. Все величины должны измеряться только в единицах СИ.

5. В конце работы указывается литература, которой пользовались при выполнении контрольной работы, ставится дата и подпись.

Контрольные работы, выполненные небрежно, с отступлениями от требований или в неполном объеме к рецензированию не принимаются и не зачитываются.

В зачтенных контрольных работах к экзамену должны быть представлены дополнения и исправления по замечаниям рецензента.

Не зачтенные работы представляются на повторную проверку вместе с первоначальным не зачтенным экземпляром.

Необходимо строго придерживаться установленных буквенных обозначений и наименований каждой электрической величины. Завершая работу, перечислите использованную литературу, указав фамилию автора, наименование пособия, название издательства и год издания.

Занятия, проводимые во время лабораторно-экзаменационной сессии, призваны помочь в освоении более сложных вопросов предмета, и носят обзорный характер.

Учащиеся, получившие зачет по контрольной работе, выполнившие и представившие отчеты по всем лабораторно-практическим работам, допускаются к сдаче экзамена.

## **5. Методические рекомендации по выполнению и оформлению домашней контрольной работы**

Домашняя контрольная работа проводится с целью текущего контроля за самостоятельной деятельностью учащихся заочной формы обучения и её координации в межсессионный период. Контрольная работа выполняется самостоятельно после изучения материала дисциплины. Вариант контрольных работ состоит из теоретических и практических заданий. Номера вопросов и заданий определяются по двум последним цифрам шифра из таблицы распределения вопросов и заданий.

Домашняя контрольная работа выполняется рукописным способом, разборчивым почерком в объеме 12-18 листов ученической тетради синими чернилами, через строчку.

Вопросы и практические задания контрольной работы следует переписывать полностью с указанием номеров по таблице распределения вопросов. В тексте можно использовать только общепринятые сокращения слов. Текстовая часть контрольной работы может быть снабжена графиками, рисунками, схемами, эскизами, диаграммами, выполненными чётко и аккуратно (допускается ксерокопия). Каждый следующий вопрос задания пишется с новой страницы.

Если в работе используются выписки из правовых источников или другой литературы, то их заключают в кавычки, а рядом, в скобках, указывают номер источника в списке использованных источников и страницу.

Выполненная домашняя контрольная работа датируется и подписывается учащимся, оформляется титульный лист.

Выполненная в соответствии с заданием домашняя контрольная работа, высылается в учреждение образования, обеспечивающее получение среднего специального образования, на рецензирование в сроки, установленные учебным графиком. По результатам выполненной домашней контрольной работы пишется рецензия преподавателя.

В случае возникновения затруднений, связанных с изучением дисциплины и выполнения контрольной работы, учащиеся могут обращаться за устной консультацией в учреждение образования.

## **6. Задания для выполнения домашней контрольной работы**

Таблица 1-Распределения вопросов и заданий контрольных работ по вариантам

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,11, 21,31, 41,51	2,12, 22,32, 42,51	3,13, 23,33, 43,51	4,14, 24,34, 44,51	5,15, 25,35, 45,51	6,16, 26,36, 46,51	7,17, 27,37, 47,51	8,18, 28,38, 48,51	9,18, 29,39, 49,51	10,20, 30,40, 50,51
1	2,13, 24,35, 46,51	3,14, 25,36, 47,51	4,15, 26,37, 48,51	5,16, 27,38, 49,51	6,17, 28,39, 47,51	7,18, 29,40, 41,51	8,19, 30,31, 42,51	9,20, 21,32, 43,52	10,11, 22,33, 44,52	1,12, 23,34, 45,52
2	3,15, 27,39, 42,52	4,16, 28,40, 43,52	5,17, 29,31, 44,52	6,18, 30,32, 45,52	7,19, 21,33, 46,52	8,20, 22,34, 47,52	9,11, 23,35, 48,52	10,12, 24,36, 49,52	1,13, 26,37, 50,52	2,14, 26,38, 41,52
3	4,17, 30,33, 48,52	5,18, 21,34, 49,52	6,19, 22,35, 50,52	7,20, 23,36, 41,52	8,11, 24,37, 42,53	9,13, 25,38, 43,53	10,13, 26,39, 44,53	1,14, 27,40, 45,53	2,15, 28,31, 46,53	3,16, 29,32, 47,53
4	5,19, 23,37, 43,53	6,20, 24,38, 44,53	7,11, 25,39, 45,53	8,12, 26,40, 46,53	9,13, 27,31, 47,53	10,14, 28,32, 48,53	1,15, 29,33, 49,53	2,16, 30,34, 50,53	3,17, 21,35, 41,53	4,18, 22,36, 42,53
5	6,12, 26,38, 44,51	7,13, 27,39, 45,51	8,14, 28,40, 46,51	9,15, 29,31, 47,51	10,16, 30,32, 48,51	1,17, 21,33, 49,51	2,18, 22,34, 50,51	3,19, 23,35, 41,51	4,20, 24,36, 42,51	5,11, 25,37, 43,51
6	7,14, 29,32, 47,51	8,15, 30,33, 48,51	9,16, 21,34, 49,51	10,17, 22,35, 50,51	1,18, 23,36, 41,51	2,19, 25,37, 42,51	3,20, 25,38, 43,51	4,11, 26,39, 44,52	5,12, 27,40, 45,52	6,13, 28,31, 46,52
7	8,16, 22,34, 45,52	9,17, 23,35, 46,52	10,18, 24,36, 47,52	1,19, 25,37, 48,52	2,20, 36,38, 49,52	3,11, 27,39, 50,52	4,12, 28,31, 41,52	5,13, 29,31, 42,52	2,12, 22,32, 42,52	6,14, 30,32, 43,52
8	7,15, 21,33, 44,52	9,18, 25,40, 50,52	10,19, 26,31, 41,52	1,20, 27,32, 42,52	3,12, 29,34, 44,53	4,13, 30,35, 45,53	5,14, 21,36, 46,53	6,15, 22,37, 47,53	7,16, 23,38, 48,53	8,17, 24,39, 49,53
9	10,20, 28,36, 49,53	1,11, 29,37, 50,53	2,12, 30,38, 41,53	3,13, 21,39, 42,53	4,14, 22,40, 43,53	5,15, 23,31, 44,53	6,16, 24,32, 45,53	7,17, 25,33, 46,53	8,18, 26,34, 47,53	9,19, 27,35, 48,53



1. Определить класс точности амперметра с пределом измерения 10А, если точкам шкалы 2,4,6,8,10А соответствуют значения токов: 2,058; 3,924; 6,019; 8,023; 9,981А.

2. При измерении напряжения потребителя, включенного в электрическую цепь, вольтметр показал 13,5В. Найти абсолютную и относительную погрешности измерения, если сопротивление потребителя 7Ом, ЭДС источника электрической энергии 14,2В, его внутреннее сопротивление 0,1Ом. Начертить схему включения приборов.

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

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

5. Миллиамперметр рассчитан на ток 500мА и имеет чувствительность 0,5дел/мА. Чему равны число делений шкалы, цена деления и измеренный ток, если указатель миллиамперметра отклонился на 30 делений.

6. При поверке электроизмерительных приборов установлено, что основные приведенные погрешности их были равны 0,45; 1,2; и 1,8%. Какой класс точности имеет каждый из приборов? Чему может быть равна их наибольшая абсолютная погрешность при пределе измерения 100В?

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

8. Сопротивления изоляции двухпроводной линии, работающей под напряжением 120В, измерялось вольтметром с внутренним сопротивлением 36 кОм. Напряжение между проводами и землей оказалось :  $U_1=45В$ ,  $U_2=60В$ .

Определить значения сопротивления на землю и оценить качество изоляции.

9. Какое напряжение покажет вольтметр, присоединенный к зажимам источника, ЭДС которого 35В, а внутреннее сопротивление 40Ом, если сопротивление вольтметра 1460Ом. Определите показание вольтметра, имеющего сопротивление 4460Ом. Сравните результаты расчетов и сделайте вывод о точности измерения ЭДС в обоих случаях.

10. Перечислите основные детали электроизмерительных приборов, дайте краткую характеристику о каждой из них и укажите их назначение.

11. Шунт для увеличения пределов измерения амперметра с 1 до 100А выполнен из четырех включенных параллельно манганиновых пластин сечением 1х3мм. Рассчитать необходимую длину пластин, если внутреннее сопротивление амперметра в номинальных условиях равно 0,1Ом. Составить схему амперметра.

12. Вольтметр класса точности 1,0 с пределом измерения 300В, имеющий максимальное число делений 150. Поверен на отметках 30, 60, 100, 120 и 150 делений, при этом абсолютная погрешность в этих точках составила 1,8; 0,7; 2,5; 1,2; и 0,8В. Определить, соответствует ли прибор указанному классу точности и относительные погрешности на каждой отметке.

13. Необходимо измерить напряжение в пределах 20-30В. Какой из вольтметров позволяет произвести измерение с большей точностью:

- а) с верхним пределом 50В и классом точности 2,5;
- б) с верхним пределом 100В и классом точности 1,5;
- в) с верхним пределом 300В и классом точности 0,5;
- г) с верхним пределом 150В и классом точности 1.

14. К электростатическому вольтметру, внутренняя емкость которого 200пф, последовательно подсоединен конденсатор емкостью 40пф. Какое максимальное напряжение можно измерить вольтметром теперь, если шкала его имеет 150 делений, а цена одного деления 0,5В/дел. Начертить схему включения приборов.

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

16. Амперметр, сопротивление которого  $R_a = 0,3\text{Ом}$ , имеет на шкале 150 делений и постоянная прибора  $C_a = 0,001\text{А/дел}$ . Определите сопротивление шунта, при помощи которого можно было бы измерять ток до 300А. Начертить схему включения.

17. Определить показания двух последовательно включенных магнитоэлектрических миллиамперметров с конечным значением шкалы  $I_n = 100\text{мА}$  и классами точности 1,0 и 0,5. Действительное значение тока при измерении 50мА. Определить наибольшую разницу в показаниях двух миллиамперметров? Начертить схему включения приборов.

18. Определите величину добавочной емкости, если предел измерения вольтметра на 1кВ необходимо расширить до 18кВ, а емкость вольтметра составляет 460пф. Расширение предела измерения электростатического вольтметра производится путем последовательного подключения добавочной емкости.

19. В качестве измерительного прибора универсального тестера используется микроамперметр с пределом измерения  $50\text{мкА}$  и внутренним сопротивлением  $720\text{Ом}$ . Рассчитать:

- а) шунты для трех пределов измерения тока  $100\text{мА}$ ,  $1\text{А}$  и  $10\text{А}$ ;
- б) добавочные резисторы для трех пределов измерения на напряжения  $300\text{мВ}$ ,  $60$  и  $300\text{В}$ . Начертить схему включения приборов.

20. Для измерения силы тока и напряжения в цепи постоянного тока использовали один и тот же измерительный прибор с постоянной прибора  $C = 0,003\text{А/дел}$ , внутренним сопротивлением  $r = 0,01\text{Ом}$ , числом делений шкалы  $50$  и класса точности  $1,0$ . Определить: а) сопротивление шунта  $r_{\text{ш}}$ , с помощью которого можно измерить этим прибором силу тока  $I = 12\text{А}$ ; б) величину добавочного сопротивления  $r_{\text{доб}}$ , с помощью которого можно измерить напряжение  $U = 30\text{В}$ ; в) чувствительность прибора и наибольшую абсолютную погрешность при нормальных условиях работы. Приведите схему прибора.

21. Для измерения мощности ваттметр включен через трансформаторы тока  $150/5$  и напряжения  $6000/100$ . Вычертить схему включения. Класс точности ваттметра  $1,5$ . Найти мощность потребителя, если показание ваттметра равно  $280\text{Вт}$ . Чему равна наибольшая возможная абсолютная погрешность измерения? Начертить схему включения приборов.

22. В однофазной цепи переменного тока через трансформатор тока  $300/5$  и трансформатор напряжения  $10000/100$  включены амперметр, вольтметр и ваттметр. Начертить схему измерения и определить ток, напряжение и мощность потребителя, если показание приборов  $2\text{А}$ ,  $80\text{В}$  и  $250\text{Вт}$ .

23. Два вольтметра с одинаковыми пределами измерения  $300\text{В}$ , но с разными сопротивлениями:  $R_1 = 3\text{кОм}$  и  $R_2 = 2\text{кОм}$ , соединены последовательно. Измеряют напряжение  $380\text{В}$ . Определить показания каждого вольтметра. Начертить схему включения.

24. Определите длину контрольного кабеля с медными жилами сечением  $2,5\text{мм}^2$  от трансформатора тока с номинальным сопротивлением  $0,5\text{Ом}$  к приборам: амперметру электромагнитной системы и ваттметру электродинамической системы (сопротивление их катушек по  $0,12\text{Ом}$ ). Приведите схему соединения трансформатора тока с приборами.

25. Активная мощность трехфазной симметрической нагрузки, включенной по схеме "Звезда", измеряется по методу двух ваттметров. Действующее значение линейного напряжения  $U_{\text{л}} = 220\text{В}$ . Полное сопротивление каждой фазы  $Z_{\text{ф}} = 120\text{Ом}$ . Определить показание второго ваттметра при нулевом показании первого. Начертить схему включения.

26. В трехфазной четырехпроводной цепи с действующим значением линейного напряжения  $U_{\text{л}} = 220\text{В}$  и коэффициентом мощности нагрузки в каждой фазе  $0,7$ , показания ваттметров в фазах А, В и С равны  $210$ ,  $320$  и  $375\text{Вт}$ . Определить полную, активную и реактивную мощности, потребляемые нагрузкой, а также полное, активное, и реактивное сопротивления нагрузки в каждой фазе. Начертить схему включения приборов.

27. Через трансформатор тока  $50/5$  и трансформатор напряжения  $3000/100$  в однофазную цепь переменного тока включен ваттметр электродинамической системы с пределами измерения  $I_{\text{н}} = 5\text{А}$  и  $U_{\text{н}} = 150\text{В}$ . Определить активную мощность цепи и наибольшую относительную погрешность измерения, если ваттметр показал  $125$  делений. Класс точности прибора  $0,5$ , максимальное число делений  $150$  (классом точности измерительных трансформаторов пренебречь). Начертить схему включения приборов.

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

29. Вторичная обмотка трансформатора тока ТКЛ-3 рассчитана на включение амперметра с пределом измерения  $5\text{А}$ . Класс точности приборов  $0,5$ . Определить номинальный ток в первичной цепи и в амперметре, погрешности измерения приборов, если коэффициент трансформации  $K_{\text{тн}} = 60$ , а ток первичной цепи  $I_1 = 165\text{А}$ . Начертить схему включения.

30. Амперметр, вольтметр и ваттметр подключены к нагрузке через трансформаторы тока  $150/5\text{А}$  и напряжения  $1000/100\text{В}$ . Показания приборов при этом были следующие  $I = 2,4\text{А}$ ,  $U = 78\text{В}$  и  $P = 165\text{Вт}$ . Определить ток, напряжение и мощность нагрузки (активную, реактивную и полную),  $\cos\varphi$ . Начертить схему включения.

31. Для измерения активной мощности трехпроводной трехфазной цепи включены два ваттметра, показания которых  $2920\text{Вт}$  и  $730\text{Вт}$ . Амперметр и вольтметр измеряют соответственно фазный ток и линейное напряжение. Показание амперметра  $8\text{А}$ . Потребители включены звездой, нагрузка равномерная. Начертите схему включения всех приборов. Определите активную, реактивную и кажущуюся мощности, коэффициент мощности и линейное напряжение. Начертить схему включения.

32. Для измерения активной мощности трехфазной симметричной цепи, равной  $12\text{кВт}$ , с фазным напряжением  $220\text{В}$  и  $\cos\varphi = 0,85$  применены два одинаковых ваттметра электродинамической системы со шкалами на  $100$  делений. Подберите

ваттметры по току и напряжению, определите показание каждого ваттметра, составьте схему измерения. Начертить схему включения.

33. Определить номинальную  $S_{ном}$  и действительную  $S_{д}$  постоянные счетчика электрической энергии, его относительную погрешность и поправочный коэффициент, если паспортные данные счетчика: 220В, 5А, 50Гц, 1кВт·ч- 1280 оборотов диска. Счетчик проверен при напряжении 220В и токе 5А и сделал 150 оборотов за 6 минут. Начертите схему включения приборов.

34. Счетчик электрической энергии, включенный в цепь переменного тока напряжением 220В и частотой 50Гц, сделал 11600 оборотов за 15ч. Определить ток нагрузки при условии, что нагрузка постоянна  $S_{н} = 4800\text{Вт}\cdot\text{с}/\text{об}$ . Начертить схему включения.

35. Мощность электрического устройства составляет 2кВт. Какое время работал счетчик, если он сделал 40 оборотов, а постоянная счетчика 1400Вт·с/об. Какая энергия учитывается счетчиком за 20 оборотов.

36. Диск счетчика делает 188 оборотов в течение 10 минут. Нагрузкой являются три параллельно включенных лампы равной мощности. Вычислить мощность каждой лампы, если согласно маркировке 250 оборотам диска соответствуют 1кВт·ч. Начертить схему включения.

37. Какими причинами может быть вызван самоход индукционного счетчика электрической энергии, т.е. вращение диска при отсутствии тока в измерительной цепи? Каким образом можно устранить это явление?

38. Для поверки однофазного счетчика в цепь включили приборы: амперметр, вольтметр, ваттметр, счетчик электрической энергии. Начертить схему цепи, определить номинальную постоянную  $S_{н}$ , действительную постоянную счетчика  $S_{д}$ , абсолютную погрешность счетчика  $\Delta S$ , относительную погрешность счетчика, класс точности счетчика, если показание амперметра 3,5А, показание вольтметра 230В, за время 2мин. диск счетчика сделал 35 оборотов, в паспортных данных указано, что 1кВт·ч соответствует 1220 оборотов диска. Начертить схему включения.

39. Как устроен измерительный механизм приборов индукционной системы? Перечислите основные и дополнительные механизмы однофазного индукционного счетчика, их назначение.

40. При измерении сопротивления его подключили к источнику напряжения последовательно с вольтметром, имеющим сопротивление 3000Ом. При этом вольтметр показал 50В. При подключении этого вольтметра непосредственно к источнику - 60В. Определите величину измеряемого сопротивления. Начертите схему.

41. Вычислите сопротивление потребителя методом амперметра и вольтметра, если показание амперметра 4А, вольтметра 220В, сопротивление вольтметра 4000Ом. Задачу решить для двух случаев:
- а) не учитывая тока, проходящего по вольтметру;
  - б) с учетом его.
- Начертить схему включения приборов.
42. Для измерения сопротивления обмотки электрической машины с помощью амперметра и вольтметра были использованы амперметр, показывающий 1,1А, и милливольтметр, показывающий 33мВ. Начертите схему измерения и определите абсолютную и относительную погрешности, допущенные при определении искомого сопротивления без учета сопротивления милливольтметра, равного 10Ом. Погрешности приборов во внимание не принимать.
43. Составить схему измерения и определить активную, реактивную и полную мощность в трехфазной симметричной сети, если измерение производится методом двух ваттметров с номинальной мощностью 1500Вт и шкалой на 150 делений, включенных через трансформаторы тока 100/5; показания ваттметров 50 и 70 делений.
44. В трехпроводную цепь трехфазного тока через трансформаторы напряжения 6000/100 и тока 200/5 включены приборы, которые показывают:  $I = 4,2\text{А}$ ,  $U = 97\text{В}$ ,  $P_1 = 53\text{Вт}$ ,  $P_2 = 310\text{Вт}$ . Определить действительные значения тока, напряжения, мощности и коэффициента мощности в основной цепи. Изобразить схему соединения измерительных приборов.
45. Два однофазных счетчика активной энергии, включенные в сеть трехфазного тока с симметричной нагрузкой для учета расхода энергии, вначале показывали: первый – 18400кВт·ч, второй – 2000кВт·ч, а спустя некоторое время соответственно 19000 и 2100кВт·ч. Определить активную и реактивную энергию и средневзвешенный  $\cos \varphi$ . Изобразить схему включения счетчиков.
46. Укажите применение электронного осциллографа. Вычертите структурную схему электронного осциллографа и поясните назначение отдельных блоков.
47. Вычертить структурную схему электронного вольтметра постоянного тока, пояснить назначение отдельных элементов, применение электронных измерительных приборов.
48. Вычертить структурную схему электронного вольтметра переменного напряжения среднего и действующего значений, пояснить назначение отдельных элементов схемы, применение электронных измерительных приборов.

49. Вычертить структурную схему цифрового измерительного вольтметра на основе метода уравнивающего преобразования. Поясните основной принцип работы цифровых приборов.

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

51. Составьте схему трехфазной четырехпроводной электрической цепи для измерения фазного тока, фазного напряжения, активной мощности фазы, учета энергии фазы, трехфазной активной мощности, трехфазной активной и реактивной энергии с расширенными по току пределами измерения. Дополнительные данные для своего варианта возьмите из таблицы 2. Укажите типы включенных в схему приборов и их системы.

52. Составьте схему трехфазной трехпроводной электрической цепи для измерения фазного тока, фазного напряжения, активной фазной мощности, учета энергии фазы, трехфазной активной мощности, трехфазной активной и реактивной энергии с расширенными по току пределами измерения. Потребители соединены звездой. Дополнительные данные для своего варианта возьмите из таблицы 3. Укажите типы включенных в схему приборов и их системы.

53. Составьте схему трехфазной четырехпроводной электрической цепи для измерения фазного тока, фазного напряжения, тока в нулевом проводе, активной мощности фазы, учета энергии фазы, трехфазной активной и реактивной мощности; трехфазной активной и реактивной энергии с нормальными пределами измерения. Дополнительные данные для своего варианта возьмите из таблицы 4. Укажите типы включенных в схему приборов и их системы.

Данные для составления схемы трехфазной четырехпроводной электрической цепи.

Таблица 2.

Наименование приборов																	
Шифр	Вольтметр			Амперметр				Ваттметр однофазн.			Счетчик однофазн.			Ваттметр трех фазной активной мощности	Ваттметр трех фазной реактивной мощности	Счетчик трех фазной активной энергии	Счетчик трех фазной реактивной энергии
	A	B	C	A	B	C	N	A	B	C	A	B	C				
00,50	+						+						+	+		+	
01,51		+				+						+			+		+
02,52			+		+						+			+		+	
03,53		+		+						+						+	+
04,54	+				+				+						+		+
05,55		+				+		+						+		+	
06,56			+				+		+					+	+		
07,57		+				+				+				+			+
08,58	+				+						+				+	+	
09,59		+		+								+		+		+	
10,60			+		+								+		+		+
11,61		+				+						+		+		+	
12,62	+						+				+				+		+
13,63		+				+				+					+	+	
14,64			+		+				+						+	+	
15,65		+		+				+						+			+
16,66	+				+				+					+			+



Данные для составления схемы трехфазной трехпроводной электрической цепи.

Таблица 3.

Наименование приборов																
Шифр	Вольтметр			Амперметр			Ваттметр однофазн.			Счетчик однофазн.			Ваттметр трех фазной активной мощности	Ваттметр трех фазной реактивной мощности	Счетчик трех фазной активной энергии	Счетчик трех фазной реактивной энергии
	AB	BC	CA	A	B	C	A	B	C	A	B	C				
17,67	+				+				+				+	+		
18,68		+				+				+					+	+
19,69			+		+						+			+		+
20,70		+		+								+	+		+	
21,71	+				+						+			+	+	
22,72		+				+				+			+			+
23,73			+		+				+					+		+
24,74		+		+				+					+		+	
25,75	+					+	+							+	+	
26,76		+			+			+					+			+
27,77			+	+					+						+	+
28,78		+			+					+			+		+	
29,79	+					+					+			+		+
30,80		+			+							+	+		+	
31,81			+	+							+		+			+
32,82		+			+					+				+	+	
33,83	+					+			+				+	+		

Данные для составления схемы трехфазной четырехпроводной электрической цепи.

Таблица 4.

Наименование приборов																	
Шифр	Вольтметр			Амперметр				Ваттметр однофазн.			Счетчик однофазн.			Ваттметр трех фазной активной мощности	Ваттметр трех фазной реактивной мощности	Счетчик трех фазной активной энергии	Счетчик трех фазной реактивной энергии
	A	B	C	A	B	C	N	A	B	C	A	B	C				
34,84			+	+								+			+	+	
35,85		+			+								+	+			+
36,86	+					+						+				+	+
37,87		+					+				+			+	+		
38,88			+			+				+					+		+
39,89		+			+				+					+		+	
40,90	+			+				+						+	+		
41,91		+			+				+						+		+
42,92			+			+				+				+		+	
43,93		+					+				+					+	+
44,94	+					+						+		+	+		
45,95		+			+								+			+	+
46,96			+	+								+		+			+
47,97		+			+						+				+	+	
48,98	+					+				+				+			+
49,99		+					+		+					+		+	