МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«МДК.02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций»

(код и наименование дисциплины)

Уровень профессионального образования	**Среднее профессиональное образование**
Образовательная программа	**Программа подготовки специалистов среднего звена**
Специальность	**13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)** (базовая подготовка)
Квалификация выпускника	**Техник**
Форма обучения	**заочная**
Год начала обучения	**2022**

Чебоксары, 2021

Методические указания к практическим занятиям по учебной дисциплины МДК.02.01 «Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций» обучающимися по специальности: 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям).

Организация-разработчик: Чебоксарский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»

Разработчики: Михеев Георгий Михайлович, доктор технических наук, профессор

Программа одобрена на заседании кафедры (протокол № 02, от 16.10. 2021 года).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине МДК.02.01 «*Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций»* предназначены для обучающихся по специальности 13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)».

Результатом освоения дисциплины является готовность обучающегося к выполнению вида профессиональной деятельности по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) и составляющих его профессиональных компетенций, а также общих компетенций, формирующихся в процессе освоения ППССЗ в целом.

Рабочей программой дисциплины предусмотрено выполнение обучающимися практических занятий.

Цель изучения курса – закрепление полученных теоретических знаний, приобретение практических навыков и умений, повышение эффективности выполнения практических работ и активное участие в них.

Цель работ – углубление, расширение и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях по данной дисциплине.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию федеральных государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников.

Они должны охватывать весь круг профессиональных умений, на подготовку к которым ориентирована данная дисциплина и вся подготовка специалиста.

Обучение может осуществляться в различных формах – лекциях, практических занятиях и др. При этом важная роль в процессе обучения обучающегося – техника отводится его самостоятельной работе.

Однако кроме теоретических знаний, технику требуются и практические навыки, необходимые каждому специалисту в области электроснабжения.

Практические знания обучающиеся приобретают на практических занятиях. Путем практических занятий проверяются результаты самостоятельной подготовки и происходит оценка знаний. Все это позволяет обучающимся закрепить, углубить, уточнить полученную из соответствующих источников.

Таким образом, основная задача практических занятий по курсу - научить обучающихся выполнять расчёт токов КЗ, выбор электрооборудования подстанций; выполнять чертежи схем электрических соединений элементов подстанции, обосновать выбранные элементы электрических схем подстанций.

Текущий контроль: опрос и выполнение заданий на практических занятиях; тестирование.

Итоговый контроль – защита КР, экзамен.

Формы и методы учебной работы: лекции и практические занятия;

выполнение КР; тесты.

Критериями оценки результатов практических работ является:

– подготовка к практической работе;

– освоение теоретического материала, относящегося к работе;

– изучение цели и содержания практической работы.

Результаты подготовки отражаются студентом в заранее подготовленном отчете по практическим работам, куда записываются: название работы, цель, материально-техническое оснащение, план выполнения практической работы, расчетные формулы, зарисовываются электрические схемы и таблицы для записи расчетных данных.

Все записи и рисунки в отчете, как при подготовке к работе, так и в процессе ее выполнения, должны вестись аккуратно с выполнением действующих ГОСТ и ЕСКД.

Практические занятия направлены на формирование компетенций:

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ПК 2.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей;

ПК 2.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию.

Всего на практические занятия – 8 часов в 4 семестре и 10 часов в 5 семестре (по заочной форме обучения)

1.ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Практическое занятие по теме
1.1. Оборудование электрических трансформаторных подстанций

Форма работы: выполнение заданий

Цель: изучить основные элементы силового маслонаполненного трансформатора, его номинальные параметры, схемы соединения обмоток.

Количество часов: 2 часа

Коды формируемых компетенций: ОК 03, ПК 2.1, ПК 2.5

Устный опрос:

1. Буквенно-цифровое обозначение трансформатора.
2. Коэффициент трансформации
3. Конструктивные особенности автотрансформатора
4. Достоинства и недостатки открытых и закрытых РУ
5. Преимущества элегазовых РУ
6. Назначение выключателей нагрузки и плавких предохранителей
7. Схема и группа соединения обмоток трансформатора.

Критерии оценивания:

Оценка «5» - выставляется обучающимся, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка «4» - выставляется обучающимся, овладевшим общими и профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценка «3» - выставляется обучающимся, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой,

допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких обучающихся сформированы либо сформированы частично и находятся на стадии формирования, но под руководством преподавателя будут полностью сформированы.

Оценка «2» - выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Выполнение задания:

Определить и выбрать номинальную мощность трансформатора, если задана максимальная полная нагрузка на подстанции Smax.

Порядок выполнения работы:

Мощность трансформатора определяется его нагрузкой и определяется как

$$S_{\text{н.тр}} \geq (0{,}7 - 0{,}65)\, S_{\text{м}}$$

для каждой ступени напряжения с учетом установки двух трансформаторов. Выбранный трансформатор проверяют на аварийные перегрузки при выходе одного трансформатора из работы. Коэффициент аварийной перегрузки определяется по формуле

$$k_{\text{п.ав}} = \frac{S_{\max}}{S_{\text{ном.т}}}$$

где S max- максимальная мощность по графику нагрузки на стороне ВН

Sном.т- номинальная мощность трансформатора.

Выбранный трансформатор должен удовлетворять условию

$$k_{\text{п.ав}} < k_{\text{доп.}}$$

Контрольные вопросы

1. Поясните буквенно-цифровое обозначение трансформатора.
2. Как определяется коэффициент трансформации?
3. Какие конструктивные особенности имеет автотрансформатор?
4. Какие достоинства и недостатки имеют открытые и закрытые РУ?
5. Как выполняются элегазовые РУ?
6. Каковы преимущества элегазовых РУ?

7. Каково назначение силовых выключателей?

8. Каково назначение разъединителей?

9. Каково назначение выключателей нагрузки и плавких предохранителей?

10. Поясните, что такое схема и группа соединения обмоток трансформатора.

Критерии оценивания:

Оценка «5» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «4» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «3» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции;

Оценка «2» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

Тестирование:

1. Основные конструктивные элементы трансформатора:

А) бак, сердечник, обмотки

Б) бак, корпус, обмотки

В) корпус, сердечник, регулятор нагрузки

Г) корпус, обмотки, регулятор нагрузки

2. Как определяется коэффициент трансформации?

А) по числу витков, соответственно, в обмотках СН и ВН

Б) по числу витков, соответственно, в обмотках ВН и НН

В) по числу витков, соответственно, в обмотках ВН и СН

Г) по числу витков, соответственно, в обмотках НН и ВН

3. Виды распределительных устройств

А) открытое и закрытое

Б) закрытое и встроенное

В) открытое и внутреннее

Г) закрытое и внутреннее

4. Какие достоинства имеют открытые РУ?

А) низкая стоимость

Б) удобство обслуживания, небольшая площадь

В) высокая степень защиты оборудования

Г) хорошая защита от электромагнитных помех

5. Какие недостатки имеют открытые РУ?

А) воздействие окружающей среды

Б) низкая защита от электромагнитных помех

В) высокая стоимость

Г) применение сложного оборудования

Критерии оценивания:

Оценка «5» - не менее 80% правильных ответов;

Оценка «4» - 65-79% правильных ответов;

Оценка «3» - 50-64% правильных ответов;

Оценка «2» - менее 50% правильных ответов.

Практическое занятие по теме
1.2. Оборудование распределительных подстанций и устройств

Форма работы: выполнение задания

Цель: изучить конструкцию, принцип действия и технические характеристики современных выключателей.

Количество часов: 2 часа

Коды формируемых компетенций: ОК 03, ПК 2.1, ПК 2.5

Устный опрос:

1. Масляные и воздушных выключатели
2. Вакуумные и элегазовые выключатели
3. Режим систематической перегрузки трансформатора.
4. Режим аварийной перегрузки трансформатора.
5. Элементов трансформатора по ГОСТ 14209-85 и предельно допустимые температуры
6. Короткое замыкание

7. Причины возникновения КЗ.
8. Устойчивое КЗ?
9. Перечислите виды КЗ.
10. Действующее значение тока короткого замыкания

Критерии оценивания:

Оценка «5» - выставляется обучающимся, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка «4» - выставляется обучающимся, овладевшим общими и профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценка «3» - выставляется обучающимся, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких обучающихся сформированы либо сформированы частично и находятся на стадии формирования, но под руководством преподавателя будут полностью сформированы.

Оценка «2» - выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Выполнение задания:

На распределительном устройстве подстанции установлены высоковольтные выключатели стандартного класса напряжения. Определить конструкций и параметров высоковольтных выключателей.

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с техническими данными выключателей. Записать технические данные выключателя, помещенные на табличке или в паспорте выключателя, установленного в лаборатории.
2. Изучить конструкцию вакуумного выключателя BB/TEL, отдельных его узлов.
3. Ознакомиться с устройством полюса выключателя.
4. Кратко описать его устройство.
5. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены выключатели высокого напряжения?
2. Из каких основных узлов состоит вакуумный выключатель?
3. Основные элементы полюса вакуумного выключателя?
4. Назвать основные технические характеристики выключателей

Критерии оценивания:

Оценка «5» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «4» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «3» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции;

Оценка «2» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

Тестирование:

1. Силовые выключатели предназначены
А) для включения и отключения электрической цепи в любых режимах
Б) для включения электрической цепи в любых режимах
В) для отключения электрической цепи в любых режимах
Г) для отключения электрической цепи под нагрузкой
Д) для отключения обесточенной электрической цепи

2. В масляных выключателях дуга гасится в:
А) трансформаторном масле
Б) дугогасительной камере
В) элегазе
Г) струе сжатого воздуха
Д) вакууме

3. В воздушных выключателях дуга гасится в:
А) струе сжатого воздуха
Б) трансформаторном масле
В) дугогасительной камере
Г) элегазе
Д) вакууме

4. Недостатки масляных выключателей
А) пожароопасность, высокие эксплуатационные затраты
Б) необходимость в компрессорах, высокие эксплуатационные затраты
В) пожароопасность, необходимость в компрессорах
Г) высокие эксплуатационные затраты, сложность ремонта
Д) высокие эксплуатационные затраты, токсичность масла

5. Выключатели нагрузки предназначены
А) для отключения электрической цепи под нагрузкой
Б) для включения и отключения электрической цепи в любых режимах
В) для включения электрической цепи в любых режимах
Г) для отключения электрической цепи в любых режимах
Д) для отключения обесточенной электрической цепи

Критерии оценивания:
Оценка «5» - не менее 80% правильных ответов;
Оценка «4» - 65-79% правильных ответов;
Оценка «3» - 50-64% правильных ответов;
Оценка «2» - менее 50% правильных ответов.

Практическое занятие по теме 1.3. Электрические схемы подстанций

Форма работы: выполнение задания

Цель: изучить электрические схемы устройств электрических подстанций.

Количество часов: 2 часа

Коды формируемых компетенций: ОК 03, ПК 2.1, ПК 2.5

Устный опрос:

1. Поясните, что такое схема и группа соединения обмоток трансформатора
2. Условные обозначения схем электрооборудования подстанций
3. Схемы выполнения КТП
4. Принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок
5. Электрические схемы подстанций и сетей
6. Электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей.

Критерии оценивания:

Оценка «5» - выставляется обучающимся, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка «4» - выставляется обучающимся, овладевшим общими и профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценка «3» - выставляется обучающимся, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких обучающихся сформированы либо сформированы частично и находятся на

стадии формирования, но под руководством преподавателя будут полностью сформированы.

Оценка «2» - выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Выполнение задания:

На распределительном устройстве подстанции установлены высоковольтные выключатели стандартного класса напряжения. Определить конструкций и параметров высоковольтных выключателей.

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с техническими данными выключателей. Записать технические данные выключателя, помещенные на табличке или в паспорте выключателя, установленного в лаборатории.
2. Изучить конструкцию вакуумного выключателя BB/TEL, отдельных его узлов.
3. Ознакомиться с устройством полюса выключателя.
4. Кратко описать его устройство.
5. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Коммутационные аппараты: назначение и разновидности
2. Разъединители: разновидность и их конструкция
3. Требования к выбору коммутационных аппаратов
4. Выключатели нагрузки: разновидность и их технические параметры
5. Каково назначение автогазового выключателя?

Критерии оценивания:

Оценка «5» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «4» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках.

Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «3» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции;

Оценка «2» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

Тестирование:

1. Полуторная схема РУ применяется на напряжении 220 кВ и выше при:
А) числе присоединений шесть и более
Б) числе присоединений пять и более
В) числе присоединений семь и более
Г) числе присоединений восемь и более
Д) числе присоединений три и более

2. Недостаток кольцевых схем РУ:
А) сложный выбор аппаратов
Б) сложный выбор схем
В) сложный расчет надежности
Г) большой объем расчетов
Д) сложность применения

3. На каких подстанциях целесообразно использовать блочные схемы:
А) на тупиковых
Б) на проходных
В) на головных
Г) на узловых
Д) на районных

4. Схема с рабочей и обходной системой шин применяется при:
А) пяти и более присоединениях
Б) шести и более присоединениях
В) семи и более присоединениях
Г) практически не применяется
Д) четырех и более присоединениях

5. В схеме РУ четырехугольник:
А) на присоединении каждой линии установлено два выключателя
Б) на присоединении каждой линии установлено три выключателя
В) на присоединении каждой линии установлено четыре выключателя

Г) на присоединении каждой линии установлен один выключатель
Д) на присоединении каждой линии установлено два или один выключатель

Критерии оценивания:
Оценка «5» - не менее 80% правильных ответов;
Оценка «4» - 65-79% правильных ответов;
Оценка «3» - 50-64% правильных ответов;
Оценка «2» - менее 50% правильных ответов.

Практическое занятие по теме 2.1. Организация технического обслуживания электрооборудования подстанций

Форма работы: выполнение задания.

Цель: научиться определять токи КЗ для начального момента времени методом относительных единиц; закрепить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях, закрепить навыки пользования справочной литературой.

Количество часов: 3 часа

Коды формируемых компетенций: ОК 03, ПК 2.1, ПК 2.5

Устный опрос:

1. Наибольшее начальное значение апериодического тока
2. Ударный ток КЗ, через какое время он наступает?
3. Периодическая и апериодическая составляющая тока КЗ
4. Выбор базисных мощность и напряжение при расчете токов КЗ в сетях свыше 1 кВ
5. Электродинамическая и термическая стойкость проводников или аппаратов
6. Необходимость снижения величин токов КЗ в энергосистеме
7. Способы ограничения токов КЗ

Критерии оценивания:

Оценка «5» - выставляется обучающимся, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка «4» - выставляется обучающимся, овладевшим общими и

профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценка «3» - выставляется обучающимся, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких обучающихся сформированы либо сформированы частично и находятся на стадии формирования, но под руководством преподавателя будут полностью сформированы.

Оценка «2» - выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Выполнение задания:

В относительных единицах рассчитать токи трехфазного короткого за мыкания $I_{по}$, i_y. Исходные данные приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты 1 – 5

Вариант		1	2	3	4	5
Рассчитать точки КЗ в точке		К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
Среднее напряжение $U_{ср}$, кВ	U_1	230	115	230	115	115
	U_2	15,75	20	20	10,5	18
	U_3	20	18	20	10,5	18
	U_4	-	-	-	6,3	10,5
	U_5	-	-	-	-	-
Мощность энерго-системы S_C, МВ·А	C	2400	1600	2600	1400	1200
Номинальное сопро-тивление $x_{*номС}$, о.е.		1,35	1,15	1,4	1,1	1,2
Номинальная мощность генератора $S_{номG}$, МВ·А / индуктивное сопро-тивление x''_d , о.е.	$G1$	258	375	353	137,5	188
		0,19	0.173	0,2	0,189	0,22
	$G2$	588	188	588	137,57	188
		0,242	0,22	0,242	0,189	0,22

Вариант		1	2	3	4	5
Рассчитать точки КЗ в точке		К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
$S_{ном}$ двухобмоточного трансформатора, МВ·А / напряжение КЗ $u_к$. В-Н, %	*T1*	250/10,5	400/10,5	400/11	125/10,5	200/10,5
	T2	630/12,5	200/10,5	630/12,5	125/10,5	200/10,5
	T3, T4	-	-	-	-	-
	T7	-	-	-	10/10,5	16/10,5
$S_{ном}$ трёхобмоточного трансформатора, МВ·А / напряжение КЗ между обмотками $u_к$.В-Н, $u_к$.В-С, $u_к$.С-Н, %	*T5, T6*	-	-	-	-	-
Длина линий электропередачи *l*, км	*W1/W2*	165/190	75/60	140/180	52/52	68/68
	W3	-	-	-	26	32
	W4	-	-	-	-	-
	W5	-	-	-	-	-
	W6	-	-	-	-	-

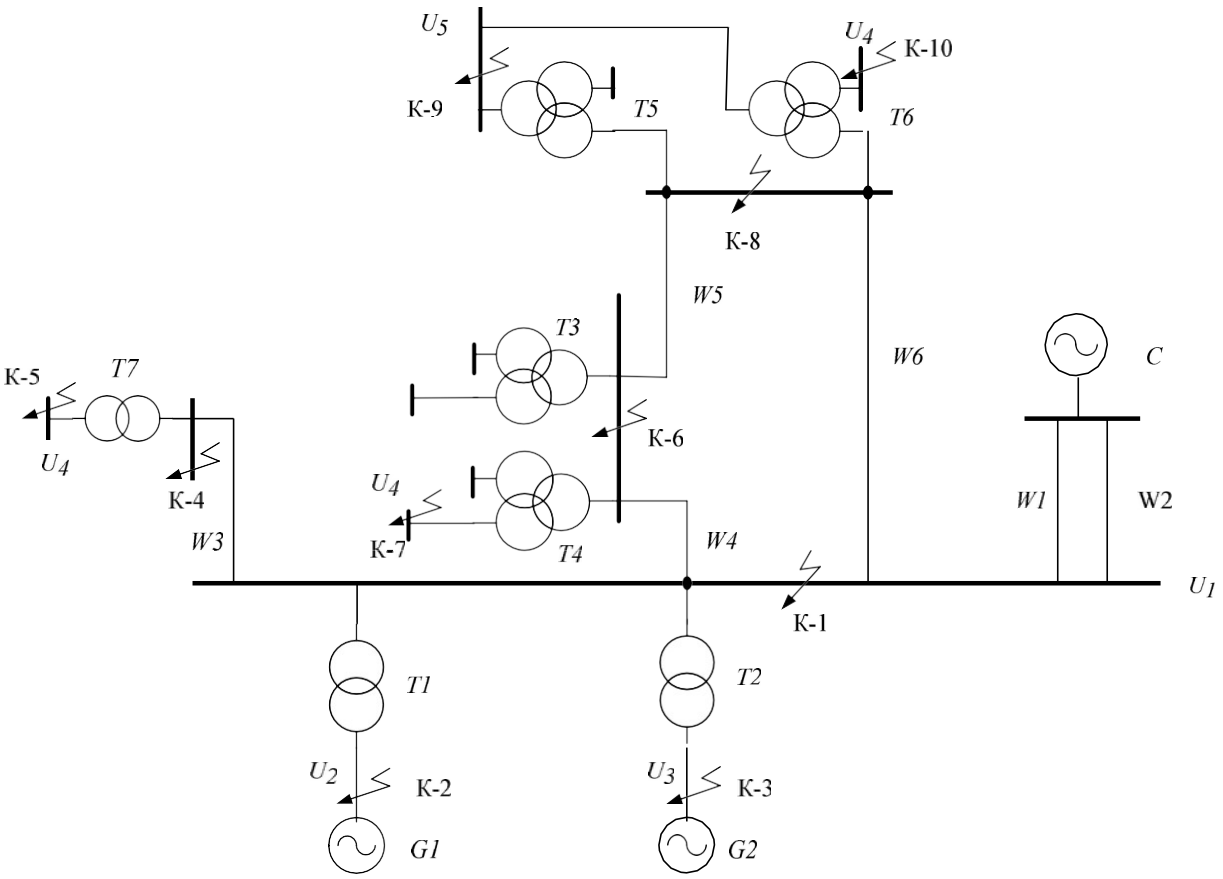


Рисунок 1 – Схема для определения токов КЗ

Продолжение таблицы 1 (варианты 6 – 10)

Вариант		6	7	8	9	10
Рассчитать токи КЗ в точке		К-6	К-7	К-8	К-9	К-10
	U_1	115	230	115	230	230

Вариант		6	7	8	9	10
Рассчитать токи КЗ в точке		К-6	К-7	К-8	К-9	К-10
Среднее напряжение $U_{ср}$, кВ	U_2	10,5	20	10,5	15,75	20
	U_3	10,5	20	10,5	15,75	20
	U_4	10,5	10,5	6,3	10,5	10,5
	U_5	-	-	37	37	37
Мощность энергосистемы S_C, МВ·А	*C*	1100	2150	1300	1900	2900
Номинальное сопротивление $x_{*номС}$, о.е.		0,95	1,3	1,25	1,26	1,7
Номинальная мощность генератора $S_{номG}$, МВ·А / индуктивное сопротивление x''_d, о.е.	*G1*	125	375	78,75	258	588
		0,192	0.173	0,139	0,19	0,242
	G2	125	375	78,75	258	588
		0,192	0.173	0,139	0,19	0,242
$S_{ном}$ двухобмоточного трансформатора, МВ·А / напряжение КЗ $u_{к.\ В\text{-}Н,}$ %	*T1*	125/10,5	400/11	80/11	250/10,5	630/12,5
	T2	125/12,5	400/11	80/11	250/10,5	630/12,5
	T3, T4	25/10,5	32/11,5	-	-	-
	T7	-	-	-	-	-
$S_{ном}$ трёхобмоточного трансформатора, МВ·А	*T5, T6*	-	-	16	16	16
напряжение КЗ между обмотками $u_{к.В\text{-}Н}$, $u_{к.В\text{-}С,}$ $u_{к.С\text{-}N,}$ %				17,5; 10,5; 6,5	20; 12,5; 6,5	22; 12,5; 9,5
Длина линий электропередачи *l*, км	*W1/W2*	70/70	210/210	62/62	190/190	180/180
	W3	-	-	-	-	-
	W4	12	60	24	85	90
	W5	28	70	16	62	50
	W6	35	95	32	110	120

Порядок выполнения:

Для выбранного варианта составляется расчетная схема. По расчетной схеме составляется схема замещения. Все элементы схемы замещения заменяются индуктивными сопротивлениями. Сопротивления выражаются в относительных или именованных единицах в зависимости от метода расчета тока КЗ.

1. Задаться базисными величинами

$S_Б = 10000 MBA$ - базисная мощность,

$U_Б = U_{СР}$ - базисное напряжение, принимается равным среднему номинальному напряжению ступени КЗ. Это может быть $U_{Б1}, U_{Б2}$

$U_{\text{СТАН}}$ = 6;10;35;110;220;300 кВ

$U_{\text{СРЕД}}$ = 6,5 ;10,5 ; 37 ;115 ; 230 ; 330 кВ.

$I_Б = \dfrac{S_Б}{\sqrt{3} * U_{СР}}$ кА - базисный ток ступени КЗ – $I_{Б1}, I_{Б2}$, и т.д.

2. Перевести сопротивления в относительные или именованные единицы, для высокого напряжения рекомендуется расчет в относительных единицах. Перевод можно выполнить по формулам в таблице.

Таблица П-2 Приведенные значения сопротивлений

Элемент электроустановки	Исходный параметр	Именованные единицы	Относительные единицы
Генератор	$\frac{x''_{d*НОМ}}{S_{НОМ}}$	$x = x''_{d*НОМ}\frac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = x''_{d*НОМ}\frac{S_Б}{S_{НОМ}}$
	$\frac{x''_{d*}\%_{НОМ}}{S_{НОМ}}$	$x = \frac{x''_d\%}{100}\frac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = \frac{x''_d\%}{100}\frac{S_Б}{S_{НОМ}}$
Энергосистема	S_K	$x = \frac{U_Б^2}{S_K}$	$x_* = \frac{S_Б}{S_K}$
	$I_{НОМ.ОТК}$	$x = \frac{U_Б^2}{\sqrt{3} * I_{НОМ.ОТК}U_{СР}}$	$x_* = \frac{S_Б}{\sqrt{3} * I_{НОМ.ОТК}U_{СР}}$
	$\frac{x_{*С(НОМ)}}{S_{НОМ}}$	$x = x\frac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = x_{*С(НОМ)}\frac{S_Б}{S_{НОМ}}$
Трансформатор	$\frac{x_T\%}{S_{НОМ}}$	$x = \frac{x_T\%}{100}\frac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = \frac{x_T\%}{100}\frac{S_Б}{S_{НОМ}}$
Реактор	x_P	$x = x_P\frac{U_Б^2}{U_{СР}^2}$	$x_* = x_P\frac{S_Б}{U_{СР}^2}$
Линии электропередачи	$\frac{x_{УД}}{L}$	$x = x_{УД}L\frac{U_Б^2}{U_{СР}^2}$	$x_* = x_{УД}L\frac{S_Б}{U_{СР}^2}$

3. Произвести преобразования в схеме, определить результирующее сопротивление для каждой из намеченных точек КЗ.

4. Определить начальное значение периодической составляющей тока КЗ

$$I_{ПО} = \frac{I_Б}{x_{РЕЗ}}, \text{ кА}$$

5. Определить значение мгновенного амплитудного значения ударного тока $i_У = \sqrt{2}k_У I_{ПО}$, кА где $k_У$ из табл.П-1

6. Действующее значение ударного тока

$$I_У = I_{ПО}(1 + \sqrt{k_У^2 - 1}), \text{кА}$$

Контрольные вопросы

1. При каких условиях имеет место наибольшее начальное значение апериодического тока?

2. Что такое ударный ток КЗ, через какое время он наступает?

3. Что такое периодическая и апериодическая составляющая тока КЗ?

4. Как выбирают базисные мощность и напряжение при расчете токов КЗ в сетях свыше 1 кВ?

5. Что такое электродинамическая и термическая стойкость проводников или аппаратов?

6. Чем определяется необходимость снижения величин токов КЗ в энергосистеме?

7. Перечислите способы ограничения токов КЗ?

Критерии оценивания:

Оценка «5» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «4» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «3» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции;

Оценка «2» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

Тестирование:

1. Что влияет на величину изоляции токоведущих частей:

А) значение номинального напряжения электроустановки
Б) значение номинального тока электроустановки
В) значение максимального тока КЗ
Г) значение расчетной нагрузки
Д) значение потерь электроэнергии

2. Достоинства автотрансформаторов

А) снижение расхода активных и конструктивных материалов
Б) повышение сопротивления обмоток
В) повышение перегрузочной способности

Г) повышение стойкости к токам КЗ
Д) повышение охлаждения обмоток

3. Недостаток автотрансформаторов
А) необходимость глухого заземления нейтрали
Б) повышение сопротивления обмоток
В) снижение перегрузочной способности
Г) снижение стойкости к токам КЗ
Д) снижение охлаждения обмоток

4. Открытое распределительное устройство
А) оборудование располагается на открытым воздухе
Б) оборудование располагается под навесом на открытым воздухе
В) оборудование располагается в помещении
Г) оборудование располагается в специализированных боксах
Д) оборудование располагается в блочном здании

5. Закрытое распределительное устройство
А) оборудование располагается в помещении
Б) оборудование располагается на открытым воздухе
В) оборудование располагается в специализированных боксах
Г) оборудование располагается под навесом на открытым воздухе
Д) оборудование располагается в контейнерах

Критерии оценивания:
Оценка «5» - не менее 80% правильных ответов;
Оценка «4» - 65-79% правильных ответов;
Оценка «3» - 50-64% правильных ответов;
Оценка «2» - менее 50% правильных ответов.

Практическое занятие по теме 2.2. Техническое обслуживание оборудования трансформаторных подстанций

Форма работы: выполнение задания.
Цель: изучить нормы по техническому обслуживанию оборудования трансформаторных подстанций.
Количество часов: 3 часа
Коды формируемых компетенций: ОК 03, ПК 2.1, ПК 2.5

Устный опрос:
1. Конструктивные особенности коммутационных аппаратов.
2. Назначение комплектных трансформаторных подстанций (КТП).
3. Конструкция комплектных трансформаторных подстанций.
4. Виды комплектных трансформаторных подстанций.
5. Назначение комплектных распределительных устройств (КРУ)

Критерии оценивания:

Оценка «5» - выставляется обучающимся, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка «4» - выставляется обучающимся, овладевшим общими и профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценка «3» - выставляется обучающимся, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких обучающихся сформированы либо сформированы частично и находятся на стадии формирования, но под руководством преподавателя будут полностью сформированы.

Оценка «2» - выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Выполнение задания:

Установить на подстанции заземляющие устройства и выполнить их расчёт.

Порядок выполнения:

Согласно ПУЭ заземляющие устройства электроустановок сети с эффективно заземленной нейтралью выполнено с учётом сопротивления

(Rз≤0,5Ом) или допустимым напряжением прикосновения.

Расчет по допустимому сопротивлению приводит к неоправданному перерасходу проводникового материала и трудозатрат при сооружении заземляющего устройства.

Опыт эксплуатации РУ-110 кВ и выше позволяет перейти к нормированию и напряжению прикосновения, а не величины сопротивления заземления (Rз≤0,5Ом).

Сложный заземлитель заменён расчетной квадратной моделью при условии равенства площадей, общей длиной горизонтальных проводников, глубины их заложения, числа и длины вертикальных заземлителей и глубины их заложения.

В расчетах многослойный грунт представлен двухслойным, верхней толщиной h с удельным сопротивлением ρ, нижним удельным сопротивлением ρ_2

Напряжение на заземлителе

$$U_{з} = \frac{U_{пр.доп}}{К_{п}}$$

Кп-коэфициент напряжения прикосновения

$$K_{n} = \frac{M\beta}{\left(\frac{I_{В} L_{г}}{a\sqrt{S}}\right)^{0.45}}$$

Iв-длина вертикального заземлителя
Lг-длина горизонтальных заземлителей
а-расстояние между вертикальными заземлителями
S-площадь заземляющего устройства
М-параметр, зависящий от ρ1/ρ2 см табл. П-6

Общая длина горизонтальных заземлителей

$$L_{г} = \left(\sqrt{S} * \frac{\sqrt{S}}{a} + 1\right) * 2$$

В-коэффициент определяемый по сопротивлению тела человека

$$\beta = \frac{R_{Ч}}{R_{ч} + R_{С}}$$

В расчетах применяются Rч=1000 Ом Rс=1,5ρв.с
Сопротивление заземляющего устройства

$$R_{\text{з.доп}} \le \frac{U_З}{\mathrm{I}_З}$$

Iз-ток, стекающий с заземлителя проектируемого заземляющего устройства при однофазном КЗ

$I_{no}^{(1)} = I_{no}^{(3)} * 0{,}657$

Общее сопротивление естественных заземлителей

$$R_{\text{е}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{каб}}} + \frac{1}{R_{\text{ф}}} + \frac{1}{R_{\text{с.т.о}}}}$$

Rкаб-сопротивление растеканию тока кабелей

Rф-сопротивление растеканию тока фундаментов

Rсто-сопротивление растеканию тока системы трос-опоры

Если Re<Rз.доп то сооружается только сетка из горизонтальных полос, еслиRe>Rз.доп то необходимо сооружение искусственного заземлителя,

Определяют общее сопротивление сложного заземлителя

$$R_{\text{з}} = A * \frac{\rho_Э}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_Э}{\mathrm{L}_Г + L_{\text{В}}}$$

Где

$$A = \left(0{,}444 - 0{,}84 * \frac{i_{\text{в}} + t}{\sqrt{S}}\right) \text{при } 0 \le \frac{\mathrm{i}_{\text{в}} + t}{\sqrt{S}} \le 0.1$$

$$A = \left(0{,}385 - 0{,}25 * \frac{i_B + t}{\sqrt{S}}\right) \text{при } 0{,}1 \le \frac{\mathrm{i}_{\text{в}} + t}{\sqrt{S}} \le 0.5$$

Рэ-эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом*м

Lв-общая длина вертикальных заземлителей

Lв=Iв*nв

Количество вертикальных заземлителей

$$n_{\text{В}} = \frac{\sqrt{S} * 4}{\frac{a}{i_B} * i_B}$$

Полученное значение Rз должно быть меньше Rз.доп Rи

Удельное сопротивление грунтов см. приложения табл.П-5

Если сопротивление заземлителя превышает требуемые значения, то необходимо увеличение площади S длины L числа вертикальных заземлителей n и их длины. Всё это приводит к дополнительным расходам. Эффективной мерой уменьшения опасности прикосновения является подсыпка гравия или щебня слоем 0,1-0,2м у рабочих мест. Удельное сопротивление верхнего слоя при этом резко возрастает (5000-10000 Ом*м), что снижает ток, проходящий через человека, так как возрастает сопротивление растеканию тока со ступней Rc. В расчете соответственно уменьшается коэффициент β и увеличивается допустимое сопротивление заземляющего устройства.

Контрольные вопросы

1. Назначение КТП.
2. Конструкция КТП.
3. Виды КТП.
4. Назначение КРУ.
5. Конструкция КРУ.
6. Виды КРУ.
7. Маркировка обозначения КТП.
8. Характеристики КТП.

Критерии оценивания:

Оценка «5» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «4» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «3» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции;

Оценка «2» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

Тестирование:

1. Силовые выключатели предназначены
А) для включения и отключения электрической цепи в любых режимах
Б) для включения электрической цепи в любых режимах
В) для отключения электрической цепи в любых режимах
Г) для отключения электрической цепи под нагрузкой
Д) для отключения обесточенной электрической цепи

2. В масляных выключателях дуга гасится в:
А) трансформаторном масле
Б) дугогасительной камере
В) элегазе
Г) струе сжатого воздуха
Д) вакууме

3. В воздушных выключателях дуга гасится в:
А) струе сжатого воздуха
Б) трансформаторном масле
В) дугогасительной камере
Г) элегазе
Д) вакууме

4. Недостатки масляных выключателей
А) пожароопасность, высокие эксплуатационные затраты
Б) необходимость в компрессорах, высокие эксплуатационные затраты
В) пожароопасность, необходимость в компрессорах
Г) высокие эксплуатационные затраты, сложность ремонта
Д) высокие эксплуатационные затраты, токсичность масла

5. Выключатели нагрузки предназначены
А) для отключения электрической цепи под нагрузкой
Б) для включения и отключения электрической цепи в любых режимах
В) для включения электрической цепи в любых режимах
Г) для отключения электрической цепи в любых режимах
Д) для отключения обесточенной электрической цепи

Критерии оценивания:
Оценка «5» - не менее 80% правильных ответов;
Оценка «4» - 65-79% правильных ответов;
Оценка «3» - 50-64% правильных ответов;
Оценка «2» - менее 50% правильных ответов.

Практическое занятие по теме 3.1. Техническое обслуживание распределительных подстанций и устройств

Форма работы: выполнение задания.
Цель: изучить нормы по техническому обслуживанию оборудования

трансформаторных подстанций.

Количество часов: 3 часа

Коды формируемых компетенций: ОК 03, ПК 2.1, ПК 2.5

Устный опрос:

1. Перечислить достоинства и недостатки всех режимов нейтрали.
2. По какой формуле вычисляется величина емкостного тока ОЗЗ в сети с незаземленной нейтралью?
3. Во сколько раз повышается напряжение на неповрежденных фазах относительно земли при однофазном замыкании на землю по сравнению с нормальным режимом в сети с незаземленной нейтралью?
4. Под каким напряжением относительно земли находится провод фазы А линии 35 кВ, если произошло замыкание на землю?
5. Под каким напряжением относительно земли находится провод фазы В линии 10 кВ, если произошло замыкание на землю?
6. Почему ОЗЗ в сетях с незаземленной и резонансно-заземленной нейтралью не вызывает нарушения работы электроприемников?
7. Какой режим настройки дугогасящего реактора рекомендуется в сети с резонансно-заземленной нейтралью?
8. Почему в сетях напряжением 110 кВ и выше нецелесообразно применять режим незаземленной или резонансно-заземленной нейтрали?
9. В каких случаях рекомендуется применять режим резонансно-заземленной нейтрали?
10. С какой целью нейтрали трансформаторов в сети с эффективно-заземленной нейтралью соединяются с землей через заземляющий разъединитель (ЗОН)?

Критерии оценивания:

Оценка «5» - выставляется обучающимся, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка «4» - выставляется обучающимся, овладевшим общими и профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и

профессиональной деятельности.

Оценка «3» - выставляется обучающимся, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких обучающихся сформированы либо сформированы частично и находятся на стадии формирования, но под руководством преподавателя будут полностью сформированы.

Оценка «2» - выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Выполнение задания: На электрической подстанции обеспечить ограничение от тока КЗ с помощью токоограничивающего реактора.

Порядок выполнения: Если значение тока короткого замыкания больше значения тока отключения, предполагаемого выключателя в цепи устанавливается реактор, для ограничения тока КЗ. Расчет можно выполнить в относительных и именованных единицах.

1. Требуемое значение сопротивления цепи с установкой реактора

$$x_{ТРЕБ} = \frac{U_Б}{\sqrt{3} I_{ОТК}}, \quad \text{Ом.}$$

2. Расчетное сопротивление цепи без реактора

$$x_{КЗ} = \frac{U_Б}{\sqrt{3} I_{ПО}}, \text{ Ом}$$

3. Расчетное сопротивление, приходящееся на реактор

$$x_Р^{/} = x_{ТРЕБ} - x_{КЗ}$$

4. Рабочий ток ступени напряжения КЗ

$$I_{РАБ} = \frac{n_{ЛЭП} P_Л 10^3}{\sqrt{3} U \cos\varphi}$$

5. Максимальный рабочий ток ступени напряжения КЗ

$$I_{РАБМАХ} = \frac{n}{n-1} I_{РАБ}, \text{ А}$$

6. Выбор реактора по условиям:

$$U_{РНОМ} \geq U_{УСТ}$$
$$I_{РНОМ} \geq I_{РАБМАХ}$$
$$x_{РНОМ} \geq x_{Р}^{/}$$

Выбор данных реактора по [3]

7. Сопротивление цепи КЗ сопротивлением выбранного реактора

$$X_K = \frac{U_{СР} * K_З}{\sqrt{3} I_{gj}}.$$

Контрольные вопросы

9. Назначение КТП.
10. Конструкция КТП.
11. Виды КТП.
12. Назначение КРУ.
13. Конструкция КРУ.
14. Виды КРУ.
15. Маркировка обозначения КТП.
16. Характеристики КТП.

Критерии оценивания:

Оценка «5» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «4» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «3» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции;

Оценка «2» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

Тестирование:

1. Разъединитель это

А) аппарат для создания видимого разрыва электрической цепи

Б) аппарат для отключения больших токов
В) аппарат для отключения электрической цепи под нагрузкой
Г) аппарат для отключения перенапряжений
Д) аппарат для отключения токов перегрузки

2. Измерительные трансформаторы тока предназначены
А) для измерения электрических величин
Б) питания устройств собственных нужд
В) питания выпрямительных устройств
Г) измерения сопротивления проводов и кабелей
Д) создания заземления

3. Токоограничивающие реакторы предназначены для
А) ограничения токов КЗ
Б) ограничения уравнительных токов
В) ограничения токов нагрузки
Г) ограничения токов включения нагрузки
Д) ограничения токов холостого хода

4. Режим изолированной нейтрали применяется при напряжениях:
А) 3; 6; 10; 20; 35 кВ
Б) 6; 10; 20; 35, 110 кВ
В) 0,69; 10; 20; 35, 110 кВ
Г) 0,69; 10; 20; 35 кВ
Д) 6; 10; 20; 35, 110, 150 кВ

5. Достоинство изолированной нейтрали
А) низкие токи ОЗЗ
Б) низкие токи междуфазных КЗ
В) низкие токи двухфазных КЗ
Г) низкие токи двухфазных КЗ на землю
Д) низкие токи трехфазных КЗ

Критерии оценивания:
Оценка «5» - не менее 80% правильных ответов;
Оценка «4» - 65-79% правильных ответов;
Оценка «3» - 50-64% правильных ответов;
Оценка «2» - менее 50% правильных ответов.

Практическое занятие по теме 4.1. Нормативная, техническая документация и инструкции

Форма работы: выполнение задания.
Цель: изучить нормы по техническому обслуживанию оборудования трансформаторных подстанций.

Количество часов: 3 часа
Коды формируемых компетенций: ОК 03, ПК 2.1, ПК 2.5

Устный опрос:
1. Расположение оборудований на ОРУ
2. Расположение оборудований на ЗРУ
3. Назначение силовых выключателей
4. Принцип гашения дуги в масляных выключателях
5. Принцип гашения дуги в воздушных выключателях
6. Достоинства и недостатки масляных выключателей
7. Назначение, разновидность и применение разъединителей
8. Назначение, разновидность и применение выключателей нагрузки
9. Измерительные трансформаторы: разновидность и назначение
10. Измерительные трансформаторы тока
11. Выбор измерительных трансформаторов
12. Реакторы: разновидность и их характеристики.

Критерии оценивания:

Оценка «5» - выставляется обучающимся, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка «4» - выставляется обучающимся, овладевшим общими и профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценка «3» - выставляется обучающимся, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких

обучающихся сформированы либо сформированы частично и находятся на стадии формирования, но под руководством преподавателя будут полностью сформированы.

Оценка «2» - выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Выполнение задания: Ознакомиться с принципом работы измерительных трансформаторов тока и напряжения. Произвести выбор измерительных трансформаторов для обеспечения измерения электрических величин на подстанции.

Порядок выполнения: Объем измерений для каждого присоединения устанавливается согласно ПУЭ.

Трансформаторы тока выбирают:

По напряжению установки: Uуст<Uном

По току: Iнорм<$I_{1ном}$ Imax<$I_{1\ ном}$

Номинальный ток должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей

По конструкции и классу точности

По вторичной нагрузке: $Z2<Z2_{ном}$

где $Z2$ - вторичная нагрузка трансформатора тока;

$Z2_{ном}$- номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности. Составить таблицу вторичной нагрузки

Таблица № 2 Нагрузка вторичных цепей ТТ

Наименование прибора	тип	Нагрузка по фазам		
		А	Б	С

Итого

Установка контрольно-измерительных приборов

Вторичная нагрузка состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_к$$

Сопротивление приборов определяется по выражению

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2}$$

Сопротивление контактов принимают 0,05 ом при 2-3 приборов. Сопротивление соединительных проводов зависит от длины и сечения. Чтобы трансформатор тока работал в выбранном классе точности необходимо

$$r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} \le Z_{2\text{нно}}$$

Тогда

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{нно}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}}$$

Зная сопротивление проводов можно определить сечение

$$q = \frac{\rho * l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}}$$

ρ-удельное сопротивление материала провода (0,0175 медь и 0,0283 аллюминий). Провода с медными жилами применяются во вторичных цепях основного и вспомогательного оборудования на подстанциях с высшим напряжением 220 кВ и выше в остальных случаях во вторичных цепях применяются провода с алюминиевыми жилами.

Длину соединительных проводов от трансформатора тока до приборов (в один конец)можно принять для различных присоединений приблизительно равной, **М**

Таблица №3 Расчетные длины проводов вторичных цепей ТТ до приборов.

Наименования	Длина в метрах
Линии 6-10 кВ к потребителям	4-6
Цепи РУ 35кВ	60-75
110кВ	75-100
220кВ	100-150
330-500кВ	150-175

По условию прочности сечение не должно быть меньше 4 мм^2 для алюминиевых жил и 2,5мм ^{2} для медных.

Производится проверка по электродинамической устойчивости и термической.

Выбор трансформаторов напряжения.

Трансформаторы напряжения выбираются;

По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \le U_{\text{ном}}$$

По конструкции и схеме соединения обмоток

По классу точности

По вторичной нагрузке

$$S_{2\sum} \le S_{\text{ном}}$$

Sном -номинальная мощность в выбранном классе точности.

Для однофазных трансформаторов, соединенных в звезду, следует взять суммарную мощность всех трех фаз, а для соединенных по схеме открытого треугольника удвоенную мощность одного трансформатора.

$$S_{2\sum} = \sqrt{\left(\sum S_{\text{приб}} \cos\varphi\right)^2 + \left(\sum \mathrm{S}_{\text{приб}} \sin\varphi\right)^2} = \sqrt{P^2_{\text{приб}} + Q^2_{\text{приб}}}$$

Таблица №7 Вторичная нагрузка ТН

Наименование прибора	тип	S одной обмотки ВА	Число обмоток	Cos φ	Sin φ	Число приборов	Общая потребляемая мощность	
							P Вт	Q Вар

Итого

Если вторичная нагрузка превышает номинальную мощность в выбранном классе точности, то устанавливают второй трансформатор и часть нагрузки присоединяют к нему. Сечение проводов по условиям механической прочности принимают 1,5мм^2 для меди 2,5мм^2 для алюминия.

Контрольные вопросы

5. Для чего предназначены выключатели высокого напряжения?
6. Из каких основных узлов состоит вакуумный выключатель?
7. Основные элементы полюса вакуумного выключателя?

Назвать основные технические характеристики выключателей

Критерии оценивания:

Оценка «5» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «4» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями

учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии;

Оценка «3» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции;

Оценка «2» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

Тестирование:

1. Ограничения токов ОЗЗ не требуется при величине:

А) не более 10 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
Б) не более 15 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
В) не более 20 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
Г) не более 25 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
Д) не более 30 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ

2. Ограничения токов ОЗЗ не требуется при величине:

А) не более 10 А в сетях 35 кВ
Б) не более 15 А в сетях 35 кВ
В) не более 20 А в сетях 35 кВ
Г) не более 25 А в сетях 35 кВ
Д) не более 30 А в сетях 35 кВ

3. Изоляция в сетях 6 - 35 кВ выполняется на:

А) междуфазное напряжение
Б) фазное напряжение
В) 1,2 фазного напряжения
Г) 1,4 фазного напряжения
Д) 1,5 фазного напряжения

4. Номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока:

А) 3 А
Б) 5 А
В) 6 А
Г) 10 А
Д) 15 А

5. Номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора напряжения

А) 100 В
Б) 127 В
В) 220 В
Г) 380 В
Д) 690 В

Критерии оценивания:
Оценка «5» - не менее 80% правильных ответов;
Оценка «4» - 65-79% правильных ответов;
Оценка «3» - 50-64% правильных ответов;
Оценка «2» - менее 50% правильных ответов.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

2.1. Методические рекомендации по подготовке к устному опросу

Одним из основных способов проверки и оценки знаний обучающихся по дисциплине является устный опрос, проводимый на лабораторных и практических занятиях. Устный опрос является формой текущего контроля и проводится индивидуально.

Подготовка к опросу проводится в ходе самостоятельной работы обучающихся и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала обучающийся должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов. В среднем, подготовка к устному опросу по одному занятию занимает немного времени в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы. Опрос предполагает устный ответ обучающегося на один основной и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Ответ обучающегося должен представлять собой развёрнутое, связанное, логически выстроенное сообщение. При выставлении оценки преподаватель учитывает правильность ответа по содержанию, его последовательность, самостоятельность суждений и выводов, умение связывать теоретические положения с практикой, в том числе и с будущей профессиональной деятельностью.

2.2. Методические рекомендации по выполнению чертежей

Указанное задание предназначено в первую очередь для того, чтобы научить обучающихся понимать смысл выполнения чертежей и применять стандарты, единые нормы и правила конструкторской документации к конкретным видам чертежей.

Непременным условием правильного решения казусов является умение поставить к основному вопросу четко сформулированные дополнительные вопросы, охватывающие содержание задачи.

Правильный ответ на поставленные дополнительные вопросы позволит сделать верный окончательный вывод. Решение казусов должно быть полным и развернутым. В решении должен быть виден ход рассуждений обучающегося:

1) Анализ ситуации. На данном этапе необходимо, прежде всего,

уяснить содержание задачи, порядок выполнения чертежей и их соответствия ГОСТ;

2) Выполнение заданий в соответствии ГОСТ и ЕСКД опираясь на необходимый раздел стандартов. Для этого обучающийся должен определить необходимый раздел из ЕСКД, выполнять чертёж, упомянутых в задаче, и оформить чертёж указанное в условии соответствующей задачи.

3) Четко выполнять графическую часть задачи, в том числе обосновать с требованиями стандартов конструкторской документации, если это требуется по условию задачи.

2.3. Методические указания по выполнению тестовых заданий

Тест – это объективное стандартизированное измерение, поддающееся количественной оценке, статистической обработке и сравнительному анализу. Тест состоит из конечного множества тестовых заданий, которые предъявляются в течение установленного промежутка времени в последовательности, определяемой алгоритмом тестирующей программы.

В базе тестовых заданий используются следующая форма тестовых заданий: задания закрытой формы.

К заданиям закрытой формы относятся задания следующих типов:

– один из многих (предлагается выбрать один вариант ответа из предложенных);

– многие из многих (предлагается выбрать несколько вариантов ответа из предложенных);

– область на рисунке (предлагается выбрать область на рисунке).

В тестовых заданиях данной формы необходимо выбрать ответ (ответы) из предложенных вариантов. Ответы должны быть однородными, т.е. принадлежать к одному классу, виду и роду. Количество вариантов ответов 1.

Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступать к прочтению предлагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве правильного ответа выбрать один индекс (цифровое либо буквенное обозначение).

Заданий, где правильный вариант отсутствует, в тесте не предусмотрено.

На выполнение теста отводится ограниченное время. Оно может варьироваться в зависимости от уровня тестируемых, сложности и объема теста. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 30-45 секунд на один вопрос.

Критерии оценки выполненных обучающимся тестов представлены выше.

3. Информационное обеспечение реализации программы

Для реализации программы библиотечный фонд Филиала имеет электронные образовательные и информационные ресурсы.

Электронно-библиотечные системы (ЭБС), включающие электронный каталог и полнотекстовые документы:

- «ЛАНЬ» - www.e.lanbook.com
- Образовательная платформа Юрайт - https://urait.ru

3..1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети : учебник для среднего профессионального образования / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 362 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10376-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/517784

2. Беляков, Г. И. Электробезопасность : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. И. Беляков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 202 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17193-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/532575

3. Воробьев, В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных организаций : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 275 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07913-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/512919

Дополнительная литература

1. Сивков, А. А. Основы электроснабжения : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Сивков, А. С. Сайгаш, Д. Ю. Герасимов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 173 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01344-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/513177

Периодика

1. Известия Тульского государственного университета. Технические науки : Научный рецензируемый журнал. https://tidings.tsu.tula.ru/tidings/index.php?id=technical&lang=ru&year=1. – Текст : электронный.

2. Научный периодический журнал «Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Энергетика» : Научный

рецензируемый журнал. https://www.powervestniksusu.ru/index.php/PVS. - Текст : электронный.

Энергесбережение: ежемесячный профессиональный журнал, представлен в читальном зале Филиала, а так же в библиотеке

3.2. Электронные издания

Профессиональная база данных и информационно-справочные системы	Информация о праве собственности (реквизиты договора)
Ассоциация инженерного образования России http://www.ac-raee.ru/	Совершенствование образования и инженерной деятельности во всех их проявлениях, относящихся к учебному, научному и технологическому направлениям, включая процессы преподавания, консультирования, исследования, разработки инженерных решений, включая машиностроительную отрасль, трансфера технологий, оказания широкого спектра образовательных услуг, обеспечения связей с общественностью, производством, наукой и интеграции в международное научно-образовательное пространство. Свободный доступ
Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru	Федеральный портал «Российское образование» – уникальный интернет-ресурс в сфере образования и науки. Ежедневно публикует самые актуальные новости, анонсы событий, информационные материалы для широкого круга читателей. Еженедельно на портале размещаются эксклюзивные материалы, интервью с ведущими специалистами – педагогами, психологами, учеными, репортажи и аналитические статьи. Читатели получают доступ к нормативно-правовой базе сферы образования, они могут пользоваться самыми различными полезными сервисами – такими, как онлайн-тестирование, опросы по актуальным темам и т.д.
Научная электронная библиотека Elibrary http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - это крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 26 млн научных статей и публикаций, в том числе электронные версии более 5600 российских научно-технических журналов, из которых более 4800 журналов в открытом доступе. Свободный доступ
Технические справочники techliter.ru	Издания практического назначения с кратким изложением сведений в систематической форме, в расчёте на выборочное чтение, на то, чтобы можно было быстро и легко навести по нему справку.
ГОСТы РФ docs.cntd.ru	Государственные стандарты: нормативные документы, содержащие сведения практического применения по интересующим вопросам