

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»**

МДК.01.04 Электроснабжение отрасли

**Методические указания и контрольные задания для студентов
заочной формы обучения
по специальности 13.02.11
«Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования (по отраслям)»**

**Богданович
2022**

Методические указания составлены для студентов заочной формы обучения для специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»

Методические указания содержат описание теоретических вопросов, лабораторных, практических и самостоятельных работ, вопросов для подготовки к экзамену, а также указания по выполнению контрольных работ.

Составитель:

Кудряшова Т.А., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум».

Рассмотрено методическим советом ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Протокол № от «____»_____2022 г.

Председатель _____/Е.В. Снежкова/

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
1 Общие методические указания	6
2 Структура и содержание учебного курса	8
3 Методические указания к контрольной работе	22
ПРИЛОЖЕНИЕ А Индивидуальные задания для контрольной работы	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)	30
ПРИЛОЖЕНИЕ В Список рекомендуемых источников информации	38

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебный курс МДК.01.04 Электроснабжение отрасли профессионального модуля ПМ.01 Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования является частью профессионального цикла основной профессиональной образовательной программы по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)».

Одним из основных учебных курсов, формирующих знания по специальности 13.02.11, является «Электроснабжение отрасли». Программа данного курса предусматривает изучение понятий о системах электроснабжения; назначения и типов электрических станций и режимов их работы; внешнего и внутреннего электроснабжения потребителей напряжением до и выше 1000 В; классификации электроприемников по требуемой степени бесперебойности электроснабжения и режимам работы; устройства и конструктивного исполнения элементов систем электроснабжения; расчета электрических нагрузок; выбора элементов схем электроснабжения и защиты; компенсации реактивной мощности; релейной защиты; заземляющих устройств; защиты от перенапряжений

Преподавание МДК.01.04 Электроснабжение отрасли имеет практическую направленность и проводится в тесной взаимосвязи с другими общепрофессиональными дисциплинами и профессиональными модулями: «Материаловедение», «Информационные технологии в профессиональной деятельности», «Охрана труда», «Безопасность жизнедеятельности», «Основы энергосбережения», ПМ.02 «Выполнение сервисного обслуживания бытовых машин и приборов», ПМ.04 «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих».

Изучение учебного курса Электроснабжение отрасли предполагает подготовку будущих специалистов для работы на предприятиях региона. Кроме того, знания, полученные по курсу, позволяют расширить знания по другим смежным дисциплинам.

Изучение учебного курса предусматривает самостоятельную подготовку студентов с целью овладения теоретическими знаниями и практическими навыками.

Программой предусмотрено выполнение контрольной работы (приложение А), практических заданий, защита курсового проекта, а также сдача дифференциального зачета. К зачету допускаются студенты, получившие «зачет» по контрольной и практическим работам и успешно защитившие курсовой проект. Практические работы выполняются во время экзаменационных сессий под руководством преподавателя, а контрольная работа – в межсессионный период самостоятельно.

В результате изучения профессионального модуля студент должен освоить основной вид деятельности Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования и соответствующие ему общие компетенции и профессиональные компетенции:

1.1.1. Перечень общих компетенций

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам
ОК 02	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 04	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 06	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 08	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ОК 11	Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере

1.1.2. Перечень профессиональных компетенций

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций
ВД 1	Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования
ПК 1.1.	Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.2.	Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.3.	Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.5	Выполнять монтаж и пусконаладочные работы при монтаже электрического и электромеханического оборудования

1.1.3. В результате освоения МДК.01.04 Электроснабжение отрасли студент должен:

Иметь практический опыт	- выполнения работ по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования
уметь	- определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем; - оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования
знать	- устройство систем электроснабжения, выбор элементов схемы электро-снабжения и защиты; - физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации электрического и электромеханического оборудования; - действующую нормативно-техническую документацию по специальности;

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для студента-заочника основным методом изучения учебного курса является самостоятельная работа с источником информации. Учеба должна быть систематической и проводиться по индивидуальному плану, составленному самим заочником в соответствии с учебным графиком.

Нельзя ничего оставлять непонятным при изучении курса; если самому преодолеть затруднения не удастся, необходимо обратиться за консультацией к преподавателю. Серьезное внимание должно быть уделено вопросам для самопроверки, а так же методическим указаниям, помещенных в настоящем пособии.

Цель контрольной работы

Целью контрольной работы является развитие у студентов самостоятельного творческого мышления. Знание и понимание раздела МДК.01.04 Электроснабжение отрасли, умение применять свои знания на практике, а главное, самостоятельное творческое мышление студента наиболее полно выявляется при решении им специально подобранных задач. Поэтому для каждого студента умение решать задачи является одним из главных требований при изучении МДК.

К решению каждой задачи контрольной работы следует приступать только после изучения соответственного раздела теоретического курса в объеме учебной программы по одному из рекомендованных в ней источников информации.

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы.

1. Студенты специальности 13.02.11 выполняют одну домашнюю контрольную работу.

2. Номер варианта соответствует ПОРЯДКОВОМУ НОМЕРУ в журнале теоретического обучения.

3. Контрольная работа выполняется в отдельной ученической тетради или на формате А4, на обложке должны быть написаны: название контрольной работы, фамилия, имя, отчество рецензента и студента.

4. На каждой странице должны быть оставлены поля шириной не менее 3 см. для замечаний рецензента, а в конце 2-3 страницы для рецензии и работы над ошибками. При оформлении контрольной работы студент не должен пользоваться красными или зелеными чернилами, что затрудняет работу рецензента.

5. Приступая к решению задачи, студент должен изучить ее условие; уяснить, какие величины являются заданными и какие искомыми; записать условие задачи полностью без сокращений; вычертить электрическую схему, соответствующую условию задачи. Контрольное задание выполняется пастой синего (черного) цвета, графическая часть задания (схемы) – карандашом с применением чертежных инструментов. При выполнении схем необходимо пользоваться условными графическими обозначениями, установленными ГОСТами.

6. Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями.

7. Текст, формулы, числовые выкладки должны быть четкими без помарок. Цифровая подстановка в уравнении должна даваться один раз без промежуточных сокращений и расчетов. Численное значение каждого символа должно обязательно занимать то же место в формуле, что и сам символ. Все расчеты необходимо вести в

системе СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только возле окончательного результата и в скобки не заключаются, например, 120 В, 13 А, 100 Вт.

8. В конце контрольной работы необходима подпись автора и дата выполнения работы и список литературы, которым пользовался студент при выполнении домашней контрольной работы.

9. Если контрольное задание не зачтено, студент обязан исправить ошибки, указанные преподавателем, и представить его на повторную рецензию. При возникновении затруднений при выполнении контрольной работы, студент может обратиться в техникум, для получения консультации.

10. Контрольная работа, выполненная не в полном объеме, не по заданному варианту, небрежно, неразборчивым почерком возвращаются студенту без рецензии, с указанием причин возврата на титульном листе.

11. Студенты, не сдавшие на проверку до начала сессии соответствующих решенных контрольных заданий и не имеющих зачет по практическим работам к сдаче зачета не допускаются.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО КУРСА

2.1 Структура учебного курса

Наименование разделов и тем	Макс. нагрузка	Аудиторные занятия			Самост. работа
		Всего	в том числе		
			Лаборат. занятия	Практ. занятия	
Тема 1. Основные сведения о системах электроснабжения объектов	13	1			12
Тема 2 Конструктивное выполнение электрических сетей	13	1			12
Тема 3 Схемы электрических соединений	8	2			6
Тема 4 Конструктивное выполнение трансформаторных и распределительных подстанций	21	3		2	18
Тема 5 Потери мощности и энергии в электрических линиях и трансформаторах, компенсация реактивных мощностей	15	3		2	12
Тема 6 Электрические нагрузки промышленных электрических сетей	14	2			12
Тема 7 Короткие замыкания в системах электроснабжения	16	1			15
Тема 8 Качество электроэнергии в системах электроснабжения объектов	5				5
Тема 9. Релейная защита в системах электроснабжения промышленных предприятий	11	1			10
Тема 10. Заземляющие устройства и атмосферные перенапряжения в электрических установках	10				10
Курсовое проектирование	44	16		16	28
Консультация	2	2			
Дифференцированный зачет				2	
Итого:	174	34	-		140

Таблица 2 - Перечень практических занятий

№ темы	Темы практических работ	Кол-во часов
4	Определение местоположения подстанции	2
5	Определение потерь мощности и энергии в линиях и трансформаторах	2
	Итого	4

2.2 Содержание учебного курса

Тема 1. Основные сведения о системах электроснабжения объектов

Общее ознакомление с МДК. Краткое содержание и наименование разделов и тем тематического плана, последовательность их изложения и взаимосвязь.

Значение электрификации народного хозяйства. Работы отечественных ученых и инженеров по созданию электроснабжения.

Виды электрических станций: тепловые, атомные, гидравлические, гидроаккумулирующие, приливные, геотермальные и другие. Понятие об электрической и энергетической системах. Перспективы развития энергетики в России и за рубежом

Используемые типы генераторов на тепловых, атомных и гидравлических электростанциях: магнитогидравлические и криогенные генераторы; криогенные трансформаторы и кабели.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите названия электростанций по видам используемых в них энергоносителей.
2. Каковы технические и экономические преимущества сооружения ТЭЦ, ГЭС и АЭС?
3. Из каких элементов состоит энергосистема?
4. Что входит в состав электрической сети?
5. Что составляет основу ЕЭС России?
6. Какие преимущества дает объединение электрических сетей?
7. Из каких основных производственных звеньев состоит энергосистема?
8. Какие технико-экономические преимущества дает объединение электростанций в энергосистемы?
9. Каковы перспективы развития энергетики в России?

Тема 2 Конструктивное выполнение электрических сетей

Электрические линии напряжением до 1000 В для питания силовых нагрузок (от шин низшего напряжения подстанции до аппарата ввода на распределительном пункте).

Конструктивное выполнение линий напряжением до 1000 В.

Воздушные линии: провода, опоры, изоляторы; соединение проводов в пролете. Область применения на предприятиях отрасли.

Кабельные линии: марки кабелей, способы прокладки. Область применения на предприятиях отрасли.

Шинопроводы: классификация, марки, устройство, область применения.

Защита линий напряжением до 1000 В с помощью автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей. Типы аппаратов защиты, основные технические данные, устройство. Выбор уставок расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей.

Определение сечений проводников линий по допускаемой токовой нагрузке. Таблицы допускаемых токовых нагрузок на провода и кабели. Расчетное уравнение для выбора проводников по токовой нагрузке. Определение поправочных коэффициентов на фактическую температуру среды и число проводников, лежащих рядом.

Проверка выбранных сечений по условиям защиты; расчетное уравнение,

Проверка сечений по механической прочности и потере напряжения. Допустимая величина потери напряжения.

Выбор шинопроводов из цветного металла при питании одного и нескольких распределительных пунктов.

Понятие о сопротивлении петли «фаза-нуль» и методы его определения.

- Схемы распределения электрической энергии при напряжении выше 1000 В на предприятиях отрасли. Резервирование питания и «глубокие вводы» на территорию предприятия. Учет категории электроприемников при выборе схемы электроснабжения.

Конструктивное выполнение линий напряжением выше 1000 В. Величина напряжения.

Воздушные линии электропередачи: провода, опоры, изоляторы; соединение проводов в пролете. Область применения.

Кабельные линии: марки кабелей, способы прокладки. Соединение и оконцевание кабелей. Кабельные муфты и воронки. Область применения на предприятиях отрасли.

Определение сечений проводников линий по экономической плотности тока и механической прочности (для воздушных линий). Проверка сечений по допускаемой токовой нагрузке. Таблицы допускаемых токовых нагрузок на провода и кабели. Расчетное уравнение для проверки проводников по токовой нагрузке. Допускаемые токовые перегрузки в аварийных режимах работы линий.

Определение потери напряжения в трехфазных линиях с одной нагрузкой на конце и с несколькими нагрузками по длине. Допускаемые величины потери напряжения в воздушных и кабельных линиях в нормальном и аварийном режимах.

Особенности проверки разветвленных линий по потере напряжения.

Понятие о расчете линий с двухсторонним питанием.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое воздушная линия электропередачи?
2. Каковы конструктивные элементы линии?
3. Каково назначение линий разных напряжений?
4. Что такое стрела провеса провода или троса?
5. Какие типы опор вы знаете? Расскажите об их назначении.
6. Из каких материалов выполняются провода и грозозащитные тросы?
7. Каковы меры защиты проводов и тросов от вибрации?
8. Что такое «пляска» проводов и от чего она зависит?
9. Какие типы изоляторов вы знаете?
10. Для чего служит заземление опор и как оно выполняется?
11. Из каких материалов изготавливают токопроводящие жилы кабелей?
Охарактеризуйте эти материалы.
12. Из каких материалов изготавливают оболочки кабелей?
13. Каково назначение защитных покровов кабелей? Из каких материалов их изготавливают?
14. Как расшифровывается маркировка кабелей с бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией?
15. Перечислите преимущества и недостатки туннелей и каналов.
16. Каковы конструкция и назначение коллекторов?
17. Перечислите преимущества и недостатки блочной канализации.
18. Почему стали реже применять прокладку кабелей в траншеях?
19. Почему находит широкое распространение прокладка кабелей на эстакадах и в галереях?
20. Каково назначение сборных кабельных конструкций?
21. Перечислите типы аппаратов защиты
22. Как выбирают уставки расцепителей автоматических выключателей и плавкие вставки предохранителей?
23. Приведите классификацию кабельных муфт и заделок.
24. Какие факторы, определяют выбор сечения и марки проводов и кабелей?
25. Каким образом определяют фактически допустимую токовую нагрузку кабелей?
26. Как выбирается сечение жил кабелей напряжением выше 1 кВ?
27. Как выбирается сечение неизолированных проводов воздушных линий по

экономической плотности тока и механической прочности.

Тема 3 Схемы электрических соединений

Назначение и классификация подстанций. Общие сведения о схемах электрических подстанций и центральных пунктов напряжением 6-10 кВ и требования, предъявляемые к ним.

Общие рекомендации по выбору схем подстанций; блочные и без сборных шин на высоком напряжении, с разъединителями и предохранителями на первичном напряжении трансформаторов, схемы с выключателями.

Сборные шины одиночные несекционированные, одиночные секционированные, двойные.

Использование автоматического выключателя резерва и автоматического повторного выключателя на подстанциях.

Схемы соединений комплектных одно - и двухтрансформаторных подстанций.

Схемы соединений центральных распределительных пунктов 6-10 кВ.

Самостоятельная работа

Законспектировать назначение и классификацию подстанций.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение подстанций. Приведите классификацию электроподстанций.
2. Каковы общие требования к построению сети?
3. Что называется РУ, ТП, РП?
4. Какие наиболее распространенные схемы питания РП и ТП Вы знаете?
5. Расскажите об основных принципах выбора схемы распределения электроэнергии.
6. Расскажите о принципе работы схем АВР.
7. В каком порядке производят отключение силового трансформатора при подсоединении его к сети масляными выключателями, выключателем нагрузки и разъединителем?
8. Почему происходит автоматическое отключение в РП выключателя питающей линии?

Тема 4 Конструктивное выполнение трансформаторных и распределительных подстанций

Силовые трансформаторы. Исполнение, шкала мощностей, типы, номинальные величины, способы охлаждения. Особенности трансформаторов для комплектных трансформаторных подстанций. Допускаемые систематические (ГОСТ 14209-65) и аварийные перегрузки. Устройства для очистки масла и регулирования напряжения.

Электрические аппараты. Возникновение электрической дуги и условия ее гашения. Контакты коммутационных аппаратов: виды контактов и требования к ним; конструкции контактов; рабочие- и дугогасительные контакты. Дугогасящие устройства коммутационных аппаратов.

Разъединители. Устройство и назначение разъединителей, характеристики и маркировка. Приводы разъединителей. Устройство и маркировка.

Выключатели. Устройство и назначение маломасляных выключателей. Способы гашения дуги. Характеристики и маркировки. Приводы выключателей: ручные, автоматические, электромагнитные, пружинные.

Выключатели нагрузки. Устройство и назначение, область применения. Гашение дуги. Характеристики и маркировка. Приводы выключателей нагрузки.

Подстанционные автоматические выключатели на напряжение до 1000 В. Устройство и назначение, характеристики и маркировка.

Трансформаторы тока Общие сведения, назначение, схемы включения приборов. Классы точности и номинальная нагрузка во вторичной обмотке. Устройство одно- и многовитковых трансформаторов тока, проходных катушечных. Характеристики и маркировка. Трансформаторы напряжения. Общие сведения, назначение, схемы включения приборов. Классы точности и номинальная нагрузка во вторичной обмотке. Устройство однофазных и трехфазных трансформаторов напряжения, трех- и пятистержневых, сухих и масляных. Характеристики и маркировка

Предохранители на напряжение выше 1000 В. Устройство предохранителей. Шкала номинальных токов плавких вставок.

Характеристики и маркировка

Изоляторы. Типы опорных и проходных изоляторов. Устройство, характеристики и маркировка

Типы распределительных устройств. Назначение, материал и форма сечения шин. Особенности шинных контактных соединений. Крепление шин на изоляторах. Окраска шин. Допускаемые токовые нагрузки на шины.

Какие требования предъявляют к трансформаторному маслу? Общие требования, предъявляемые к распределительным устройствам. Распределительные устройства закрытого типа на напряжении 6 -10 кВ. Конструктивные исполнения, правила сооружения. Распределительные ячейки (камеры), устанавливаемые в распределительных устройствах. Вводные панели распределительных пунктов.

Планы и разрезы помещений распределительных устройств подстанций и центральных распределительных пунктов. Комплектные трансформаторные подстанции (КТП).

Комплектные трансформаторные подстанции с распределением электрической энергии шинопроводами на низшем напряжении.

Отдельно стоящие, встроенные и пристроенные подстанции; требования, предъявляемые к ним.

Вопросы для самоконтроля

1. Вопросы для самоконтроля

2. Почему разъединителем нельзя отключить ток нагрузки?
3. Каково назначение и устройство выключателя нагрузки?
4. Каково назначение масла в масляных баковых и маломасляных выключателях?
5. Чем осуществляется гашение дуги в воздушных и элегазовых выключателях?
6. В чем заключаются достоинства вакуумных выключателей по сравнению с масляными и воздушными?
7. Каковы назначение и устройство измерительных трансформаторов тока и напряжения?
8. Сколько витков имеет вторичная обмотка одновиткового трансформатора тока с коэффициентом трансформации 600/5?
9. Как изменятся погрешности трансформатора тока, если вторичная нагрузка увеличится вдвое по сравнению с номинальной?
10. Чем отличаются однофазные трансформаторы напряжения
11. ЗНОМ-35 от НОМ-35?
12. Какими преимуществами обладают ЗРУ перед ОРУ?
13. Какие распределительные устройства обеспечивают большую безопасность и удобство обслуживания — ЗРУ, ОРУ или КРУ?
14. Какие типы выключателей устанавливаются в закрытых распределительных устройствах 35 кВ и выше?
15. Как обеспечивается пожарная безопасность в закрытых и открытых РУ?
16. Чем отличаются комплектные распределительные устройства внутренней установки (КРУ) от комплектных распределительных устройств для наружной установки (КРУН)?
17. В чем заключается особенность КРУ с расположением выключателей на выкатном элементе?
18. Какие типы выключателей применяются в КРУ?
19. В чем преимущества КРУ перед ЗРУ?
20. Какие меры обеспечивают нормальную работу оборудования в КРУН в зимнее время при низких температурах?
21. Назовите конструктивные особенности КРУ с элегазовой изоляцией (КРУЭ). Их преимущества перед КРУ с воздушной изоляцией.
22. Какова область применения комплектных трансформаторных подстанций (КТП)?
23. В чем заключается особенность конструкции открытого РУ с гибкой ошиновкой по сравнению с открытым РУ, имеющим жесткую ошиновку?
24. Какова область применения открытых токопроводов, комплектных токопроводов и кабельных соединений между генераторами, силовыми трансформаторами и ЗРУ 6—10 кВ?
25. Каково назначение главных щитов управления (ГЩУ), центральных щитов управления (ЦЩУ)? Объяснить их расположение на электростанциях разного типа.
26. На каких электростанциях предусматриваются блочные щиты управления (БЩУ)?

Тема 5 Потери мощности и энергии в электрических линиях и трансформаторах, компенсация реактивных мощностей

Определение потерь активной и реактивной мощности и энергии в воздушных и кабельных линиях.

Определение времени максимальных потерь.

Экономический эквивалент реактивной мощности.

Определение потерь активной и реактивной мощностей и энергии трансформаторах.

Снижение потерь электрической энергии в силовых и осветительных линиях и трансформаторах.

Особенности мощности. Электроприемники, потребляющие реактивную мощность: трансформаторы, электродвигатели переменного тока, газоразрядные источники света.

Зависимость величины реактивной мощности от параметров и коэффициента нагрузки электроприемников.

Руководящие указания по компенсации реактивной мощности. Коэффициент реактивной мощности. Оптимальный коэффициент реактивной мощности и оптимальная реактивная мощность, задаваемые системой.

Потери активной мощности, вызываемые передачей реактивной мощности от генераторов к электроприемникам. Ущерб, вызываемый передачей реактивной мощности.

Мероприятия и средства компенсации реактивной мощности. Статические конденсаторы, синхронные электродвигатели и синхронные компенсаторы.

Преимущества и недостатки статических конденсаторов. Устройство комплектных конденсаторных установок, их характеристики и маркировка

Определение необходимой реактивной мощности конденсаторной установки. Техно-экономический выбор конденсаторной установки, исходя из минимальных годовых затрат.

Наивыгоднейшее распределение статических конденсаторов в сетях предприятия.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о потребителях реактивной мощности на промышленных предприятиях
2. Расскажите об ущербе, вызываемом передачей реактивной мощности.
3. Какие мероприятия и средства компенсации реактивной мощности Вы знаете?
4. Расскажите о влиянии компенсирующих устройств на параметры режимов электрических сетей
5. Перечислите способы расчета нагрузочных потерь электроэнергии в линиях?
6. Как рассчитывают нагрузочных потерь электроэнергии в линиях по средней нагрузке?
7. Как рассчитывают нагрузочных потерь электроэнергии в линиях по времени потерь?
8. Как определяются потери активной и реактивной мощностей и энергии трансформаторах?

Тема 6 Электрические нагрузки промышленных электрических сетей

Характеристики основных потребителей электрической энергии на предприятиях. Графики электрических нагрузок.

Методика построения суточных и годовых по продолжительности графиков нагрузок. Определение основных величин, характеризующих графики нагрузок: расхода энергии за сутки (или за год); средней и максимальной мощности, коэффициента заполнения графика; годового числа часов использования максимальной мощности.

Значение расчетных нагрузок при проектировании систем электроснабжения.

Определение расчетных нагрузок методом коэффициента спроса. Методика расчета и область применения. Значения коэффициентов спроса и коэффициентов реактивной мощности.

Основной метод определения расчетных нагрузок - метод получасового максимума. Особенности определения активной, реактивной и полной мощностей по определениям (цехам)

и всему предприятию. Заполнение расчетной таблицы. Потребители с переменным графиком нагрузки (группа А) и с постоянным (группа Б); особенности определения расчетных нагрузок обеих групп потребителей.

Значения коэффициентов использования и коэффициентов реактивной мощности.

Определение эффективного числа электроприемников.

Определение расчетных нагрузок потребителей с повторно-кратковременным режимом работы. Метод удельного расхода электрической энергии на единицу продукции. Определение годового расхода электрической энергии силовых и осветительных нагрузок.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать определение электроустановке.
2. Чем определяется режим потребления электроэнергии?
3. Что такое коэффициент спроса и как он учитывается при определении максимальной нагрузки?
4. Как определить годовой коэффициент нагрузки? Какое максимальное значение он может иметь?
5. Перечислить и охарактеризовать методы определения расчетных нагрузок
6. Каков порядок определения расчетной нагрузки элемента сети, питающей группу приемников напряжением до 1 кВ
7. Каковы особенности определения активной, реактивной и полной мощностей по цехам.
8. Как определяют пиковые нагрузки?
9. Как определяют эффективное число электроприемников?
10. Каковы особенности определения расчетных нагрузок потребителей с повторно-кратковременным режимом работы.?
11. Как определяют годовой расход электрической энергии?

Тема 7 Короткие замыкания в системах электроснабжения

Причины, виды и последствия коротких замыканий. Короткое замыкание в удаленной точке сети. Процесс короткого замыкания. Начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания, ударный ток и установившееся значение тока короткого замыкания.

Выбор расчетной точки. Расчетная схема и схема замещения. Среднее номинальное напряжение.

Определение сопротивлений элементов цепи короткого замыкания в именованных и относительных единицах. Базисная мощность. Приведение сопротивлений в относительных единицах к базисной мощности.

Определение результирующего сопротивления цепи короткого замыкания. Базисный ток. Определение начального значения периодической составляющей тока короткого замыкания при выражении результирующего сопротивления в именованных и относительных единицах. Определение ударного и установившегося токов короткого замыкания. Вычисление мощности короткого замыкания в расчетной точке.

Расчет тока трехфазного короткого замыкания в сетях напряжением до 1000 В. Учет сопротивлений дуги и контактов. Расчет тока однофазного короткого замыкания в петле «фаза-нуль». Проверка установок защиты линий напряжением до 1000 В по токам короткого замыкания.

Электродинамическое действие токов короткого замыкания. Определение силы взаимодействия между токоведущими частями.

Термическое действие токов короткого замыкания. Определение теплового импульса.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы причины возникновения КЗ в системах электроснабжения?
2. Каковы последствия коротких замыканий?
3. Для чего выполняют расчет токов КЗ?
4. Чем определяется наличие периодической и апериодической составляющих в токе КЗ?
5. Дайте определение ударного тока КЗ.
6. Приведите порядок расчета токов однофазного КЗ
7. Чем определяется необходимость снижения величин токов КЗ в энергосистеме? Каковы пути их снижения?
8. В чем заключается электродинамическое действие токов КЗ?
9. Как определяется механическая сила взаимодействия между токоведущими частями?
10. В чем заключается термическое действие токов КЗ?
11. Изложите суть методики проверки термической стойкости электрических аппаратов и токоведущих частей.

Тема 8 Качество электроэнергии в системах электроснабжения объектов

Основные контролируемые величины в системе электроснабжения. Расчетный и технический контроль электроэнергии. Схемы включения трехфазных счетчиков. Счетчики, фиксирующие одновременно израсходованную энергию и получасовой максимум нагрузки во время пиковых нагрузок энергосистемы.

Места установки измерительных приборов и счетчиков. Контроль состояния изоляции на подстанциях.

Измерение температуры масла трансформаторов и контроль давления в баке. Типы и марки используемых приборов.

Вопросы для самоконтроля

1. Как устроены и где применяются электроизмерительные приборы?
2. Приведите схемы включения трехфазных счетчиков.
3. Перечислите контрольно-измерительные приборы на электростанциях и подстанциях.
4. Как контролируют состояния изоляции на подстанциях.
5. Как измеряют температуру масла трансформаторов и контролируют давления в баке.

Тема 9. Релейная защита в системах электроснабжения промышленных предприятий

Назначение релейной защиты и требования, предъявляемые к ней.

Классификация реле защиты и их основные типы: реле тока, напряжения, направления мощности, времени, газовые, промежуточные, сигнальные. Их устройство и принцип действия. Реле, встроенные в привод выключателей.

Оперативный ток в схемах релейной защиты и его источники.

Максимальная токовая защита с независимой и зависимой характеристиками времени срабатывания. Одно - и двухрелейные системы максимальной токовой защиты: с реле прямого действия на переменном оперативном токе; с реле, имеющим независимую характеристику на переменном и постоянном оперативном токе; с реле, имеющим независимую характеристику на переменном оперативном токе.

Выбор токов и времени срабатывания максимальной токовой защиты. Схемы соединения трансформаторов тока и реле. Коэффициенты надёжности, возврата, схемы, чувствительности. Токовая отсечка в максимальной токовой защите.

Релейная защита силовых трансформаторов. Виды повреждений и ненормальные режимы силовых трансформаторов. Виды защит и сигнализации для силовых трансформаторов согласно требованиям Правил устройства электроустановок. ^

Максимальная токовая защита. Схемы максимальной токовой защиты от сквозных коротких замыканий и перегрузок. Применение токовой отсечки. Газовая защита трансформаторов.

Релейная защита воздушных и кабельных линий. Виды повреждений и ненормальные режимы работы линии.

Виды защит для линий напряжением свыше 1000 В согласно требованиям Правил устройства электроустановок.

Максимальная токовая защита радиальных линий:

- а) защита от коротких междупазовых замыканий;
- б) защита от коротких однофазных замыканий;
- в) максимальная токовая защита с отсечкой.

Схемы защит, достоинства и недостатки, область применения. Понятие о защите линий с двухсторонним питанием. Защита статических конденсаторов напряжением до 1000 В и выше 1000 В. Схемы защит, выбор плавких вставок и тока срабатывания максимальной токовой защиты.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение релейной защиты?
2. Перечислите требования, предъявляемые к релейной защите.

3. Как выбирают ток и время срабатывания максимальной токовой защиты?
4. Как обеспечивается защита линий с двусторонним питанием с помощью реле направления мощности?
5. На каком принципе работают продольная и поперечная дифференциальные защиты линий?
6. Нарисуйте простейшую схему дифференциальной защиты трансформатора (дифференциальную токовую отсечку) и опишите ее работу.
7. Что представляют собой комплекты защит заводского изготовления?
8. Чем характеризуются логические реле, работающие на оперативном переменном токе?

Тема 10. Заземляющие устройства и атмосферные перенапряжения в электрических установках

Понятие об электрических установках с изолированной и заземлённой нейтралью, выбор режима нейтрали.

Назначение и принцип действия заземляющего устройства

Требования Правил устройства электроустановок, предъявляемые к заземлению. Нормируемые величины сопротивления растеканию заземляющего устройства в зависимости от режима нейтрали и величины напряжения.

Потенциальная характеристика заземляющего устройства.

Напряжение прикосновения и шага.

Выполнение заземляющего устройства Искусственные и отечественные заземлители и заземляющие проводники.

Части электроустановок, подлежащие заземлению.

Расчет заземляющих устройств напряжением выше 1000 В и до 1000 В. Выносные и контурные заземления.

Зануление в установках напряжением до 1000 В с заземлённой нейтралью.

Контроль состояния заземляющего устройства.

Защитное отключение в сетях с изолированной и заземлённой нейтралью.

Атмосферные перенапряжения: индуктированные и перенапряжения прямого удара молнии. Электрические параметры молнии.

Категории зданий и сооружений в отношении молниезащиты согласно Правилам электроустановок. Молниезащита зданий и сооружений I, II и III категорий.

Устройство и установка молниеотводов. Стержневые и сетчатые молниеотводы.

Защитное действие одиночных, двойных и многократных молниеотводов.

Расчет защитной зоны защищаемого сооружения в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Защита воздушных линий и подстанций от атмосферных перенапряжений. Схемы защиты.

Устройство, принцип действия и маркировка трубчатых и вентильных разрядников. Выбор разрядников.

Заземляющие устройства молниеотводов и их расчет.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о режиме работы нейтрали в установках напряжением выше 1 кВ.
2. Что называется защитным заземлением?
3. Для чего предназначены заземляющие устройства?
4. Что называется сопротивлением заземлителя?

5. Как определяют сопротивления вертикального электрода, полосы, сетки с вертикальными электродами?
6. Какое оборудование подлежит заземлять?
7. Каковы нормы на сопротивление заземлителей?
8. Как измерить сопротивление заземлителя?
9. Что называется напряжением прикосновения и шага?
10. В чем заключается принцип работы защитного зануления и чем оно отличается от защитного заземления?
11. Перечислите требования ПУЭ к устройству зануления.
12. Объясните способы повышения эффективности защитного зануления.
13. В чем состоит назначение повторных заземлений нулевого провода? Как они нормируются?
14. Какие Вы знаете категории зданий и сооружений в отношении молниезащиты согласно Правилам электроустановок?
15. Как классифицируется молниезащита по типу?
16. Каково устройство молниеотводов?
17. Каково устройство и принцип действия разрядников?

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование имеет целью закрепить и систематизировать знания обучающихся по данному МДК, развить навыки обучающихся в самостоятельной работе и научить их практически применять полученные ими теоретические знания при решении вопросов производственно-технического характера. Курсовой проект является заключительным этапом в изучении МДК и предусматривает проектирование системы электроснабжения и выбор ее элементов для предприятия или проектирование трансформаторной подстанции. Курсовой проект состоит из пояснительной записки на 25-30 страницах и двух листов графической части формата А4.

Содержание расчетно-пояснительной записки курсового проекта.

Введение, связанное с темой курсового проекта

1.Общая часть

- 1.1. Характеристика объекта ЭСН и потребителей электроэнергии. Исходные данные для курсового проекта.
- 1.2. Классификация помещений по взрыво-, пожаро-, электробезопасности

2.Расчетно-конструкторская часть

- 2.1. Категория надежности ЭСН и выбор схемы ЭСН
- 2.2. Расчет электрических нагрузок, компенсирующего устройства и выбор трансформаторов
- 2.3. Расчет и выбор элементов ЭСН
 - 2.3.1. Выбор аппаратов защиты и распределительных устройств
 - 2.3.2. Выбор линий ЭСН, характерной линии
- 2.4. Расчет токов КЗ и проверки элементов в характерной линии ЭСН
 - 2.4.1. Выбор точек и расчет КЗ
 - 2.4.2. Проверка элементов по токам КЗ
 - 2.4.3. Определение потери напряжения

3. Составление ведомостей монтируемого ЭО и электромонтажных работ

4. Организационные и технические мероприятия безопасного проведения работ с электроустановками до 1 кВ

Заключение

Список источников информации

Содержание графической части курсовых работ.

Лист 1. План размещения и ЭСН ЭО объекта.

Лист 2. Принципиальная однолинейная электрическая схема ЭСН ЭО объекта.

Примерная тематика курсовых проектов

- Тема 1. Разработка схемы ЭСН ремонтно-механического цеха.
- Тема 2. Разработка схемы ЭСН участка кузнечно-прессового цеха.
- Тема 3. Разработка схемы ЭСН электромеханического цеха.
- Тема 4. Разработка схемы ЭСН автоматизированного цеха.
- Тема 5. Разработка схемы ЭСН механического цеха тяжелого машиностроения.
- Тема 6. Разработка схемы ЭСН цеха обработки корпусных деталей.
- Тема 7. Разработка схемы ЭСН механического цеха серийного производства.
- Тема 8. Разработка схемы ЭСН насосной станции.
- Тема 9. Разработка схемы ЭСН учебных мастерских.
- Тема 10. Разработка схемы ЭСН цеха механической обработки деталей.
- Тема 11. Разработка схемы ЭСН инструментального цеха.
- Тема 12. Разработка схемы ЭСН механического цеха.
- Тема 13. Разработка схемы ЭСН цеха металлоизделий.
- Тема 14. Разработка схемы ЭСН участка механосборочного цеха.
- Тема 15. Разработка схемы ЭСН цеха металлорежущих станков.

- Тема 16. Разработка схемы ЭСН сварочного участка цеха
- Тема 17. Разработка схемы ЭСН прессового участка цеха
- Тема 18. Разработка схемы ЭСН токарного участка цеха
- Тема 19. Разработка схемы ЭСН строительной площадки жилого дома
- Тема 20. Разработка схемы ЭСН комплекса яблочного цеха
- Тема 21. Разработка схемы ЭСН гранитной мастерской
- Тема 22. Разработка схемы ЭСН деревообрабатывающего цеха
- Тема 23. Разработка схемы ЭСН шлифовального цеха
- Тема 24. Разработка схемы ЭСН комплекса овощных закусочных консервов
- Тема 25. Разработка схемы ЭСН светонепроницаемой теплицы

В проекте подлежат разработке следующие вопросы:

Введение, в котором рассматривается развитие энергетики в стране, и приводятся сведения о предприятии и его энергетическом хозяйстве.

Определение расчетных нагрузок методом коэффициента спроса с учетом силовой и осветительной нагрузок, потерь в трансформаторах.

Разработка схемы электроснабжения цеха. Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом категории электроприемников, допускаемых перегрузок и компенсации реактивной мощности.

Уточненное определение потерь мощности в трансформаторах и окончательный выбор их мощности.

Проверка фактической величины потребляемой реактивной мощности, сравнение ее с оптимальной и уточненный выбор конденсаторных установок.

Расчет и выбор элементов ЭСН. Расчет и выбор аппаратов защиты и распределительных устройств. Расчеты линий внутреннего электроснабжения 0,4 кВ. Расчет токов короткого замыкания для проверки выбранных элементов защиты по токам КЗ. Определение потери напряжения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задание 1. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЯЗИ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Методика расчета

При отсутствии графиков электрической нагрузки для трансформаторов, подключенных к генераторному распределительному устройству (ГРУ), вычисляют мощности трех режимов и выбирают наибольшую из них.

Режим 1. При минимальном потреблении нагрузки на генераторном напряжении (S_{1p} , МВА):

$$S_{1p} = \sqrt{(P_{\varepsilon} \cdot n_{\text{гру}} - P_{\text{мин}} - P_{\text{сн}} \cdot n_{\text{гру}})^2 + (Q_{\varepsilon} \cdot n_{\text{гру}} - Q_{\text{мин}} - Q_{\text{сн}} \cdot n_{\text{гру}})^2},$$

где P_{ε} , $P_{\text{сн}}$ — активная мощность одного генератора и его собственных нужд, МВт;
 Q_{ε} , $Q_{\text{сн}}$ — реактивная мощность одного генератора и его собственных нужд, МВАр;
 $P_{\text{мин}}$ — активная минимальная нагрузка на генераторном напряжении, МВт;
 $Q_{\text{мин}}$ — реактивная минимальная нагрузка на генераторном напряжении, МВАр;
 $n_{\text{гру}}$ — число генераторов, подключенных к ГРУ.

Режим 2. При максимальном потреблении нагрузки на генераторном напряжении (S_{2p} , МВА):

$$S_{2p} = \sqrt{(P_{\varepsilon} n_{\text{гру}} - P_{\text{макс}} - P_{\text{сн}} n_{\text{гру}})^2 + (Q_{\varepsilon} n_{\text{гру}} - Q_{\text{макс}} - Q_{\text{сн}} n_{\text{гру}})^2},$$

где $P_{\text{макс}}$ — активная максимальная нагрузка на генераторном напряжении, МВт;
 $Q_{\text{макс}}$ — реактивная максимальная нагрузка на генераторном напряжении, МВАр.

Режим 3. При отключении одного генератора и максимальном потреблении нагрузки на генераторном напряжении (S_{3p} , МВА):

$$S_{3p} = \sqrt{(P_{\varepsilon} n'_{\text{гру}} - P_{\text{макс}} - P_{\text{сн}} n'_{\text{гру}})^2 + (Q_{\varepsilon} n'_{\text{гру}} - Q_{\text{макс}} - Q_{\text{сн}} n'_{\text{гру}})^2}$$

где $n'_{\text{гру}}$ — новое число генераторов, подключенных к ГРУ,

$$n'_{\text{гру}} = n_{\text{гру}} - 1$$

Условие выбора мощности двух и более трансформаторов ($S_{\text{т.гру}}$), подключенных к ГРУ:

$$S_{\text{т.гру}} \geq 0,7 \cdot \frac{1}{n - 1} \cdot S_{\text{м.р.}}$$

где $S_{\text{м.р.}}$ — максимальная расчетная мощность, МВА. Это мощность одного из рассчитанных режимов.

При блочном подключении генераторов и трансформаторов

$$S_{\text{бл.р}} = \sqrt{(P_{\varepsilon} - P_{\text{сн}})^2 + (Q_{\varepsilon} - Q_{\text{сн}})^2}.$$

Условие выбора мощности блочного трансформатора:

$$S_{т.бл.} \geq S_{бл.р.}$$

где $S_{бл.р.}$ — полная расчетная мощность блочного трансформатора, МВА.

Для выбора трансформатора по справочнику нужно знать три величины: полную расчетную мощность, высокое и низкое напряжение.

Высокое напряжение ($U_{вн}$) ориентировочно определяют из соотношения

$$U_{вн} = U_{лэн} = (1 \div 10) P_{пер},$$

где $U_{лэн}$ — напряжение линии электропередачи, кВ;

$P_{пер}$ — активная мощность передаваемая от электростанции в ЛЭП, МВт,

$$P_{пер} = P_{г} n_{г} - P_{сн} n_{с} - P_{мин}$$

где $n_{г}$ — количество генераторов на электростанции.

Из полученного промежутка значений напряжения выбирается класс напряжения, соответствующий среднему номинальному значению по шкале напряжений: 10,5 - 21 - 36,75 - 115 - 158 - 230 - 247 - 525 - ... кВ.

Полную передаваемую мощность ($S_{пер}$) без учета потерь определяют по формуле

$$S_{пер} = \frac{P_{пер}}{\cos \varphi_{г}}; Q_{пер} = P_{пер} \cdot \tan \varphi_{г},$$

где $\cos \varphi_{г}$ — коэффициент активной мощности генераторов электростанции.

Полную передаваемую мощность с учетом потерь в трансформаторах ($S_{лэн}$) определяют как

$$S_{лэн} = \frac{S_{пер}}{K_{ном}}$$

где $K_{ном}$ — коэффициент потерь в трансформаторе.

Таблица 3 - Зависимость $K_{ном} = f(\cos \varphi_{г})$

$\cos \varphi_{г}$	1	0,9	0,8	0,7	0,6
$K_{ном}$	1,02	1,06	1,08	1,085	1,09

Приблизительно потери в трансформаторах можно определить из соотношений

$$\Delta P_{т} = 0,025 S_{пер}, \quad \Delta Q_{т} = 0,1 S_{пер}.$$

Коэффициент загрузки трансформатора ($K_{з}$) определяется по формуле

$$K_{з} = \frac{S_{ф}}{n S_{т}},$$

где $S_{ф}$ — фактическая нагрузка на трансформаторы, МВА;

$S_{т}$ — номинальная мощность трансформатора, МВА;

n — число трансформаторов, на которое распределена фактическая нагрузка.

В конце расчетно-практического задания пишется ответ, где указывается:

- количество и марка трансформаторов;
- значения их коэффициентов загрузки;
- полная передаваемая мощность $S_{л\text{эп}}$.

Задание 2. РАСЧЕТ ЛЭП И ВЫБОР НЕИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ

Методика расчета

Рассчитать линию электропередачи (ЛЭП) — это значит определить:

- сечение провода и сформировать марку;
- потери мощности;
- потери напряжения.

Сечение провода, соответствующее минимальной стоимости передачи электроэнергии (ЭЭ), называют **экономическим**.

ПУЭ (правила устройства электроустановок) рекомендуют для определения расчетного экономического сечения ($S_{\text{эк}}$) **метод экономической плотности тока**.

$$S_{\text{ЭЭ}} = \frac{I_{\text{м.р}}}{j_{\text{ЭЭ}}}$$

где $S_{\text{эк}}$ — экономическое сечение провода, мм ;

$I_{\text{м.р}}$ — максимальный расчетный ток в линии при нормальном режиме работы, А. Для трехфазной сети

$$I_{\text{м.р.}} = \frac{S_{\text{пер}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{пер}}}$$

Экономическая плотность тока $j_{\text{эк}}$, А/мм²; принимается на основании опыта эксплуатации по таблице 5.

$$j_{\text{эк}} = F(T_{\text{м}}, \text{вид проводника}),$$

где $T_{\text{м}}$ — время использования максимальной нагрузки за год, час.

Таблица 5 - Экономическая плотность тока

Проводник — неизолированные провода	$T_{\text{м}}$, час		
	1000...3000	3000...5000	5000. ..87
Медные, А/мм ²	2,5	2,1	1,8
Алюминиевые, А/мм ²	1,3	1,1	1,0

Полученное расчетное экономическое сечение ($S_{\text{эк}}$) приводят к ближайшему стандартному значению.

Если получено большое сечение, то берется несколько параллельных проводов (линий) стандартного сечения так, чтобы суммарное сечение было близко к расчетному.

Формируется марка провода, указывается допустимый ток.

Оптимальное расстояние передачи ($L_{\text{л\text{эп}}}$, км) приближенно определяется из соотношения

$$L_{\text{л\text{эп}}} = (0,3 \div 1) U_{\text{пер}}.$$

Потери мощности в ЛЭП определяются по формулам

$$\Delta P_{\text{ЛЭП}} = \left\{ \frac{S_{\text{пер}}}{n_{\text{ЛЭП}} \cdot U_{\text{пер}}} \right\} \cdot R_{\text{ЛЭП}}; \quad \Delta Q_{\text{ЛЭП}} = \left\{ \frac{S_{\text{пер}}}{n_{\text{ЛЭП}} \cdot U_{\text{пер}}} \right\} \cdot X_{\text{ЛЭП}}$$

где $\Delta P_{\text{ЛЭП}}$ — потери активной мощности в ЛЭП, МВт;

$\Delta Q_{\text{ЛЭП}}$ — потери реактивной мощности в ЛЭП, Мвар;

$S_{\text{пер}}$ — полная передаваемая мощность, МВ·А;

$U_{\text{пер}}$ — напряжение передачи, кВ;

$R_{\text{ЛЭП}}, X_{\text{ЛЭП}}$ — полное активное и индуктивное сопротивление, Ом;

$n_{\text{ЛЭП}}$ — число параллельных линий.

$$\Delta S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{\Delta P_{\text{ЛЭП}}^2 + \Delta Q_{\text{ЛЭП}}^2}$$

Сопротивления в ЛЭП определяются из соотношений

$$R_{\text{ЛЭП}} = \frac{1}{n_{\text{ЛЭП}}} \cdot r_0 \cdot L_{\text{ЛЭП}}; \quad X_{\text{ЛЭП}} = x_0 \cdot L_{\text{ЛЭП}}$$

где r_0, x_0 — удельные сопротивления, Ом/км.

Значение активного сопротивления на единицу длины определяется для воздушных, кабельных и других линий при рабочей температуре

$$r_0 = \frac{10^3}{\gamma S},$$

где γ — удельная проводимость, м/(Ом·мм²);

S — сечение проводника (одной жилы кабеля), мм²

Так как чаще всего длительно допустимая температура проводников 65 или 70 °С, то без существенной ошибки принимают

$\gamma = 50$ м/(Ом·мм²) для медных проводов,

$\gamma = 30$ м/(Ом·мм²) для алюминиевых проводов;

Значение индуктивного сопротивления на единицу длины с достаточной точностью принимается равным

$x_0 = 0,4$ Ом/км для воздушных ЛЭП ВН;

$x_0 = 0,08$ Ом/км для кабельных ЛЭП ВН.

Потери напряжения в ЛЭП определяются из соотношения

$$\Delta U_{\text{ЛЭП}} = \frac{10^2}{n_{\text{ЛЭП}} \cdot U_{\text{ЛЭП}}^2} \cdot P_{\text{пер}} \cdot L_{\text{ЛЭП}} (r_0 + x_0 \cdot \text{tg} \varphi_{\text{ЛЭП}})$$

где $\Delta U_{\text{ЛЭП}}$ — потеря напряжения в одной ЛЭП, %;

$P_{\text{ЛЭП}}$ — передаваемая по линии активная мощность, МВт;

$L_{\text{ЛЭП}}$ — протяженность ЛЭП, км;

r_0, x_0 — активное и индуктивное сопротивления на единицу длины ЛЭП;

$U_{\text{ЛЭП}}$ — напряжение передачи, кВ.

Для перевода % в кВ применяется соотношение

$$\Delta V'_{лэн} = V_{пер} \Delta V_{лэн} \cdot 10^{-2}$$

Примечания.

1. Наибольшая допустимая потеря напряжения в ЛЭП ($\Delta V_{доп}$) не должна превышать 10 % от номинального значения.

2. Приблизленно потери активной мощности можно определять по формуле

$$\Delta P_{лэн} = 0,03 S_{лэн}$$

В конце расчетно-практического задания пишется ответ, где указывается:

- условное обозначение, допустимый ток, протяженность ЛЭП;
- потери полной мощности ($\Delta S_{лэн}$);
- потери напряжения ($\Delta V_{лэн}$).

ЗАДАНИЕ 3. РАСЧЕТ И ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ (АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ) НА УЗЛОВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Методика расчета

Составляется структурная схема узловой распределительной подстанции (УРП) и наносятся известные значения напряжения и полной мощности.

При наличии двух подключенных к распределительному устройству трансформаторов (автотрансформаторов) выполняется условие

$$S_T \geq 0,7 S_{м.р},$$

где $S_{м.р}$ — максимальная проходная мощность, МВ-А.

Выбранные АТ проверяются на допустимость режима, т. е. обмотка НН не должна перегружаться.

Условие

$$\begin{aligned} S_{мин} &\geq S_{НН} = S_{номр}, \\ S_{мин} &= K_{выг} S_{ам} n_{ам}, \end{aligned}$$

где $S_{мин}$ — типовая мощность АТ, МВ-А;

$K_{выг}$ — коэффициент выгоды АТ;

$S_{ам}$ — номинальная мощность выбранного АТ;

$n_{ам}$ — количество АТ, подключенных к нагрузке НН;

$S_{номр}$ — нагрузка на НН, МВ-А.

$$K_{выг} = 1 - \frac{1}{K_{m(BH-CH)}},$$

где $K_{m(BH-CH)}$ — коэффициент трансформации АТ,

$$K_{m(BH-CH)} = \frac{V_{BH}}{V_{CH}}$$

где V_{BH} , V_{CH} — значения напряжения на обмотках ВН, СН, кВ.

Определяется баланс мощностей по УРП:

$$S_{\text{энс}} = S_{\text{лэн}} - S_1 - S_2,$$

где $S_{\text{энс}}$ — мощность, связанная с ЭНС, МВ-А;

$S_{\text{лэн}}$ — мощность, приходящая от ЭС, МВ-А;

S_1, S_2 — мощности потребителей, МВ-А.

Если результат получается со знаком «плюс», то избыток приходящей от ЭС мощности отдается ЭНС, если со знаком «минус», то недостаток мощности берется из ЭНС.

Определяется K_3 :

$$K_{3(AT)} = \frac{S_{\text{м.р}}}{n_{\text{ам}} S_{\text{ам}}}; K_{3(T)} = \frac{S_{\text{м.р}}}{n_{\text{м}} S_{\text{м}}}$$

В ответе записывается:

- число и условное обозначение Т и АТ;
- коэффициенты загрузки;
- результат баланса мощностей по УРП ($S_{\text{энс}}$)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Индивидуальные задания для контрольной работы

Задание 1

- Составить структурную схему электростанции (ЭС);
- Рассчитать и выбрать трансформаторы (трансформаторы выбирают по таблицам приложения);
- Определить:
 коэффициент загрузки трансформатора K_z ;
 полную передаваемую мощность, с учетом потерь в трансформаторе $S_{лэн}$;
 напряжение линии электропередачи $U_{лэн}$

Таблица 4 - Индивидуальные задания для РПЗ-1

№ варианта	Генераторы						Нагрузка ГРУ		
	тип	U _г ,кВ	Cosφ _г	n _{гру}	n _{бл}	P _{сн} , %	P _{мин} , МВт	P _{макс} , МВт	Cosφ _н
1	Т-6-2	6,30	0,80	4	2	10	5	10	0,90
2	ТВФ-63-2	6,30	0,80	3	2	10	40	80	0,92
3	ТВФ-160-2	18,00	0,85	3	1	8	300	400	0,85
4	ТВВ-200-2	15,75	0,85	2	1	8	200	300	0,87
5	ТВВ-800-2	24,00	0,90	2	1	5	800	1200	0,95
6	ТВВ-320-2	20,00	0,85	3	1	6	300	400	0,93
7	ТВС-32-2	10,50	0,80	4	2	10	10	15	0,94
8	ТВВ-220-2	15,75	0,85	2	1	8	200	300	0,90
9	ТВФ-120-2	10,50	0,80	2	2	9	100	200	0,92
10	Т-6-2	10,50	0,80	5	3	10	8	10	0,93
11	ТВВ-165-2	18,00	0,85	3	1	8	300	400	0,94
12	ТВФ-63-2	6,30	0,80	4	1	10	30	50	0,95
13	ТВС-32-2	10,50	0,80	4	3	10	40	50	0,96
14	ТВМ-300-2	20,00	0,85	3	1	6	600	700	0,88
15	ТВФ-100-2	10,50	0,85	5	2	9	300	400	0,87
16	ТВВ-220-2	15,75	0,85	3	1	8	400	500	0,93
17	ТВС-32-2	6,30	0,80	3	1	10	4	6	0,90
18	ТВФ-60-2	10,50	0,80	3	2	10	10	20	0,85
19	ТВВ-165-2	18,00	0,85	2	1	8	200	300	0,86
20	Т-12-2	6,30	0,80	5	2	10	5	10	0,92
21	ТВВ-320-2	20,00	0,85	2	1	6	300	400	0,93
22	ТВФ-60-2	10,50	0,80	3	3	10	30	100	0,94
23	ТЗВ-800-2	24,00	0,90	2	1	5	800	1000	0,95
24	ТГВ-300-2	20,00	0,85	2	1	6	300	600	0,96
25	ТВФ-60-2	6,30	0,80	2	3	10	40	60	0,95
26	Т-12-2	10,50	0,80	3	3	10	5	10	0,94
27	ТВФ-100-2	10,50	0,85	2	2	9	100	200	0,93
28	ТВФ-120-2	10,50	0,80	4	1	9	100	200	0,92
29	ТВВ-200-2	15,75	0,85	3	1	8	400	500	0,90
30	ТВФ-63-2	10,50	0,80	2	1	10	50	65	0,85

Задание 2

- Составить структурную схему ЛЭП;
- Рассчитать и выбрать проводники;
- определить потери полной мощности $\Delta S_{лэп}$ и потери напряжения $\Delta U_{лэп}$

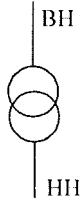
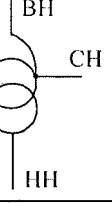
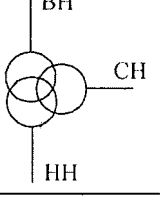
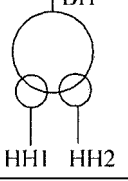
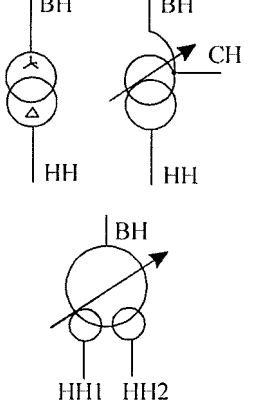
Задание 3. Рассчитать и выбрать трансформатор (автотрансформатор) на узловой распределительной подстанции. Исходные данные в таблице 6

Таблица 6 - Индивидуальные задания для РПЗ- 2; 3

Вариант	РПЗ-2			РПЗ-3					
	ЛЭП			Потребитель 1			Потребитель 2		
	марка провода	$\cos \varphi_{лэп}$	$T_m, ч$	$P_1, МВт$	$U_1, кВ$	$\cos \varphi_1$	$P_2, МВт$	$U_2, кВ$	$\cos \varphi_2$
1	АСКП	0,90	1000	63	6,3	0,80	25	35.0	0,95
2	АСК	0,85	1500	125	10.0	0,81	400	20.0	0,94
3	АС	0,80	2000	250	6,3	0,82	63	10.0	0,93
4	А	0,90	2500	200	35.0	0,83	80	6,3	0,92
5	АСКП	0,85	3000	200	6,3	0,84	40	35.0	0,91
6	АСК	0,80	3500	250	10.0	0,85	630	20.0	0,90
7	АС	0,90	4000	125	6,3	0,86	125	10.0	0,89
8	А	0,85	4500	250	35.0	0,87	80	6,3	0,88
9	АСКП	0,80	5000	125	6,3	0,88	63	35.0	0,87
10	АСК	0,90	5500	125	10.0	0,89	630	20.0	0,86
11	АС	0,85	6000	63	6,3	0,90	125	10.0	0,85
12	А	0,80	6500	125	35.0	0,91	80	6,3	0,84
13	АСКП	0,90	7000	200	6,3	0,92	80	35.0	0,83
14	АСК	0,85	7500	200	10.0	0,93	400	20.0	0,82
15	АС	0,80	8000	125	6,3	0,94	80	10.0	0,81
16	А	0,90	7500	200	35.0	0,95	63	6,3	0,80
17	АСКП	0,85	7000	250	6,3	0,94	80	35.0	0,81
18	АСК	0,80	6500	200	10.0	0,93	400	20.0	0,82
19	АС	0,90	6000	200	6,3	0,92	80	10.0	0,83
20	А	0,85	5500	125	35.0	0,91	80	6,3	0,84
21	АСКП	0,80	5000	200	6,3	0,90	63	35.0	0,85
22	АСК	0,90	4500	63	10.0	0,89	630	20.0	0,86
23	АС	0,85	4000	250	6,3	0,88	125	10.0	0,87
24	А	0,80	3500	125	35.0	0,87	80	6,3	0,88
25	АСКП	0,90	3000	250	6,3	0,86	40	35.0	0,89
26	АСК	0,85	2500	125	10.0	0,85	630	20.0	0,90
27	АС	0,80	2000	63	6,3	0,84	125	10.0	0,91
28	А	0,90	1500	200	35.0	0,83	80	6,3	0,92
29	АСКП	0,85	1000	250	6,3	0,82	25	35.0	0,93
30	АСК	0,85	4000	30	35.0	0,90	50	10.0	0,85

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

Таблица 8 - Условные графические и буквенные обозначения силовых трансформаторов (автотрансформаторов) в электрических схемах согласно стандартам ЕСКД

Наименование элемента схемы	Обозначение графическое	Буквенный код
Трансформатор силовой двухобмоточный без расщепления обмотки НН		Т
Автотрансформатор силовой. Общее обозначение		АТ
Трансформатор силовой трехобмоточный		Т
Трансформатор силовой двухобмоточный с расщеплением обмотки НН на две		Т
Трансформатор силовой двухобмоточный с указанием способа соединения обмоток. Автотрансформатор силовой с РПН в обмотке ВН (стрелка). Трансформатор силовой двухобмоточный с расщеплением обмотки НН на две и с РПН в обмотке ВН		Т, АТ Т

Структура условного обозначения трансформаторов

1	2	3	4	5	6
Одна буква					2-, 3- или 4-значная цифра
Число фаз:					Класс напряжения, кВ
О — однофазный					
Т — трехфазный					
Одна или две буквы					Многочисленная цифра
Вид охлаждения:					Номинальная мощность, кВ·А
С — воздушное открытое					
СЗ — воздушное защищенное					Одна буква «Н»
СГ — воздушно-герметичное					Выполнение одной из обмоток с РПН
СД — воздушное с дутьем					
М — естественная циркуляция масла и воздуха					Одна буква «Т»
Д — принудительная циркуляция воздуха и естественная масла					Обозначение 3-обмоточного трансформатора
МЦ — естественная циркуляция воздуха и принудительная масла					
ДЦ — принудительная циркуляция воздуха и масла					
МВ — принудительная циркуляция воды и естественная масла					
Ц — принудительная циркуляция воды и масла					
Н — естественное негорючим жидким диэлектриком					
НД — негорючим жидким диэлектриком с дутьем					

Примечания.

1. Для обозначения автотрансформатора впереди добавляется буква «А».
2. Для обозначения защиты масла азотной подушкой без расширителя после вида охлаждения ставится буква «З», например «ТМЗ».
3. Для обозначения расщепленной обмотки НН после числа фаз ставится буква «Р», например «ТРДН».
4. Для обозначения трансформатора собственных нужд электростанций последняя буква ставится «С», например «ТРДНС».

Таблица 9 - Трехфазные двухобмоточные трансформаторы классов напряжения 110, 220, 330, 500 кВ

Тип	ВН, кВ	НН, кВ	$\Delta P_{K\,,}$ кВт	$\Delta P_{XX,}$ кВт	u кз, %	i хх, %
1	2	3	4	5	6	7
ТМН-2500/110	110	6,6 11	22	5,5	10,5	1,5
ТМН-6300/110	115	6,6 11	44	10	10,5	1
ТДН-10000/110	115	6,6 11 16,5 22	58	14	10,5	0,9
ТДН-16000/110	115	6,6 11 16,5 22	85	18	10,5	0,7
ТДН-25000/110	115	38,5	120	25	10,5	0,65
ТДН-40000/110	115	38,5	170	34	10,5	0,55
ТДН-63000/110	115	38,5	245	50	10,5	0,5
ТДН-80000/110	115	38,5	310	58	10,5	0,45
ТДЦ-80000/110	121	6,3 10,5	310	85	11	0,6
ТДЦ-125000/110	121	10,5 13,8	400	120	10,5	0,55
ТДЦ-200000/110	121	13,8 15,75 18	550	170	10,5	0,5
ТДЦ-250000/110	121	15,75	640	200	10,5	0,5
ТДЦ-40000/110	121	20	900	320	10,5	0,45
ТДЦ-80000/220	242	6,3 10,5 13,8	315	79	11	0,45
ТДЦ-125000/220	242	10,5 13,8	380	120	11	0,55
ТДЦ-200000/220	242	13,8 15,75 18	660	130	11	0,4
ТДЦ-250000/220	242	13,8 15,75	600	207	11	0,5
ТДЦ-400000/220	242	15,75 20	870	280	И	0,45
ТНЦ-630000/220	242	15,75 20 24	1200	400	12,5	0,35
ТНЦ-1000000/220	242	24	2200	480	11,5	0,4
ТДЦ-125000/330	347	10,5 13,8	380	125	11	0,55
ТДЦ-200000/330	347	13,8 15,75 18	520	180	11	0,5

1	2	3	4	5	6	7
ТДЦ-250000/330	347	13,8 15,75	605	214	11	0,5
ТДЦ-400000/330	347	15,75 20	790	300	11,5	0,45
ТНЦ-630000/330	347	24	1300	345	11,5	0,35
ТНЦ-1000000/3 30	347	24	2200	480	11,5	0,4
ТНЦ-1250000/330	347	24	2200	715	14,5	0,55
ТДЦ-250000/500	525	13,8 15,75 20	590	205	13	0,45
ТДЦ-400000/500	525	13,8 15,75 20	790	315	13	0,45
ТЦ-630000/500	525	15,75 20 24 36,75	1210	420	14	0,4
ТНЦ-1000000/500	525	24	1800	570	14,5	0,4

Таблица 10- Трехфазные трехобмоточные трансформаторы классов напряжения 35,110, 220 кВ

Тип	ВН, кВ	СН, кВ	НН, кВ	АР _{ХХ} , кВТ	АР _{КЗ} , кВТ	u _{кз} , %			; о *XX, /С
						ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТМТН-6300/35	35	10,5 13,8 15,75	6,3	12	55	7,5	7,5	16,5	1,2
ТМТН-10000/3 5	35	10,5 13,8 15,75	6,3	19	75	8	16,5	7	1
ТМТН-16000/3 5	35	10,5 13,8 15,75	6,3	28	115	8	16,5	7	0,95
ТМТН-6300/110	115	16,5 22 38,5	6,6 11	12,5	52	10,5	17	6	1Д
ТДТН-10000/110	115	16,5 22 38,5	6,6 11	17	76	10,5	17,5	6,5	1
ТДТН-16000/110	115	22 34,5 38,5	6,6 11	21	100	10,5	17,5	6,5	0,8
ТДТН-25000/110	115	11 22 38,5	6,6 11	28,5	140	10,5	17,5	6,5	0,7
ТДТН-40000/110	115	11 22 38,5	6,6 11	39	200	10,5	17,5	6,5	0,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТДТН –63000/110	115	11 38,5	6,6 11	53	290	10,5	18	7	0,55
ТДТН -80000/110	115	11 38,5	6,6 11	64	365	11	18,5	7	0,5
ТДТН-25000/220	230	38,5	6,6 11	45	130	12,5	20	6,5	0,9
ТДТН-40000/220	230	38,5	6,6 11	54	220	12,5	22	9,5	0,55

1 *примечания.*

1. Каждая обмотка рассчитана на номинальную мощность трансформатора.

2. Потери КЗ ($\Delta P_{кз}$) указаны на основном ответвлении для основной пары обмоток ВН—СН.

3. Трансформаторы с ВН 115 кВ имеют РПН в обмотке ВН $\pm 16\%$; ± 9 ступеней.

4. Трансформаторы с ВН 35 кВ имеют РПН в обмотке ВН $\pm 6 \times 1,5\%$.

Таблица 11 - Трехфазные двухобмоточные трансформаторы с расщеплением обмотки НН на две классы напряжения 110, 220, 330, 500, 750 кВ

Тип	ВН,кВ	НН,кВ	$\Delta P_{кз}$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$u_{кз}$, %	$i_{хх}$, %
1	2	3	4	5	6	7
ТРДН-25000/110	115	6,3-6,3 6,3-10,5 10,5-10,5	120	25	10,5	0,65
ТРДН -40000/110	115	6,3-6,3 6,3-10,5 10,5-10,5	170	34	10,5	0,55
ТРДН-63000/110	115	6,3-6,3 6,3-10,5 10,5-10,5	245	50	10,5	0,5
ТРДН- 80000/110	115	6,3-6,3 6,3-10,5 10,5-10,5	310	58	10,5	0,45
ТРДЦН-125000/110	115	10,5-10,5	400	105	11	0,55
ТРДН- 32000/220	230	6,3-6,3 6,6-6,6 11-11 6,6-11	150	45	11,5	0,65
ТРДНС- 40000/220	230	6,3-6,3 6,6-6,6 11-11 6,6-11	170	50	11,5	0,6
ТРДН-63000/220	230	6,3-6,3 6,6-6,6 11-11 6,6-11	265	70	11,5	0,5
ТРДЦН-100000/220	230	11-11	340	102	12,5	0,65
ТРДЦН-160000/220	230	11-11	500	155	12,5	0,6

1	2	3	4	5	6	7
ТРДНС-40000/330	330	6,3-6,3 10,5 -10,5 6,3-10,5	180	80	11	0,8
ТРДНС-63 000/3 30	330	6,3-6,3 10,5-10,5 6,3-10,5	230	100	11	0,8
ОРЦ-333000/500	525	15,7545,75 20- 20	950	200	11,5	0,3
ОРЦ-417000/500	$\frac{525}{\sqrt{3}}$	15,7545,75	1050	210	12,5	0,2
ОРНЦ- 533000/500	$\frac{525}{\sqrt{3}}$	15,75-15,75 24 -24	1260	230	13,5	0,15
ОРЦ-417000/750	$\frac{787}{\sqrt{3}}$	20-20 24 -24	800	320	14	0,35
ОРЦ-533000 750	$\frac{787}{\sqrt{3}}$	15,75-15,75 20- 20 24-24	900	350	14	0,3

Таблица 12 - Автотрансформаторы классов напряжения 220, 330, 500, 750,1150 кВ

Тип АТ	ВН, кВ	СИ, кВ	НН, кВ	ΔP_{xx} кВт	$\Delta P_{кб}$ кВт		
					ВН-СН	ВН-НН	СН-НН
1	2	3	4	5	6	7	8
АТДЦТН 63000-220/110	230	121	6,3 10,5 38,5	45	215	160	140
АТДЦТН 125000-220/110	230	121	6,3 10,5 38,5	85	290	235	230
АТДЦТН 200000-220/110	230	121	10,5 13,8 38,5	125	430	360	320
АТДЦТН 250000-220/110	230	121	11 13,8 15,75 38,5	145	520	410	400
АТДЦТН 125000-330/110	330	115	6,6 11 15,75 38,5	115	370	240	210
АТДЦТН 200000-330/110	330	115	6,6	180	600	400	350
АТДЦТН 240000-330/220	330 347	242	38,5	130	560	260	230
АТДЦТН 250000-330/150	330 347	165	10,5 38,5	130	700	350	320
АТДЦТН 250000-500/110	500	121	11 38,5	250	550	223	179
АОДЦТН 133000-330/220	$330/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5 38,5	50	250	125	105

1	2	3	4	5	6	7	8
АОДЦТН 167000-500/220	$\frac{500}{\sqrt{3}}$	$\frac{230}{\sqrt{3}}$	10,5 11 13,8 15,75 20 38,5	90	315	105 105 190 280 280 105	95 95 67 250 250 95
АОДЦТН 267000-330/220	$\frac{500}{\sqrt{3}}$	$\frac{230}{\sqrt{3}}$	10,5 13,8 15,75 20 38,5	125	470	110 110 160 310 110	100 100 150 250 100
АОДЦТН 167000-500/330	$\frac{500}{\sqrt{3}}$	$\frac{330}{\sqrt{3}}$	10,5 38,5	61	300	86	81
АОДЦТН 267000-750/220	$\frac{750}{\sqrt{3}}$	$\frac{230}{\sqrt{3}}$	10,5	200	600	145	140
АОДЦТН 333000-750/330	$\frac{750}{\sqrt{3}}$	$\frac{330}{\sqrt{3}}$	10,5 15,75	217	580	255	235
АОДЦТН 417000-750/500	$\frac{750}{\sqrt{3}}$	$\frac{500}{\sqrt{3}}$	10,5 15,75	125	630	60	60
АОДЦТН 667000-1150/500	$\frac{1150}{\sqrt{3}}$	$\frac{500}{\sqrt{3}}$	20	360	1250	330	330

Продолжение табл. 12

Тип АТ	$u_{\kappa} \%$			$i_{xx} \%$
	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	
	9	10	11	
АТДЦТН 63000 -220/110	11	34	21	0,6
АТДЦТН 125000-220/110	11	31	19	0,5
АТДЦТН 200000-220/110	11	32	20	0,5
АТДЦТН 250000-220/110	11	32	20	0,5
АТДЦТН 125000-330/110	10	35	22	0,5
АТДЦТН 200000-330/110	10	33	22	0,6
АТДЦТН 240000-330/110	9,5	74	60	0,5
АТДЦТН 250000-330/150	9,5	74	60	0,5
АТДЦТН 250000-500/110	10,5	24	13	0,5
АОДЦТН 133000-330/220	9	60	48	0,2
АОДЦТН 167000-500/220	11	35	21,5	0,25
АОДЦТН 267000-500/220	11,5	37	23	0,25
АОДЦТН 167000-500/330	9,5	67	61	0,2
АОДЦТН 267000-750/220	13	31	17	0,35
АОДЦТН 333000-750/330	10	28	17	0,35
АОДЦТН 417000-750/500	11,5	81	68	0,15
АОДЦТ 667000-1150/500	11,5	35	22	0,35

Таблица 1.3.29 -. Допустимый длительный ток для неизолированных проводов по ГОСТ 839-80 (ПУЭ)

Номиналь- ное сечение,	Сечение (алюминий/ сталь), мм ²	Ток, А, для проводов марок					
		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АКП	М	А и АКП
		вне поме- щений	внутри помеще- ний	вне помещений		внутри помещений	
10	10/1,8	84	53	95	-	60	-
16	16/2,7	111	79	133	105	102	75
25	25/4,2	142	109	183	136	137	106
35	35/6,2	175	135	223	170	173	130
50	50/8	210	165	275	215	219	165
70	70/11	265	210	337	265	268	210
95	95/16	330	260	422	320	341	255
120	120/19	390	313	485	375	395	300
	120/27	375	-				
150	150/19	450	365	570	440	465	355
	150/24	450	365				
	150/34	450	-				
185	185/24	520	430	650	500	540	410
	185/29	510	425				
	185/43	515	-				
240	240/32	605	505	760	590	685	490
	240/39	610	505				
	240/56	610	-				
300	300/39	710	600	880	680	740	570
	300/48	690	585				
	300/66	680	-				
330	330/27	730	-	-	-	-	-
400	400/22	830	713	1050	815	895	690
	400/51	825	705				
	400/64	860	-				
500	500/27	960	830	-	980	-	820
	500/64	945	815				
600	600/72	1050	920	-	1100		955
700	700/86	1180	1040	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Список рекомендуемых источников информации

Основные источники:

1. Шлейников В.Б. Курсовое проектирование по электроснабжению [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шлейников В.Б.— Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017.— 105 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78781.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: методическое пособие для курсового проектирования М. Форум-Инфра-М 2019. – 216с.

Дополнительные источники:

1. ГОСТ 2.710-81. Обозначения буквенно – цифровые в электрических схемах
2. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы 6 и 7 изданий с изм. и доп. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204 Дата актуализации текста: 01.01.2021. - 645с.
3. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие / Е.А. Конюхова. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 320с

Интернет-ресурсы

1. Электронный ресурс «Библиотека электроэнергетика» Форма доступа: <http://elektroinf.narod.ru/>
2. Электронный ресурс «Электричество и схемы» Форма доступа: <http://www.elektroshema.ru/>
3. Электронный ресурс «Школа для электрика. Статьи, советы, полезная информация по устройству, наладке, эксплуатации и ремонту электрооборудования» Форма доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/>
4. Электронный ресурс «Глоссарий». Форма доступа: www.glossary.ru
5. Электронный ресурс «Публичная интернет-библиотека. Специализация: отечественная периодика». Форма доступа: www.public.ru
6. Электронный ресурс «Консультант Плюс» - www.consultant.ru
7. Электронный ресурс «Энергетика. Электротехника. Связь. Первое отраслевое электронное СМИ ЭЛ № ФС77-70160» Форма доступа: <https://www.ruscable.ru/info/pue/>
8. Электронный ресурс «Электроснабжение: электронный учебно-методический комплекс» Форма доступа <http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/vveden.htm#>
9. Электронный ресурс «Электрика на производстве и в доме». Форма доступа <http://fazaa.ru>
10. Электронный ресурс «Советы электрика, энергетика». Форма доступа <http://ceshka.ru>