**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

**Краевое государственное бюджетное**

**профессиональное образовательное учреждение**

**«Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А.Е.Бочкина»**

**Методические указания**

**и**

**контрольные задания**

для студентов заочного отделения

специальности:

13.02.03 «Электрические станции, сети и системы»

по

**МДК-01.01- “Техническое обслуживание электрооборудования электрических станций, сетей и систем ”**

в рамках профессионального модуля

ПМ-01. “Обслуживание электрооборудования электрических станций,

сетей и систем”

**2016 г.**

Рассмотрена и одобрена

на заседании комиссии

профессионального цикла

специальности

«Электрические станции, сети и системы»

Протокол № \_\_\_\_

от « \_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 2016г.

Председатель комиссии

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Н.Елисеева

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора

по учебной работе

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.В.Носкова

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2016 г.

**Организация-разработчик**: Краевое государственное бюджетное

профессиональное образовательное учреждение

«Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А.Е.Бочкина»

**Разработчик:**Елисеева О.Н. преподаватель

1. **ВВЕДЕНИЕ**

Материал контрольных заданий для профессионального модуляразработан на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее - СПО) **13.02.03 -** «Электрические станции, сети и системы».

Цель контрольных заданийпообслуживанию электрооборудования электрических станций, сетей и систем− систематизация и расширение теоретических знаний студентов, приобретённых при изучении рекомендуемой литературы для выполнения контрольных работ и закрепление навыков использования современной вычислительной техники.

В ходе выполнения заданий студент должен:

**знать:**

* основы систем электроснабжения городов, промышленных предприятий и транспортных систем;
* схемы и основное электротехническое и коммутационное оборудование подстанций систем электроснабжения;

**уметь:**

* рассчитывать и выбирать элементы системы электроснабжения в процессе их разработки;
* определять оптимальные режимы работы систем электроснабжения;

Контрольная работа выполняется по варианту и **в формате А4** (297мм-210мм) **машинописным текстом** в соответствии с ГОСТОМ 2.105-95 “Единая система конструкторской документации”, специальной многофункциональной программой MiсrosoftWord**14 шрифтом TimesNewRoman**, расстоянием между строк **1,0 или 1,15 строчного интервала**. Поле для подшивки 30 мм, расстояние от края до текста внизу страницы 10-20мм. Изложение делается в безличной форме. При необходимости и для полного ответа на теоретические вопросы и практические задания, работа  **может сопровождаться**: **иллюстрациями, графиками, эскизами, чертежами, схемами** выполненными **на формате (А3)** при помощи специальной программы (**Visio. Kompas. AutoCad), или на миллиметровочной бумаге карандашом.**

**Номер варианта** соответствует **последней цифре шифра зачётной** книжки.

Страницы текстового документа нумеруют арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему документу. Титульный лист текстового документа включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Текст основной части документа делят на разделы, подразделы. Разделы, подразделы, пункты и подпункты нумеруют арабскими цифрами и печатают с абзацного отступа*и* ***без точки как после цифры так и после наименования*** *.*

Формулы выделяют из текста в отдельную строку и печатают с абзацного отступа. Выше и ниже каждой формулы должна быть оставлена одна свободная строка.

Над таблицей помещают слово **«Таблица»** без абзацного отступа, затем – номер таблицы, **через тире – наименование таблицы**. В таблице рекомендуется использовать размер шрифта 10, 12 TimesNewRoman.

Иллюстрации в текстовом документе (чертежи, диаграммы, графики, фотоснимки, схемы) размещают непосредственно после ссылки на них в тексте или на следующей странице и обозначают словом «Рисунок».Иллюстрации должны иметь наименование и, при необходимости, поясняющие данные. **Поясняющие данные помещают под иллюстрацией, а ниже печатают слово «Рисунок» без точке, затем номер без точке, затем “тире”и наименование рисунка.**

После получения контрольной работы с оценкой и замечаниями преподавателя, следует изучить все замечания , поправки и исправить ошибки в конце работы. Если работа получила неудовлетворительную оценку, то студент выполняет её снова по старому или новому варианту ( по указанию преподавателя) и сдаёт её нова вместе с не зачтённой работой. Лабораторные работы выполняются во время сессии и после сдачи контрольных работ с положительной оценкой. Практические работы выполняются по методическим брошюрам выдаваемым преподавателем на сессии, по данным работам выставляется допуск к экзамену по предмету.

Сдача зачёта и экзамена производится только после получения всех предшествующих ему зачётов.

При заочной форме обучения в соответствии с рабочим учебным планом по модулю предусмотрено:

- обязательные аудиторные занятия - \_\_\_\_\_\_\_\_, в том числе

- обзорные лекции - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

- лабораторные, практические занятия - \_\_\_\_\_\_\_\_

- самостоятельная работа - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

- 1 контрольная работа

1. **Тематический план и содержание модуля МДК-01.01- “Техническое обслуживание электрооборудования электрических станций, сетей и систем ”**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование разделов профессионального модуля (ПМ), междисциплинарных курсов (МДК) и тем | Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работ (проект) | | | | Объем часов | Уровень освоения |
| 1 | 2 | | | | 3 | 4 |
| **Раздел 1. Применение основного электрооборудования электрических станций и сете** | | | | | **152** |  |
| **Тема 1.1. Машины постоянного тока** | **Содержание** | | | | **30** |
| 1 | | | История развития электрических машин и трансформаторов в современной электротехнике. Электрическая машина как электромеханический преобразователь энергии. Режимы работы электрических машин. Классификация электрических машин. | 2 |  |
| 2 | | | Принцип действия машин постоянного тока и их устройство. Основные части машины постоянного тока: статор, якорь, коллектор и щеточное устройство. | 2 |
| 3 | | | Основные сведения об якорных обмотках, их конструктивном выполнении; требования, предъявляемые к ним.2 | 2 |  |
| 4 | | | Электродвижущая сила (ЭДС) и вращающий момент машин постоянного тока. | 2 |
| 5 | | | Магнитная цепь машины постоянного тока. Магнитное поле машины при нагрузке. | 2 |
| 6 | | | Реакция якоря, способы ее ослабления. Влияние реакции якоря на свойства машины. Компенсационная обмотка | 2 |
| 7 | | | Сущность процесса коммутации, причины искрения щеток и оценка степени искрения. Виды коммутаций. Реактивная ЭДС. Средства улучшения коммутации. | 2 |
| 8 | | | Экспериментальная проверка коммутации и настройка дополнительных полюсов. Особенности коммутации при подведении к двигателю пульсирующего напряжения. | 2 |
| 9 | | | Классификация генераторов по способу возбуждения. Уравнение генераторного режима. Маркировка выводов. Характеристики генераторов. Условия самовозбуждения генераторов | 2 |
| 10 | | | Принцип действия и классификация двигателей постоянного тока. Уравнения двигательного режима.. Характеристики двигателей параллельного и независимого возбуждения. | 2 |
| 11 | | | Характеристики двигателей последовательного возбуждения. Характеристики двигателей смешанного возбуждения. Область применения двигателей постоянного тока. Устойчивость работы двигателей. | 2 |
| 12 | | | Пуск двигателей постоянного тока. Изменение направления вращения. Регулирование частоты вращения двигателей. Общие сведения о способах торможения двигателей. | 2 |
| **Практическая работа №1** | | | | **6** |
| 1 | | | Задачи на тему электрических машин | 2 |
| 2 | | | Задачи на тему электрических машин | 2 |
| 3 | | | Задачи на тему электрических машин | 2 |
| **Тема 1.2. Синхронные машины** | **Содержание** | | | | **44** |  |
| 1 | | | Роль электрических машин и трансформаторов в электрификации страны | 2 |
| 2 | | | Электрические машины – электромеханические преобразователи энергии | 2 |
| 3 | | | Классификация электрических машин | 2 |
| 4 | | | Возбуждение синхронных машин. Типы синхронных машин и их устройство | 2 |
| 5 | | | Магнитная цепь синхронной машины . Магнитное поле синхронной машины | 2 |
| 6 | | | Реакция якоря синхронной машины . Уравнения напряжений синхронного генератора. | 2 |
| 7 | | | Векторные диаграммы синхронного генератора | 2 |
| 8 | | | Характеристики синхронного генератора. Гашение поля синхронной машины | 2 |
| 9 | | | Практическая диаграмма ЭДС синхронного генератора. Потери и КПД синхронной машины | 2 |
| 10 | | | Включение генераторов на параллельную работу. Нагрузка генератора включенного на параллельную работу. | 2 |
| 11 | | | Угловые характеристики синхронного генератора. Колебания синхронных генераторов. | 2 |
| 12 | | | Синхронизирующая способность синхронных машин. | 2 |
| 13 | | | Синхронные режимы синхронных машин | 2 |
| 14 | | | Асинхронные режимы синхронных машин | 2 |
| 15 | | | U-образные характеристики синхронного генератора. | 2 |
| 16 | | | Принцип действия синхронного двигателя. Пуск синхронных двигателей. | 2 |
| 17 | | | U-образные кривые и рабочие характеристики синхронного двигателя. | 2 |
| 18 | | | Синхронный компенсатор и реактор | 2 |
| 19 | | | Компенсация реактивной мощности в энергосистеме | 2 |
| **Практическая работа №2** | | | | **6** |
| 1 | | | Задачи на тему электрических машин | 2 |
| 2 | | | Задачи на тему электрических машин | 2 |
| 3 | | | Задачи на тему электрических машин | 2 |
| **Тема 1.3. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы** |  | | | **Содержание** | **40** |  |
| 1 | | | Назначение трансформаторов в системе передачи и распределения электроэнергии, принцип работы трансформатора. Основные части силового трансформатора: магнитопровод, обмотка, бак, выхлопная труба, расширитель, маслоуказатель, система охлаждения, газовое реле, переключатель ответвлений. Трехфазный трансформатор и трехфазная трансформаторная группа. | 2 |
| 2 | | | Принцип действия трансформатора. Паспортные данные трансформатора. | 2 |
| 3 | | | Физические процессы, протекающие в трансформаторе в режиме холостого хода. Электродвижущие силы в обмотках трансформатора. Коэффициент трансформации. Режим холостого хода. Векторная диаграмма х.х. Определение потерь и тока при холостом ходе. | 2 |
| 4 | | | Маркировка выводов, схемы и группы соединений обмоток трансформаторов | 2 |
| 5 | | | Особенности физического процесса в трансформаторе в режиме нагрузки. Уравнения ЭДС и МДС. Основные уравнения трансформатора. | 2 |
| 6 | | | Приведение величин вторичной обмотки к числу витков первичной. Уравнения приведенного трансформатора. Схемы замещения. | 2 |
| 7 | | | Векторные диаграммы трансформатора при различных нагрузках. | 2 |
| 8 | | | Опытное определение параметров схемы замещения. Опыт короткого замыкания. Напряжение короткого замыкания. Опыт холостого хода. Характеристики холостого хода и короткого замыкания. Зависимость параметров схемы замещения от напряжения. | 2 |
| 9 | | | Изменение напряжения трансформатора. Внешняя характеристика. Регулирование напряжения трансформатора. | 2 |
| 10 | | | Энергетическая диаграмма трансформатора. Зависимость КПД трансформатора от нагрузки. Условия максимального КПД. Повышение энергетических показателей. | 2 |
| 11 | | | Назначение параллельной работы трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. | 2 |
| 12 | | | Автотрансформаторы, их особенности. Уравнения и схема замещения. Режимы холостого хода, короткого замыкания и нагрузки. Паспортные данные автотрансформатора. | 2 |
| **Практическая работа №3** | | | | **16** |
| 1 | | | Определение параметров схемы замещения трансформатора. | 2 |
| 2 | | | Распределение нагрузки между параллельно работающими трансформаторами | 2 |
| 3 | | | Выбор трансформаторов на подстанции | 2 |
| 4 | | | Выбор трансформаторов связи на подстанции | 2 |
| 5 | | | Выбор автотрансформаторов на подстанции | 2 |
| 6 | | | Выбор трансформаторов блочных | 2 |
| 7 | | | Изображение трансформаторов на электрических схемах | 2 |
| 8 | | | Изображение ячейки трансформаторов в разрезе | 2 |
| **Тема 1.4. Асинхронные машины** | **Содержание** | | | | **18** |
| 1 | | | Режимы работы асинхронной машины. Устройство асинхронных двигателей. | 2 |
| 2 | | | Магнитная цепь асинхронной машины. Основные понятия. Расчёт магнитной цепи асинхронного двигателя. | 2 |
| 3 | | | Магнитные потоки рассеяния асинхронной машины. Роль зубцов сердечника в наведении ЭДС и создании электромагнитного момента. | 2 |
| 4 | | | Рабочий процесс трёхфазного асинхронного двигателя. Уравнения напряжений АД. | 2 |
| 5 | | | Уравнение МДС и токов АД. Векторная диаграмма АД. | 2 |
| 6 | | | Электромагнитный момент и рабочие характеристики АД. Потери и КПД АД. Электромагнитный момент АД. Механические и рабочие характеристики АД. | 2 |
| 7 | | | Пуск и регулирование частоты вращения трёхфазного АД. | 2 |
| 8 | | | Однофазные АД. Нагрев и охлаждение электрических машин. | 2 |
| **Практическая работа №4** | | | | **2** |
| 3 | | | Задачи на тему электрических машин | 2 |
| **Тема 1.5. Применение электрических машин в энергетике.** | **Содержание** | | | | **20** |
| 1 | | | Гидрогенератор. Турбогенератор. Что такое гидроагрегат и турбоагрегат. Состав и виды турбин, спиральных камер и водоводов. Виды турбин для ПГУ ГТУ. | 2 |
| 2 | | | Классификация электростанций ТЭС, АЭС, КЭС, ГРЭС, ГЭС и их принцип работы. | 2 |
| 3 | | | Классификация электростанций ГАЭС, ПГУ, ГТУ и их принцип работы. | 2 |
| 4 | | | Виды электроэнергии в энергосистеме. Активная и реактивная мощности. | 2 |
| 5 | | | Баланс мощности в энергосистеме. | 2 |
| 6 | | | Компенсация реактивной мощности в энергосистеме и её виды. | 2 |
| 7 | | | Расчёт потерь мощности в энергосистеме. | 2 |
| 8 | | | Виды энергосистем. | 2 |
| **Практическая работа №5** | | | | **4** |
| 1 | | | Составление схем замещения | 2 |
| 2 | | | Составление схем замещения | 2 |
| **Раздел 2**.**Применение коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов на электростанциях и в электрических сетях** | | | | | **168** |
| **Тема 2.1 Электрические аппараты напряжением до 1000В и выше 1000 В. Внутренняя и внешняя изоляция аппаратов.** | **Содержание** | | | | **106** |
| ***оборудование*** | | | |  |
| 1 | | | Условия возникновения и горения электрической дуги. Способы гашения дуги переменного тока в электрических аппаратах напряжением выше 1 кВ. Гашение дуги постоянного тока. Типы гасительных устройств. | 2 |
| 2. | | | Условия возникновения и горения электрической дуги. Способы гашения дуги переменного тока в электрических аппаратах напряжением выше 1 кВ. Гашение дуги постоянного тока. Типы гасительных устройств. | 2 |
| 3. | | | Условия возникновения и горения электрической дуги. Способы гашения дуги переменного тока в электрических аппаратах напряжением выше 1 кВ. Гашение дуги постоянного тока. Типы гасительных устройств. | 2 |
| 4. | | | Электрические аппараты напряжением до 1000 В. Типы, конструктивные особенности, технические параметры, назначение и применение рубильников, переключателей, предохранителей, контакторов, автоматических выключателей, магнитных пускателей. Бесконтактные коммутационные устройства. | 2 |
| 5. | | | Электрические аппараты напряжением до 1000 В. Типы, конструктивные особенности, технические параметры, назначение и применение рубильников, переключателей, предохранителей, контакторов, автоматических выключателей, магнитных пускателей. Бесконтактные коммутационные устройства. | 2 |
| 6. | | | Электрические аппараты напряжением до 1000 В. Типы, конструктивные особенности, технические параметры, назначение и применение рубильников, переключателей, предохранителей, контакторов, автоматических выключателей, магнитных пускателей. Бесконтактные коммутационные устройства. | 2 |
| 7. | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 8 | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 9 | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 10 | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 11 | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 12 | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 13 | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 14 | | | Назначение выключателей и разъединителей напряжением выше 1000 В. Типы, конструкции, достоинства, недостатки и область применения масляных баковых, маломасляных, воздушных, электромагнитных, вакуумных, элегазовых выключателей. | 2 |
| 15 | | | Предохранители конструкция и назначение | 2 |
| 16 | | | Предохранители конструкция и назначение | 2 |
| 17 | | | Предохранители конструкция и назначение | 2 |
| 18 | | | Назначение и конструкции заземляющих устройств. | 2 |
| 19 | | | Назначение и конструкции заземляющих устройств. | 2 |
| 20 | | | Назначение и конструкции заземляющих устройств. | 2 |
| 21 | | | Устройства защиты электрооборудования от перенапряжений. Коммутационные перенапряжения. Нелинейные ограничители перенапряжений как основной аппарат защиты от волн, набегающих с линий, принцип действия. разрядники. | 2 |
| 22 | | | Устройства защиты электрооборудования от перенапряжений. Коммутационные перенапряжения. Нелинейные ограничители перенапряжений как основной аппарат защиты от волн, набегающих с линий, принцип действия. разрядники. | 2 |
| 23 | | | Устройства защиты электрооборудования от перенапряжений. Коммутационные перенапряжения. Нелинейные ограничители перенапряжений как основной аппарат защиты от волн, набегающих с линий, принцип действия. разрядники. | 2 |
| ***короткие замыкания*** | | | |  |
| 24 | | | Виды, причины и последствия КЗ. Трёхфазные КЗ | 2 |
| 25 | | | Методы расчёта трёхфазного КЗ. Расчётная схема электроустановки. Схемы замещения элементов энергосистемы. Основные формулы расчётов трёхфазного КЗ | 2 |
| 26 | | | Методы расчёта трёхфазного КЗ. Расчётная схема электроустановки. Схемы замещения элементов энергосистемы. Основные формулы расчётов трёхфазного КЗ | 2 |
| 27 | | | Методы расчёта трёхфазного КЗ. Расчётная схема электроустановки. Схемы замещения элементов энергосистемы. Основные формулы расчётов трёхфазного КЗ | 2 |
| 28 | | | Электродинамическое и термическое действие КЗ на коммутационные аппараты подстанции. Методы ограничения токов КЗ. | 2 |
| 29 | | | Электродинамическое и термическое действие КЗ на коммутационные аппараты подстанции. Методы ограничения токов КЗ. | 2 |
| 30 | | | Выбор реакторов на подстанциях. | 2 |
| 31 | | | Расчётные условия для проверки электрических аппаратов и токоведущих частей по режиму короткого замыкания. | 2 |
| 32 | | | Расчётные условия для проверки электрических аппаратов и токоведущих частей по режиму короткого замыкания. | 2 |
| 33 | | | Типы проводников, применяемых на электростанциях и в электрических сетях: Жесткие шины и токопроводы, гибкие проводники. | 2 |
| 34 | | | Формулы и условия выбора некоторых видов жёстких шин РУ. | 2 |
| 35 | | | Выбор ошиновки в цепи АТ. Выбор шин 6 кВ. Выбор изоляторов шин РУ. | 2 |
| 36 | | | Гибкие шины и токопроводы РУ. Формулы и методы расчёта выбора. | 2 |
| 37 | | | Выбор гибких шин в цепях генераторов. Выбор гибкой ошиновки в цепях автотрансформаторов. Выбор шин на открытой части подстанции | 2 |
| 38 | | | Выбор выключателей на подстанции. Выбор разъединителей в РУ | 2 |
| **Практическая работа №6** | | | | **30** |
| 1 | | | Задачи на расчёт токов КЗ | 2 |
| 2 | | | Задачи на расчёт токов КЗ | 2 |
| 3 | | | Выбор и проверка шин – 10 кВ | 2 |
| 4 | | | Выбор и проверка шин – 10 кВ | 2 |
| 5 | | | Выбор и проверка шин 110кВ и выше. Сборные шины подстанции | 2 |
| 6 | | | Выбор сечения ЛЭП, КЛ -6-750 кВ | **2** |
| 7 | | | Выбор сечения ЛЭП, КЛ -6-750 кВ | 2 |
| 8 | | | Выбор сечения ЛЭП, КЛ -6-750 кВ | 2 |
| 9 | | | Выбор реакторов для ограничения токов КЗ на шины 6кВ | 2 |
| 10 | | | Выбор реакторов для ограничения токов КЗ на шины 6кВ | 2 |
| 11 | | | Выбор СК ,БСК, УШР на шины подстанции | 2 |
| 12 | | | Выбор СК ,БСК, УШР на шины подстанции | 2 |
| 13 | | | Выбор СК ,БСК, УШР на шины подстанции | 2 |
| 14 | | | Выбор выключателей | 2 |
| 15 | | | Выбор разъединителей. | 2 |
| **Тема 2.2 Назначение, типы и конструкции измерительных трансформаторов тока и напряжения. Изоляция измерительных трансформаторов.** |  | | | **Содержание** | **16** |
| 1. | | | Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов тока.Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов напряжения. Изоляция измерительных трансформаторов. | 2 |
| 2. | | | Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов тока.Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов напряжения. Изоляция измерительных трансформаторов. | 2 |
| 3. | | | Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов тока.Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов напряжения. Изоляция измерительных трансформаторов. | 2 |
| 4 | | | Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов тока.Назначение, типы, конструкции, подключение измерительных трансформаторов напряжения. Изоляция измерительных трансформаторов. | 2 |
| **Практическая работа №7** | | | | **8** |
| 1 | | | Выбор трансформаторов тока | 2 |
| 2 | | | Выбор трансформаторов тока | 2 |
| 3 | | | Выбор трансформаторов напряжения | 2 |
| 4 | | | Выбор трансформаторов напряжения | 2 |
| **Тема 2.3**  **Конструкция распределительных устройств.** |  | | | **Содержание** | **46** |
| 1. | | | Общие сведения о схемах электроустановок. Схемы электрических соединений на стороне 6-10 кВ. Схемы электрических соединений в электроустановках 35 кВ и выше. | 2 |
| 2. | | | Общие сведения о схемах электроустановок. Схемы электрических соединений на стороне 6-10 кВ. Схемы электрических соединений в электроустановках 35 кВ и выше. | 2 |
| 3. | | | Общие сведения о схемах электроустановок. Схемы электрических соединений на стороне 6-10 кВ. Схемы электрических соединений в электроустановках 35 кВ и выше. | **2** |
| 4. | | | Главные схемы электростанций. Главные схемы подстанций. Требования к ним. Схемы собственных нужд электростанций и подстанций. | 2 |
| 5. | | | Главные схемы электростанций. Главные схемы подстанций. Требования к ним. Схемы собственных нужд электростанций и подстанций. | 2 |
| 6. | | | Главные схемы электростанций. Главные схемы подстанций. Требования к ним. Схемы собственных нужд электростанций и подстанций. | 2 |
| 7. | | | Главные схемы электростанций. Главные схемы подстанций. Требования к ним. Схемы собственных нужд электростанций и подстанций. | 2 |
| 8 | | | Конструкции, типы и область применения распределительных устройств напряжением 0,4 – 0,66 кВ. Конструкции распределительных устройств собственных нужд 0,4 кВ. | 2 |
| 9 | | | Конструкции, типы и область применения распределительных устройств напряжением 0,4 – 0,66 кВ. Конструкции распределительных устройств собственных нужд 0,4 кВ. | 2 |
| 10 | | | Типы и конструкции КРУ и КРУН. Комплектные генераторные распределительные устройства (КГРУ). | 2 |
| 11 | | | Типы и конструкции КРУ и КРУН. Комплектные генераторные распределительные устройства (КГРУ). | 2 |
| 12 | | | Типы и конструкции КРУЭ | 2 |
| 13 | | | Типы и конструкции КРУЭ | 2 |
| 14 | | | Типы и конструкции КРУЭ | 2 |
| **Лабораторные работы Стенд №1. Работы №1 ÷ №8** | | | | **18** |
| 1 | | | Вводная лекция | 2 |
| 2 | | | Л/Р №1. Передача электрической энергии в радиальной распределительной сети | 2 |
| 3 | | | Л/Р №2. Потери электрической энергии в распределительных сетях | 2 |
| 4 | | | Л/Р №3. Передача электроэнергии в кольцевой сети | 2 |
| 5 | | | Л/Р №4. Продольная ёмкостная компенсация в распределительных сетях | 2 |
| 6 | | | Л/Р №5. Поперечная компенсация реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи | 2 |
| 7 | | | Л/Р №6. Определение статической характеристики мощности активной нагрузки | 2 |
| 8 | | | Л/Р №7. Определение статической характеристики мощности индуктивной нагрузки | 2 |
| 9 | | | Л/Р №8. Определение статической характеристики мощности ёмкостной нагрузки | 2 |
| **Раздел 3. Техническое обслуживание, профилактические осмотры и проектирование электрооборудования** | | | | | **94** |
| **Тема 3.1.**  **Техническое обслуживание электрооборудования** | | **Содержание (учебник Филатова)** | | | **38** |
| 1. | | Техническое обслуживание электрических машин. Обслуживание узлов и систем синхронных генераторов и компенсаторов. (щёточного аппарата, системы охлаждения, маслохозяйства) надзор и уход. | 2 |
| 2. | | Осмотры перед пуском и остановом синхронных машин | 2 |
| 3 | | Неисправности электрических машин | 2 |
| 4 | | Вибрация электрических машин | 2 |
| 5 | | Номинальный режим работы и перегрузки трансформаторов. Система охлаждения и её обслуживание. Включение в сеть и контроль за работой. | 2 |
| 6 | | Включение трансформатора на параллельную работу. Определение экономически целесообразного числа параллельно работающих трансформаторов. Регулирование напряжения и обслуживание данного устройства. | 2 |
| 7 | | Заземление нейтрали и защита разземлённых нейтралей. Уход за трансформаторным маслом. | 2 |
| 8 | | Обслуживание маслонаполненных вводов. Неполадки в работе трансформаторов. | 2 |
| 9 | | Реактивная мощность. Назначение и работа синхронных компенсаторов. Регулирование напряжения в системе возбуждения компенсаторов. | 2 |
| 10 | | Системы охлаждения и водоснабжения компенсаторов. | 2 |
| 11 | | Пуск и останов компенсаторов, контроль за работой. | 2 |
| 12 | | Техника операций с выключателями ,разьединителями и короткозамыкателями. | 2 |
| 13 | | Техника операций с выключателями ,разьединителями и короткозамыкателями. | 2 |
| 14 | | Трансформаторы напряжения, их вторичные цепи, трансформаторы тока. Силовые кабели | 2 |
| **Практическая работа №8** | | | **10** |
| 1 | | Расчёт и построение защитной зоны молниеотводов | 2 |
| 2 | | Расчёт и построение защитной зоны молниеотводов | 2 |
| 3 | | Расчёт заземляющего устройства подстанции | 2 |
| 4 | | Расчёт заземляющего устройства подстанции | 2 |
| 5 | | Выбор ОПН | 2 |
| **Тема 3.2. Профилактические осмотры электрооборудования** | | **Содержание (учебник Филатова)** | | | **16** |
| 1. | | Конденсаторы связи, заградители, токоограничивающие реакторы, разрядники и ОПН. | 2 |
| 2. | | Требования к распределительным устройствам и задачи их обслуживания. Шины и контактные соединения | 2 |
| 3. | | Изоляторы высокого напряжения и их обслуживание | 2 |
| 4. | | Заземляющее устройство на подстанциях | 2 |
| 5. | | Оперативная блокировка. | 2 |
| 6. | | КРУЭ | 2 |
| **Практическая работа №9** | | | **4** |
| 1 | | Перечень неисправностей аппарата по варианту | 2 |
| 2. | | Описать действия персонала по осмотру оборудования по аврианту | 2 |
| **Тема 3.3. Проектирование электрической части подстанции.**  **Курсовой проект.** | | **Содержание** | | | **40** |
| 1. | | [Определение расчётной нагрузки подстанции для определения мощности трансформаторов](#_Toc261285118) . | 2 |
| 2. | | Выбор главных схем электроустановки. Выбор схем на РУ-ВН и РУ-НН. | 2 |
| 3. | | Выбор вида РУ на напряжение НН подстанции. | 2 |
| 4. | | Расчёт токов КЗ для выбора оборудования подстанции. Основные положения. | 2 |
| 5. | | Определение индуктивных сопротивлений элементов схемы замещения подстанции. | 2 |
| 6. | | Расчёт токов КЗ в разных точках схемы замещения подстанции | 2 |
| 7. | | Выбор электрооборудования на РУ подстанции | 2 |
| 8. | | Выбор оборудования на РУ-ВН (РУ-СН) | 2 |
| 9. | | Выбор сечения проводов ЛЭП подходящих к подстанции. (РУ-ВН). Выбор сечения проводов отходящих от РУ-СН. | 2 |
| 10. | | [Выбор](#_Toc261285130) сечения проводов для сборных шин и ошиновки РУ-ВН, (РУ-СН) | 2 |
| 11. | | Выбор сечения проводов для отводов от силового трансформатора до РУ-ВН, РУ-СН, РУ-НН. | 2 |
| 12. | | Выбор выключателей на РУ подстанции | 2 |
| 13 | | Выбор разъединителей на РУ подстанции | 2 |
| 14 | | Выбор ТТ на выключатели РУ подстанции | 2 |
| 15 | | Выбор ТТ для силовых трансформаторов подстанции | 2 |
| 16 | | Выбор ТН на РУ подстанции | 2 |
| 17 | | Выбор оборудования на РУ-НН. | 2 |
| 18 | | Расчёт мощности и типа ТСН подстанции | 2 |
| 19 | | Расчёт грозозащиты подстанции | 2 |
| 20 | | Технико-экономический расчёт подстанции | 2 |
| **Раздел 4. Монтаж и демонтаж электрооборудования** | | | | | **40** |
| **Тема 4.1. Монтаж коммутационного оборудования открытых и закрытых распределительных устройств подстанций** | | **Содержание** | | | **18** |
| 1 | | Монтаж гибкой и жёсткой ошиновки РУ | 2 |
| 2 | | Монтаж коммутационного оборудования РУ | 2 |
| 3 | | Монтаж КРУН, КРУ и КРУЭ | 2 |
| 4 | | Монтаж токопроводов | 2 |
| 5 | | Монтаж измерительных трансформаторов | 2 |
| ***Лабораторные работы стенд №4 л/р №1-4*** | | | **8** |
| 1 | | Технология электромонтажных работ | 2 |
| 2 | | Электрические цепи в быту и на производстве | 2 |
| 3 | | Эксплуатация и наладка цепе управления двигателем | 2 |
| 4 | | Монтаж и наладка цепей сигнализации | 2 |
| **Тема 4.2. Монтаж Электрических машин** | | **Содержание** | | | **14** |
| 1 | | Монтаж электрической части генераторов | 2 |
| 2 | | Монтаж синхронных компенсаторов | 2 |
| 3 | | Испытание электрических машин | 2 |
| 4 | | Центровка электрических машин | 2 |
| 5 | | Сушка изоляции электрических машин | 2 |
| ***Лабораторные работы стенд №4. л/р №5-6*** | | | **4** |
| 1 | | Монтаж и наладка электрических цепей | 2 |
| 2 | | Энергосберегающие технологии | 2 |
| **Тема 4.3. Монтаж силовых трансформаторов** | | **Содержание** | | | **8** |
| 1 | | Транспортировка, разгрузка и хранение трансформаторов | 2 |
| 2 | | Подготовительные работы к монтажу, сборка и включение в работу | 2 |
| 3 | | Вакуумирование, прогрев, сушка и заливка маслом силовых трансформаторов | 2 |
| 4 | | Испытание силовых трансформаторов | 2 |
| **Всего** | | | **МДК- 01.01. Техническое обслуживание электрооборудования электрических станций, сетей и систем** | | **454** |  |

*Примечание:*

Обзорных лекций - \_\_\_

Практических занятий - \_\_\_\_\_\_

Самостоятельная работа студента - \_\_\_\_\_\_\_

1. **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**Электрические машины**

1. Принцип работы трансформаторов. Его составные узлы, виды и типы.
2. Технические параметры трансформатора и определение номинальных параметров.
3. Виды систем охлаждения трансформаторов
4. Регулирование напряжения в трансформаторах
5. Группы и схемы соединения трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов
6. Принцип работы автотрансформатора, его преимущества и недостатки
7. Принцип работы и устройство асинхронных машин
8. Потери в АМ
9. Явнополюсные и неявнополлюсные СМ
10. Магнитная цепь СМ.
11. Способы охлаждения СМ
12. Синхронизация синхронного генератора
13. Включение на параллельную работу синхронного генератора
14. Принцип действия машины постоянного тока
15. Назначение коллектора в генераторе и двигателе

**Применение электрических машин в энергетике**

1. Назначение электростанций в энергетике
2. Виды электрических станций по способу выработки электрической энергии
3. Виды турбин используемых на электростанциях различного назначения
4. Отличие ГТУ от ПГУ
5. Назначение синхронных компенсаторов, реакторов и батарей статических конденсаторов в энергосистеме что такое компенсация реактивной мощности

**Оборудование электрических станций и подстанций**

1. Виды коротких замыканий в энергосистемах
2. Гашение электрической дуги в коммутационных аппаратах электрических сетей
3. Назначение коммутационных аппаратов до 1000 В и выше, виды и их устройство
4. Предохранители их устройство и назначение
5. Что такое дугогасительное устройство и где оно применяется
6. Измерительные трансформаторы, назначение, виды и принцип работы
7. Виды главных схем электрических соединений подстанций
8. Что такое ОРУ, ЗРУ, КРУН, КРУЭ, КРУ и оборудование устанавливаемое на этих обьектах
9. Собственные нужды подстанций и электростанций
10. Молниезащита ,виды, принцип действия и назначение
11. Какими устройствами защищается подстанция от перенапряжения
12. Заземляющее устройство, виды, назначение и принцип действия

**Техническое обслуживание электрооборудования электростанций и подстанций**

1. Техническое обслуживание трансформаторов
2. Виды технического обслуживания электрических машин
3. В чём заключается обслуживание оборудования на подстанциях
4. Номинальные режимы работы и перегрузки трансформаторов
5. Обслуживание синхронных компенсаторов, реакторов и конденсаторов
6. Что такое БСК, УШР, СК
7. Что входит в обьём работ по обслуживанию выключателей
8. Техника операций с разъединителями
9. Что такое РВМГ, РВС, РТ, ОПН
10. Что такое ТФЗМ, ТФНД, ТВТ, ТВ, ТПЛ, ТШП, ЗНОЛ, ТТНП
11. Обслуживание измерительных трансформаторов
12. Уход и обслуживание заземляющего устройства
13. Уход и обслуживание молниезащиты подстанции
14. Для чего нужны аккумуляторные батареи на подстанциях

**Монтаж и ремонт электрооборудования электростанций и подстанций**

1. В чем заключается технология монтажа оборудования
2. На какой стадии производится монтаж оборудования
3. Опишите последовательность монтажа разьединителей
4. Опишите последовательность монтажа выключателей
5. **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1 ПО МДК-01.01** “Техническое обслуживание электрооборудования электрических станций, сетей и систем”.

**Вариант №1**

1. Опишите технологию получения электроэнергии на ГЭС. Изобразите структурную схему ГЭС и опишите назначение её основных узлов. Каков принцип работы трансформаторов. Из каких частей состоит активная часть трансформатора и каково их назначение.
2. Перечислите коммутационные аппараты подстанции – 220/110/10 кВ. Опишите назначение выключателей и принцип гашения дуги в воздушных выключателях.
3. Номинальные режимы работы генераторов и их обслуживание.
4. Для чего и как устанавливают молниеотводы на территории электроустановки.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №2**

1. Назначение и роль теплоэлектростанций типа ГРЭС в энергосистеме. Изобразить структурную схему ТЭС (ГРЭС) и поясните принцип выработки электроэнергии по её основным узлам. Каковы достоинства трёхобмоточных трансформаторов.Из каких участков состоит магнитная цепь явнополюсной синхронной машины.
2. Комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией, что это такое. Опишите назначение выключателей и принцип гашения дуги в элегазовых выключателях.
3. Требования к распределительным устройствам и их обслуживание.
4. Опишите конструкцию, назначение и принцип действия вентильных разрядников.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №3**

1. Что общего и в чём различие конструкций турбо- и гидрогенераторов.Какие участки содержит магнитная цепь машины постоянного тока. Объясните когда устанавливаются автотрансформаторы, а когда трансформаторы.
2. Источники оперативного тока на подстанции. Опишите принцип действия аккумуляторов.
3. Требования к обслуживанию силовых трансформаторов.
4. В чём отличие магнитных разрядников и ограничителей перенапряжения.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №4**

1. Почему увеличением механической нагрузки на вал асинхронного двигателя возрастает потребляемая из сети двигателем мощность.Что такое группа соединения обмоток трансформаторов.
2. Какие различия в конструкции и принципе работы горизонтально-поворотных разъединителей и разъединителей пантографного типа. На какие классы напряжения они применяются.
3. Обслуживание реакторов.
4. Где применяются трубчатые разрядники и опишите принцип их действия.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №5**

1. Какие ЭДС наводят в обмотке статора явнополюсного синхронного генератора магнитные потоки реакции якоря и каким индуктивным сопротивлениям эти ЭДС эквивалентны. Опишите принцип действия асинхронной машины.
2. Опишите назначение линейной изоляции на подстанции и её виды. Какая мощность протекает по системе шин транзитной подстанции, по отношению к максимальной мощности потребления, потребителями данной подстанции.
3. Требования к обслуживанию синхронных компенсаторов.
4. Для чего на подстанции устанавливаются разрядники или ОПН, и где именно они устанавливаются.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №6**

1. Какие условия необходимо соблюдать при включении трансформаторов на параллельную работу. Какие виды потерь имеют место в асинхронном двигателе. Какова причина собственных колебаний в синхронном генераторе.
2. Что такое измерительные трансформаторы, где они применяются, для чего и каков их принцип действия. Укажите некоторые обозначения измерительных трансформаторов и распишите буквы в аббревиатуре обозначений.
3. Обслуживание асинхронных двигателей.
4. Опишите устройство тросовых молниеотводов на линиях разного напряжения и изобразите защитную зону тросового молниеотвода и защитный угол.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №7**

1. Объясните процесс пуска синхронного двигателя. Перечислите способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей. Что такое фазировка трансформатора и как она выполняется.
2. Что такое предохранители, где они применяются и как устанавливаются. Опишите принцип их действия.
3. Обслуживание вращающихся машин.
4. Что такое молниезащита и для чего она нужна на подстанциях и в электроустановках. Как она выполняется.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №8**

1. Что такое РПН и ПБВ, опишите принцип их работы и назначение. В чём сходство и в чём различие между асинхронным двигателем и трансформатором. Объясните устройство синхронного двигателя серии СДН 2.
2. Что такое заградитель, где устанавливается, для чего и объясните принцип его работы.
3. Обслуживание комплектных распределительныхустройств.
4. Что такое РВМГ, РВС, ОПН, РТФ. Опишите принцип их работы.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №9**

1. Перечислите обозначения синхронных генераторов и распишите каждую букву и каждую цифру в данных обозначения (минимум три примера) . Распишите расшифровку букв и цифр, а так же единицы измерения величин: АТДЦТН-63000/330/110. ТДЦТ-80/220/110. АОЦТН-127/330/110.
2. Для чего применяется заземление электрооборудования и место его исполнения на подстанциях. Что такое заземляющая сетка в электроустановках.
3. Обслуживание асинхронных двигателей.
4. Опишите конструкцию молниеотводов и укажите допустимые расстояния между молниеотводом и защищаемым объектом.
5. Задача №1
6. Задача №2
7. Задача №3

**Вариант №10**

1. Какие условия необходимо соблюдать при включении трансформаторов на параллельную работу. Какие виды потерь имеют место в асинхронном двигателе. Какова причина собственных колебаний в синхронном генератореДля чего применяется заземление электрооборудования и место его исполнения на подстанциях. Что такое заземляющая сетка в электроустановках.
2. Что такое измерительные трансформаторы, где они применяются, для чего и каков их принцип действия. Укажите некоторые обозначения измерительных трансформаторов и распишите буквы в аббревиатуре обозначений.
3. Опишите конструкцию молниеотводов и укажите допустимые расстояния между молниеотводом и защищаемым объектом.
4. Задача №1
5. Задача №2
6. Задача №3

**Задача №1.**

Однофазный трансформатор мощностью **Sном** включен в сеть с частотой тока - . Номинальные первичное и вторичное напряжения**-U2номU1ном**.

Действующее значение напряжения, приходящееся на один виток **Uвит**.

Максимальное значение магнитной индукции -**Вmax**

Плотность тока в обмоточных проводах первичной и вторичной обмоток -**∆**

**Определить:**

- число витков в обмотках - и .,

- площадь поперечного сечения стержня магнитопровода - **Qст**,

**-**поперечное сечение обмоточных проводов первичной и вторичной обмотоки,

Таблица 1 – Исходные данные задачи

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **варианта** | **U2ном** | **U1ном** | **Sном** |  | **Uвит** | **∆** | **Вmax** |
| **1** | 6 | 0,4 | 630 | 50 | 5 | 4,0 | 1,3 |
| **2** | 10 | 0,4 | 1000 | 50 | 6 | 5,1 | 1,2 |
| **3** | 35 | 10 | 63000 | 50 | 4 | 3,6 | 1,8 |
| **4** | 110 | 10 | 40000 | 50 | 9 | 4,8 | 1,7 |
| **5** | 6,6 | 6,6 | 1000 | 50 | 7 | 5,2 | 1,6 |
| **6** | 10 | 0,4 | 400 | 50 | 8 | 4,7 | 1,4 |
| **7** | 110 | 10 | 6300 | 50 | 5,6 | 6,1 | 1,36 |
| **8** | 35 | 10 | 63000 | 50 | 8,4 | 6,8 | 1,78 |
| **9** | 10 | 0,6 | 630 | 50 | 3 | 5,4 | 1,23 |
| **10** | 6 | 0,4 | 1000 | 50 | 3 | 6,1 | 1,23 |

**Методические рекомендации по решению задачи №1.**

Действующее значение ЭДС первичной обмотки трансформатора

Уравнение напряжения для первичной обмотки трансформатора

ЭДС первичной обмотки трансформатора, наведённая основным магнитным потоком Фmax, представляет собой ЭДС самоиндукции и поэтому находится в противофазе с подведённым к первичной обмотке напряжением U1 ном. ., поэтому имеет знак минус. В силу малого значения индуктивного () и активного () падений напряжений, можно с некоторым приближением считать, **что ЭДС**

**( уравновешивается первичным напряжением ()** обмотки трансформатора.

Напряжение витка обмотки (**Uвит**) трансформатора

Номинальная мощность трансформатора

Плотность тока в проводахпервичной обмотки трансформатора

Поперечное сечение стержня магнитопровода трансформатора

где:

коэффициент заполнения шихтованного стержня сталью = 0,93.

**Задача №2.**

По данным нагрузок потребителей и их количества подстанции на каждом классе напряжения**,** необходимо рассчитать расчётную мощность силовых трансформаторов (Sрасч.ном.тр), устанавливаемых на подстанции. И затем выбрать мощность трансформаторов подстанции(Sном.тр ) по справочнику.

**Начертить структурную схему по своему варианту** с обозначением марки трансформаторов, согласно **Приложения 9** и соответствующим количеством потребителей с обозначением класса напряжения и мощности каждого.



Рисунок 2 - Структурная схема электроустановки

Таблица 2 – Исходные данные задачи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар. |  |  | nСН |  |  | nНН | nВН |  |  |  |
| 1 | 30 | 0,99 | 2 | 8 | 0,78 | 4 | 2 | 220 | 110 | 10 |
| 2 | 40 | 0,77 | 2 | 10 | 0,9 | 3 | 3 | 330 | 220 | 10 |
| 3 | 55 | 0,88 | 2 | 9 | 0,85 | 4 | 3 | 330 | 110 | 10 |
| 4 | 61 | 0,75 | 2 | 11 | 0,88 | 6 | 4 | 500 | 220 | 10 |
| 5 | 90 | 0,95 | 2 | 14 | 0,79 | 5 | 2 | 220 | 110 | 10 |
| 6 | 46 | 0,73 | 2 | 7 | 1,77 | 4 | 4 | 500 | 220 | 10 |
| 7 | 75 | 0,98 | 2 | 8,5 | 0,91 | 3 | 3 | 330 | 110 | 10 |
| 8 | 89 | 0,88 | 2 | 9,2 | 0,86 | 5 | 2 | 220 | 110 | 10 |
| 9 | 50 | 0,76 | 2 | 7,8 | 0,75 | 6 | 2 | 110 | 35 | 10 |
| 10 | 46 | 0,76 | 2 | 8,3 | 0,7 | 3 | 2 | 110 | 35 | 10 |

**Методические рекомендации по решению задачи №2.**

Для электроснабжения потребителей первой или второй категории, как правило, устанавливают два трансформатора. Поскольку проектируемая подстанция предназначена для электроснабжения потребителей по сетям двух напряжений, следует предусматривать установку трёхобмоточных трансформаторов или автотрансформаторов. Трансформаторы подстанции выбирают с учётом регулирования напряжения под нагрузкой - РПН.

По структурной схеме определяют общую мощность подстанции:

Общая мощность эл. установки определяется по формуле:

= +

Где мощность каждого РУ определяют по формулам.

Активная мощность РУ:

= nСНРСН

Полная мощность РУ:

=;.

где:

-коэффициент мощности для РУ среднего напряжения,

PСH– активная расчетная мощность нагрузок РУ среднего напряжения

nСН– количество потребителей РУ среднего напряжения.

Остальные распределительные устройства каждого напряжения определяются так же.

Условие выбора расчётной мощности трансформатора на двухтрансформаторной подстанции: ;

Sрасч.ном.тр= 0,7

По данному условию, с учетом номинальных напряжений (ВН/СН/НН) из **[Приложения 2]**выбираем ближайшее стандартное значение мощности трансформатора по условию

Sном.тр ≥Sрасч.ном.тр

Данные выбранного трансформатора сводим в таблицу

Таблица 2.1 - Характеристики трансформатора

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | UНОМ. кВ  (Uср.) | | | Sном,  МВА | ∆Рх.х  кВт | Uк.з, % | | |
| ВН | СН | НН | В-С | В-Н | С-Н |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Проверим загрузку трансформатора по ПУЭ

Условие нормальной и экономичной работы трансформатора в нормальном режиме:

Кз.нр =

где:

количество силовых трансформаторов установленных на подстанции

(как правило 2)

Коэффициент загрузки в аварийном режиме по ПУЭ не должен превышать технически допустимого значения:

Кз.нр =

**Задача №3.**

Рассчитать молниезащиту подстанции напряжением - /  **,**имеющая схему главных электрических соединений – (по варианту), с количеством потребителей на каждом классе напряжения Nвни Nнн.

**Рисунок 3.1** и **Рисунок 3.3,** согласно ваших расчётов **перечертить в контрольную работу**.

Таблица 3 – Исходные данные задачи

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | **Приложение 1** |  | NВН линий |  | NВН линий |
| 1 | Две системы шин | 220 | 2 | 10 | 5 |
| 2 | Две системы шин с обходной | 330 | 4 | 10 | 6 |
| 3 | Одна секционированная система шин | 110 | 2 | 10 | 4 |
| 4 | Две системы шин | 220 | 4 | 10 | 3 |
| 5 | Две системы шин с обходной | 110 | 4 | 10 | 5 |
| 6 | Одна секционированная система шин | 110 | 2 | 10 | 4 |
| 7 | Две системы шин | 220 | 4 | 10 | 6 |
| 8 | Две системы шин с обходной | 330 | 3 | 10 | 3 |
| 9 | Одна секционированная система шин | 110 | 2 | 10 | 4 |
| 10 | Две системы шин | 220 | 3 | 10 | 3 |

**Методические рекомендации по решению задачи №3.**

Расчёт молниезащиты (в рамках учебного процесса) производится только одногоиз открытых распределительных устройств ( ОРУ) подстанции или всей территорииесли подстанция небольшая. МолниезащитаКРУН и ЗРУ не рассчитываются.

Методик расчёта грозозащиты много, все они предложены в различных электротехнических справочниках, если вы нашли одну из таких методик и вам она понятна и понравилась, вы можете использовать её, но обязательно указать источник, откуда была взята ваша методика. В данных методических указаниях взята методика из источника .

Рисунок, по которому производится расчёт, представлен ниже. На нём указаны необходимые высоты защищаемых объектов подстанции..



Рисунок 3.1 - Разрез двух молниеотводов для схемы РУ –“Две системы шин ”. (В качестве примера.)

где:

- высота самого высокого объекта на ОРУ, это линейные порталы или линия подвеса ошиновки , от которой выполнены спуски к разъединителям РУ.

- высота молниезащитного устройства, до железного проводника молниеотвода

– высота зоны перекрытия двух молниеотводов.

- высота самого стержневого молниеотвода вместе с порталом.

- расстояние (L1 , L2) между молниеотводами по ширине ( *расстояние между порталами перекидок на ОРУ по длине ячейки подстанции.*) и длине

( *расстояние равное одно -двум шагам ячейки по ширине модели прямоугольника* ) ячеек ОРУ соответственно.

Молниеотводы устанавливаются на линейных порталах распределительного устройства подстанции через определённое число ячеек с определённым шагом данных ячеек.Число ячеек выбирает сам студент как правило это больше 2 и меньше 4, это определяет один из размеров прямоугольника. Другой размер прямоугольника, определяется длиной ячейки в зависимости от вида схемыэлектрических соединений РУ. Так получается прямоугольник, представленный на Рисунке 3.3.

Зона защиты всех установленных молниеотводов на подстанции, создаёт так называемую защитную сетку, покрывающую всё оборудование под собой. Но поверхность данной сетки не ровная, она проваливается в низ между парными молниеотводами, поэтому цель данного раздела и рассчитать не только высоту молниеотводов, но и высоту провала, чтобы это провал не был ниже чем самое высокое оборудование подстанции. Как правило, самое высокое оборудование это линии подвеса линейных шин или так называемые линейные порталы.

Линейные порталы устанавливаются, как правило, у забора подстанции со стороны отходящих или приходящих на подстанцию линий. И так, шаг ячейки - это ширина ячейки электрической схемы в зависимости от класса напряжения. Длина ячейки электрической схемы РУ определяется видом схемы главных электрических соединений распредустройства подстанции по.

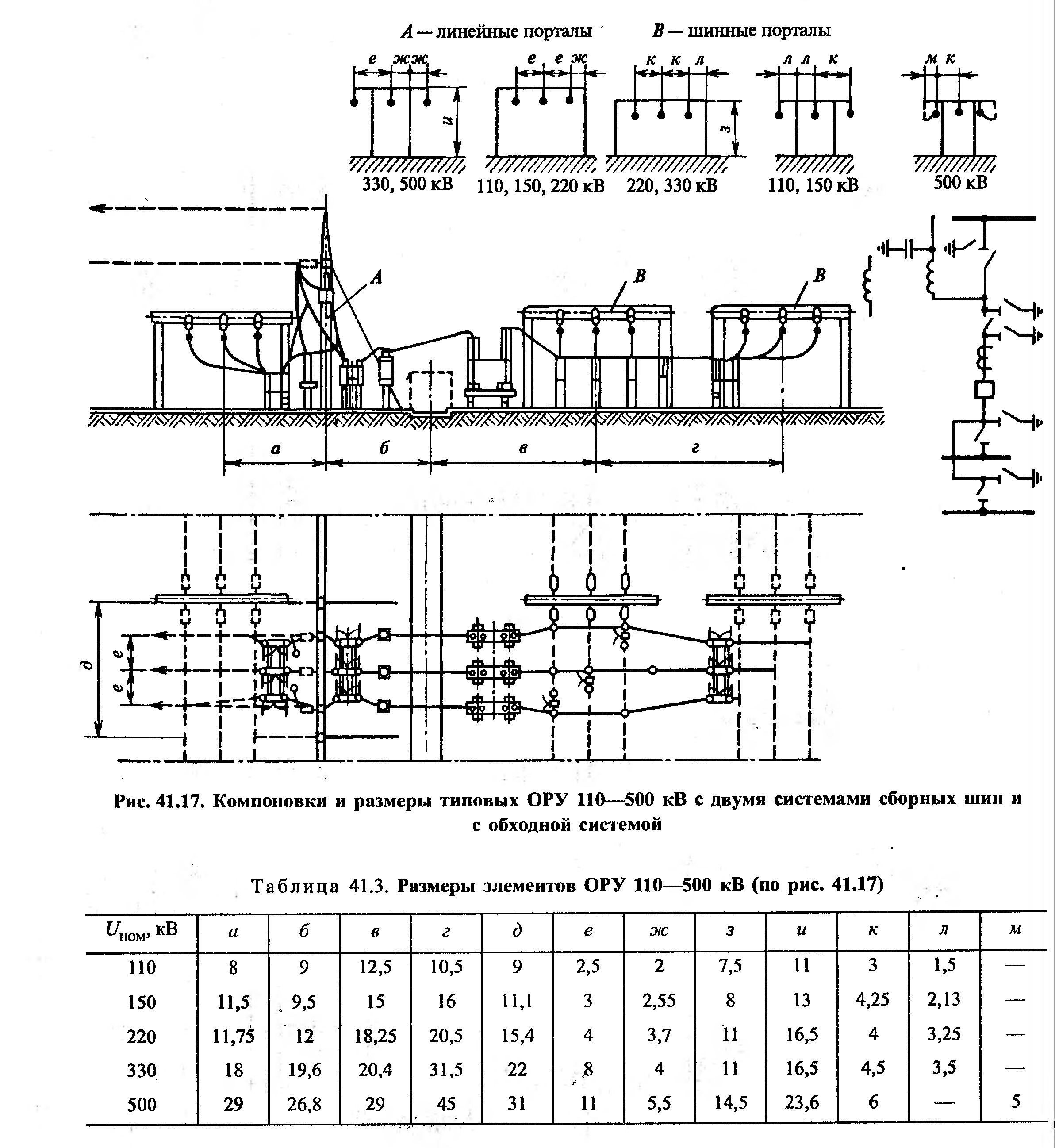


Рисунок 3.2 - Для определения шага ячейки, (в таблице это буква- и длины ячейки ( в таблице это сумма букв а, б, в,,г). На рисунке 41.17 изображена ячейка линии с выключателем и видом схемы – две системы шин с обходной системой шин.

Для определения высоты молниеотвода применим формулу четырёх

молниеотводов:

где:

это диагональ предполагаемого четырёхугольника, образованного четырьмя молниеотводам, установленными на линейных порталах согласно, шага ячейки, длины ячейки и вида схемы ОРУ.

Найдём диагональ четырёхугольника

**=**



Рисунок 3.3 - План защитных зон четырёх молниеотводов, установленных на линейных порталах подстанции.

где:

Д – диагональ прямоугольника.

радиус защиты молниеотвода по земле и с торцевых сторон зоны защиты молниеотвода на высотах и .

радиус защиты по боковым линиям зоны защиты парных молниеотводов на высоте .

радиус защиты по земле с боковых сторон зоны защиты парных молниеотводов .

- расстояние (L1 , L2) между молниеотводами по ширине ( *расстояние между порталами перекидок на ОРУ по длине ячейки подстанции.*) и длине

( *расстояние равное одно -двум шагам ячейки по ширине модели прямоугольника* ) ячеек ОРУ соответственно.

**Высота молниеотвода:**

**=**



Рисунок 3.4 – Поясняющий рисунок определённые параметры зон молниеотводов.

– не рассчитывать).

1. **Расчёт защитной зоны перекрытия по стороне “ ”.**

**Для** 5 в противном случае молниеотводы рассматриваются как одиночные и для рассмотрения их как пары, необходимо уменьшить между ними расстояние.

* 1. **Если данное расстояние 1,5 , значит формулы расчётов:**

1,5 ).

= 0,92

При этом должно выполняться условие:

Если условие выполняется то провалов в защитной зоне нет, всё оборудование защищено.

Если условие не выполняется следовательно, необходимо увеличить высоту молниеотвода на 2-5 метров, если это не помогло значит нужно уменьшить расстояния между ними.

* 1. **Если данное расстояние 1,5 , значит формулы расчётов:**

1. **Расчёт защитной зоны перекрытия по стороне “ ”. ”.**

**Для** 5 в противном случае молниеотводы рассматриваются как одиночные и для рассмотрения их как пары, необходимо уменьшить между ними расстояние.

* 1. **Если данное расстояние 1,5 , значит формулы расчётов:**

1,5 ).

= 0,92

При этом должно выполняться условие:

Если условие выполняется то провалов в защитной зоне нет, всё оборудование защищено. Если условие не выполняется следовательно, необходимо увеличить высоту молниеотвода на 2-5 метров, если это не помогло значит нужно уменьшить расстояния между ними.

* 1. **Если данное расстояние 1,5 , значит формулы расчётов:**

1. **ПРИЛОЖЕНИЯ:**

Приложение 1. Вид главных схем электрических соединений подстанций.

Приложение 2. Силовые трансформаторы, технические характеристики

**Приложение1**

**Данные схемы(Рисунок 9.1)** применяются на напряжение 35-110 кВ в электроустановки с количеством потребителей до 4 шт. На данной схеме изображены обязательные присоединения и нет потребителей.



Рисунок 9.1 – Схема на 35 кВ. “Одна рабочая секционированная система шин”.

**Данные схемы (Рисунок 9.2** )применяются на напряжения 6 , 10 кВ. На данной схеме изображена электрическая схема КРУН-10кВ с выкатными ячейками, с обязательными присоединениями и с двумя линиями потребителей 10 кВ.

Рисунок 9.2 – Схема на 6 , 10кВ. “Одна рабочая секционированная система шин”. КРУН-10 кВ с двумя потребителями.

**Данные схемы (Рисунок 9.3)**применяются на напряжения 110 – 330 кВ с количеством потребителей от 5 до 10шт на подстанциях небольшой мощности. На данной схеме изображены обязательные присоединения и пять потребителей.



Рисунок 9.3 – Схема 110 -330кВ. “Две рабочие системы шин”.

**Данные схемы (Рисунок 9.4)** применяются на напряжения 110 – 500 кВ с количеством потребителей от 5 до 10 шт. На данной схеме изображены обязательные присоединения и шесть потребителей.



Рисунок 9.4 – Схема 110 -500кВ. “Две рабочие системы шин с обходной”.

**Приложение 2**

**Таблица П.1.1. Трансформаторы с высшим напряжением 110 кВ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Sном, МВА | Напряжение обмотки, кВ | | | Потери, кВт | | Uк,% | | | Iх, % | Габариты, м | | | Цена, тыс. руб. |
| ВН | СН | НН | Pх | Pк | ВН-СН | ВН-НН | СН-НН | длина | шири-на | высота |
| ТДТН- | 10 | 115 | 38,5 | 6,6 | 17 | 76 | 10,5 | 17,5 | 6,5 | 1 | 6,4 | 3,7 | 5,5 | 51 |
| 10000/110 |  |  | 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ТДТН- | 16 | 115 | 38,5 | 6,6 | 21 | 100 | 10,5 | 17,5 | 6,5 | 0,8 | 6,4 | 4,4 | 5,2 | 62 |
| 16000/110 |  |  |  | 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ТДТН-25000/110 | 25 | 115 | 38,5 | 6,6  11 | 28,5 | 140 | 10,5 | 17,5 | 6,5 | 0,7 | 6,6 | 4,8 | 6 | 72,3 |
| ТДТН-40000/110 | 40 | 115 | 38,5 | 6,6  11 | 39 | 200 | 10,5 | 17,5 | 6,5 | 0,6 | 6,8 | 4,8 | 6,4 | 94,4 |
| ТДТН-63000/110 | 63 | 115 | 38,5 | 6,6  11 | 53 | 290 | 10,5 | 18 | 7 | 0,55 | 7,2 | 5,3 | 6,7 | 126 |
| ТДТН(ТДЦТН)- 80000/110 | 80 | 115 | 38,5 | 6,6 | 64 | 365 | 11 | 18,5 | 7 | 0,5 | 8,5 | 4,9 | 7,1 | 137 |

Примечания:

1. Для трансформаторов с расщепленной обмоткой в графе Uксн-ннданы Uк нн1-нн2. Для этих трансформаторов

Uквн-нн и Uк нн1-нн2 отнесены к номинальной мощности трансформатора.

2. Для трехобмоточных трансформаторов Pк указаны на основном ответвлении для основной пары обмоток ВН-СН.

**Таблица П.1.2.Трансформаторы и автотрансформаторы с высшим напряжением 220-500 кВ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип трансформатора** | Sном, МВА | Напряжение обмотки, кВ | | | Потери, кВт | | | |
| ВН | СН | НН | Px | Pк | | |
| ВН-СН | ВН-НН | СН-НН |
| **Высшее напряжение 220 кВ** | | |  |  |  |  |  |  |
| ТДТН-25000/220 | 25 | 230 | 38,5 | 6,6; 11 | 45 | 130 | ..... | ..... |
| ТДТН-40000/220 | 40 | 230 | 38,5 | 6,6; 11 | 54 | 220 | ..... | ..... |
| ТДТН-40000/220-82У1 | 40 | 230 | 38,5 | 6,6; 11 | 48/55 | 220 | ..... | ..... |
| ТДТН-63000/220 | 63 | 230 | 38,5 | 6,6; 11 |  | ….. | ..... | ..... |
| ТДЦТН-63000/220-74Т1 | 63 | 230 | 36,3 | 6,6 | 74 | 320 | ..... | ..... |
| АТДЦТН-63000/220/110 | 63 | 230 | 121 | 6,6; 11; 38,5 | 37 | 200 | ..... | ..... |
| АТДЦТН-125000/220/110 | 125 | 230 | 121 | 6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5 | 65 | 315 | ..... | ..... |
| **Высшее напряжение 220 кВ** | | |  |  |  |  |  |  |
| АТДЦТН-200000/220/110 | 200 | 230 | 121 | 6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5 | 105 | 430 | ..... | ..... |
| АТДЦТН-250000/220/110 | 250 | 230 | 121 | 10,5; 11 38,5 | 120 | 500 | ..... | ..... |
| АТДЦТН-250000/220/110-75У1 | 250 | 230 | 121 | 11; 13,8; 15,75; 38,5 | 145 | 520 | ..... | ..... |
| **Высшее напряжение 330 кВ** | | |  |  |  |  |  |  |
| АТДЦТН-125000/330/110 | 125 | 330 | 115 | 6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5 | 100 | 345 | ..... | ..... |
| АТДЦТН-200000/330/110 | 200 | 330 | 115 | 6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5 | 155 | 560 | ..... | ..... |
| АТДЦТН-250000/330/150 | 250 | 330 | 115 | 10,5; 38,5 | 160 | 620 | ..... | ..... |
| АТДЦН-400000/330/150 | 400 | 330 | 158 | 10,5; 38,5 | 180 | 720 | ..... | ..... |
| АОДЦТН-133000/330/220 | 133 |  |  | 10,5; 38,5 | 50 | 250 | ..... | ..... |

**Продолжение табл. П.1.2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип трансформатора** | Sном, МВА | | Напряжение обмотки, кВ | | | Потери, кВт | | | |
| ВН | СН | НН | Px | Pк | | |
| ВН-СН | ВН-НН | СН-НН |
| **Высшее напряжение 500 кВ** | | | |  |  |  |  |  |  |
| АОРЦТ-135000/500/220-78У1\* | | 135 |  |  | 13,8-13,8 18-18 | 120 | 320 | ..... | ..... |
| АОРДЦТ-135000/500/220-78У1\* | | 135 |  |  | 13,8-13,8 18-18 | 150 | 360 | ..... | ..... |
| АТДЦТН-250000/500/110 | | 250 | 500 | 121 | 10,5; 38,5 | 200 | 690 | ..... | ..... |
| АТДЦН-500000/500/220 | | 500 | 500 | ..... | 230 | 220 | 1050 | ..... | ..... |
| АОДЦТН-167/500/330-76У1 | | 167 |  |  | 10,5; 38,5 | 61 | 300 | ..... | ..... |
| АОДЦТН-167000/500/220 | | 167 |  |  | 10,5; 11; 38,5; 13,8; 15,75; 20 | 90 | 315 | ..... | ..... |
| АОДЦТН-267000/500/220 | | 267 |  |  | 10,5; 13,8; 38,5; 15,75; 20 | 125 | 470 | ..... | ..... |

\* - Для автотрансформаторов с расщепленной обмоткой Uк нн1-нн2 = 50 %.

Примечания:

1. Для трансформаторов с расщепленной обмоткой в графе Uксн-ннданыUк нн1-нн2. Для этих трансформаторов Uквн-нн и Uк нн1-нн2 отнесены к номинальной мощности трансформатора.

2. Потери короткого замыкания и напряжения короткого замыкания для трехобмоточных трансформаторов указаны для основных ответвлений обмоток ВН-СН.

3. В графе «потери» для трансформатора ТДТН-40000/220-81У1 указаны потери Рх в зависимости от материала магнитопровода (А/Б).

**Продолжение табл. П.1.2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Uк,% | | | Ix, % | Sнн,  МВА | Габариты, м | | | Цена, тыс. руб. |
| ВН-СН | ВН-НН | СН-НН | длина | ширина | высота |
| **Высшее напряжение 220 кВ** | | |  |  |  |  |  |  |  |
| ТДТН-25000/220 | 15 | 20 | 6,5 | 0,9 | ..... | 9,6 | 5,15 | 8,05 | 114,6 |
| ТДТН-40000/220 | 11 | 22 | 9,5 | 0,55 | ..... | 9 | 5,35 | 7,35 | 130 |
| ТДТН-40000/220-81У1 | 11 | 12,5 | 9,5 | 0,5 | ..... | 8,88 | 5,215 | 7,2 | ..... |
| ТДТН-63000/220 | 11 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ТДЦТН-63000/220-74Т1 | ..... | 28,8 | 12,6 | 0,5 | ..... | 8,95 | 5,27 | 7,48 | ..... |
| АТДЦТН-63000/220/110 | 11 | 35 | 22 | 0,45 | 32 | 9,75 | 5,25 | 7,3 | 159 |
| АТДЦТН-125000/220/110 | ..... | 45 | 28 | 0,4 | 63 | 11,3 | 5,15 | 7,15 | 195 |
| АТДЦТН-200000/220/110 | 11 | 32 | 20 | 0,45 | 80; 100 | 12 | 5,3 | 7,8 | 270 |
| АТДЦТН-25000/220/110 | 11 | 32 | 20 | 0,4 | 125; 100 | 12,7 | 4,65 | 8,35 | 324 |
| АТДЦТН-250000/220/110-75У1 | 11 | 32 | 20 | 0,5 | 125; 100 | 14 | 7,76 | 8,34 | 324 |
| **Высшее напряжение 330 кВ** | | |  |  |  |  |  |  |  |
| АТДЦТН-125000/330/110 | 10 | 35 | 24 | 0,45 | 63 | 12,15 | 5,6 | 9,25 | 238,5 |
| АТДЦТН-200000/330/110 | 10,5 | 38 | 25 | 0,45 | 80 | 14 | 6 | 9,5 | 291 |
| АТДЦТН-250000/330/150 | 10,5 | 54 | 42 | 0,45 | 100 | 13,4 | 5,7 | 9,45 | ..... |
| АТДЦТН-400000/330/150 | ..... | 11 | ..... | 0,25 | 400 | 12,85 | 7,05 | 9,35 | ..... |
| АОДЦТН-133000/330/220 | 9 | 60 | 48 | 0,2 | 33 | 9,9 | 5,4 | 9 | ..... |

**Окончание табл. П.1.2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Uк,% | | | Ix, % | Sнн,  МВА | Габариты, м | | | Цена, тыс. руб. |
| ВН-СН | ВН-НН | СН-НН | длина | ширина | высота |
| **Высшее напряжение 500 кВ** | | |  |  |  | |  |  |  |
| АОРЦТ-135000/500/220-78У1\* | 9,5 | 31 | 20 | 0,5 | 90 | 10,2 | 4,1 | 9,28 | ..... |
| 9,5 | 31 | 20 | 0,5 | 80 | 10,2 | 4,1 | 9,28 | ..... |
| АОРДЦТ-135000/500/220-78У1\* | 9,5 | 31 | 20 | 0,5 | 90 | 10,2 | 5,26 | 9,28 | ..... |
| 9,5 | 31 | 20 | 0,5 | 80 | 10,2 | 5,26 | 9,28 | ..... |
| АТДЦТН-250000/500/110 | 13 | 33 | 18,5 | 0,4 | 100 | 12,95 | 6,35 | 9,85 | 375,5 |
| АТДЦН-500000/500/220 | ..... | 12 | ..... | 0,3 | 500 | 14,65 | 6,25 | 9,95 | ..... |
| АОДЦТН-167000/500/330-76У1 | 9,5 | 67 | 61 | 0,2 | 33 | 10,05 | 5,65 | 10,05 | 202 |
| АОДЦТН-167000/500/220 | 11 | 35 | 21,5 | 0,25 | 50 | 8,8 | 5,35 | 9,8 | 206 |
| 11 | 35 | 21,5 | 0,25 | 67 | 8,8 | 5,35 | 9,8 | 206 |
| 11 | 35 | 21,5 | 0,25 | 83 | 8,8 | 5,35 | 9,8 | 206 |
| АОДЦТН-267000/500/220 | 11,5 | 37 | 23 | 0,25 | 67 | 10,5 | 4,95 | 9,85 | 292 |
| 11,5 | 37 | 23 | 0,25 | 83 | 10,5 | 4,95 | 9,85 | 292 |
| АОДЦТН-267000/500/220 | 11,5 | 37 | 23 | 0,25 | 120 | 10,05 | 4,95 | 9,85 | 292 |

\* - Для автотрансформаторов с расщепленной обмоткой Uк нн1-нн2 = 50 %.

1. **Список рекомендуемой литературы**
   1. ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам.
   2. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики: учебник / Г.Ф. Быстрицкий. – 3-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2012. – 352с.ISBN 978-5-16-002223-9.
   3. Кацман М.М. Электрические машины: учебник для студ. оброзоват. учр. сред. проф. образования / - 7-е изд., стер.-М.:Издательский центр «Академия», 2007. -496с.ISBN 978-5-7695-4005-9
   4. Корнеева Л.К. Электрооборудование электрических сетей и подстанций (Практикум для студентов сред.проф. образования) – М.: Издательский центр «Академия», 2006, 124с..ISBN 5-93901-002-4.
   5. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для сред. Проф. Образования/ Л.Д. Рожкова, Л.К.Корнеева, - М.: Издательский центр «Академия», 2004, -448с..ISBN 5-7695-2328-Х.
   6. Рожкова Л.Д. , Козулин В.С. Электрооборудование электрических сетей и подстанций. Учебник для техникумов. – 3-е изд. Перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987, -648с.
   7. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и ceтей промышленных предприятий: Учеб.для нач. проф. образования: Учеб.пособие для сред. проф. образования / Ю.Д.Сибикин, М.Ю.Сибикин. ¬ М.: Издательский центр «Академия», 2004, - 432 с. .ISBN 5-94231-010-6.
   8. Электронный справочник: В 4 т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы/ Под общ.ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.,: Издательство МЭИ, 1995. – 440 с.: ил. ISBN 5-7046-0099-9, ISBN 5-7046-0100-6. (Т.1).
   9. Электронный справочник: В4 т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ.ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 9-е изд., испр. и доп. – М.,: Издательство МЭИ, 2003. – 518 с.: ил. ISBN 5-7046-0986-4, ISBN 5-7046-0984-8. (Т.2).
   10. Электронный справочник: В 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ.ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.,: Издательство МЭИ, 2002. – 964с.: ил. ISBN 5-7046-0099-9, ISBN 5-7046-0750-0. (Т.3).
   11. Электронный справочник: В 4 т. Т.4. Использование электрической энергии / Под общ.ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.,: Издательство МЭИ, 2002. – 696 с.: ил. ISBN 5-7046-0099-9, ISBN 5-7046-0751-9. (Т.4).
   12. <http://belenergo.pro/>. Профессиональный сайт ООО Научно-производственное обьединение . Завод энергооборудования. : - режим доступа.
   13. <http://lib.rosenergoservis.ru/>. Электронная библиотека по энергетике. Росэнергосервис. : - режим доступа.
   14. <http://leg.co.ua/>. Электронный каталог по электрооборудованию. Электрические сети. : - режим доступа.