

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Фурсов Владимир Александрович

Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 05.06.2026 09:53:28

Уникальный программный ключ:

1c378726a41fd0143ae5bccc8ba818c0b0b0a0b2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

№ п/п	Содержание	Стр.
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование практических работ	
4.	Содержание практических работ	
4.1	Практическое занятие №1. Классификация средств измерений. Структура электроэнергетики. Основные термины и понятия по учету электрической энергии.	
4.2	Практическое занятие №2. Виды электроизмерительных приборов. Правила учета электрической энергии.	
4.3.	Практическое занятие №3. Электроэнергия как товар. Баланс электрической энергии на подстанции 1.	
4.4	Практическое занятие №4. Классификация, устройство и работа счётчиков электроэнергии. Баланс электрической энергии на подстанции 2.	
4.5	Практическое занятие №5. Метод одного, двух трех ваттметров. Расчет нагрузки измерительных трансформаторов тока	
4.6	Практическое занятие №6. Назначение и использование добавочного сопротивления для изменения напряжения. Расстановка средств учета на подстанции	
4.7	Практическое занятие №7. Применение трансформаторов тока. Общие требования к учёту электроэнергии. Расчет количества переданной электроэнергии при несовпадении точки учета и границы балансовой принадлежности 1.	
4.8	Практическое занятие №8. Применение трансформаторов напряжения. Основные термины и понятия по учету электрической энергии.	
4.9	Практическое занятие №9. Понятия, виды и функции АСКУЭ. Понятия, виды и функции АСКУЭ.	
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
5.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания являются заготовкой к практическим занятиям по дисциплине «Измерение и учет электроэнергии» и предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника дневной и заочной форм обучения.

При подготовке к практическим занятиям необходимо подготовить конспект, который будет соответствовать требованиям к содержанию занятий с использованием рекомендуемой литературы и источников Internet.

Применение методических указаний позволяет интенсифицировать процесс изучения материала, помогает студентам приобретать навыки работы с технической литературой.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Измерения и учет электроэнергии» является формирование у студентов компетенций позволяющий выработать навыки физических исследований в сферах академической, профессиональной и общенаучной деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новых технологий;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных технологических задач.

2. Оборудование и материалы

Научно-исследовательский комплекс «Применение автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии с целью повышения эффективности эксплуатации систем электроснабжения», исполнение стендовое ручное. Комплект учебно-лабораторного оборудования «Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии». Комплект учебной мебели.

3. Наименование практических работ

Для заочной формы обучения предусмотрены следующие практические работы: Практическая работа №3. Измерительные приборы и преобразователи. – 2 часа, Практическая работа №15. Устройство сбора и передачи данных (УСПД). – 2 часа.

№ Темы	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Интерактивная форма проведения
1	Практическое занятие №1. Классификация средств измерений. Структура электроэнергетики. Основные термины и понятия по учету электрической энергии.	2	
2	Практическое занятие №2. Виды электроизмерительных приборов. Правила учета электрической энергии.	2	
3	Практическое занятие №3. Электроэнергия как товар. Баланс электрической энергии на подстанции 1.	2	
4	Практическое занятие №4. Классификация, устройство и работа счётчиков электроэнергии. Баланс электрической энергии на подстанции 2.	2	
5	Практическое занятие №5. Метод одного, двух трех ваттметров. Расчет нагрузки измерительных трансформаторов тока	2	

6	Практическое занятие №6. Назначение и использование добавочного сопротивления для изменения напряжения. Расстановка средств учета на подстанции	2	
7	Практическое занятие №7. Применение трансформаторов тока. Общие требования к учёту электроэнергии. Расчет количества переданной электроэнергии при несовпадении точки учета и границы балансовой принадлежности 1.	2	
8	Практическое занятие №8. Применение трансформаторов напряжения. Основные термины и понятия по учету электрической энергии.	2	
9	Практическое занятие №9. Понятия, виды и функции АСКУЭ. Понятия, виды и функции АСКУЭ.	2	
Итого за 4 семестр		18	
Итого		18	

Практическое занятие №1

Классификация средств измерений. Структура электроэнергетики. Основные термины и понятия по учету электрической энергии

Цель: Изучить материал настоящих методических указаний, ответить на поставленные вопросы по темам и найти соответствующие определения приведенных терминов с использованием нормативной документации.

Теоритическая часть.

Основным нормативным документом, регламентирующим учет электроэнергии в Российской Федерации, являются Правила учета электрической энергии. Кроме этого, в отдельных регионах РФ для отдельных категорий потребителей выпущены дополнительные инструкции, уточняющие общероссийские нормы применительно к местным условиям. Например, в г. Москве действует Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях РМ-2559.

Для однозначного толкования нормативных требований по учету электроэнергии, в РМ-2559 приведена нижеследующая терминология.

Потребитель электрической энергии - организация, учреждение, территориально обособленный цех, объект, площадка, строение, квартира и т.п., присоединенные к электрическим сетям и использующие энергию с помощью имеющихся приемников электрической энергии.

Абонент - потребитель, непосредственно присоединенный к сетям энергоснабжающей организации, имеющий с ней границу балансовой принадлежности электрических сетей, право и условия пользования электрической энергией которого обусловлены договором энергоснабжающей организации с потребителем или его вышестоящей организацией. Для бытовых потребителей - квартира, строение или группа территориально объединенных строений личной собственности.

Граница балансовой принадлежности - точка раздела электрической сети между энергоснабжающей организацией и абонентом, определяемая по балансовой принадлежности электрической сети.

Точка учета расхода электроэнергии - точка схемы электроснабжения, в которой с помощью измерительного прибора (расчетного счетчика, системы учета и т.п.) или иным методом определяются значения расходов электрической энергии и мощности,

используемые при коммерческих расчетах. Точка учета соответствует границе балансовой принадлежности электрической сети.

Расчетный прибор учета - прибор учета, система учета на основании показаний которого в точке учета определяется расход электрической энергии абонентом (субабонентом), подлежащей оплате.

Контрольный прибор учета - прибор учета, на основании показаний которого в данной точке сети определяется расход электрической энергии, используемой для контроля.

Присоединенная мощность потребителя - суммарная мощность присоединенных к электрической сети трансформаторов потребителя, преобразующих энергию на рабочее (непосредственно питающее токоприемники) напряжение, и электродвигателей напряжением выше 1000 В.

В тех случаях, когда питание электроустановок потребителей производится от трансформаторов или низковольтных сетей энергоснабжающей организации, за присоединенную мощность потребителя принимается разрешенная к использованию мощность, размер которой устанавливается энергоснабжающей организацией и указывается в договоре на отпуск электрической энергии.

На основании указанных выше нормативных документов основные принципы организации учета электроэнергии в жилых зданиях, заключаются в следующем:

1. Для учета электроэнергии должны использоваться средства измерений, типы которых утверждены Госстандартом России и внесены в Государственный реестр средств измерений. Перечень типов счетчиков, используемых для расчетов за электроэнергию и принимаемых на баланс, устанавливается энергоснабжающей организацией.

2. В проекте электрооборудования на принципиальной электрической схеме для каждого абонента должны приводиться следующие данные: по категории надежности электроснабжения, об установленных мощностях, расчетных нагрузках и коэффициентах реактивной нагрузки. Если в составе потребителя имеются нагрузки, относящиеся к разным тарификационным группам, то эти данные также должны быть приведены в проекте.

3. Граница раздела балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности, как правило, должна устанавливаться на вводе в здание на окончечниках питающих кабелей.

4. При питании нагрузок жилого дома от встроенной или пристроенной трансформаторной подстанции (ТП), граница раздела с энергоснабжающей организацией определяется проектной организацией по согласованию с заказчиком и энергоснабжающей организацией.

5. Если в здании расположено несколько потребителей, обособленных в административно хозяйственном отношении, то на каждого потребителя, в том числе арендатора, возлагаются обязанности абонента.

6. Все вновь строящиеся и реконструируемые дома, как правило, должны оснащаться автоматизированными системами учета электропотребления (АСУЭ) (требование для г. Москвы).

7. При переоборудовании и при перепланировке квартир жилых домов и нежилых помещений владелец должен обеспечить разработку проекта электрооборудования квартиры или нежилого помещения, предварительно получив технические условия по организации учета, разрешение на использование электроэнергии для термических целей и разрешение на присоединение мощности в энергоснабжающей организации.

Задание

Изучить материал настоящих методических указаний, ответить на поставленные вопросы по темам и найти соответствующие определения приведенных терминов с использованием нормативной документации.

Результаты работы оформить в письменном виде и передать преподавателю.

1. Органы государственного регулирования и контроля в электроэнергетике

В соответствии с федеральным законом «Об электроэнергетике» государственное регулирование и контроль в электроэнергетике осуществляют Правительство Российской Федерации, федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации. На уровне Правительства РФ государственное регулирование электроэнергетики осуществляют:

- Правительственная комиссия по вопросам топливно-энергетического комплекса, воспроизводства минерально-сырьевой базы и повышения энергетической эффективности экономики,

- Правительственная комиссия по вопросам развития электроэнергетики и

- Правительственная комиссия по обеспечению безопасности электроснабжения (федеральный штаб).

На уровне федеральных органов исполнительной власти органами государственного регулирования в электроэнергетике являются:

- Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)

- Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России)

- Федеральная антимонопольная служба (ФАС России)

- Федеральная служба по тарифам (ФСТ России).

Вопросы к собеседованию:

Какие функции государственного регулирования в электроэнергетике выполняет Минэнерго России?

Какие функции государственного регулирования в электроэнергетике выполняет Минэкономразвития России?

Какие функции государственного регулирования в электроэнергетике выполняет ФАС России?

Какие функции государственного регулирования в электроэнергетике выполняет ФСТ

России?

Структура электроэнергетики

НП «Совет рынка»

ОАО «АТС»

ОАО «ЦФР»

ОАО «СО ЕЭС»

ОАО «ФСК ЕЭС»

ОАО "Российские сети" (ОАО «Холдинг МРСК»)

Генерирующие компании оптового рынка (ОГК)

ОАО «Русгидро»

Территориальные генерирующие компании (ТГК)

ОАО «Концерн Росэнергоатом»

С. Прочие организации

Сбытовые компании

Региональные энергетические компании

ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС»

Ремонтные и сервисные компании

Какие основные цели и функции НП «Совет рынка»?

Какие основные виды деятельности ОАО «АТС»?

Какую деятельность осуществляет ОАО «ЦФР»?

Какие основные задачи решает ОАО «СО ЕЭС»?

Какие основные направления деятельности ОАО «ФСК ЕЭС»?

Какие главные направления деятельности ОАО «Российские сети»?

Основные термины и понятия по учету электрической энергии

Ниже приводятся термины и понятия, для которых следует найти подходящее определение в смысле учета электрической энергии.

- Гарантирующий поставщик электрической энергии
- Данные коммерческого учета
- Измерительный комплекс средств учета электроэнергии
- Коммерческие потери электроэнергии
- Коммерческий (расчетный) учет электроэнергии
- Коммерческий оператор (КО)
- Потребитель (абонент) электрической энергии
- Расход электроэнергии на производственные нужды
- Расход электроэнергии на собственные нужды электростанций и подстанций
- Расход электроэнергии на хозяйственные нужды электростанций и электрических сетей
- Система учета электроэнергии
- Средства учета
- Средство измерений
- Технический (контрольный) учет электроэнергии
- Точка измерений
- Точка поставки
- Точка учета
- Участник оптового рынка – Покупатель электрической энергии и мощности
- Учетные показатели коммерческого учета на оптовом рынке электроэнергии
- Энергоснабжающая организация
- Правила учета электрической энергии (Правила)
- Ниже приводятся вопросы, на которые следует найти ответы в тексте Правил.
- Когда применение Правил является обязательным?
- Сформулируйте цель учета электрической энергии
- Для чего необходим учет реактивной энергии?
- Где производится учет электроэнергии между энергоснабжающей организацией и потребителем?
- Кто может выполнять работы по монтажу и наладке средств учета электроэнергии?

Выводы

Сформулируйте выводы из материалов занятия, ответив на следующие вопросы.

1. Какие общества и организации электроэнергетики по роду основной деятельности или на своих объектах непосредственно оперируют с информацией по коммерческому учету электрической энергии?
2. Какие общества и организации электроэнергетики по роду основной деятельности или на своих объектах непосредственно оперируют с информацией по техническому учету электрической энергии?
3. Какой деятельностью занимаются сбытовые компании?

Практическое занятие №2

Правила учета электрической энергии

Цель: Изучить материал настоящих методических указаний, ответить на поставленные вопросы по темам и найти соответствующие определения приведенных терминов с использованием нормативной документации.

Основные понятия: бездоговорное потребление, безучетное потребление, неучтенное потребление электроэнергии и потребление при отсутствии средств измерений.

Теоритическая часть.

Бездоговорное потребление – потребление электрической энергии, осуществляемое потребителем в отсутствие заключенного в установленном порядке договора энергоснабжения (купли-продажи электрической энергии) и (или) посредством энергопринимающих устройств, присоединенных к электрической сети сетевой организации с нарушением установленного порядка технологического присоединения энергопринимающих устройств юридических и физических лиц к электрическим сетям.

Безучетное потребление – потребление электрической энергии при наличии заключенного в установленном порядке договора энергоснабжения (купли-продажи электрической энергии), но с нарушением со стороны потребителя, на которого возложена обязанность по обеспечению целостности и сохранности расчетного средства измерения, условий указанного договора о порядке осуществления измерений электроэнергии. Нарушением условий о порядке осуществления измерений электроэнергии является в том числе, вмешательство в работу средства измерения или нарушение установленных договором сроков для извещения об отсутствии (неисправности) средства измерения, а также иные действия, приведшие к искажению данных о фактическом объеме потребленной электрической энергии.

Неучтенное потребление электроэнергии – потребление электрической энергии в случаях бездоговорного и (или) безучетного потребления электроэнергии.

Потребление при отсутствии средств измерений – потребление электрической энергии в отсутствие соответствующих установленным требованиям средств измерений с применением по соглашению между потребителем, гарантирующим поставщиком (энергосбытовой организацией) и сетевой организацией.

Методы расчета:

- по среднестатистическому потреблению электрической энергии;
- по типовому суточному графику нагрузки, ранее согласованному заинтересованными сторонами;
- по числу часов использования и величине мощности;
- в зависимости от вида неисправности учета электрической энергии;
- по установленной мощности электроприемников или по договорному значению максимальной нагрузки и числу часов потребления электрической энергии.

При этом в зависимости от причины, вызвавшей неучтенное потребление или потребление при отсутствии средств измерения, применяются следующие методы расчета:

- 1) При потреблении в отсутствие средств измерений:
 - а) При потреблении в отсутствие средств измерений, за исключением граждан и потребителей электрической энергии, чья присоединенная мощность не превышает 25 кВт*А, применяются следующие методы расчета в порядке приоритета:
 - метод по среднестатистическому потреблению электрической энергии;
 - метод по числу часов использования максимума нагрузки и величине мощности;
 - метод по типовому суточному графику нагрузки, ранее согласованному сторонами;
 - б) При потреблении в отсутствие средств измерений для потребителей – граждан и потребителей электрической энергии, чья присоединенная мощность не

превышает 25 кВт·А, применяется расчет по среднестатистическому потреблению электроэнергии, а в случае отсутствия статистических данных расчет производится по номинальным мощностям электроприемников и числу часов использования этих мощностей.

в) При установлении вида неисправности прибора учета применяются методы в зависимости от вида неисправности учета электрической энергии, в том числе:

г) Искажение схемы включения приборов учета;

д) Использование заниженного значения коэффициента пересчета при правильной схеме включения счетчика;

е) увеличенные потери напряжения в линии соединения ТН-счетчика.

2) При безучетном потреблении применяется метод расчета по установленной мощности электроприемников или договорному значению максимальной нагрузки и числу часов потребления электрической энергии со дня последней замены приборов учета или проверки схемы их включения, но не более чем за срок, когда проверка должна была быть проведена.

3) При бездоговорном потреблении применяется метод расчета по установленной мощности электроприемников или по допустимой длительной токовой нагрузке и числу часов потребления электрической энергии за срок не более трех лет.

Метод по среднестатистическому потреблению

Неучтенная электрическая энергия в текущем году t или текущем(их) месяце(ах) года t определяется по формуле:

$$W_t = W_{t-1} \cdot (1 + k_{cp}), \quad (1)$$

где W_{t-1} – фактическое потребление электрической энергии за предыдущий год по отношению к году t , если расчетный период 1 год или фактическое потребление электроэнергии за аналогичный(е) месяц(ы) предыдущего года, если расчетный период несколько месяцев, кВт·ч;

k_{cp} – среднегодовой коэффициент динамики потребления электроэнергии, определяемый по формуле:

$$k_{cp} = \frac{W_{t-1} - W_{t-n}}{n \cdot W_{t-n}}. \quad (2)$$

где W_{t-n} – фактическое потребление электрической энергии за год $t-n$ или фактическое потребление электрической энергии за аналогичный(е) месяц(ы) года $t-n$, кВт·ч.

n – количество лет с известным потреблением, но не менее двух лет.

В случае отсутствия статистических данных об электропотреблении за срок более 1 года, применяется расчет по среднестатистическому значению потребления электроэнергии за предыдущие расчетные периоды. При этом неучтенная в текущем расчетном периоде электроэнергия определяется по формуле:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}, \quad (3)$$

где W_i – потребление электроэнергии за i -й расчетный период;

n – количество расчетных периодов с известным потреблением.

Метод по типовому суточному графику нагрузки, ранее согласованному заинтересованными сторонами

Методика позволяет вести расчет с абонентами на основании типового графика нагрузки, ранее согласованного сторонами, и заявленной максимальной мощности нагрузки абонентов.

Неучтенная электрическая энергия, кВт·ч, определяется по формуле:

$$W = \frac{P_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{12} (k_{\text{пв}} \cdot k_{\text{сез}} \cdot N \cdot \sum_{t=1}^{24} P_t)_i}{100}, \quad (4)$$

где $P_{\max}$ – заявленная максимальная мощность нагрузки абонента, кВт;
 $k_{\text{пв}i}$ – коэффициент уменьшения ординат графика нагрузки в выходные и праздничные дни i -го месяца (при отсутствии данных, принимается равным 1), определяемый по формуле:

$$k_{\text{пв}} = \frac{W_{\text{ср-в(п)}}}{W_{\text{ср-р}}}, \quad (5)$$

где $W_{\text{ср-в(п)}}$ – среднесуточное потребление электрической энергии в выходные (праздничные) сутки, кВт. ч;

$W_{\text{ср-р}}$ – среднесуточное потребление электрической энергии в рабочие сутки, кВт. ч.

$k_{\text{сез}i}$ – коэффициент сезонности, о.е;

N_i – число календарных суток в i -м месяце;

P_t – значение активной нагрузки на t -й ступени типового суточного графика нагрузки, % от $P_{\max}$.

Метод расчета по числу часов использования и величине мощности

Известны договорное значение максимальной активной нагрузки и число часов использования максимума нагрузки

Методика позволяет вести расчеты с потребителями, у которых отсутствует учет, но известны договорное значение максимальной мощности нагрузки и число часов использования максимальной нагрузки.

Электрическая энергия, кВт. ч, определяется по формуле:

$$W_{\text{св}} = F \cdot P_{\text{уст.осв.}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot t_{\text{св}} \cdot T \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где F – жилая площадь, м²;

$P_{\text{уст.осв}} = 10$ – установленная мощность источников света на 1 кв.м общей площади, Вт [7];

$K_{\text{одн}} = 0,3$ – коэффициент одновременности включения осветительных приборов

$t_{\text{св}}$ – число часов использования электрического освещения в сутки, ч;

T – число дней, за которые производится расчет, дн.

Расход электрической энергии электробытовыми приборами, кВт.ч, с учетом их мощности и числа часов использования в сутки определяется по формуле:

$$W_{\text{ЭБ}} = \left[t_{\text{эл.пл}} \cdot \sum_{i=1}^n (P_{\text{эл.пл}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{о}})_i + \sum_{j=1}^m (t_{\text{эл.пр}} \cdot P_{\text{эл.пр}})_j \right] \cdot T, \quad (7)$$

где $t_{\text{эл.пл}}$ – число часов работы электроплит в сутки в домах с центральным теплоснабжением, ч;

$P_{\text{эл.пл}}$ – номинальная мощность электроплиты, кВт;

$K_{\text{с}}$ – коэффициент спроса (для электроплит с четырьмя конфорками коэффициент спроса принимается равным 1, коэффициент спроса для плит с тремя конфорками - 0,75, с двумя – 0,5) [8].

$K_{\text{о}}$ – коэффициент одновременности работы конфорок одной плиты с учетом регулирования по мощности (для электроплиты с четырьмя конфорками коэффициент одновременности принимается равным 0,4, коэффициент одновременности для плит с тремя конфорками - 0,6, с двумя – 0,8 и с одной - 1);

$t_{\text{эл.пр}}$ – число часов работы бытовых электроприборов в сутки, ч;

T – период времени, за который производится оплата, дн;

$P_{\text{эл.пр}}$ – номинальная мощность прибора, кВт [6];

m – количество электроприборов;

n – количество электроплит в квартире.

Суммарная электрическая энергия, кВт. ч, определяется по формуле:

$$W_{\text{пот}} = W_{\text{св}} + W_{\text{эб}}, \quad (8)$$

где $W_{\text{св}}$ – расход электрической энергии световой нагрузкой, рассчитанный по формуле (7);

$W_{\text{эб}}$ – потребление электробытовых приборов, рассчитанное по формуле (8).

Метод расчета в зависимости от вида неисправности учета электрической энергии
Использование заниженного значения коэффициента пересчета при
правильной схеме включения счетчика

Рассматриваются нарушения, связанные с отличием фактических коэффициентов трансформации ТТ (ТН) отдельных фаз измерительного комплекса от коэффициентов, используемых при расчете потребления электрической энергии, а также случаи зафиксированного увеличения отношения токов первичной и вторичной обмоток ТТ, расцениваемых как увеличение коэффициентов трансформации ТТ.

Неправильное и одинаковое во всех фазах 3-х элементной или 2-х элементной
схемы значение расчетного коэффициента

Недоучтенная электрическая энергия определяется по формуле:

$$W_{\text{нд}} = \left(\frac{K - K_p}{K_p} \right) \cdot W_{\text{расч}}(t), \quad (9)$$

где K – правильное значение коэффициента пересчета показаний счетчика электроэнергии в кВт. ч;

K_p – неправильное значение коэффициента пересчета.

Неправильные и различные для разных фаз 3-х элементной схемы значения
коэффициента пересчета

Недоучтенная электрическая энергия определяется по формуле:

$$W_{\text{нд}} = \left(\frac{3 - \left(\frac{K_p}{K_1} + \frac{K_p}{K_2} + \frac{K_p}{K_3} \right)}{\frac{K_p}{K_1} + \frac{K_p}{K_2} + \frac{K_p}{K_3}} \right) \cdot W_{\text{расч}}(t), \quad (10)$$

где K_1, K_2, K_3 – правильные значения коэффициента пересчета для фаз А, В, С соответственно.

На сегодняшний день отсутствует нормативно правовая база в методах расчета количества неучтенной потребленной электрической энергии, поэтому расчет должен быть определен Договором энергоснабжения или согласован Потребителем с сетевой организацией в соответствии с п. 148 Правил функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики.

Вопросы к собеседованию:

1. Организации учета электроэнергии
2. Правила учета электроэнергии
3. Учет активной электроэнергии на электростанциях
4. Учет активной электроэнергии в электрических сетях
5. Учет электроэнергии и мощности в электроустановках потребителей
6. Контроль баланса электрической энергии на электростанциях
7. Контроль баланса электрической энергии на подстанциях и сетевых предприятиях
8. Граница балансовой принадлежности сети (или других энергоустановок субъектов энергосистемы)

Практическое занятие №3

Баланс электрической энергии на подстанции 2.

Цель:

- Изучить материал настоящих методических указаний,
- Ответить на поставленные вопросы
- Рассчитать потери в подстанционной электрической сети
- Составить акт баланса электрической энергии.
- Сопоставить фактический и допустимый небалансы и сделать соответствующие выводы.

Теоритическая часть.

На подстанциях электрических сетей ежемесячно составляется баланс и оформляется акт поступления и отпуска электроэнергии по показаниям счетчиков на 24.00 ч местного времени последних суток отчетного месяца, снятым персоналом подстанции.

В баланс должны включаться следующие составляющие (учетные показатели):

- прием электроэнергии на шины подстанции W_{Π} ;
- отдачу электроэнергии в сеть или другим собственникам $-W_o$;
- отпуск электроэнергии потребителям $W_{\text{пот}}$;
- расход электроэнергии на собственные $W_{\text{с.н}}$ и хозяйственные нужды $W_{\text{х.н}}$ подстанции и производственные нужды $W_{\text{п.н}}$.
- потери электроэнергии в силовых трансформаторах, компенсирующих устройствах и РУ подстанции $-W_{\text{эс}}$. (потери в подстанционной электрической сети)

Все составляющие баланса, кроме потерь электроэнергии в силовых трансформаторах, должны быть измерены счетчиками расчетного и технического учета. Потери электроэнергии в оборудовании подстанционной электрической сети следует определять расчетным путем.

Значение фактического небаланса НБф определяется по выражению:

$$\text{НБф} = \frac{W_{\Pi} - W_{\Pi} - W_{\text{пот}} - W_{\text{с.н.}} - W_{\text{х.н.}} - W_{\text{п.н.}} - \Delta W_{\text{эс}}}{W_{\Pi}} 100\% \quad (1)$$

Полученное значение фактического небаланса следует сравнить со значением допустимого небаланса. Значение допустимого небаланса определяется по формуле:

$$\text{НБф} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^r \delta_{ni}^2 d_{ni}^2 + \sum_{i=1}^m \delta_{oi}^2 d_{oi}^2} \quad (2)$$

Предел допустимой относительной погрешности i-го ИК определяется по формуле:

$$\delta_p = \pm 1,1 \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_{o.c}^2} \quad (3)$$

Если значение фактического небаланса превышает его допустимое значение, персоналу подстанции необходимо выявить причины этого и принять меры по их устранению.

Оформленный акт с результатами составления баланса электроэнергии по подстанции используется в дальнейшем для сведения баланса по сетевым организациям, АО-энерго в целом, МРСК, ФСК «ЕЭС РФ».

Задание.

Акт о составлении баланса электрической энергии на подстанции

В соответствии с в РД 34.09.101-94, приложение 6, акт баланса электрической энергии на подстанции составляется по следующей форме.

Форма

АКТ

о составлении баланса электрической энергии на подстанции

(наименование подстанции)

Основание: Приказ от _____ № _____

Комиссия в составе:

Председатель _____

Члены _____

Настоящий акт составлен в том, что за _____ месяц 20__ г. прием, отдача, отпуск с шин подстанции, потребление на собственные, хозяйственные и производственные нужды следующие:

N п.п.	Номера счетчиков, установленн ых Энергонад- зором	Наименова ние объектов учета	Показание счетчиков		Разнос ть пока- заний счетчи- ков за месяц	Коэффи- циент счетчик ов	Количест во электро- энергии, учтенной счетчиком тыс.кВт· ч	Прим е- чание
			на 0 ч 1-го числа текуще го месяца	на 0 ч 1- го числа истекше го месяца				
	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Прием электрической энергии								
Всего по разделу I								
II. Расход на собственные нужды								
Всего по разделу II								
III. Расход на хозяйственные нужды								
IV. Расход на производственные нужды								
Всего по разделу IV								
V. Отпуск потребителям								
Всего по разделу V								
VI. Отдача электрической энергии								
Всего по разделу VI								

VIII Допустимый небаланс (формула (2)) _____, %

IX Баланс электроэнергии на подстанции:

1. Поступило на шины всего (I) _____
2. Отдача с шин ПС другим АО и смежным СО (VI) _____
3. Отпуск в сеть подстанции (I – II) _____
4. Собственные нужды и потери на подстанции, всего (II + VII) _____
5. Отпуск электроэнергии потребителям (III + IV + V) _____

6. Фактический небаланс (формула (1)) _____ тыс. кВт.ч _____, %
Фактический небаланс на подстанции превышает (не превышает) допустимый
небаланс электроэнергии (нужное подчеркнуть).

Председатель комиссии _____

Члены комиссии _____

Представитель энергонадзора _____

Потери электрической энергии в измерительных трансформаторах и счетчиках прямого включения

Потери в измерительных трансформаторах тока и напряжения принимаются в соответствии с данными заводов-изготовителей,

Потери в трех однофазных ТН принимаются равными потерям в одном трехфазном ТН.

Потери электроэнергии в ТТ напряжением 0,4 кВ принимаются равными 0,05 тыс. кВт•ч/год на одну фазу.

Потери электроэнергии в ТТ и ТН включают потери в счетчиках, входящих в состав измерительных комплексов.

Потери электроэнергии в электрических счетчиках прямого включения 0,22–0,66 кВ принимаются в соответствии со следующими данными, кВт•ч в год на один счетчик:

- однофазный, индукционный – 18,4;
- трехфазный, индукционный – 92,0;
- однофазный, электронный – 21,9;
- трехфазный, электронный – 73,6.

Вопросы к собеседованию:

1. Пояснить откуда получают составляющие баланса электрической энергии на подстанции
2. Что необходимо знать для оценки фактического небаланса?
3. Что необходимо знать для оценки допустимого небаланса?
4. Что следует предпринять, если фактический небаланс оказался больше

Практическое занятие № 5

Расчет нагрузки измерительных трансформаторов тока

Цель:

- Изучить материал настоящих методических указаний,

Теоретическая часть.

Выбор трансформаторов тока для электросчетчика 0,4кВ

Учет электроэнергии с потребляемым током более 100А выполняется счетчиками трансформаторного включения, которые подключаются к измеряемой нагрузке через измерительные трансформаторы. Рассмотрим основные характеристики трансформаторов тока.

Коэффициент трансформации следует выбирать по расчетной нагрузке с учетом работы в аварийном режиме. Согласно ПУЭ допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации.

Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40 % номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке - не менее 5 %.

В литературе можно встретить еще требования по выбору трансформаторов тока. Так завышенным по коэффициенту трансформации нужно считать тот трансформатор тока,

у которого при 25%-ной расчетной присоединяемой нагрузке (в нормальном режиме) ток во вторичной обмотке будет менее 10% номинального тока счетчика.

Трансформатор тока предназначен для уменьшения величины измеряемого тока и приведения его к стандартному диапазону. Как правило, ток преобразуется к стандартному значению 5 А (реже - 1 А или 10 А).

Еще одним назначением трансформаторов тока является создание гальванической развязки между измеряемой и измерительной цепями.

Принцип действия данных устройств довольно простой. По первичной обмотке трансформатора, включенной последовательно, протекает фазовый ток нагрузки. За счет этого возникает электромагнитная индукция, создающая ток во вторичной обмотке устройства. В эту же обмотку осуществляется включение токовой катушки трехфазного электросчетчика.

Вопросы к собеседованию:

Счетчик расчетный (коммерческий) электроэнергии (расчетный счетчик)

1. Точка измерения электроэнергии
2. Точка учета электроэнергии
3. Точка поставки электроэнергии
4. Точка коммерческого учета электроэнергии
5. Тариф на электроэнергию одноставочный (одноставочный тариф)
6. Тариф на электроэнергию двухставочный (двухставочный тариф)
7. Тариф на электроэнергию двухставочно-дифференцированный по зонам суток (двухставочно-дифференцированный тариф)

Практическое занятие №6.

Расстановка средств учета на подстанции

Цель: Изучить материал настоящих методических указаний, ответить на поставленные вопросы по темам и найти соответствующие определения приведенных терминов с использованием нормативной документации.

Теоритическая часть.

Основным нормативным документом, регламентирующим учет электроэнергии в Российской Федерации, являются Правила учета электрической энергии. Кроме этого, в отдельных регионах РФ для отдельных категорий потребителей выпущены дополнительные инструкции, уточняющие общероссийские нормы применительно к местным условиям. Например, в г. Москве действует Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях РМ-2559.

Для однозначного толкования нормативных требований по учету электроэнергии, в РМ-2559 приведена нижеследующая терминология.

Потребитель электрической энергии - организация, учреждение, территориально обособленный цех, объект, площадка, строение, квартира и т.п., присоединенные к электрическим сетям и использующие энергию с помощью имеющихся приемников электрической энергии.

Абонент - потребитель, непосредственно присоединенный к сетям энергоснабжающей организации, имеющий с ней границу балансовой принадлежности электрических сетей, право и условия пользования электрической энергией которого обусловлены договором энергоснабжающей организации с потребителем или его

вышестоящей организацией. Для бытовых потребителей - квартира, строение или группа территориально объединенных строений личной собственности.

Граница балансовой принадлежности - точка раздела электрической сети между энергоснабжающей организацией и абонентом, определяемая по балансовой принадлежности электрической сети.

Точка учета расхода электроэнергии - точка схемы электроснабжения, в которой с помощью измерительного прибора (расчетного счетчика, системы учета и т.п.) или иным методом определяются значения расходов электрической энергии и мощности, используемые при коммерческих расчетах. Точка учета соответствует границе балансовой принадлежности электрической сети.

Расчетный прибор учета - прибор учета, система учета на основании показаний которого в точке учета определяется расход электрической энергии абонентом (субабонентом), подлежащей оплате.

Контрольный прибор учета - прибор учета, на основании показаний которого в данной точке сети определяется расход электрической энергии, используемой для контроля.

Присоединенная мощность потребителя - суммарная мощность присоединенных к электрической сети трансформаторов потребителя, преобразующих энергию на рабочее (непосредственно питающее токоприемники) напряжение, и электродвигателей напряжением выше 1000 В.

В тех случаях, когда питание электроустановок потребителей производится от трансформаторов или низковольтных сетей энергоснабжающей организации, за присоединенную мощность потребителя принимается разрешенная к использованию мощность, размер которой устанавливается энергоснабжающей организацией и указывается в договоре на отпуск электрической энергии.

На основании указанных выше нормативных документов основные принципы организации учета электроэнергии в жилых зданиях, заключаются в следующем:

1. Для учета электроэнергии должны использоваться средства измерений, типы которых утверждены Госстандартом России и внесены в Государственный реестр средств измерений. Перечень типов счетчиков, используемых для расчетов за электроэнергию и принимаемых на баланс, устанавливается энергоснабжающей организацией.

2. В проекте электрооборудования на принципиальной электрической схеме для каждого абонента должны приводиться следующие данные: по категории надежности электроснабжения, об установленных мощностях, расчетных нагрузках и коэффициентах реактивной нагрузки. Если в составе потребителя имеются нагрузки, относящиеся к разным тарификационным группам, то эти данные также должны быть приведены в проекте.

3. Граница раздела балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности, как правило, должна устанавливаться на вводе в здание на конечниках питающих кабелей.

4. При питании нагрузок жилого дома от встроенной или пристроенной трансформаторной подстанции (ТП), граница раздела с энергоснабжающей организацией определяется проектной организацией по согласованию с заказчиком и энергоснабжающей организацией.

5. Если в здании расположено несколько потребителей, обособленных в административно хозяйственном отношении, то на каждого потребителя, в том числе арендатора, возлагаются обязанности абонента.

6. Все вновь строящиеся и реконструируемые дома, как правило, должны оснащаться автоматизированными системами учета электропотребления (АСУЭ) (требование для г. Москвы).

7. При переоборудовании и при перепланировке квартир жилых домов и нежилых помещений владелец должен обеспечить разработку проекта электрооборудования квартиры или нежилого помещения, предварительно получив технические условия по

организации учета, разрешение на использование электроэнергии для термических целей и разрешение на присоединение мощности в энергоснабжающей организации.

Задание

Изучить материал настоящих методических указаний, ответить на поставленные вопросы по темам и найти соответствующие определения приведенных терминов с использованием нормативной документации.

Результаты работы оформить в письменном виде и передать преподавателю.

1. Органы государственного регулирования и контроля в электроэнергетике

В соответствии с федеральным законом «Об электроэнергетике» государственное регулирование и контроль в электроэнергетике осуществляют Правительство Российской Федерации, федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации. На уровне Правительства РФ государственное регулирование электроэнергетики осуществляют:

- Правительственная комиссия по вопросам топливно-энергетического комплекса, воспроизводства минерально-сырьевой базы и повышения энергетической эффективности экономики,

- Правительственная комиссия по вопросам развития электроэнергетики и

- Правительственная комиссия по обеспечению безопасности электроснабжения (федеральный штаб).

На уровне федеральных органов исполнительной власти органами государственного регулирования в электроэнергетике являются:

- Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)

- Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России)

- Федеральная антимонопольная служба (ФАС России)

- Федеральная служба по тарифам (ФСТ России).

Вопросы к собеседованию:

1. Счетчик расчетный (коммерческий) электроэнергии (расчетный счетчик)
2. Точка измерения электроэнергии
3. Точка учета электроэнергии
4. Точка поставки электроэнергии
5. Точка коммерческого учета электроэнергии
6. Тариф на электроэнергию одноставочный (одноставочный тариф)
7. Тариф на электроэнергию двухставочный (двухставочный тариф)
8. Тариф на электроэнергию двухставочно-дифференцированный по зонам суток (двухставочно-дифференцированный тариф)

Практическое занятие №7

Расчет количества переданной электроэнергии при несовпадении точки учета и границы балансовой принадлежности 1.

Цель: Изучить материал настоящих методических указаний, ответить на поставленные вопросы по темам и найти соответствующие определения приведенных терминов с использованием нормативной документации.

Формируемые компетенции:

Индекс	Формулировка:	18
--------	---------------	----

ПК-2	Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов
Индикаторы достижения компетенций	ИД-ЗПК-2 Обеспечивает заданные параметры режима системы электроснабжения объекта

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы

Знать: технологии учёта электроэнергии; назначение, виды и функции систем АСКУЭ;

Уметь: устанавливать общность и различия систем электроэнергетики и применяемого оборудования с целью формирования условий для понимания путей энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Владеть: навыками обеспечения параметров режима системы электроснабжения объекта

Основные понятия: бездоговорное потребление, безучетное потребление, неучтенное потребление электроэнергии и потребление при отсутствии средств измерений.

Теоритическая часть.

Бездоговорное потребление – потребление электрической энергии, осуществляемое потребителем в отсутствие заключенного в установленном порядке договора энергоснабжения (купли-продажи электрической энергии) и (или) посредством энергопринимающих устройств, присоединенных к электрической сети сетевой организации с нарушением установленного порядка технологического присоединения энергопринимающих устройств юридических и физических лиц к электрическим сетям.

Безучетное потребление – потребление электрической энергии при наличии заключенного в установленном порядке договора энергоснабжения (купли-продажи электрической энергии), но с нарушением со стороны потребителя, на которого возложена обязанность по обеспечению целостности и сохранности расчетного средства измерения, условий указанного договора о порядке осуществления измерений электроэнергии. Нарушением условий о порядке осуществления измерений электроэнергии является в том числе, вмешательство в работу средства измерения или нарушение установленных договором сроков для извещения об отсутствии (неисправности) средства измерения, а также иные действия, приведшие к искажению данных о фактическом объеме потребленной электрической энергии.

Неучтенное потребление электроэнергии – потребление электрической энергии в случаях бездоговорного и (или) безучетного потребления электроэнергии.

Потребление при отсутствии средств измерений – потребление электрической энергии в отсутствие соответствующих установленным требованиям средств измерений с применением по соглашению между потребителем, гарантирующим поставщиком (энергосбытовой организацией) и сетевой организацией.

Методы расчета:

- по среднестатистическому потреблению электрической энергии;
- по типовому суточному графику нагрузки, ранее согласованному
- заинтересованными сторонами;
- по числу часов использования и величине мощности;
- в зависимости от вида неисправности учета электрической энергии;
- по установленной мощности электроприемников или по договорному значению максимальной нагрузки и числу часов потребления электрической энергии.

При этом в зависимости от причины, вызвавшей неучтенное потребление или потребление при отсутствии средств измерения, применяются следующие методы расчета:

- 1) При потреблении в отсутствие средств измерений:

а) При потреблении в отсутствие средств измерений, за исключением граждан и потребителей электрической энергии, чья присоединенная мощность не превышает 25 кВт·А, применяются следующие методы расчета в порядке приоритета:

- метод по среднестатистическому потреблению электрической энергии;
- метод по числу часов использования максимума нагрузки и величине мощности;
- метод по типовому суточному графику нагрузки, ранее согласованному сторонами;

б) При потреблении в отсутствие средств измерений для потребителей – граждан и потребителей электрической энергии, чья присоединенная мощность не превышает 25 кВт·А, применяется расчет по среднестатистическому потреблению электроэнергии, а в случае отсутствия статистических данных расчет производится по номинальным мощностям электроприемников и числу часов использования этих мощностей.

в) При установлении вида неисправности прибора учета применяются методы в зависимости от вида неисправности учета электрической энергии, в том числе:

- г) Искажение схемы включения приборов учета;
- д) Использование заниженного значения коэффициента пересчета при правильной схеме включения счетчика;
- е) увеличенные потери напряжения в линии соединения ТН-счетчика.

2) При безучетном потреблении применяется метод расчета по установленной мощности электроприемников или договорному значению максимальной нагрузки и числу часов потребления электрической энергии со дня последней замены приборов учета или проверки схемы их включения, но не более чем за срок, когда проверка должна была быть проведена.

3) При бездоговорном потреблении применяется метод расчета по установленной мощности электроприемников или по допустимой длительной токовой нагрузке и числу часов потребления электрической энергии за срок не более трех лет.

Метод по среднестатистическому потреблению

Неучтенная электрическая энергия в текущем году t или текущем(их) месяце(ах) года t определяется по формуле:

$$W_t = W_{t-1} \cdot (1 + k_{cp}), \quad (1)$$

где W_{t-1} – фактическое потребление электрической энергии за предыдущий год по отношению к году t , если расчетный период 1 год или фактическое потребление электроэнергии за аналогичный(е) месяц(ы) предыдущего года, если расчетный период несколько месяцев, кВт·ч;

k_{cp} – среднегодовой коэффициент динамики потребления электроэнергии, определяемый по формуле:

$$k_{cp} = \frac{W_{t-1} - W_{t-n}}{n \cdot W_{t-n}}. \quad (2)$$

где W_{t-n} – фактическое потребление электрической энергии за год $t-n$ или фактическое потребление электрической энергии за аналогичный(е) месяц(ы) года $t-n$, кВт·ч.

n – количество лет с известным потреблением, но не менее двух лет.

В случае отсутствия статистических данных об электропотреблении за срок более 1 года, применяется расчет по среднестатистическому значению потребления электроэнергии за предыдущие расчетные периоды. При этом неучтенная в текущем расчетном периоде электроэнергия определяется по формуле:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}, \quad (3)$$

где W_i – потребление электроэнергии за i -й расчетный период;
 n – количество расчетных периодов с известным потреблением.

Метод по типовому суточному графику нагрузки, ранее согласованному заинтересованными сторонами

Методика позволяет вести расчет с абонентами на основании типового графика нагрузки, ранее согласованного сторонами, и заявленной максимальной мощности нагрузки абонентов.

Неучтенная электрическая энергия, кВт. ч, определяется по формуле:

$$W = \frac{P_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{12} (k_{\text{пв}} \cdot k_{\text{сез}} \cdot N \cdot \sum_{t=1}^{24} P_t)_i}{100}, \quad (4)$$

где $P_{\max}$ – заявленная максимальная мощность нагрузки абонента, кВт;
 $k_{\text{пв}i}$ – коэффициент уменьшения ординат графика нагрузки в выходные и праздничные дни i -го месяца (при отсутствии данных, принимается равным 1), определяемый по формуле:

$$k_{\text{пв}} = \frac{W_{\text{ср_в(п)}}}{W_{\text{ср_р}}}, \quad (5)$$

где $W_{\text{ср_в(п)}}$ – среднесуточное потребление электрической энергии в выходные (праздничные) сутки, кВт. ч;

$W_{\text{ср_р}}$ – среднесуточное потребление электрической энергии в рабочие сутки, кВт. ч.

$k_{\text{сез}i}$ – коэффициент сезонности, о.е;

N_i – число календарных суток в i -м месяце;

P_t – значение активной нагрузки на t -й ступени типового суточного графика нагрузки, % от $P_{\max}$.

Метод расчета по числу часов использования и величине мощности

Известны договорное значение максимальной активной нагрузки и число часов использования максимума нагрузки

Методика позволяет вести расчеты с потребителями, у которых отсутствует учет, но известны договорное значение максимальной мощности нагрузки и число часов использования максимальной нагрузки.

Электрическая энергия, кВт. ч, определяется по формуле:

$$W_{\text{св}} = F \cdot P_{\text{уст.осв.}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot t_{\text{св}} \cdot T \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где F – жилая площадь, м²;

$P_{\text{уст.осв}} = 10$ – установленная мощность источников света на 1 кв.м общей площади, Вт [7];

$K_{\text{одн}} = 0,3$ – коэффициент одновременности включения осветительных приборов

$t_{\text{св}}$ – число часов использования электрического освещения в сутки, ч;

T – число дней, за которые производится расчет, дн.

Расход электрической энергии электробытовыми приборами, кВт.ч, с учетом их мощности и числа часов использования в сутки определяется по формуле:

$$W_{\text{ЭБ}} = \left[t_{\text{эл.пл}} \cdot \sum_{i=1}^n (P_{\text{эл.пл}} \cdot K_c \cdot K_o)_i + \sum_{j=1}^m (t_{\text{эл.пр}} \cdot P_{\text{эл.пр}})_j \right] \cdot T, \quad (7)$$

где $t_{эл.пл}$ – число часов работы электроплит в сутки в домах с центральным теплоснабжением, ч;

$P_{эл.пл}$ – номинальная мощность электроплиты, кВт;

K_c – коэффициент спроса (для электроплит с четырьмя конфорками коэффициент спроса принимается равным 1, коэффициент спроса для плит с тремя конфорками – 0,75, с двумя – 0,5) [8].

K_o – коэффициент одновременности работы конфорок одной плиты с учетом регулирования по мощности (для электроплиты с четырьмя конфорками коэффициент одновременности принимается равным 0,4, коэффициент одновременности для плит с тремя конфорками – 0,6, с двумя – 0,8 и с одной – 1);

$t_{эл.пр}$ – число часов работы бытовых электроприборов в сутки, ч;

T – период времени, за который производится оплата, дн;

$P_{эл.пр}$ – номинальная мощность прибора, кВт [6];

m – количество электроприборов;

n – количество электроплит в квартире.

Суммарная электрическая энергия, кВт. ч, определяется по формуле:

$$W_{пот} = W_{св} + W_{эб}, \quad (8)$$

где $W_{св}$ – расход электрической энергии световой нагрузкой, рассчитанный по формуле (7);

$W_{эб}$ – потребление электробытовых приборов, рассчитанное по формуле (8).

Вопросы к собеседованию:

9. Счетчик расчетный (коммерческий) электроэнергии (расчетный счетчик)
10. Точка измерения электроэнергии
11. Точка учета электроэнергии
12. Точка поставки электроэнергии
13. Точка коммерческого учета электроэнергии
14. Тариф на электроэнергию одноставочный (одноставочный тариф)
15. Тариф на электроэнергию двухставочный (двухставочный тариф)
16. Тариф на электроэнергию двухставочно-дифференцированный по зонам суток (двухставочно-ифференцированный тариф)

Список рекомендованной литературы.

1. Бастраков, В.М. Метрология: учебное пособие / В.М. Бастраков. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный университет, 2016. – 288 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=461556
2. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2015.э – 671 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=114433

Перечень дополнительная литература

1. Захарова, А.Г. Измерительная техника : учебное пособие / А.Г. Захарова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 151 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6679>

2. Захарова, А.Г. Измерительная техника и элементы систем автоматики : учебное пособие / А.Г. Захарова, А.Е. Медведев, А.В. Григорьев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 126 с. — ISBN 978-5-906969-38-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105394>

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
3. <http://elibrary.ru/> - eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Стр.
	Введение
1.	Цель и задачи изучения дисциплины
2.	Оборудование и материалы
3.	Наименование лабораторных работ
4.	Содержание лабораторных работ
4.1	Лабораторная работа № 1. Характеристики средств измерений. Измерение активной и реактивной мощности однофазного переменного тока с помощью щитового ваттметра, амперметра и вольтметра.
4.2	Лабораторная работа № 2. Измерительные приборы и преобразователи. Измерение электрической нагрузки по показаниям счетчика электрической энергии
4.3.	Лабораторная работа № 3. Проведение измерений в электроэнергетике. Измерение активной и реактивной мощности трехфазного переменного тока с помощью щитового ваттметра/варметра
4.4	Лабораторная работа № 4. Косвенное измерение мощности. Метод вольтметра и амперметра Общие требования к учёту электроэнергии. Измерение активной электрической энергии трехфазного переменного тока при непосредственном включении прибора учета электроэнергии СЕ301
4.5	Лабораторная работа № 5. Назначение и использование токовых шунтов. Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазного переменного тока при включении прибора учета электроэнергии СЕ302 через измерительные трансформаторы тока и напряжения
4.6	Лабораторная работа № 6. Устройство сбора и передачи данных (УСПД). Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазного переменного тока при включении прибора учета электроэнергии СЭТ-4ТМ через измерительные трансформаторы тока.
4.7	Лабораторная работа № 7. Мониторинг потерь электроэнергии. Учет активной электрической энергии однофазных потребителей в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока.
4.8	Лабораторная работа № 8. Этапы создания и проектирования АСКУЭ. Изучение АСКУЭ с передачей информации от счетчиков электрической энергии до устройства сбора и подготовки данных и далее до компьютера диспетчерского пункта по выделенным проводным каналам связи
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания являются заготовкой к лабораторным работам по дисциплине «Измерения и учет электроэнергии» и предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника дневной и заочной форм обучения.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо подготовить протокол лабораторной работы, который будет соответствовать требованиям к содержанию отчета с использованием рекомендуемой литературы и источников Internet.

Применение методических указаний позволяет интенсифицировать процесс изучения материала, помогает студентам приобретать навыки работы с оборудованием и технической литературой.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Измерения и учет электроэнергии» является формирование у студентов компетенций позволяющий выработать навыки физических исследований в сферах академической, профессиональной и общенаучной деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новых технологий;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных технологических задач.

2. Оборудование и материалы

Научно-исследовательский комплекс «Применение автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии с целью повышения эффективности эксплуатации систем электроснабжения», исполнение стендовое ручное. Комплект учебно-лабораторного оборудования «Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии». Комплект учебной мебели.

3. Наименование лабораторных работ

Для заочной формы обучения предусмотрены следующие лабораторные работы: лабораторная работа №8. **Классификация, устройство и работа счётчиков электроэнергии** – 2 часа, лабораторная работа №13. **Применение трансформаторов тока** – 2 часа.

№ Темы	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Интерактивная форма проведения
1	Лабораторная работа № 1. Характеристики средств измерений. Измерение активной и реактивной мощности однофазного переменного тока с помощью щитового ваттметра, амперметра и вольтметра.	2	
2	Лабораторная работа № 2. Измерительные приборы и преобразователи. Измерение электрической нагрузки по показаниям счетчика электрической энергии	2	

3	Лабораторная работа № 3. Проведение измерений в электроэнергетике. Измерение активной и реактивной мощности трехфазного переменного тока с помощью щитового ваттметра/варметра	2	
4	Лабораторная работа № 4. Косвенное измерение мощности. Метод вольтметра и амперметра Общие требования к учёту электроэнергии. Измерение активной электрической энергии трехфазного переменного тока при непосредственном включении прибора учета электроэнергии СЕ301	4	
5	Лабораторная работа № 5. Назначение и использование токовых шунтов. Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазного переменного тока при включении прибора учета электроэнергии СЕ302 через измерительные трансформаторы тока и напряжения	2	
6	Лабораторная работа № 6. Устройство сбора и передачи данных (УСПД). Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазного переменного тока при включении прибора учета электроэнергии СЭТ-4ТМ через измерительные трансформаторы тока.	2	
7	Лабораторная работа № 7. Мониторинг потерь электроэнергии. Учет активной электрической энергии однофазных потребителей в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока.	2	
8	Лабораторная работа № 8. Этапы создания и проектирования АСКУЭ. Изучение АСКУЭ с передачей информации от счетчиков электрической энергии до устройства сбора и подготовки данных и далее до компьютера диспетчерского пункта по выделенным проводным каналам связи	2	
	Итого за 4 семестр	18	
	Итого	18	

Лабораторная работа № 1.

Характеристики средств измерений Измерение активной и реактивной мощности однофазного переменного тока с помощью щитового ваттметра, амперметра и вольтметра.

Цель:

- изучить схемы включения измерительных приборов в однофазных цепях переменного тока;
- изучить методы прямого и косвенного измерения активной и реактивной мощности;
- исследовать влияние величины питающего напряжения на потребление активной и реактивной мощности различного типа потребителей.

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по проведению эксперимента

1. Убедиться в отсутствии питания стенда (автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда должен быть отключен).

2. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 1.1. Схема содержит трехфазный источник питания S (модуль трехфазной сети), подающий напряжение на трехфазную группу силовых трансформаторов Т, содержащую три однофазных трансформатора (модуль однофазных трансформаторов) имеющих схему соединения обмоток «треугольник-звезда». В качестве однофазного потребителя используется осветительная нагрузка НL (модуль осветительной нагрузки) с параллельным включением всех ламп накаливания НL1, НL2, НL3. Питание осветительной нагрузки осуществляется от фазы «А» со стороны вторичной обмотки силового трансформатора Т. В цепь питания нагрузки включены: амперметр РА, вольтметр РV, однофазный ваттметр РР.

3. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети.

4. Показания измерительных приборов (напряжение, ток, активная мощность) занести в таблицу 1.1. Рассчитать величины полной и реактивной мощности (S и Q), полученные значения занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1.

U, В	I, А	P, Вт	S, ВА	Q, ВАр

5. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля. Перевести питание потребителя с отпайки 220В (клемма L11) силового трансформатора Т на отпайку 127В (клемма L12).

6. Включить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Вкл» на лицевой панели модуля.

7. Показания измерительных приборов (напряжение, ток, активная мощность) занести в таблицу 1.1. Рассчитать величины полной и реактивной мощности (S и Q), полученные значения занести в таблицу 1.1.

8. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля.

9. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 1.2. В качестве нагрузки L используется модуль индуктивной нагрузки с последовательным включением индуктивностей L_1 , L_2 , L_3 .

10. Включить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Вкл» на лицевой панели модуля.

11. Показания измерительных приборов (напряжение, ток, активная мощность) занести в таблицу 1.2. Рассчитать величины полной и реактивной мощности (S и Q), полученные значения занести в таблицу 1.2.

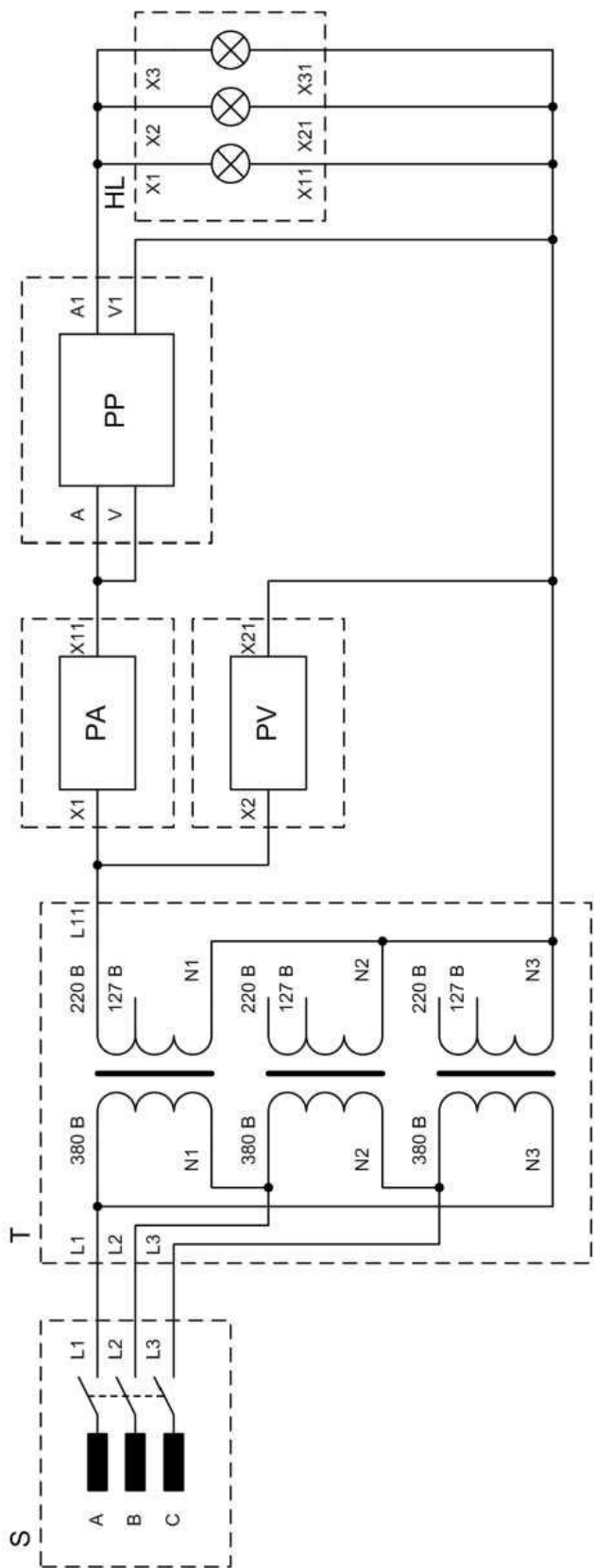


Рис. 1.1

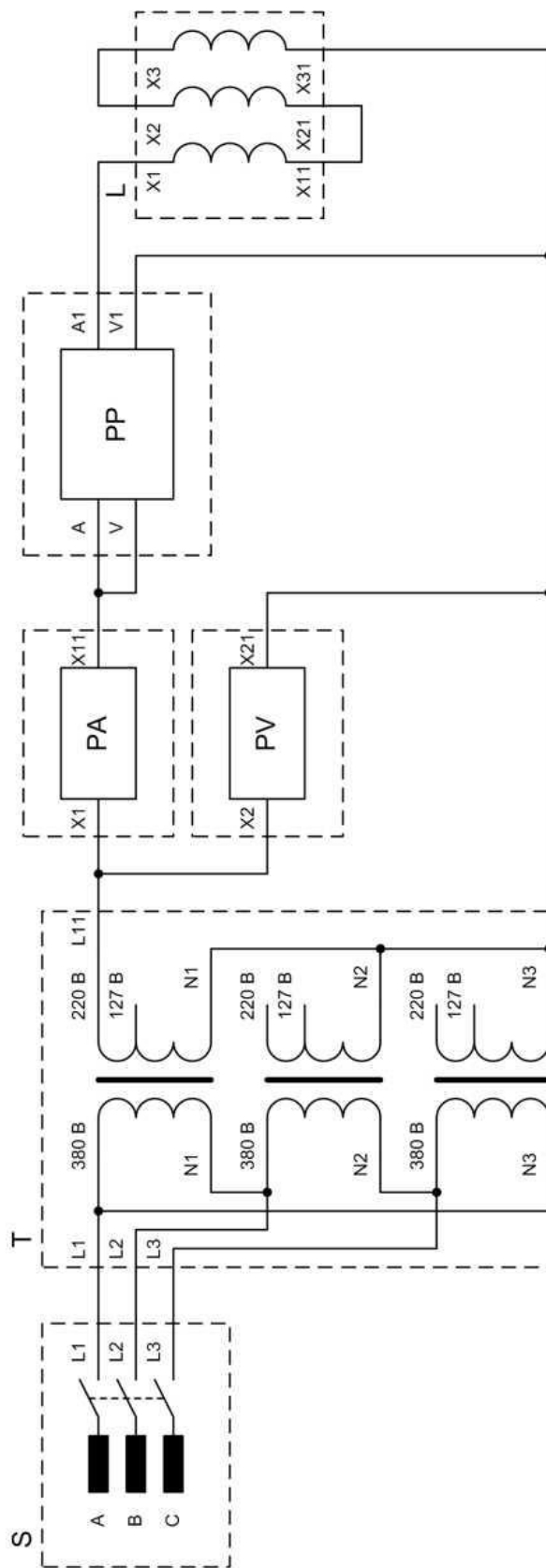


Рис 1.1.1. схему лабораторных испытаний

12. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля. Перевести питание потребителя с отпайки 220В (клемма L11) силового трансформатора Т на отпайку 127В (клемма L12).

Таблица 1.2.

U, В	I, А	P, Вт	S, ВА	Q, Вар

13. Включить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Вкл» на лицевой панели модуля.

14. Показания измерительных приборов (напряжение, ток, активная мощность) занести в таблицу 1.2. Рассчитать величины полной и реактивной мощности (S и Q), полученные значения занести в таблицу 1.2.

15. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля. Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда.

16. Оформить отчет по лабораторной работе. В отчете сделать выводы о влиянии величины напряжения питания на потребление активной и реактивной мощности нагрузки различного типа.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;
- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.

Контрольные вопросы

1. Организации учета электроэнергии
2. Правила учета электроэнергии
3. Учет активной электроэнергии на электростанциях
4. Учет активной электроэнергии в электрических сетях
5. Учет электроэнергии и мощности в электроустановках потребителей
6. Контроль баланса электрической энергии на электростанциях

Лабораторная работа № 2

Измерение электрической нагрузки по показаниям счетчика электрической энергии

Цель:

- изучить схему подключения электронного счетчика активной электрической энергии в однофазных цепях;
- определить мощность электрической нагрузки по показаниям счетчика электрической энергии.

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по порядку выполнения работы

1. Убедиться в отсутствии питания стенда (автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда должен быть отключен).

2. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 2.1. Схема содержит трехфазный источник питания S (модуль трехфазной сети), подающий напряжение на трехфазную группу силовых трансформаторов Т, содержащую три однофазных трансформатора (модуль однофазных трансформаторов) имеющих схему соединения обмоток «треугольник-звезда». В качестве однофазного потребителя используется осветительная нагрузка HL (модуль осветительной нагрузки) с параллельным включением всех ламп накаливания HL1, HL2, HL3. Питание осветительной нагрузки осуществляется от фазы «А» со стороны вторичной обмотки силового трансформатора Т. В цепь питания нагрузки включен однофазный счетчик электрической энергии Р6 типа СЕ-

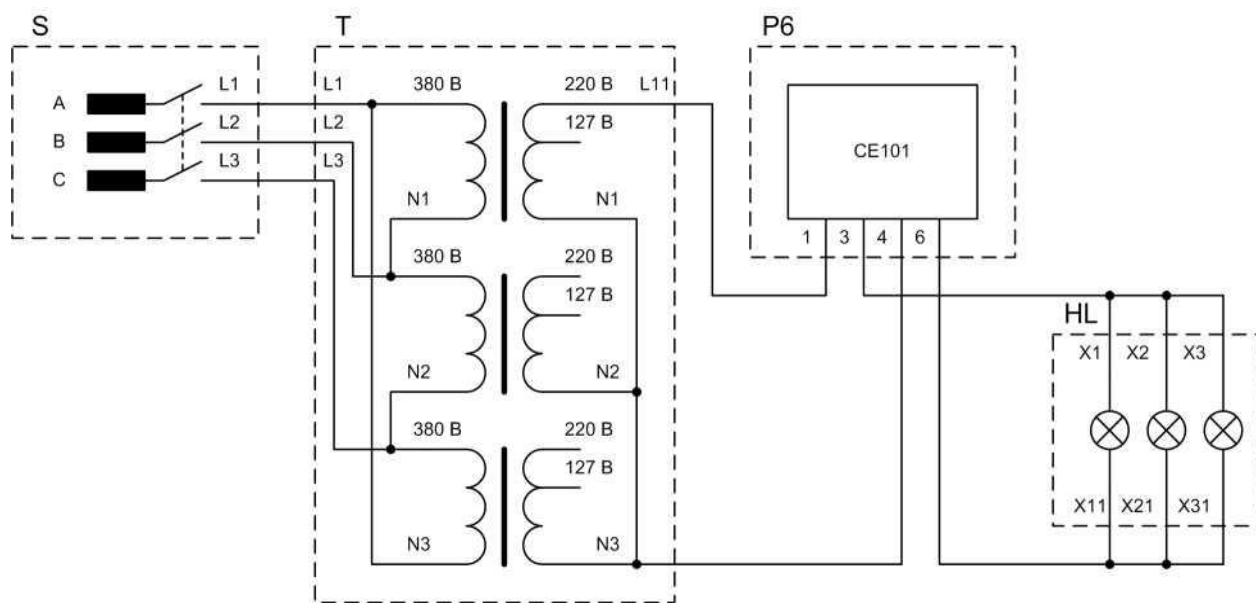


Рис. 2.1

101.

3. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети и в момент возникновения импульса светодиодного индикатора счетчика запустить отсчет времени (секундомер).

4. Остановить секундомер через 1 импульс светодиодного индикатора прибора учета электроэнергии. Полученное значение T_{10} занести в таблицу 2.1.

5. Используя передаточное число счетчика, рассчитать расход электрической энергии за данный интервал времени dW , рассчитать мощность электрической нагрузки $P_{расч}$, занести полученные значения в таблицу 2.1. Сопоставить расчетное значение мощности нагрузки $P_{расч}$ с номинальной $P_{ном}$, объяснить возможные различия номинальной и фактической (расчетной) мощности нагрузки.

Таблица 2.1.

Тип прибора учета электроэнергии	T , с	dW , Вт*ч	$P_{расч}$, Вт	$P_{ном}$, Вт
CE101				75

6. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля. Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Оформить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;
- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.

Контрольные вопросы

- Точка измерения электроэнергии
- Точка учета электроэнергии
- Точка поставки электроэнергии
- Точка коммерческого учета электроэнергии
- Тариф на электроэнергию одноставочный (одноставочный тариф)
- Тариф на электроэнергию двухставочный (двухставочный тариф)
- Тариф на электроэнергию двухставочно-дифференцированный по зонам суток (двухставочно-дифференцированный тариф)
- Рассчитывать тариф на электроэнергию фиксированный, дифференцированный по зонам времени, (фиксированный зонный тариф, зонный тариф)
- Рассчитывать зоны временные тарифные
- Рассчитывать контрольный период (периоды)

Лабораторная работа № 3

Измерение активной и реактивной мощности трехфазного переменного тока с помощью щитового ваттметра/варметра

Цель:

- изучить основные приемы работы с универсальным щитовым прибором типа DM2436AB;
- изучить методы прямого и косвенного измерения активной и реактивной мощности в

трехфазных цепях.

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по порядку выполнения работы

1. Убедится в отсутствии питания стенда (автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда должен быть отключен).

2. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 3.1. Схема содержит трехфазный источник питания S (модуль трехфазной сети), подающий напряжение на трехфазную группу силовых трансформаторов Т, содержащую три однофазных трансформатора (модуль однофазных трансформаторов) имеющих схему соединения обмоток «треугольник-звезда». В качестве трехфазного потребителя используется два модуля осветительной нагрузки HL (модуль осветительной нагрузки), получающих питание от вторичных обмоток силового трансформатора Т через модуль измерителя мощности Р, схема подключения нагрузки — звезда без нулевого провода. В качестве измерителя мощности Р используется универсальный измерительный прибор типа DM2436AB.

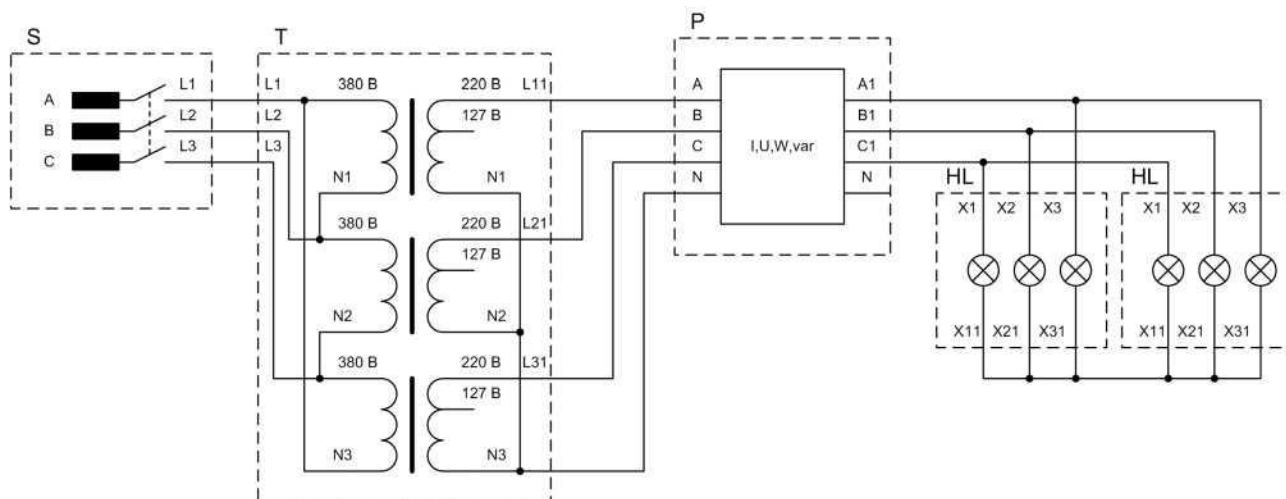


Рис. 3.1

3. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Включить питание модуля измерителя мощности. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети.

4. По показаниям универсального измерительного прибора Р определить действующие значения фазных токов, фазных напряжений, линейных напряжений, активной мощности каждой фазы и суммарной трехфазной мощности. Результаты измерений занести в таблицу 3.1.

5. По измеренным значениям токов и напряжений определить расчетную мощность нагрузки, полученные результаты занести в таблицу 3.1, сопоставить полученные результаты с измеренными.

6. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля.

7. По указаниям преподавателя исключить одну или несколько ламп накаливания из нагрузочной цепи для создания несимметричной нагрузки.

8. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети.

9. По показаниям универсального измерительного прибора Р определить действующие значения фазных токов, фазных напряжений, линейных напряжений, активной мощности каждой фазы и суммарной трехфазной мощности. Результаты измерений занести в таблицу 3.1.

10. По измеренным значениям токов и напряжений определить расчетную мощность нагрузки, полученные результаты занести в таблицу 3.1, сопоставить полученные результаты с измеренными.

11. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля.

12. Соединить общую точку нагрузки с клеммой «N» модуля измерителя мощности для создания схемы подключения нагрузки: звезда с нулевым проводом. Саму нагрузку оставить несимметричной.

13. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети.

14. По показаниям универсального измерительного прибора Р определить действующие значения фазных токов, фазных напряжений, линейных напряжений, активной мощности каждой фазы и суммарной трехфазной мощности. Результаты измерений занести в таблицу 3.1.

15. По измеренным значениям токов и напряжений определить расчетную мощность нагрузки, полученные результаты занести в таблицу 3.1, сопоставить полученные результаты с измеренными.

Таблица 3.1.

Схема включения и тип нагрузки		Симметричная нагрузка 3-проводная сеть	Несимметричная нагрузка 3-проводная сеть	Несимметричная нагрузка 4-проводная сеть
I, A	I_a			
	I_b			
	I_c			
U_{ϕ}, B	U_a			
	U_b			
	U_c			
U_i, B	U_{ab}			
	U_{bc}			
	U_{ca}			
$P_{изм}, Bm$	P_a			
	P_b			
	P_c			
	S_p			
$P_{рас}, Bm$	P_a			
	P_b			
	P_c			
	S_p			

16. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля.

17. Изменить тип нагрузки с активной (осветительной) на индуктивную в соответствии с рис. 3.2. В качестве индуктивной нагрузки использовать 2 последовательно включенных модуля индуктивной нагрузки. Схема включения – звезда без нулевого провода.

— звезда без нулевого провода.

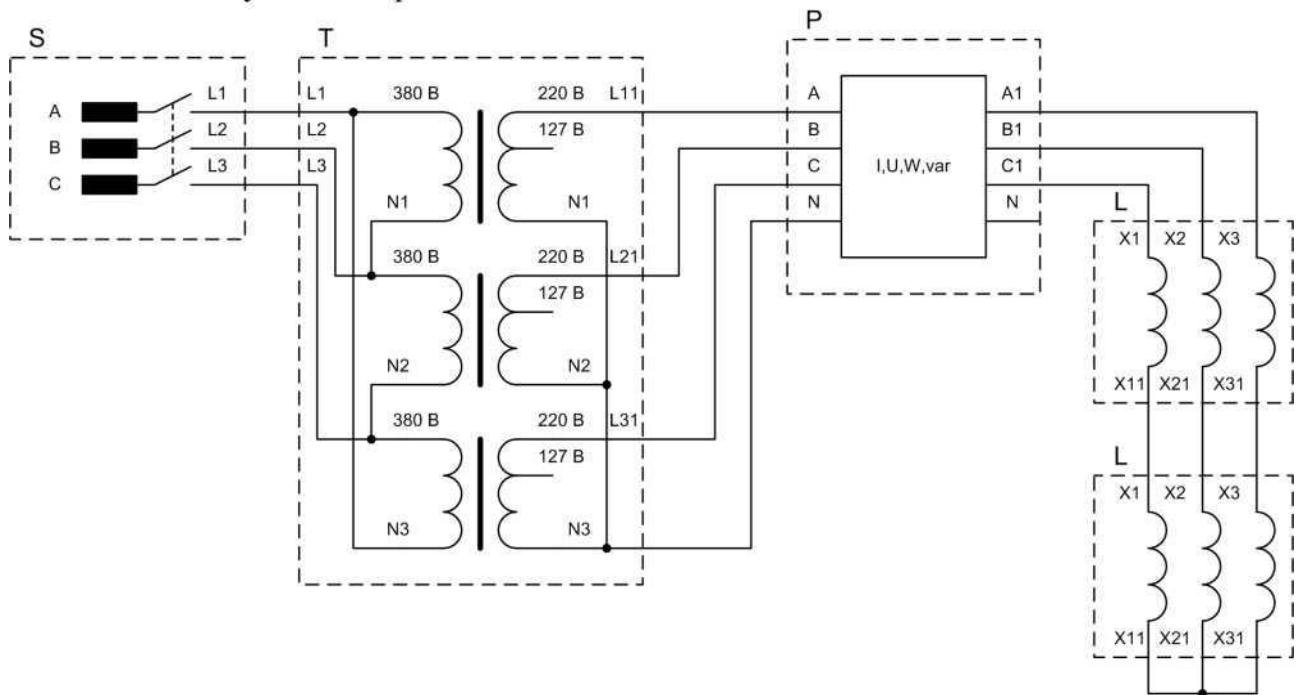


Рис. 3.2

18. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети.

19. По показаниям универсального измерительного прибора Р определить действующие значения фазных токов, фазных напряжений, активной и реактивной мощности каждой фазы и суммарно для трех фаз. Результаты измерений занести в таблицу 3.2.

20. По измеренным значениям токов и напряжений определить расчетную мощность нагрузки $S_{расч1}$, по измеренным значениям активной и реактивной мощности определить расчетную мощность нагрузки $S_{расч2}$, полученные результаты занести в таблицу 3.2, сопоставить значения мощностей $S_{расч1}$ и $S_{расч2}$.

Таблица 3.2.

	I, A	U, B	$P_{изм}, Bm$	$Q_{изм}, Var$	$S_{расч1}, BA$	$S_{расч2}, BA$
Фаза А						
Фаза В						
Фаза С						

21. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля. Отключить питание модуля измерителя мощности. Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда.

22. Оформить отчет по лабораторной работе. В отчете представить векторные диаграммы для исследуемых режимов работы, объяснить влияние нулевого провода в схеме питания трехфазной несимметричной нагрузки

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;
- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.

Контрольные вопросы

1. Счетчик расчетный (коммерческий) электроэнергии (расчетный счетчик)
2. Точка измерения электроэнергии
3. Точка учета электроэнергии
4. Точка поставки электроэнергии
5. Точка коммерческого учета электроэнергии
6. Тариф на электроэнергию одноставочный (одноставочный тариф)
7. Тариф на электроэнергию двухставочный (двухставочный тариф)

Лабораторная работа № 4

Измерение активной электрической энергии трехфазного переменного тока при непосредственном включении прибора учета электроэнергии СЕ301

Цель: изучить схему прямого подключения трехфазного электронного счетчика электрической энергии типа СЕ301.

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по порядку выполнения работы

1. Убедиться в отсутствии питания стенда (автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда должен быть отключен).
2. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 4.1. Схема содержит трехфазный источник питания S (модуль трехфазной сети), подающий напряжение на трехфазную группу силовых трансформаторов Т, содержащую три однофазных трансформатора (модуль однофазных трансформаторов) имеющих схему соединения обмоток «треугольник-звезда». В качестве трехфазного потребителя используется осветительная нагрузка НL (два модуля осветительной нагрузки), получающая питание от вторичных обмоток силового трансформатора Т через трехфазный счетчик электрической энергии РЗ, схема подключения нагрузки — звезда с нулевым проводом.

3. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети и в момент возникновения импульса светодиодного индикатора прибора учета электроэнергии запустить отсчет времени (секундомер)

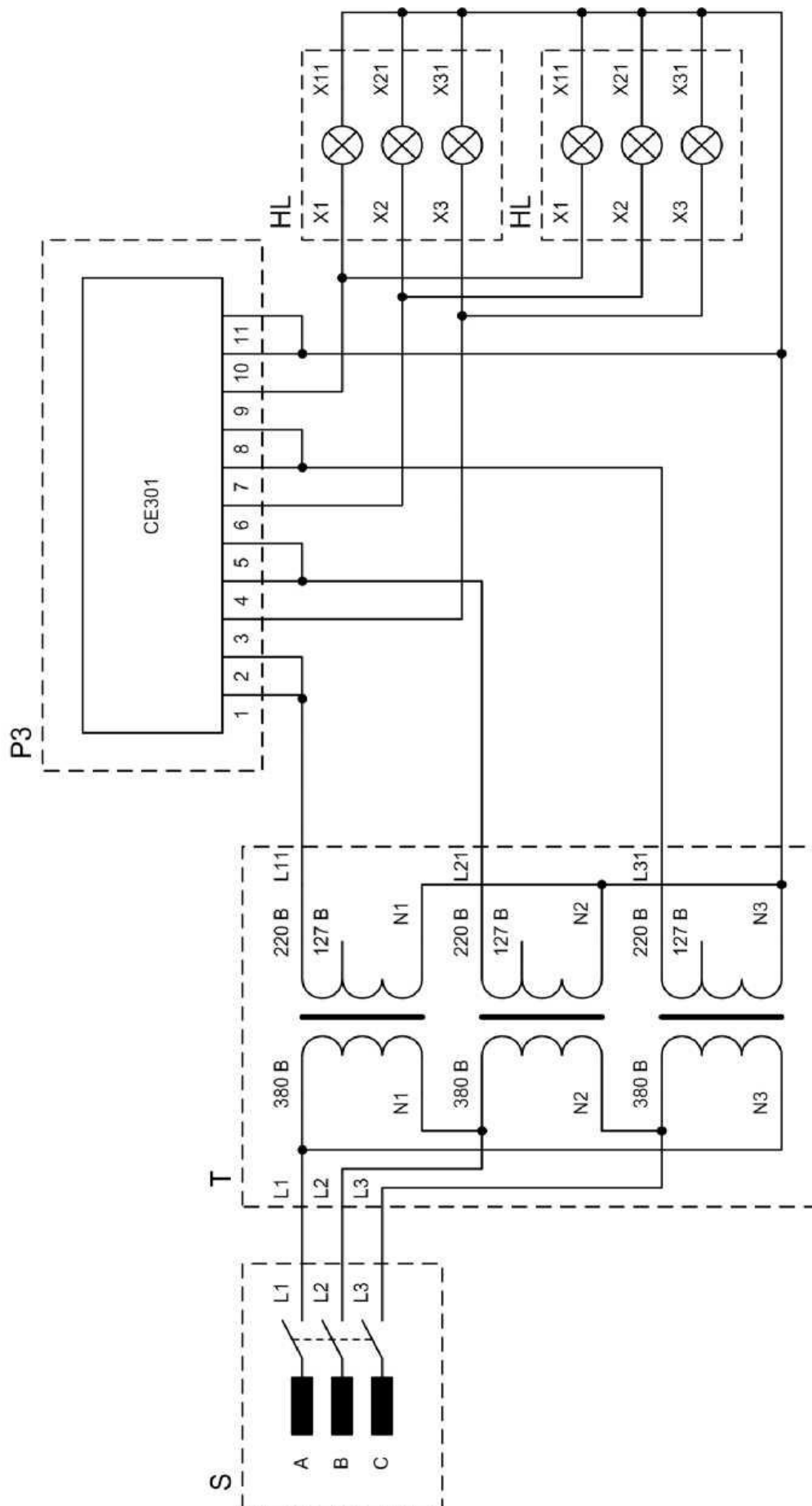
4. Остановить секундомер при возникновении следующего импульса светодиодного индикатора счетчика РЗ. Полученное значение T занести в таблицу 4.1.

5. Используя передаточное число счетчика, рассчитать расход электрической энергии за данный интервал времени dW , рассчитать трехфазную мощность электрической нагрузки $P_{расч}$ по показаниям прибора учета электроэнергии, занести полученные значения в таблицу 4.1. Сопоставить расчетное значение мощности нагрузки $P_{расч}$ с номинальной $P_{ном}$, объяснить возможные различия номинальной и фактической (расчетной) мощности нагрузки.

6. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля. Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Оформить отчет по лабораторной работе.

Таблица 4.1.

Тип прибора учета	T, c	$dW, Bm^*ч$	$P_{расч}, Bm$	$P_{ном}, Bm$
CE301				150



Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;
- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.

Контрольные вопросы

1. Рассчитывать какой допустимый класс точности определен для расчетных счетчиков активной энергии для непромышленных организаций?
2. Рассчитывать особенности учета межсистемных перетоков электроэнергии
3. Рассчитывать учет реактивной электроэнергии в электроустановках
4. Рассчитывать требования к счетчикам электрической энергии
5. Рассчитывать схемы включения счетчиков электроэнергии
6. Расчетные параметры средств учета электроэнергии

Лабораторная работа № 5

Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазного переменного тока при включении прибора учета электроэнергии СЕ302 через измерительные трансформаторы тока и напряжения

Цель: изучить схемы подключения трехфазного счетчика электрической энергии СЕ- 302 через измерительные трансформаторы тока и напряжения в трех проводных сетях.

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по порядку выполнения работы

1. Убедиться в отсутствии питания стенда (автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда должен быть отключен).
2. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 5.1. Схема содержит трехфазный источник питания S (модуль питания стенда), подающий напряжение на трехфазную индуктивную нагрузку L. В качестве нагрузки используются 2 параллельно включенных модуля индуктивной нагрузки L, схема подключения нагрузки — звезда без нулевого провода. Счетчик электрической энергии P1 включен через измерительные трансформаторы тока ТА1, ТА3 и измерительные трансформаторы напряжения TV1..TV3, расположенные на модуле «Трансформаторы тока/Трансформаторы напряжения».
3. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети и в момент

возникновения импульса светодиодного индикатора по активной мощности прибора учета электроэнергии Р1 запустить отсчет времени (секундомер).

4. Остановить секундомер при появлении очередного импульса светодиодного индикатора по активной мощности счетчика Р1. Полученное значение Т занести в таблицу 5.1.

5. Используя передаточное число счетчика, рассчитать расход активной электрической энергии за данный интервал времени dW , рассчитать трехфазную активную мощность электрической нагрузки $P_{расч}$ по показаниям прибора учета электроэнергии, занести полученные значения в таблицу 5.1.

6. В момент возникновения импульса светодиодного индикатора по реактивной мощности прибора учета электроэнергии Р1 запустить отсчет времени (секундомер).

7. Остановить секундомер при появлении очередного импульса светодиодного индикатора по реактивной мощности счетчика Р1. Полученное значение Т занести в таблицу 5.2.

8. Используя передаточное число счетчика, рассчитать расход реактивной Электрической энергии за данный интервал времени dW рассчитать трехфазную реактивную мощность электрической нагрузки $Q_{расч}$ асч по показаниям прибора учета электроэнергии, занести полученные значения в таблицу 5.2.

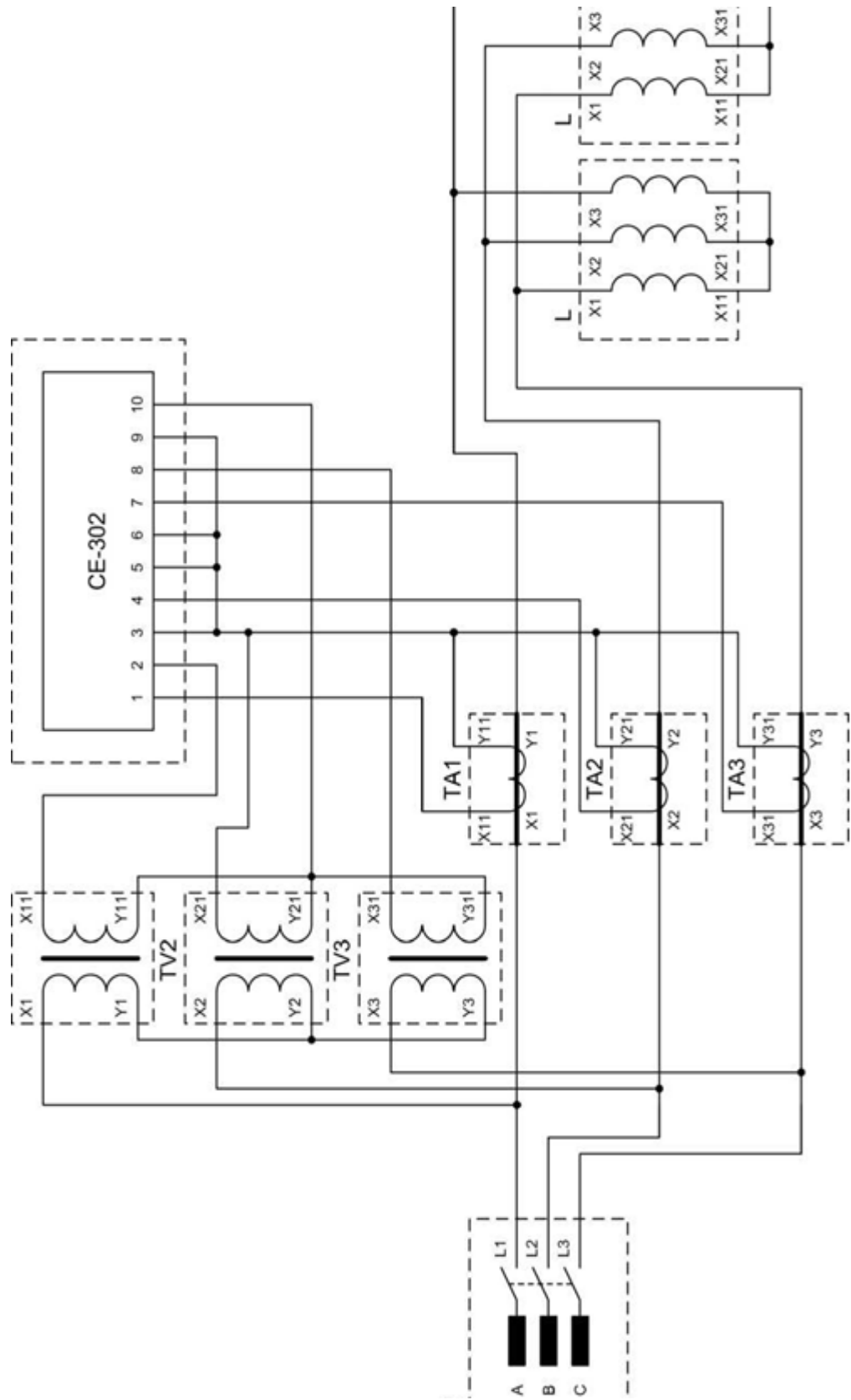
Таблица 5.1

Схема включения СЕ-303	Т, с	dW , Вт*ч	$P_{расч}$, Вт
трехфазная			

Таблица 5.2

Схема включения СЕ-303	Т, с	dW , Вар*ч	$Q_{расч}$, Вар
трехфазная			

9. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля. Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда. Оформить отчет по лабораторной работе.



Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;
- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.

Контрольные вопросы

1. Какой допустимый класс точности определен для расчетных счетчиков активной энергии для непромышленных организаций?
2. Особенности учета межсистемных перетоков электроэнергии
3. Учет реактивной электроэнергии в электроустановках
4. Требования к счетчикам электрической энергии
5. Счетчики ЭЭ. Типы. Принципы работы. Классы точности.

Лабораторная работа № 6

Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазного переменного тока при включении прибора учета электроэнергии СЭТ-4ТМ через измерительные трансформаторы тока

Цель: изучить схему подключения трехфазного электронного прибора учета электроэнергии типа СЭТ-4ТМ в трехфазных цепях питания активно-индуктивной нагрузки.

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по порядку выполнения работы

1. Убедится в отсутствии питания стенда (автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда должен быть отключен).
2. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 6.1. Схема содержит трехфазный источник питания S (модуль трехфазной сети), подающий напряжение на индуктивную нагрузку L (модуль индуктивной нагрузки) через трехфазный электронный счетчик электрической энергии Р9, схема подключения нагрузки — звезда с нулевым проводом.
3. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда.
4. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети.

5. В момент возникновения импульса светодиодного индикатора активной электрической энергии запустить отсчет времени (секундомер). Остановить секундомер через 1 импульс светодиодного индикатора активной электрической энергии прибора учета электроэнергии. Полученное значение T_1 занести в таблицу 6.1.

6. Используя передаточное число счетчика по активной электрической энергии, рассчитать расход активной электрической энергии dW_1 за интервал времени T_1 , рассчитать трехфазную активную $P_{расч}$ асч мощность электрической нагрузки, занести полученные значения в таблицу 6.1.

Таблицу 6.1.

Тип прибора учета	СЭТ-4ТМ
$T1, c$	
$T2, c$	
$dW1, Bm^*ч$	
$dW2, Вар^*ч$	
$P_{расч}, Bm$	
$Q_{расч}, Вар$	

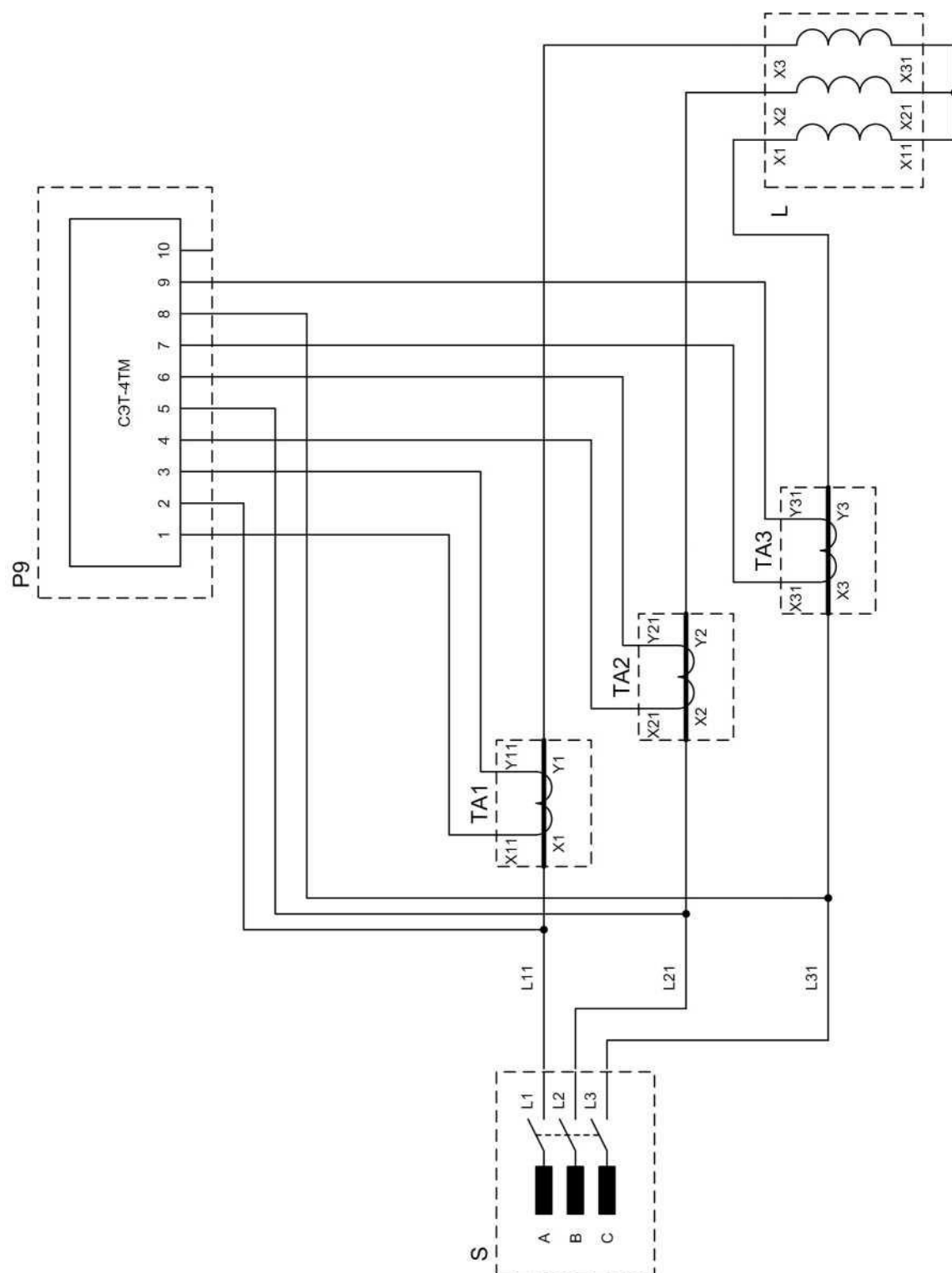
7. Перевести прибор учета в режим отображения показаний потребления реактивной электрической энергии. В момент изменения показаний запустить отсчет времени (секундомер). Остановить секундомер в момент следующего изменения показаний. Полученное значение T_2 занести в таблицу 6.1

8. Рассчитать расход реактивной электрической энергии dW_2 за интервал времени T_2 , рассчитать реактивную мощность электрической нагрузки $Q_{расч}$, занести полученные значения в таблицу 6.1.

9. Отключить выключатель модуля трехфазной сети кнопкой «Откл» на лицевой панели модуля.

10. Отключить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда.

11. Оформить отчет по лабораторной работе.



Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;

- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.
-

Контрольные вопросы

1. Схемы включения счетчиков электроэнергии
2. Электронный счетчик
3. Расчетные параметры средств учета электроэнергии
4. Размерность и правила округления значений учетных показателей
5. Дискретность сбора информации
6. Коммерческий учет ЭЭ на ОРЭ

Лабораторная работа № 7

Учет активной электрической энергии однофазных потребителей в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока.

Цель: изучить схему прямого подключения трехфазного электронного прибора учета электроэнергии типа «Альфа» в трехфазных четырех проводных цепях питания активно-индуктивной нагрузки.

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по порядку выполнения работы

1. Убедится в отсутствии питания стенда (автоматический выключатель QF1 модуля питания стенда должен быть отключен).
2. Собрать схему лабораторных испытаний, представленную на рис. 7.1. Схема содержит трехфазный источник питания S (модуль трехфазной сети), подающий напряжение на 2 последовательно включенных модуля индуктивной нагрузки L, получающих питание через трехфазный электронный счетчик электрической энергии P4, схема подключения нагрузки — звезда с нулевым проводом.
3. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1 модуля питания стенда.
4. Нажать кнопку «Вкл» выключателя модуля трехфазной сети.
5. В момент возникновения импульса светодиодного индикатора активной электрической энергии запустить отсчет времени (секундомер). Остановить секундомер через 1 импульс светодиодного индикатора активной электрической энергии прибора учета электроэнергии. Полученное значение T_1 занести в таблицу 7.1.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;

- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;
- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.

Контрольные вопросы

1. Почему удельное сопротивление проводника зависит от рода материала?
2. Зависит ли удельное сопротивление от температуры?
3. Как изменится напряжение на участке электрической цепи, если медную проволоку на этом участке заменить никелевой?
4. Назвать известные вам методы определения сопротивления резистора?
5. Как электронная теория электропроводности металлов объясняет природу электрического сопротивления?
6. Почему наличие примесей в металле приводит к увеличению удельного сопротивления проводника?

Лабораторная работа № 8

Изучение АСКУЭ с передачей информации от счетчиков электрической энергии до устройства сбора и подготовки данных и далее до компьютера диспетчерского пункта по выделенным проводным каналам связи

Цель: В учебных целях определить материал проводника путём измерения его сопротивления и вычисления удельного сопротивления

Теоретическая часть

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложении А.

Указания по порядку выполнения работы

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание используемого оборудования и материалов;
- порядок выполнения работы;
- вычисления и обработка результатов;
- выводы.
-

Контрольные вопросы

1. Почему удельное сопротивление проводника зависит от рода материала?
2. Зависит ли удельное сопротивление от температуры?

3. Как изменится напряжение на участке электрической цепи, если медную проволоку на этом участке заменить никелевой?
4. Назвать известные вам методы определения сопротивления резистора?
5. Как электронная теория электропроводности металлов объясняет природу электрического сопротивления?
6. Почему наличие примесей в металле приводит к увеличению удельного сопротивления проводника?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

1. Бастраков, В.М. Метрология: учебное пособие / В.М. Бастраков. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный университет, 2016. – 288 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=461556
2. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. _ М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2015.э – 671 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=114433

Перечень дополнительная литература

1. Захарова, А.Г. Измерительная техника : учебное пособие / А.Г. Захарова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 151 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6679>
2. Захарова, А.Г. Измерительная техника и элементы систем автоматики : учебное пособие / А.Г. Захарова, А.Е. Медведев, А.В. Григорьев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 126 с. — ISBN 978-5-906969-38-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105394>

Интернет-ресурсы:

<http://www.biblioclub.ru> - ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
<http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
<http://elibrary.ru/> - eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению контрольной работы
по дисциплине «ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания являются заданием к контрольной работе по дисциплине «Измерения и учет электроэнергии» и предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника дневной и заочной форм обучения.

При подготовке к контрольной работе необходимо подготовить протокол, который будет соответствовать требованиям к содержанию работы с использованием рекомендуемой литературы и источников Internet.

Применение методических указаний позволяет интенсифицировать процесс изучения материала, помогает студентам приобретать навыки работы с оборудованием и технической литературой.

Цель: Изучить материал настоящих методических указаний, ответить на поставленные вопросы по темам и найти соответствующие определения приведенных терминов с использованием нормативной документации.

Формируемые компетенции:

Индекс	Формулировка:
ПК-2	Способен анализировать режимы работы объектов систем электроснабжения
Индикаторы достижения компетенций	ИД-4 _{ПК-2} Демонстрирует понимание принципов функционирования рынков электрической энергии и мощности, рынка системных услуг

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

технологии учёта электроэнергии; назначение, виды и функции систем АСКУЭ
уметь:

устанавливать общность и различия систем электроэнергетики и применяемого оборудования с целью формирования условий для понимания путей энергосбережения и повышения энергоэффективности.

владеть:

навыками обеспечения параметров режима системы электроснабжения объекта

Контрольная работа № 1

Задача № 1 Поверка технических приборов и основы метрологии

Задача № 2 Измерение тока и напряжения в цепях постоянного тока

Задача № 3 Методы и погрешности электрических измерений

Задача № 4 Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока

Задача № 5 Измерение реактивной энергии в цепях трехфазного тока

Задача № 6 Выбор измерительной аппаратуры

Задача № 7 Измерение тока в цепях переменного несинусоидального тока

Задача № 1 [Поверка технических приборов](#)

Технический амперметр магнитоэлектрической системы с номинальным током I_n , числом номинальных делений $n_n = 100$ имеет оцифрованные деления от нуля до номинального значения, проставленные на каждой пятой части шкалы (стрелки обесточенных амперметров занимают нулевое положение).

Поверка технического амперметра осуществлялась образцовым амперметром той же системы.

Исходные данные для выполнения задачи указаны в табл. 1.

Таблица 1 – Числовые значения для задачи № 1

	Ед. из-		Последняя цифра шифра
--	---------	--	-----------------------

Проверяемый амперметр	мерения	Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Абсолютная погрешность	А	—	-0,01	+0,0 3	-0,04	+0,0 2	-0,03	+0,0 5	-0,04	+0,0 2	-0,06	+0,0 3
		—	+0,0 2	-0,04	+0,0 6	-0,08	+0,0 5	-0,08	+0,0 3	0,04	-0,03	+0,0 6
		—	-0,03	+0,0 5	-0,03	+0,0 7	+0,0 4	-0,04	+0,0 6	-0,05	+0,0 8	-0,05
		—	+0,0 4	-0,06	+0,0 2	-0,05	-0,08	+0,0 2	-0,07	+0,0 6	-0,02	+0,0 4
		—	-0,05	+0,0 7	-0,01	+0,0 4	-0,06	+0,0 3	-0,02	-0,08	+0,0 5	-0,02
Номинальный ток	А	0; 5	2,5	20	15	20	5,0	10	5,0	10	2,5	15
		1; 6	10	1,0	20	15	1,0	2,5	15	20	5,0	2,5
		2; 7	5,0	10	1,0	2,5	2,5	20	10	2,5	10	5,0
		3; 8	20	15	25	10	5,0	5,0	20	5,0	20	10
		4; 9	15	2,5	10	5,0	20	15	2,5	15	1,0	20

Примечание. Абсолютная погрешность в табл. 1 указана для каждого оцифрованного деления шкалы после нуля в порядке их возрастания, включая номинальный ток амперметра.

1. Указать условия поверки технических приборов.

2. Определить поправки измерений.

3. Построить график поправок.

4. Определить приведенную погрешность.

5. Указать, к какому ближайшему стандартному классу точности относится данный прибор.

Если прибор не соответствует установленному классу точности, указать на это особо.

6. Написать ответы на вопросы:

1) Что называется измерением?

2) Что такое мера и измерительный прибор? Как они подразделяются по назначению?

3) Что такое погрешность? Дайте определение абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

—

Задача № 2 Измерение тока и напряжения в цепях постоянного тока

Измерительный механизм (ИМ) магнитоэлектрической системы рассчитан на ток I_n и напряжение U_n и имеет шкалу на a_n делений.

Таблица 3 – Числовые значения для задачи № 2

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение ИМ U_i	мВ	–	45	75	50	100	75	60	100	75	80	100
Ток ИМ I_i	мА	–	5	7,5	10	10	7,5	15	30	25	40	50
Число делений a_i	дел	–	50	75	100	50	150	75	100	150	50	100
Напряжение U_n	В	0; 5	45	300	15	200	30	60	25	75	200	100
		1; 6	90	150	45	20	60	30	50	150	40	15
		2; 7	18	75	50	150	90	150	100	300	80	30
		3; 8	135	225	100	50	120	300	150	15	160	50
		4; 9	150	15	150	100	150	15	250	30	120	10
Ток I_n	А	0; 1	1,0	1,5	2,0	10	1,5	3,0	25	30	20	5
		6; 2	1,5	3,0	10	2,0	3,0	1,5	2,5	25	5,0	15
		7; 3	2,0	6,0	5,0	3,0	4,5	6,0	5,0	15	10	0,5
		8; 4	2,5	4,5	1,5	5,0	15	4,5	7,5	1,5	0,5	1,0
		9; 5	3,0	7,5	0,5	2,5	30	0,3	0,6	7,5	4,0	20

1. Составить схему включения измерительного механизма с шунтом и дать вывод формулы $r_{ш}$.
2. Определить постоянную измерительного механизма по току C_I , величину сопротивления шунта $r_{ш}$ и постоянную амперметра C'_I , если этим прибором нужно измерять ток I_n .
3. Определить мощность, потребляемую амперметром при номинальном значении тока I_n .
4. Составить схему включения измерительного механизма с добавочным сопротивлением и дать вывод формулы r_d .
5. Определить постоянную измерительного механизма по напряжению C_U , величину добавочного сопротивления r_d и постоянную вольтметра C'_U , если этим прибором нужно измерять напряжение U_n .
6. Определить мощность, потребляемую вольтметром при номинальном значении напряжения U_n .

Задача № 3 Методы и погрешности электрических измерений

Для измерения сопротивления косвенным методом использовались два прибора: амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы.

Измерение сопротивления производилось при температуре $t^{\circ}\text{C}$ приборами группы А, Б или В. Данные приборов, их показания, а также группа приборов и температура окружающего воздуха, при которой производилось измерение сопротивления, приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Числовые значения для задачи № 3

Наименование величин		Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
В о л т м е т р	Предел измерения U_n	В	—	300	150	15	75	300	30	300	150	75	30
	Ток полного отклонения стрелки прибора при U_n	мА	—	3	7,5	1	1	7,5	1	1	3	1	7,5
	Класс точности	%	—	0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
	Показание вольтметра U	В	0; 5	220	140	12	60	240	27	270	100	50	20
			1; 6	280	130	10	70	260	25	180	110	60	26
			2; 7	250	120	8	65	210	23	230	140	70	18
			3; 8	170	110	11	75	250	28	240	120	65	22
			4; 9	290	150	14	55	200	29	160	130	75	25
А м п е р м е т р	Предел измерения I_n	А	—	1,5	3,0	1,5	7,5	0,3	15	1,5	1,5	0,3	15
	Падение напряжения на зажимах прибора при I_n	мВ	—	100	95	100	140	27	100	100	100	27	100
	Класс точности	%	—	1,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,2	1,0	0,5	0,2	1,5
	Показание вольтметра I	А	0; 1	1,0	0,5	1,0	5	0,29	9	0,5	0,4	0,1	10
			6; 2	1,3	0,7	1,2	6	0,18	10	0,6	0,5	0,15	8
			7; 3	1,1	0,7	1,2	6	0,18	10	0,6	0,5	0,15	8
			8; 4	1,5	1,1	0,6	4	0,24	11	1,0	1,0	0,17	14
			9; 5	1,4	1,3	0,7	3,5	0,16	13	1,5	0,8	0,3	5
	Группа приборов	—	—	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А
	Температура t	$^{\circ}\text{C}$	—	10	0	–10	30	10	0	25	30	40	10

Определить:

- 1) величину сопротивления R_x по показаниям приборов и начертить схему;
- 2) величину сопротивления R_x с учетом схемы включения приборов;
- 3) наибольшие возможные (относительную и абсолютную) погрешности результата измерения этого сопротивления;
- 4) в каких пределах находятся действительные значения измеряемого сопротивления.

Задача № 4 Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока

Для измерения активной мощности трехпроводной цепи трехфазного тока с симметричной активно-индуктивной нагрузкой, соединенной звездой или треугольником, необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током I_n , номинальным напряжением U_n и числом делений шкалы $a_n = 150$ дел.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 7.

Таблица 7 – Числовые значения для задачи № 4

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность цепи S	кВ·А	0; 5	3,0	6,0	5,5	5,0	3,2	1,5	2,0	2,5	3,5	1,8
		1; 6	3,5	5,5	6,0	5,5	3,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,2
		2; 7	2,5	5,0	6,5	6,0	3,6	2,5	1,5	1,8	2,5	2,8
		3; 8	2,0	4,5	5,0	4,5	5,0	3,0	5,0	3,0	2,0	1,4
		4; 9	1,8	4,0	4,5	4,0	6,0	3,5	5,8	3,5	1,5	3,5
Коэффициент мощности cosφ	—	0; 1	0,7	0,8	0,9	0,72	0,82	0,88	0,83	0,92	0,84	0,72
		6; 2	0,72	0,82	0,92	0,74	0,83	0,80	0,85	0,90	0,86	0,70
		7; 3	0,74	0,84	0,73	0,76	0,84	0,81	0,87	0,88	0,85	0,76
		8; 4	0,76	0,86	0,75	0,78	0,85	0,82	0,89	0,86	0,83	0,74
		9; 5	0,78	0,88	0,71	0,80	0,86	0,84	0,91	0,83	0,74	0,80
Фазное напряжение U_ϕ	В	—	127	220	380	220	380	127	380	220	127	127
Схема соединения	—	—	Звезда	Звезда	Треуг.	Звезда	Треуг.	Звезда	Треуг.	Треуг. г.н	Звезда	Звезда
Последовательные обмотки ваттметров включены в провода	—	—	А и В	В и С	С и А	А и В	В и С	С и А	А и В	В и С	С и А	А и В
Обрыв фазы	—	—	А	В	АВ	С	ВС	А	СА	АВ	В	С

1. По данным варианта для нормального режима работы цепи:

- начертить схему включения ваттметров в цепь;
- доказать, что активную мощность трехпроводной цепи трехфазного тока можно представить в виде суммы двух слагаемых;

- в) построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров;
- г) определить мощности P_1 и P_2 , измеряемые каждым из ваттметров;
- д) определить число делений шкалы a_1 и a_2 , на которые отклоняются стрелки ваттметров.
2. По данным варианта при обрыве одной фазы приемника энергии:
- а) начертить схему включения ваттметров в цепь;
- б) построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров;
- в) определить мощности P_1 и P_2 измеряемые каждым из ваттметров;
- г) определить число делений шкалы a_1 и a_2 на которые отклоняются стрелки ваттметров.

Результаты расчетов записать в табл. 8.

Примечание. Заданная трехпроводная цепь трехфазного тока представляет собой соединение трех неподвижных магнитно-несвязанных катушек.

Задача № 5 Измерение реактивной энергии в цепях трехфазного тока

Симметричный трехфазный приемник электрической энергии соединен по схеме звезда или по схеме треугольник.

Напряжение на фазе приемника U_{ϕ} .

Активное и индуктивное сопротивления фаз приемника соответственно равны r_{ϕ} , x_{ϕ} .

В цепь приемника включен одноэлементный счетчик активной энергии для измерения реактивной энергии. Последовательная обмотка счетчика включена в один из проводов трехфазной цепи, как указано в табл. 9.

Таблица 9 – Числовые значения для задачи № 5

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Схема соединения	—	—	треуг.	треуг.	звезда	треуг.	звезда	треуг.	звезда	звезда	треуг.	треуг.
Последовательная обмотка счетчика включена в провод	—	—	В	А	А	С	С	В	В	А	А	С
Время t	ч	—	30	50	20	20	40	40	30	30	50	30

Фазовое напряжение U_{ϕ}	В	—	220	380	127	220	220	380	127	220	220	380
Активное сопротивление фазы r_{ϕ}	Ом	0; 5	20	30	10	16	15	25	15	20	14	20
		1; 6	19	29	11	17	16	24	18	21	16	14
		2; 7	18	28	12	18	17	23	21	22	18	16
		3; 8	17	27	13	19	18	22	24	23	20	18
		4; 9	16	26	14	20	19	21	27	24	22	26
Индуктивное сопроти- вление фазы x_{ϕ}	Ом	0; 1	18	25	15	24	20	30	10	18	28	40
		6; 2	19	26	16	23	21	29	11	17	27	38
		7; 3	20	27	17	22	23	28	12	16	26	36
		8; 4	21	28	18	21	24	27	13	15	25	31
		9; 5	22	29	19	20	25	26	14	21	24	32

Приемник электрической энергии работает непрерывное время t .

1. Начертить схему включения счетчика в соответствии с данными варианта, сделать разметку генераторных зажимов его обмоток.
 2. Определить линейное напряжение $U_{\text{л}}$ линейный ток $I_{\text{л}}$, коэффициент мощности $\cos \phi$ и угол ϕ .
 3. Для заданной цепи построить в масштабе векторную диаграмму, выделить в ней векторы напряжения и тока, под действием которых находятся параллельная и последовательная обмотки счетчика.
 4. Пользуясь векторной диаграммой, доказать, что счетчик, включенный по такой схеме, измеряет реактивную энергию.
- Определить расход реактивной энергии, учитываемой счетчиком за время t .
5. Подсчитать за время t реактивную энергию всего приемника.
 6. Найти численное соотношение между энергией, учитываемой счетчиком, и энергией приемника.

Задача № 6 Выбор измерительной аппаратуры

В высоковольтной трехпроводной цепи трехфазного тока необходимо измерить линейные токи, линейное напряжение, коэффициент мощности цепи и расход активной энергии всей цепи.

Подобрать для этой цели два измерительных трансформатора тока (ИТТ), два измерительных трансформатора напряжения (ИТН) и подключить к ним следующие измерительные приборы: два амперметра электромагнитной системы; два однофазных

индукционных счетчика активной энергии; один трехфазный фазометр электромагнитной или электродинамической системы; один вольтметр электромагнитной системы.

Расстояние от трансформатора до измерительных приборов l (провод медный, сечением $S = 2,5 \text{ м}^2$), номинальное напряжение сети U_1 и линейный ток I_1 приведены в табл. 10. Начертить схему включения ИТТ и ИТН в цепь, а также показать подключение к ним всех измерительных приборов.

Таблица 10 – Числовые значения для задачи № 6

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра							
			0	1	2	3	4	5	6	7
Номинальное напряжение сети U_1	В	–	6000	500	3000	10000	15000	6000	500	3000
Линейный ток I_1	А	0; 5	40	100	75	30	20	50	150	50
		1; 6	15	75	50	15	25	30	100	30
		2; 7	30	150	75	25	30	40	200	40
		3; 8	60	200	40	40	15	60	250	50
		4; 9	50	250	60	20	40	75	100	75
Расстояние от измерительных приборов до трансформатора l	м	0; 1	15	10	10	15	20	15	10	20
		6; 2	14	11	14	18	21	16	12	19
		7; 3	13	12	15	19	22	17	14	18
		8; 4	12	13	16	20	23	18	16	17
		9; 5	11	14	17	16	24	19	8	16

Выполнить разметку зажимов обмоток ИТТ, ИТН, счетчиков и фазометра. Показать заземление вторичных обмоток ИТТ и ИТН.

Пример: [Решение Основы метрологии и электрические измерения Контрольная работа № 1 вариант 4](#)

Задача № 7 (задача № 5) Измерение тока в цепях переменного несинусоидального тока

1. В цепь несинусоидального тока включены: амперметр магнитоэлектрической системы и амперметр электродинамической системы. Амперметры имеют одинаковые номинальные токи $I_H = 5 \text{ А}$ и шкалы с одинаковым номинальным числом делений $a_H = 100$ дел.

Начертить схему цепи и определить, на какое число делений шкалы отклонится стрелка:

а) магнитоэлектрического амперметра;

б) электродинамического амперметра,

если в цепи проходит ток:

$$i = I_0 + I_{1m} \sin \omega t + I_{3m} \sin(3\omega t + \Psi_3).$$

Построить в масштабе в одних осях координат графики заданного тока $i = f(t)$ за время одного периода основной гармоники тока.

Значения I_0 , I_{1m} , I_{3m} и угол сдвига фазы третьей гармоники для отдельных вариантов даны в табл. 14.

2. В цепь несинусоидального тока включены: амперметр электродинамической системы и амперметр детекторной (выпрямительной) системы. Амперметры имеют одинаковые номинальные токи $I_H = 5$ А и шкалы с одинаковым номинальным числом делений $\alpha_H = 100$ дел.

На какое число делений шкалы отклонится стрелка: а) электродинамического амперметра; б) детекторного амперметра, если в цепи проходит ток:

$$i = I_{1m} \sin \omega t + I_{3m} \sin(3\omega t + \Psi_3).$$

Таблица 14 – Числовые значения для задачи № 7

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ток I_0	В	—	0,5	1,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Ток I_{1m}	А	0; 5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4,0
		1; 6	4,0	4,5	3,8	3,2	3,0	4,4	4,0	3,5	3,0	4,0
		2; 7	3,5	3,0	4,0	3,4	3,6	4,2	3,8	4,0	3,5	4,2
		3; 8	3,0	2,5	4,2	3,6	4,0	3,5	4,4	4,5	4,0	3,8
		4; 9	2,5	3,5	4,4	3,8	4,5	3,8	4,2	3,6	4,2	4,4
Ток I_{3m}	м	0; 1	2,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	1,0	2,0
		6; 2	2,0	2,5	1,8	1,4	2,0	1,2	1,8	1,8	1,2	2,2
		7; 3	1,5	1,0	2,0	1,6	2,5	1,4	1,6	2,0	2,2	2,8
		8; 4	1,0	1,5	2,2	2,5	1,2	1,6	1,5	2,4	1,8	3,0
		9; 5	1,5	2,0	2,4	2,0	2,6	1,8	1,4	2,5	1,6	3,2
угол сдвига фазы третьей гармоники			0	п/6	п	п/3	п/2	п	п/6	0	п	п/3

Перечень основной литературы:

1. Бастраков, В.М. Метрология: учебное пособие / В.М. Бастраков. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный университет, 2016. – 288 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=461556

2. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. _ М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2015.э – 671 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=114433

Перечень дополнительной литературы:

1. Захарова, А.Г. Измерительная техника : учебное пособие / А.Г. Захарова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 151 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6679>

2. Захарова, А.Г. Измерительная техника и элементы систем автоматики : учебное пособие / А.Г. Захарова, А.Е. Медведев, А.В. Григорьев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 126 с. — ISBN 978-5-906969-38-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105394>.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Содержание

Введение

- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Измерения и учет электроэнергии»
- 2 План-график выполнения самостоятельной работы
- 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
- 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
- 5 Список рекомендуемой литературы.

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины

«Измерения и учет электроэнергии»

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения

знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;
- выполнение курсового проекта.

Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения контрольной работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовой работы.

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
Способен анализировать режимы работы объектов систем электроснабжения (ПК-2)	ИД-4ПК-2 Демонстрирует понимание принципов функционирования рынков электрической энергии и мощности, рынка системных услуг	Знать: - технологии учёта электроэнергии; назначение, виды и функции систем АСКУЭ Уметь: устанавливать общность и различия систем электроэнергетики и применяемого оборудования с целью формирования условий для понимания путей энергосбережения и повышения энергоэффективности. Владеть: навыками обеспечения параметров

		режима системы электропитания объекта
--	--	--

Код реализу емой компет енции	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятель ной работы	Средства и технологии оценки*	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактн ая работа с преподава телем	Всего
4 семестр ОФО						
ПК-2	Самостоятельно е изучение литературы	Конспект	Собеседование	9,06	0,34	9,4
	Подготовка к практическим занятиям	Конспект	Собеседование	3,24	0,36	3,6
	Подготовка к лабораторным занятиям	Отчет	Собеседование	4,86	0,54	5,4
	Контрольная работа	Отчет	Собеседование	12	2	14
	Подготовка к лекциям	Конспект	Собеседование	3,24	0,36	3,6
Итого за 4 семестр				32,4	3,6	36
4 семестр ЗФО						
	Самостоятельно е изучение литературы	Конспект	Собеседование	94,74	10,86	105,6
	Подготовка к практическим занятиям	Конспект	Собеседование	0,54	0,06	0,6
	Подготовка к лабораторным занятиям	Отчет	Собеседование	1,08	0,12	1,2
	Контрольная работа	Отчет	Собеседование	12	1	13
	Подготовка к лекциям	Конспект	Собеседование	0,54	0,06	0,6
Итого 4 семестр				108,9	12,1	121

Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
4 семестр			
1.	Практическое занятие № 2	6 неделя	25
2.	Практическое занятие № 5	10 неделя	15
3.	Практическое занятие № 7	16 неделя	15

	Итого за 4 семестр		55
	Итого		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии,

таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

При проведении текущего контроля рейтинговая оценка знаний студента оценивается следующим образом:

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество во баллов
4 семестр			
4.	Практическое занятие № 3	6 неделя	25
5.	Лабораторное занятие № 3	10 неделя	15
6.	Практическое занятие № 8	16 неделя	15
	Итого за 4 семестр		55
	Итого		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставаемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость

выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются

сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается

содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

Методические указания по подготовке к контрольной работе

Контрольная работа – это самостоятельная письменная работа студента, которая должна показать не только его владение теоретическим материалом, но и продемонстрировать практические умения проводить расчеты.

Цели выполнения:

- закрепить и систематизировать теоретические знания и практические навыки студента;
- научить работать с литературой – изучать, анализировать информацию из научных источников;

При выполнении работы реализуются следующие компетенции:

Код	Формулировка
ПК-2	Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов
	ИД-4 _{ПК-2} Обеспечивает заданные параметры режима системы электроснабжения объекта

Методические указания по подготовке к экзамену

Изучение дисциплины «Измерение и учет электроэнергии» завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Вопросы к экзамену

1. Организации учета электроэнергии
2. Правила учета электроэнергии
3. Учет активной электроэнергии на электростанциях
4. Учет активной электроэнергии в электрических сетях
5. Учет электроэнергии и мощности в электроустановках потребителей
6. Контроль баланса электрической энергии на электростанциях
7. Контроль баланса электрической энергии на подстанциях и сетевых предприятиях

8. Граница балансовой принадлежности сети (или других энергоустановок субъектов энергосистемы)
9. Счетчик расчетный (коммерческий) электроэнергии (расчетный счетчик)
10. Точка измерения электроэнергии
11. Точка учета электроэнергии
12. Точка поставки электроэнергии
13. Точка коммерческого учета электроэнергии
14. Тариф на электроэнергию одноставочный (одноставочный тариф)
15. Тариф на электроэнергию двухставочный (двухставочный тариф)
16. Тариф на электроэнергию двухставочно-дифференцированный по зонам суток (двухставочно-ифференцированный тариф)
 1. Тариф на электроэнергию фиксированный, дифференцированный по зонам времени, (фиксированный зонный тариф, зонный тариф)
 2. Зоны временные тарифные
 3. Расчетный период
 4. Контрольный период (периоды)
 5. Какой допустимый класс точности определен для расчетных счетчиков активной энергии для непромышленных организаций?
 6. Особенности учета межсистемных перетоков электроэнергии
 7. Учет реактивной электроэнергии в электроустановках
 8. Требования к счетчикам электрической энергии
 9. Счетчики ЭЭ. Типы. Принципы работы. Классы точности.
 10. Схемы включения счетчиков электроэнергии
 11. Электронный счетчик
 12. Расчетные параметры средств учета электроэнергии
 13. Размерность и правила округления значений учетных показателей
 14. Дискретность сбора информации
 15. Коммерческий учет ЭЭ на ОРЭ
 16. Учет технический (контрольный) электроэнергии
 17. Потребители коммерческой информации
 18. Учет технических потерь при транспорте электроэнергии
 19. Особенности получения информации для целей коммерческого учета электроэнергии
 20. Организация системы измерений и сбора информации на ОРЭ
 21. Назначение и функции АИИС КУЭ
 22. Технические требования к АИИС КУЭ энергии и мощности на ОРЭ
 23. АСКУЭ подстанции
 24. Устройство сбора и передачи данных (УСПД)
 25. Особенности учета потерь электроэнергии на региональных рынках
 26. Расчетные способы замещения измерительной информации.
 27. Мониторинг потерь и учетных данных.
 28. Организационные мероприятия по снижению коммерческих потерь электроэнергии

29. Потери электроэнергии в линиях электропередачи (технологический расход электроэнергии в ЛЭП)
30. Потери электроэнергии в силовых трансформаторах (технологический расход электроэнергии)
31. Расход энергии на собственные нужды подстанции (расход на СН)
32. Расход энергии на хозяйственные нужды энергосистемы (расход на ХН)
33. Расход энергии на производственные нужды энергосистемы (расход на ПН)
34. Трансформатор собственных нужд (ТСН)
35. Трансформатор напряжения (ТН) измерительный
36. Трансформатор тока (ТТ) измерительный

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Бастраков, В.М. Метрология: учебное пособие / В.М. Бастраков. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный университет, 2016. – 288 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=461556
2. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2015.э – 671 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=114433

Перечень дополнительной литературы:

1. Захарова, А.Г. Измерительная техника : учебное пособие / А.Г. Захарова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 151 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6679>
2. Захарова, А.Г. Измерительная техника и элементы систем автоматики : учебное пособие / А.Г. Захарова, А.Е. Медведев, А.В. Григорьев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 126 с. — ISBN 978-5-906969-38-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105394>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
3. <http://e.lanbooks.com> - Электронно-библиотечная система Лань