

БПОУ ВО «Грязовецкий политехнический техникум»

Методические рекомендации
по организации внеаудиторной самостоятельной
работы студентов по профессиональному
модулю:

**ПМ. 02 «ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

Специальность: 35.02.08

Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

г. Грязовец

2018 г.

Рассмотрено

цикловой комиссией по общепрофессиональным
дисциплинам и профессиональным модулям
отделения «Электрификация
и автоматизация сельского хозяйства»

Согласовано

зам. директора по ОМР

 Е. А. Ткаченко
« 30 » августа 2018 г.

Протокол №__1__ от « 30 » августа 2018 г.

Председатель комиссии:

 Т. В. Невзорова

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной внеаудиторной работы по ПМ. 02 «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» предназначены для студентов 2, 3 курса специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Внеаудиторная самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования общих и профессиональных компетенций
- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. По профессиональному модулю ПМ. 02 «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» используются следующие виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы: выполнение, подготовка сообщений, докладов, презентаций, конспектов, расчетных заданий, работа с источниками.

Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов используются зачеты, тестирование, защита практических работ, контрольные работы.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- ✓ уровень освоения студентом учебного материала;

- ✓ умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- ✓ сформированность общеучебных умений;
- ✓ уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- ✓ обоснованность и четкость изложения ответа;
- ✓ оформление материала в соответствии с требованиями;
- ✓ уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- ✓ уровень умения определить, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- ✓ уровень умения сформулировать собственную позицию, оценку и аргументировать ее.

Задания для внеаудиторной самостоятельной работы по ПМ. 02 «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» рассчитаны на 180 часов.

Задания составлены на основе рабочей программы по ПМ. 02 «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» по специальности среднего профессионального образования 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Для полного овладения знаниями и умениями, студенту необходимо заниматься внеаудиторной самостоятельной работой в течение учебного года.

Вопросы и задания на самостоятельную работу определяются преподавателем и охватывают учебный материал, который не рассматривается на аудиторных занятиях.

Задание на самостоятельную работу включает:

- работа с конспектом и учебной литературой;
- подготовка к тестированию;
- подготовка к практическим работам, оформление отчетов;
- подготовка к занятиям по курсовому проектированию;

В качестве видов контроля предусмотрено:

- наблюдение и оценка выполнения практических работ;
- оценка по результатам тестирования;
- оценка по результатам устного (и/или письменного) опроса;
- оценка по результатам выполнения и оформления курсового проектирования.

Введение

Назначение данного пособия – оказание методической помощи студенту в выполнении самостоятельной внеаудиторной работы.

Самостоятельная работа студентов – одно из основополагающих требований ФГОС СПО. Все более становится очевидным, что в процессе подготовки специалиста главным является не усвоение готовых знаний, а развитие у выпускников способностей к овладению методами познания, дающими возможность самостоятельно добывать знания, творчески их использовать на основе известных или вновь созданных способов и средств деятельности. Меняется сама парадигма конечной образовательной цели: от «специалиста-исполнителя» – к компетентному «профессионалу-исследователю». Стать таким специалистом без хорошо сформированных умений и навыков самостоятельной учебной деятельности невозможно. В рамках требований ФГОС СПО к уровню подготовки выпускников они должны: быть способными к самостоятельному поиску истины, к системному действию в профессиональной ситуации, к анализу и проектированию своей деятельности; обладать стремлением к самосовершенствованию (самосознанию, самоконтролю, саморегуляции, саморазвитию); стремиться к творческой самореализации.

Самостоятельная работа студентов – это активные формы индивидуальной и коллективной деятельности, направленные на закрепление, расширение и систематизацию пройденного материала по темам профессионального модуля ПМ.02. Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий студентов, целями которой являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать различные информационные источники: нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся, студентов могут быть использованы семинарские занятия, зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др. Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общих и профессиональных компетенций;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов, может проходить в письменной, устной или смешанной форме, с представлением продукта творческой деятельности студента.

Виды самостоятельной работы:

- *по овладению знаниями*: чтение текста учебника, дополнительной литературы; составление плана; составление таблицы; учебно-исследовательская работа;
- *по закреплению и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции; работа с учебником, дополнительной литературой; подготовка сообщений к выступлению на семинаре; подготовка рефератов, докладов;
- *по формированию умений и навыков*: решение проблемных вопросов.

Критерии оценивания

- «5» – задание выполнено полностью;
- «4» – выполнено 70% - 90% от всего объема задания;
- «3» – выполнено менее 70% от всего объема задания;
- «2» – выполнено менее 50% от всего объема задания.

Методические рекомендации студентам по содержанию и оформлению внеаудиторной самостоятельной работы

1. Создание презентаций

Презентация — представляет собой последовательность слайдов, содержащих текст, рисунки, фотографии, анимацию, видео и звук. Цель презентации — донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации в удобной форме.

Требования к оформлению:

1. Не перегружать слайды текстом. Дизайн должен быть простым, а текст — коротким.

2. Наиболее важный материал лучше выделить курсивом, подчеркиванием, жирным шрифтом, прописные буквы рекомендуется использовать только для смыслового выделения фрагмента текста

3. Не следует использовать много мультимедийных эффектов анимации.

4. Чтобы обеспечить хорошую читаемость презентации необходимо подобрать темный цвет фона и светлый цвет шрифта.

Размер шрифта: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); тип шрифта: для основного текста гладкий шрифт без засечек (Arial, Tahoma, Verdana), для заголовка можно использовать декоративный шрифт, если он хорошо читаем.

5. Иллюстрации рекомендуется сопровождать пояснительным текстом.

6. Если графическое изображение используется в качестве фона, то текст на этом фоне должен быть хорошо читаем.

7. Оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от его содержательной части.

8. Все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле.

9. Текст презентации должен быть написан без орфографических и пунктуационных ошибок. Необходимо отрепетировать показ презентации и свое выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом (на экране компьютера или проекционном экране), обстановке, максимально приближенной к реальным условиям выступления.

2. Подготовка конспекта (работа с учебником, дополнительной литературой).

Конспектирование — процесс мысленной переработки и письменной фиксации информации в виде краткого изложения основного содержания, смысла какого-либо текста. Результат конспектирования — запись, позволяющая конспектирующему немедленно или через некоторый срок с нужной полнотой восстановить полученную информацию. Для того, чтобы осуществлять этот вид работы, в каждом конкретном случае необходимо грамотно решить следующие задачи:

1. Сориентироваться в общей композиции текста (уметь определить вступление, основную часть, заключение).
2. Увидеть логико-смысловую канву сообщения, понять систему изложения автором информации в целом, а также ход развития каждой отдельной мысли.
3. Выявить «ключевые» мысли, т.е. основные смысловые вехи, на которые «нанизано» все содержание текста.
4. Определить детализирующую информацию.
5. Лаконично сформулировать основную информацию, не перенося на письмо все целиком и дословно.

Как конспектировать текст

Выделение главной мысли — одна из основ умственной культуры при работе с текстом. Во всяком научном тексте содержится информация 2-х видов: основная и вспомогательная. Основной является информация, имеющая наиболее существенное значение для раскрытия содержания темы или вопроса. К ней относятся: определения научных понятий, формулировки законов, теоретических принципов и т.д. Назначение вспомогательной информации - помочь читателю лучше усвоить предлагаемый материал. К этому типу информации относятся разного рода комментарии.

Формы конспектов:

1. Формализованные (все записи вносятся в заранее подготовленные таблицы). Это удобно при конспектировании материалов, когда перечень характеристик описываемых предметов или явлений более или менее постоянен.
2. Графические (элементы конспектируемой работы располагаются в таком виде, при котором видна иерархия понятий и взаимосвязь между ними). По каждой работе может быть не один, а несколько графических конспектов, отображающих книгу в целом и отдельные ее части. Ведение графического конспекта — наиболее совершенный способ изображения внутренней структуры книги, а сам этот процесс помогает усвоению ее содержания.

Типы конспектов: плановый, текстуальный, сводный, тематический.

Плановый — легко получить с помощью предварительно сделанного плана произведения, каждому вопросу плана отвечает определенная часть конспекта:

Текстуальный — это конспект, созданный в основном из цитат.

Сводный конспект — сочетает выписки, цитаты, иногда тезисы; часть его текста может быть снабжена планом.

Тематический — дает более или менее исчерпывающий ответ (в зависимости из числа привлеченных источников и другого материала, например, своих же записей) на поставленный.

Роль конспекта — чисто учебная: он помогает зафиксировать основные понятия и положения первичного текста и в нужный момент их воспроизвести, например, при написании реферата или подготовке к экзамену.

Способы конспектирования.

Тезисы — это кратко сформулированные основные мысли, положения изучаемого материала. Тезисы лаконично выражают суть читаемого, дают возможность раскрыть содержание.

Линейно-последовательная запись текста. При конспектировании линейно — последовательным способом целесообразно использование плакатно-оформительских средств, которые включают в себя следующие:

- сдвиг текста конспекта по горизонтали, по вертикали;
- выделение жирным (или другим) шрифтом особо значимых слов;
- использование различных цветов;
- подчеркивание;
- заключение в рамку главной информации.

Способ «вопросов - ответов». Он заключается в том, что, поделив страницу тетради пополам вертикальной чертой, конспектирующий в левой части страницы самостоятельно формулирует вопросы или проблемы, затронутые в данном тексте, а в правой части дает ответы на них.

Схема с фрагментами — способ конспектирования, позволяющий ярче выявить структуру текста, — при этом фрагменты текста (опорные слова, словосочетания, пояснения всякого рода) в сочетании с графикой помогают созданию рационально - лаконичного конспекта.

Простая схема — способ конспектирования, близкий к схеме с фрагментами, объяснений к которой конспектирующий не пишет, но должен уметь давать их устно.

Параллельный способ конспектирования. Конспект оформляется на двух листах параллельно или один лист делится вертикальной чертой пополам и записи делаются в правой и в левой части листа.

Комбинированный конспект — вершина овладения рациональным конспектированием. При этом умело используются все перечисленные способы, сочетая их в одном конспекте (один из видов конспекта свободно перетекает в

другой в зависимости от конспектируемого текста, от желания и умения конспектирующего). Именно при комбинированном конспекте более всего проявляется уровень подготовки и индивидуальность студента.

Принципы составления конспекта прочитанного

1. Записать все выходные данные источника: автор, название, год и место издания. Если текст взят из периодического издания (газеты или журнала), то записать его название, год, месяц, номер, число, место издания.

2. Выделить поля слева или справа, можно с обеих сторон. Слева на полях отмечаются страницы оригинала, структурные разделы статьи или книги (названия параграфов, подзаголовки и т. п.), формулируются основные проблемы. Справа - способы фиксации прочитанной информации.

3. Подготовка доклада

Работу по подготовке доклада можно подразделить на две основные фазы:

- планирование и подготовку доклада;
- практическая реализация доклада.

В подготовительной фазе необходимо учитывать три фактора:

Во-первых, тему и цель выступления, которые обычно задаются учителем.

Во-вторых, участников и аудиторию, которые также не выбираются выступающим, как правило, это класс и учебная аудитория, в которой проводится урок, семинар.

В-третьих, условия: место и время.

Эффективность доклада на учебном семинаре оценивается по трем критериям:

1. Соответствие содержания доклада его цели и задачам.
2. Степень и характер активности слушателей во время доклада.
3. Степень влияния услышанного как на интеллект, так и на чувства слушателей.

1.1 Планирование доклада

Планирование доклада зависит от темы доклада, целей и задач, стоящих перед выступающим, его индивидуальных особенностей, от состава аудитории, в которой предстоит выступить.

Цель доклада состоит в том, чтобы представить новую информацию, которая требует осмысления и убедить – побудить слушателей к действию, сделать так, чтобы они приняли или изменили свою точку зрения на излагаемую проблему.

Цель доклада закладывается в стержневую идею – это основной тезис, который необходимо ясно сформулировать с самого начала.

Требования к стержневой идее доклада:

фраза должна утверждать главную мысль и соответствовать цели доклада;

суждение должно быть кратким, ясным, легко удерживаться в кратковременной памяти;

мысль должна пониматься однозначно, не заключать в себе противоречия.

Тема доклада должна быть конкретизирована, интересна, понятна для аудитории. Выступающий должен владеть темой. Это значит, что все факты должны быть собраны, систематизированы, изучены, причем, они должны освещать явление со всех сторон.

1. 2. Поиск и подбор материалов

Чтобы доклад получился содержательным, лучше использовать не один источник, а несколько.

Подбор примеров из практики (общественной и индивидуальной) для иллюстрации и доходчивого разъяснения сложных теоретических вопросов. Необходимо использовать и так называемый местный материал.

1.3. Структура доклада

Под структурой доклада понимается его построение, соотношение его отдельных частей и отношение каждой части ко всему докладу как единому целому.

Основными элементами структуры доклада являются:

1. Введение, которым докладчик привлекает внимание слушателей и настраивает их на тему своего выступления.

2. Основная часть, в которой раскрываются главные пункты доклада.

3. Заключение, в котором подводятся итоги.

Примерное распределение времени:

вступление– 10-15%;

основная часть – 60-65%;

заключение – 20-30%.

Цель введения – привлечь внимание слушателей и ориентировать их на материал, который будет представлен в докладе.

В *Основной части доклада* разворачивается стержневая идея, раскрываются ее аспекты. В ней излагается основной материал, последовательно разъясняются выдвинутые идеи и положения, доказываются их правильность, слушатели подводятся к необходимым выводам.

План развития основной части должен быть ясным. Предмет доклада должен раскрываться конкретно и стройно. Должно быть подобрано как можно больше фактологических материалов и необходимых примеров. Оживляют выступление

примеры из художественной литературы, пословицы, поговорки, фразеологические выражения. Даже в серьезную по содержанию речь уместно ввести элементы юмора.

Продумывая структуру своего доклада, ученик не должен забывать о поддержании внимания, которое со временем притупляется и человек перестает слушать.

Излагая основную часть доклада очень важно не перерасходовать время, обязательно оставив его для заключения.

Заключение является важной композиционной частью любого доклада. В заключении подводятся итоги, формулируются выводы, которые следуют из главной цели основной идеи выступления или аудитория побуждается к определенным действиям.

Некоторые исследователи коммуникаций предлагают закончить доклад обобщением, т.е. можно еще раз подчеркнуть важность проблемы, верность основной идеи, плодотворность использованного метода, при этом используя такие приемы, как: личный опыт, юмор, иллюстрации.

4. Реферат (от латинского *refero* – докладываю, сообщаю) – краткое изложение в письменном виде или в форме публичного выступления содержания научной работы, результатов изучения научной проблемы, обзор соответствующих литературных и других источников. Как правило, реферат имеет научно-информационное назначение.

Это самостоятельная работа обучающегося и студента, в которой раскрывается суть исследуемой проблемы, изложение материала носит проблемно-тематический характер, показываются различные точки зрения на проблему. Содержание реферата должно быть логичным.

Выбор темы реферата определяется студентами самостоятельно в соответствии с перечнем тем рефератов. Темы рефератов разрабатывает преподаватель учебной дисциплины.

Содержание реферата

Реферат, как правило, содержит следующие структурные элементы:

1. титульный лист
2. оглавление
3. введение
4. основная часть
5. заключение
6. список использованных источников
7. приложения (при необходимости)

Титульный лист оформляется в соответствии с требованиями учебного заведения.

В оглавлении приводятся наименования структурных частей реферата, глав и параграфов его основной части с указанием номера страницы, с которой начинается соответствующая часть, глава, параграф.

Заголовок «ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ» в содержании реферата быть не должно.

Во введении дается общая характеристика реферата: обоснование темы реферата, ее актуальность, значимость; перечисление вопросов, рассматриваемых в реферате; определение целей и задач работы; обзор источников и литературы. Введение должно быть кратким.

В основной части излагается содержание темы. Эту часть рекомендуется разделить на 2 - 4 вопроса, раскрывающих сущность проблемы. Увеличивать число вопросов не следует, так как это приведет к их поверхностной разработке или значительному превышению объема реферата. Изложение каждого вопроса надо четко ограничивать с тем, чтобы можно было ясно видеть, где начинается и где заканчивается их освещение.

Содержание основной части должно точно соответствовать теме реферата и полностью её раскрывать.

Обязательным для реферата является логическая связь между главами и последовательное развитие основной темы на протяжении всей работы, самостоятельное изложение материала, аргументированность выводов. Также обязательным является наличие в основной части реферата ссылок на использованные источники.

В заключении подводятся итоги и даются обобщенные основные выводы по теме реферата. Заключение должно кратко характеризовать решение всех поставленных во введении задач и достижение цели реферата. В заключении студент также может изложить собственные впечатления и мнения, указать те проблемные вопросы, которые остались невыясненными и заслуживают дополнительного исследования.

Список использованных источников является составной частью работы и отражает степень изученности рассматриваемой проблемы. Количество источников в списке определяется студентом самостоятельно, для реферата их должно быть не менее 5-7.

В приложения следует относить вспомогательный материал, который при включении в основную часть работы загромождает текст (таблицы, графики, схемы, инструкции, формы документов и т.п.).

Внимание! Допускается включение таблиц, графиков, схем как в основном тексте, так и в качестве приложений.

Этапы работы над рефератом

Выполнение реферата целесообразно разделить на следующие этапы:

➤ выбор темы

Тему реферата следует выбирать из тех разделов учебной дисциплины, которые являются наиболее сложными для понимания или вызывают научный интерес. Написание работы по таким темам поможет студентам более глубоко разобраться в сложных и трудных проблемах изучаемой дисциплины, ликвидировать пробелы, углубить знания по интересующей его научной проблеме и написать реферат творчески, высказав свое мнение по существу.

➤ ***подбор и изучение литературы, сбор и обработка фактического и статистического материала***

После выбора темы необходимо составить список необходимой литературы, подобрать ее и изучить. Начинать эту работу следует с исследования перечня рекомендованной литературы, интернет-источников. При изучении литературы можно делать выписки из книг и статей основных положений, теоретических выводов, определений, доказательств, статистических данных и т. п. Для написания реферата нужны не только литературные источники, но и статистические, нормативные материалы, на основе которых можно сделать обоснованные выводы о происходящих процессах и явлениях.

➤ ***составление плана основной части реферата***

После подбора и изучения литературы студент должен составить тщательно продуманный план реферата, который призван способствовать более полному раскрытию основных ее вопросов. План работы тесно связан с её структурой. Но раз дана структура работы, состоящая из введения, основного раздела и заключения, то задача студента состоит в том, чтобы определить 3 - 4 вопроса основной ее части, соблюдая их взаимосвязь и последовательность изложения.

➤ ***написание реферата***

При написании реферата **ВАЖНО** учитывать следующие моменты:

Реферат НЕ копирует дословно книги и статьи и НЕ является конспектом.

Реферат НЕ пишется по одному источнику и НЕ является докладом.

При цитировании необходимо соблюдать следующие правила: текст цитаты заключается в кавычки и приводится без изменений, без произвольного сокращения цитируемого фрагмента (пропуск слов, предложений или абзацев допускается, если не влечет искажения всего фрагмента, и обозначается многоточием, которое ставится на месте пропуска) и без искажения смысла;

каждая цитата должна сопровождаться ссылкой на источник, библиографическое описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов.

Для наглядности изложения можно сопровождать текст рисунками, таблицами. Фотографии, рисунки, карты, схемы, таблицы могут содержаться как в самом тексте, так и в виде приложения к работе. Все иллюстрации и таблицы нумеруются. Если они находятся в приложении, то в тексте обязательно делается на них ссылка.

Внимание! Объем реферата (без приложений) составляет 7-10 страниц

При оформлении реферата необходимо соблюдать следующие требования:

- реферат выполняется на листах А4, на одной стороне листа,
- шрифт – Times New Roman , размер 14 пт,
- междустрочный интервал – 1,5,
- выравнивание по ширине страницы,
- отступ красной строки одинаковый по всему тексту
- поля на странице: левое – 2 см, правое – 1 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2 см.

Все страницы работы нумеруются арабскими цифрами. Нумерация должна быть сквозной, от титульного до последнего листа текста. На титульном листе нумерация страниц *не проставляется*.

Заголовки разделов и подразделов печатать на отдельной строке с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая, выравнивание – по центру.

Внимание! Каждый новый раздел, параграф начинается с новой страницы.

Список использованных источников должен формироваться в алфавитном порядке по фамилии авторов (см. образец)

Список использованной литературы оформляется следующим образом:

- порядковый номер в списке;
- фамилия и инициалы автора;
- название книги (для статьи её заглавие, название сборника или журнала, его номер);
- место и год выпуска.

Приложения следует оформлять как продолжение реферата на его последующих страницах.

Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. Вверху страницы справа указывается слово «Приложение» и его номер. Приложение должно иметь заголовок, который располагается по центру листа отдельной строкой и печатается прописными буквами.

Приложения следует нумеровать порядковой нумерацией арабскими цифрами.

На все приложения в тексте работы должны быть ссылки. Располагать приложения следует в порядке появления ссылок на них в тексте.

➤ **защита реферата**

Защита реферата заключается в кратком изложении проделанной работы и ответах на вопросы преподавателя по указанной теме. Сообщение должно отражать ключевые моменты работы, регламент – 5-7 минут.

По результатам защиты реферата выставляется оценка за выполненный реферат.

Оценку «отлично» получают работы, в которых делаются самостоятельные выводы, дается аргументированная критика и самостоятельный анализ фактического материала на основе глубоких знаний литературы по данной теме.

Оценка «хорошо» ставится тогда, когда в работе, выполненной на достаточном теоретическом уровне, полно и всесторонне освещаются вопросы темы, но нет должной степени самостоятельности.

Оценку «удовлетворительно» имеют работы, в которых правильно освещены основные вопросы темы, но не проявилось умение логически стройного их изложения, самостоятельного анализа источников, содержатся отдельные ошибочные положения.

Оценку «неудовлетворительно» студент получает в случае, когда не может ответить на замечания, не владеет материалом работы, не в состоянии дать объяснения выводам и теоретическим положениям данной проблемы. В этом случае студенту предстоит повторная защита.

5. Решение задач.

Задача — это цель, заданная в определенных условиях, решение задачи – процесс достижения поставленной цели, поиск необходимых для этого средств.

Алгоритм решения задач:

1. Внимательно прочитайте условие задания и уясните основной вопрос, представьте процессы и явления, описанные в условии.
2. Повторно прочтите условие для того, чтобы чётко представить основной вопрос, проблему, цель решения, заданные величины, опираясь на которые можно вести поиски решения.
3. Произведите краткую запись условия задания.
4. Определите метод решения задания, составьте план решения.
5. Запишите основные понятия, формулы, описывающие процессы, предложенные заданной системой.
6. Найдите решение в общем виде, выразив искомые величины через заданные.
7. Проверьте правильность решения задания.
8. Произведите оценку реальности полученного решения.
9. Запишите ответ.

МДК 02.01 «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций»

Раздел 1. Электрические сети, оборудование систем сельскохозяйственного назначения.

Тема 1.1. Производство электрической энергии.

Тема 1.2. Внутренние электропроводки.

Тема 1.3. Устройство наружных электрических сетей.

Тема 1.4. Электрические нагрузки.

Тема 1.5. Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

Тема 1.6. Токи короткого замыкания.

Тема 1.7. Электрическая аппаратура.

Тема 1.8. Трансформаторные подстанции.

Тема 1.9. Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

Тема 1.10. Утилизация и ликвидация отходов электрического хозяйства.

Раздел 2. Обслуживание электрооборудования и систем электроснабжения в сельскохозяйственном производстве.

Тема 2.1. Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

Тема 2.2. Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.

Тема 2.3. Эксплуатация, ремонт и монтаж резервных электростанций.

Тема 2.4. Эксплуатация и монтаж распределительных устройств.

Курсовой проект

Руководство к изучению теоретического курса представляет собой план изучения раздела по темам с рекомендуемым списком литературы.

Таблица распределения количества часов

№ п/п	Раздел МДК, перечень заданий	Кол-во часов	Вид самостоятельной внеаудиторной работы	Форма организации и контроля
	МДК 02.01 «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций»			
	<i>Раздел 1. Электрические сети, оборудование систем сельскохозяйственного назначения.</i>			
1.	Тема 1.1. Производство электрической энергии.	10	Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к письменному опросу (устному) по теме.	Письменный (устный) опрос, тестовый контроль
			Реферат или презентация на тему «История возникновения и этапы развития электрификации».	Выступление на уроке, защита презентации.
			Реферат или презентация на тему «Возобновляемые источники электроэнергии»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты
2.	Тема 1.2. Внутренние электропроводки.	10	Презентации и доклады на темы: «Конструкция проводов внутренних электропроводок» «Конструкция кабелей, применяемых в сельскохозяйственных предприятиях»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты
3.	Тема 1.3. Устройство наружных электрических сетей.	10	Презентации и доклады на темы: «Изолированные провода воздушных линий СИП»; «Устройство и характеристика проводов воздушных линий А и АС»	Выступление на уроке, защита презентации.

			«Конструкция опор воздушных линий»	
			Выполнение рефератов по темам: «Типы опор воздушных линий. Применение опор. Конструкция опор» «Конструкция кабеля. Способы прокладки кабеля. Преимущества кабельных линий» «Конструкция проводов СИП-1, СИП-2, СИП-3, СИП-4» «Выполнение монтажа воздушных линий голыми проводами» «Выполнение монтажа воздушных линий проводами СИП»	Выступление на уроке.
4.	Тема 1.4. Электрические нагрузки.	10	Презентации и доклады на темы: «Построение годовых графиков нагрузок» «Расчет электрических нагрузок методом коэффициента одновременности» «Расчет электрических нагрузок методом добавок»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты
5.	Тема 1.5. Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.	10	Презентации и доклады на темы: «Выбор сечения воздушных линий методом экономических интервалов» «Выбор сечения воздушных линий методом экономической плотности тока» «Замкнутые сети. Схемы замкнутых сетей. Особенности расчета замкнутых сетей»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты

6.	Тема 1.6. Токи короткого замыкания.	10	Презентации и доклады на темы: «Причины возникновения и виды токов короткого замыкания. Начальный период тока КЗ» «Виды защит от токов короткого замыкания в сетях 0,38 кВ и 10 кВ» «Способ расчета токов короткого замыкания методом именованных единиц»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты
7.	Тема 1.7. Электрическая аппаратура.	10	Презентации и доклады на темы: «Конструкции электрических контактов. Классификация по назначению»; «Изоляторы электрических установок» «Автоматические воздушные выключатели»; «Плавкие предохранители для защиты линий электропередач и оборудования»; «Разъединительная аппаратура до 1 кВ и выше 1 кВ»; «Измерительные трансформаторы»; «Выключатели нагрузки» «Масляные выключатели»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты
8.	Тема 1.8. Трансформаторные подстанции.	10	Презентации и доклады на темы: «Конструкция и принцип действия силовых трансформаторов ТМГ»; «Комплектование трансформаторных подстанций КТП-10/0,4 кВ»; «Монтаж трансформаторных подстанций киоскового типа»; «Монтаж трансформаторных	Выступление на уроке, защита презентации.

			подстанций мачтового типа»; «Монтаж трансформаторных подстанций комплектного типа»	
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты
9.	Тема 1.9. Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.	10	Презентации и доклады на темы: «Устройство, применение, принцип действия электромагнитных реле»; «Устройство, применение, принцип действия индукционных реле» «Максимальная токовая защита»; «Токовая отсечка» «Автоматическое повторное включение»; «Автоматическое включение резервного питания»; «Источники оперативного тока»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя	Отчет по задаче с помощью инструкционной карты
10	Тема 1.10. Утилизация и ликвидация отходов электрического хозяйства.	10	Рефераты на темы: «Утилизация отходов ядерной энергетики»; «Утилизация золошлаковых отходов» «Способы уменьшения выбросов ТЭС в окружающую среду»; «Ртутные лампы – правильная утилизация» «Утилизация люминесцентных ламп»; «Влияние сельскохозяйственных объектов на окружающую среду»; «Охрана окружающей среды в животноводстве» «Охрана окружающей среды в птицеводстве»; «Охрана окружающей среды в свиноводстве»	Выступление на уроке
11	Курсовой проект	28	Выполнение пунктов заданий.	Защита курсового проекта

	По 1 разделу	128		
	<i>Раздел 2. Обслуживание электрооборудования и систем электроснабжения в сельскохозяйственном производстве.</i>			
12	Тема 2.1. Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.	16	Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию.	Подготовка к тестам или фронтальному опросу.
			Рефераты и презентации на темы: «Монтаж внутренних электропроводок» «Монтаж воздушных линий электропередач» «Монтаж изолированных проводов» «Испытания воздушных и кабельных линий» «Методы определения мест повреждения на кабельных линиях»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Выполнить тестовое задание.	Отчет по результатам теста.
13	Тема 2.2. Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.	16	Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию.	Подготовка к тестам или фронтальному опросу.
			Доклады и презентации на темы: «Монтаж трансформаторной подстанции на заглубленном фундаменте»; «Проведение капитального ремонта силовых трансформаторов»	Выступление на уроке, защита презентации.
			Работа со схемой трансформаторной подстанции.	Отчет по пунктам задания.
14	Тема 2.3. Эксплуатация, ремонт и монтаж резервных электростанций.	10	Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию.	Подготовка к тестам или фронтальному опросу.
15	Тема 2.4. Эксплуатация и монтаж распределительных устройств.	10	Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию.	Подготовка к тестам или фронтальному опросу.
	По 2 разделу	52		

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

МДК 02.01 «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций»

РАЗДЕЛ 1. «Электрические сети, оборудование систем сельскохозяйственного назначения»

Тема 1.1. Производство электрической энергии.

Задание 1.

Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к письменному опросу (устному) по теме.

Цель задания: Закрепление и систематизация знаний студентов по теме.

Методические указания по выполнению задания для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Внимательно прочитайте учебный материал, изложенный в опорном конспекте и учебной литературе.

2. Подготовьтесь к выполнению письменного (устному) опроса, для чего рекомендуется повторить и проанализировать изученный учебный материал.

Ответить на вопросы:

- Какие типы подстанций вырабатывают электроэнергию?
- Процесс получения электроэнергии на тепловых электростанциях.
- Основные показатели качества электроэнергии.
- Что такое отклонение напряжения?
- Категории потребителей по надежности электроснабжения.
- Средства и мероприятия по повышению надежности электроснабжения.
- Какие бывают способы исполнения нейтрали?

Форма отчетности: Письменный (устный) опрос, тестовый контроль

ЗАДАНИЕ 2.

Реферат или презентация на тему «История возникновения и этапы развития электрификации».

Цель задания:

углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации.

ЗАДАНИЕ 3.

Реферат или презентация на тему «Возобновляемые источники электроэнергии»

Цель задания:

углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.

2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

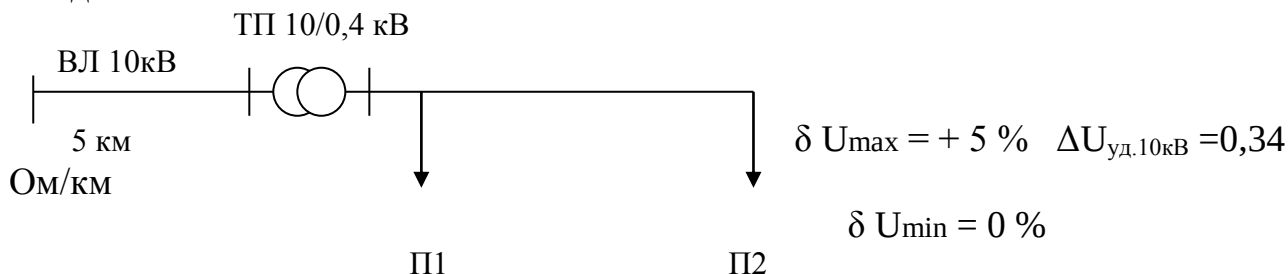
Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации.

Задание 4. Выполнение расчетных задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя:

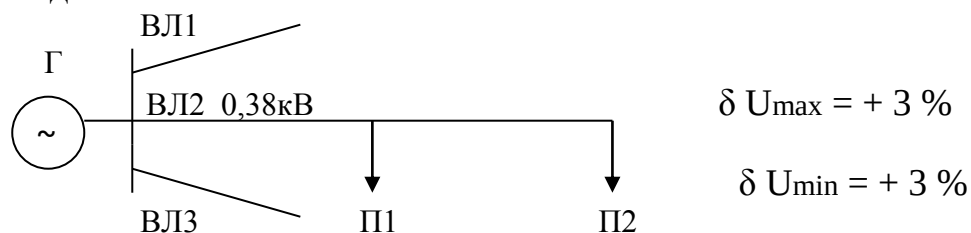
Задание:

1. Составить таблицу отклонений и потерь напряжений.
2. Выбрать регулировочное ответвление трансформатора ТП10/0,4кВ.
3. Определить потери на ВЛ 0,38кВ и ВЛ 10кВ.
4. Записать результаты в таблицу и проверить баланс напряжений для передаваемой мощности 25%, сравнивая результат с допустимым значением.

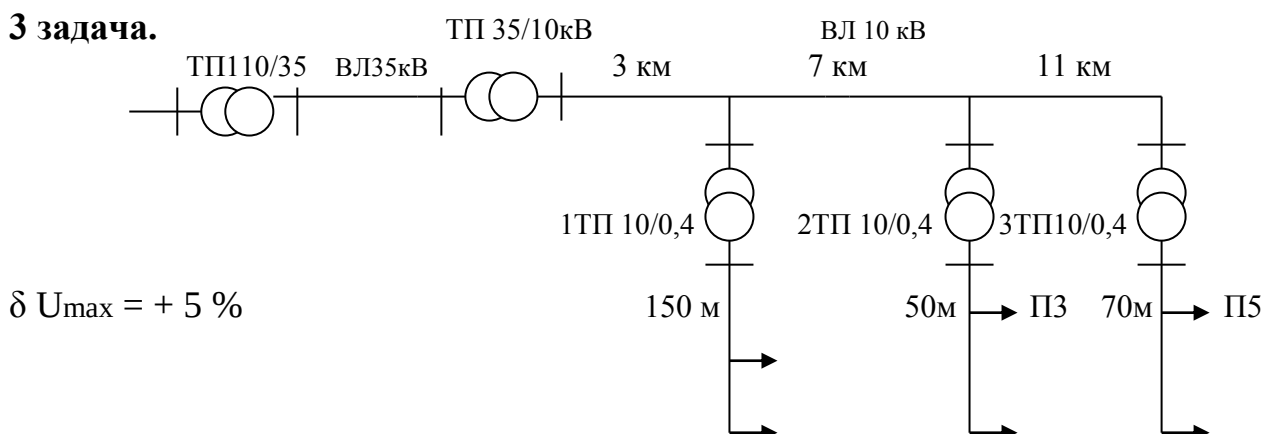
1 задача.



2 задача.



3 задача.



$$\delta U_{\min} = 0 \%$$

П1

П2

П4

П6

$$\Delta U_{\text{уд } 10} = 0,31 \text{ Ом/км}$$

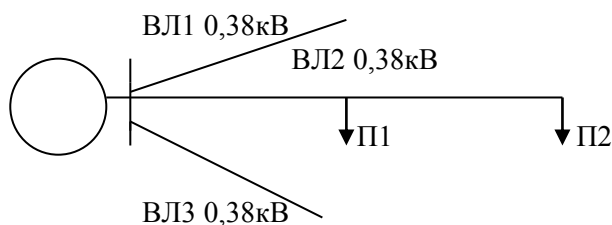
Методические указания для выполнения задач

Алгоритм составления таблицы отклонений и потерь напряжения:

1. Выбрать центр питания системы;
2. Выписать элементы рассчитываемой системы в таблицу;
3. Вписать в таблицу известные параметры;
4. Определить потери напряжения в линии, исходя из формулы баланса отклонений и потерь напряжения;
5. Проверить правильность выбора трансформаторной надбавки с помощью формулы баланса для потребителей в режиме «передаваемая мощность 25%».

Пример составления таблицы отклонений и потерь напряжения для линий 0,38 кВ.

Составить таблицу отклонений и потерь в линии напряжением 0,38 кВ системы электроснабжения животноводческой фермы, состоящей из генератора резервной электростанции, распределительного устройства напряжением 0,38кВ и отходящих линий напряжением 0,38кВ. Отклонение напряжения на зажимах генератора равно +5%.



Решение:

1. составляем таблицу и вносим элементы схемы

Параметр элемента схемы	Передаваемая мощность	
	100%	25%
Отклонение напряжения на шинах генератора $\delta U_{\text{пит.}}$	+5	+5
Потери напряжения на линии напряжением 0,38кВ $\Delta U_{\text{л}}$	-10	0
Отклонение напряжения у потребителей $\delta U_{\text{потр}}$	-5	+5

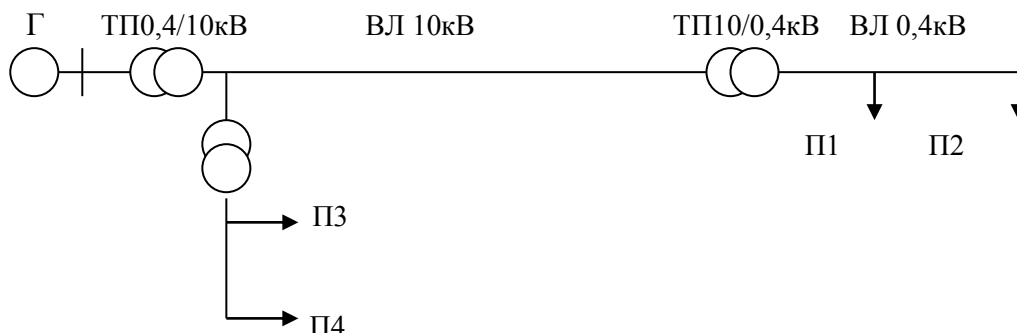
2. вносим в таблицу известные параметры передаваемой мощности 100% и 25% ($\delta U_{\text{пит.}}^{100}$, $\delta U_{\text{потр.}}^{25}$)

3. определяем потери напряжения в линии по балансу мощностей:

$$\delta U_{\text{пит.}} - \delta U_{\text{потр.}} = +5 - (-5) = 10\%$$

4. определяем отклонение напряжения у потребителя передаваемой мощности 25%: $\delta U_{\text{пит.}} - \delta U_{\text{л.}} = +5 + 0 = +5\%$.

**Пример составления таблицы отклонений и потерь напряжения
для систем 10/0,4 кВ.**



Рассмотрим **режим постоянного напряжения на генераторе**, т.е. $\delta U_{пит.}^{100} = \delta U_{пит.}^{25} = +5\%$.

При таком режиме необходимо рассматривать отдельно удаленную и ближайшую нагрузки на линии.

Составляем таблицу отклонений:

Элементы системы			Отклонение напряжения, %			
			на удаленном ТП		на ближайшем ТП	
			при нагрузке, %			
			100	25	100	25
Генератор			+5	+5	+5	+5
Трансформатор 0,4/10 кВ	надбавка		0	0	0	0
	потери		- 4	- 1	- 4	- 1
ВЛ 10кВ			- 2	- 0,5	0	0
Трансформатор 10/0,4 кВ	надбавка		+2,5	+2,5	0	0
	потери		- 4	- 1	- 4	- 1
ВЛ 0,4кВ			- 2,5	0	- 2	0
Потребитель			- 5	+ 5	- 5	+ 3

Вносим в таблицу известные величины: отклонения напряжения на генераторе, надбавки повышающего трансформатора ТП 0,4/10кВ (равные нулю), потери напряжения в трансформаторах

(- 4% и - 1%). Учитываем допустимые отклонения напряжения на потребителе при полной нагрузке

$\delta U_{потр.}^{100} = - 5\%$. Задаемся надбавкой трансформатора ТП 10/0,4кВ, которая может быть от нуля до 10%. Выбираем надбавку, равную + 2,5%. Тогда допустимая потеря напряжения в линиях 10кВ и 0,38кВ при полной нагрузке составит: $\Delta U_{доп.}^{100} = +5 + 2,5 - 4 - 4 - (- 5) = 4,5\%$.

Можно распределить потерю напряжения пополам между линиями или определить потерю в линии ВЛ 0,38кВ большей. В нашем случае 2% и 2,5%.

Отклонения напряжения у ближайшего потребителя ТП при минимальной нагрузке:

$$\delta U_{\text{П1}}^{25} = +5 + 2,5 - 1 - 0,5 - 1 = 5\%.$$

ТП 0,4/10 кВ расположена ближе к электрической станции и потерями напряжения в линии

ВЛ 10 кВ можно пренебречь. Выбираем надбавку на трансформаторе 0%, тогда допустимая потеря напряжения в линии ВЛ 0,38 кВ:

$$\Delta U_{\text{доп.}}^{100} = +5 - 4 - 4 - (-5) = 2\%.$$

Отклонение напряжения у ближайшего потребителя при минимальной нагрузке:

$$\delta U_{\text{ПЗ}}^{25} = +5 - 1 - 1 = +3\%.$$

Данные расчетов заносим в таблицу.

Рассмотрим **режим встречного регулирования напряжения на генераторе**, т.е. $\delta U_{\text{пит.}}^{100} = 10\%$ и $\delta U_{\text{пит.}}^{25} = 0\%$.

Составляем таблицу отклонений напряжений для этого случая.

Элементы системы			Отклонение напряжения, %			
			на удаленном ТП		на ближайшем ТП	
			при нагрузке, %			
			100	25	100	25
Генератор			+10	0	+10	0
Трансформатор 0,4/10 кВ	надбавка		0	0	0	0
	потери		- 4	- 1	- 4	- 1
ВЛ 10кВ			- 7	- 1,75	0	0
Трансформатор 10/0,4 кВ	надбавка		+7,5	+7,5	+2,5	+2,5
	потери		- 4	- 1	- 4	- 1
ВЛ 0,4кВ			- 7,5	0	- 9,5	0
Потребитель			- 5	+ 3,75	- 5	+ 0,5

Для удаленной ТП 10/0,4 кВ принимаем надбавку + 7,5 %:

$$\Delta U_{\text{П2}}^{100} = +10 + 7,5 - 4 - 4 - (-5) = 14,5\%.$$

$$\text{Тогда } \delta U_{\text{П1}}^{25} = +7,5 - 1 - 1 - 1,75 = +3,75\% < +5\%.$$

Для ближайшей ТП 0,4/10 берем надбавку + 2,5 %: $\Delta U_{\text{доп.}}^{100} = 10 - 4 + 2,5 - 4 - (-5) = 9,5\%$.

Тогда, отклонение напряжения на нагрузке ПЗ: $\delta U_{\text{ПЗ}}^{25} = 0 - 1 + 2,5 - 1 = +0,5\%$.

Данные расчетов заносим в таблицу.

Из расчетов видно, что применение встречного регулирования напряжения на генераторе дает увеличение допустимой потери напряжения в сети 10 кВ с 2% до 7%; в сети 0,38 кВ для наиболее удаленного ТП: с 2,5% до 7,5% и для ближайшего ТП: с 4,5% до 9,5%. Соответственно, можно уменьшить площадь сечения проводов сети.

Тема 1.2. Внутренние электропроводки.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

«Конструкция проводов внутренних электропроводок»

«Конструкция кабелей, применяемых в сельскохозяйственных предприятиях»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

ЗАДАНИЕ 2.

Решение задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя.

Цель задания: понять методику расчета и выбора сечений внутренних электропроводок и подготовиться к проведению практических работ.

Задача 1.

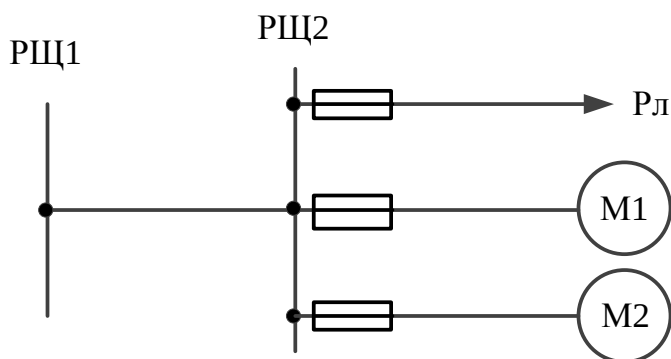
Сеть напряжением 380 В питает электродвигатели М1, М2 и осветительные приборы в мастерской. Определить способ прокладки, марку и сечение провода (кабеля) при защите линий предохранителями. $k_o = 1$.

Данные для расчета: пуск электродвигателя короткий.

М1: $P_{ном} = 15$ кВт; $I_{ном} = 29,3$ А; $k_{п} = 7$; $k_3 = 1$

М2: $P_{ном} = 45$ кВт; $I_{ном} = 82,6$ А; $k_{п} = 6,5$; $k_3 = 0,9$

Л: $P_{ном} = 12$ кВт; $k_3 = 1$



Задача 2.

От трансформаторной подстанции через распределительный щит РЩ получают питание мастерские. Определить способ прокладки линий электроснабжения, рассчитать токи уставки выключателей и выбрать площади сечений проводов (кабелей) по условию нагрева.

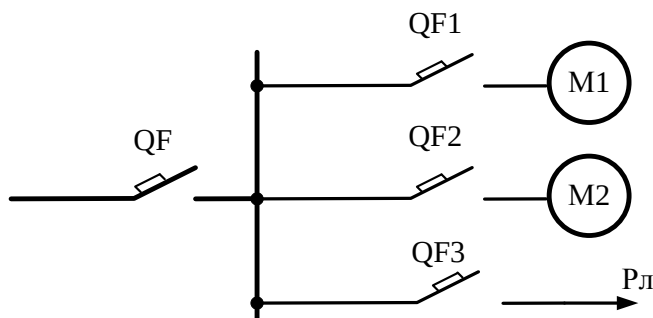
Данные для расчета: коэфф. одновременности работы потребителей $k_o = 0,9$

M1: $P_{номд.} = 22 \text{ кВт}$; $I_{ном} = 41,5 \text{ А}$; $k_{п} = 7,5$; $k_3 = 0,95$

M2: $P_{номд.} = 14 \text{ кВт}$; $I_{ном} = 28,5 \text{ А}$; $k_{п} = 6$; $k_3 = 0,8$

Л: $P_{ном} = 10 \text{ кВт}$; $k_3 = 1$

$U_{сети} = 380 \text{ В}$



Задача 3. Начертить расчетные схемы и выбрать сечения силовых проводок с учетом защиты предохранителями для животноводческого помещения. Нагрузки распределены на 3 линии. Одна содержит двигатель **M1**, вторая – двигатели **M2** и **M3**, от третьей получает питание нагрузка с активной мощностью $P_{л.}$ $U_n = 380 \text{ В}$, $K_o = 1$, $K_{з.дв.} = 0,9$.

Данные: $P_{н.д.1} = 8 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_1 = 0,83$; $\eta_1 = 0,9$; $K_{п1} = 6$; $P_{н.д.2} = 15 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_2 = 0,86$; $\eta_2 = 0,81$; $K_{п2} = 7$; $P_{н.д.3} = 3 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_3 = 0,80$; $\eta_3 = 0,8$; $K_{п3} = 6,5$; $P_{л} = 10 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_{л} = 0,9$.

Задача 4. Начертить расчетные схемы и выбрать сечения силовых проводок с учетом защиты предохранителями для мастерских. Нагрузки распределены на 3 линии. Одна содержит двигатель **M1**, вторая – двигатели **M2** и **M3**, от третьей получает питание нагрузка с активной мощностью $P_{л.}$ $U_n = 380 \text{ В}$, $K_o = 0,9$, $K_{з.дв.} = 0,85$.

Данные: $P_{н.д.1} = 30 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_1 = 0,82$; $\eta_1 = 0,87$; $K_{п1} = 7$; $P_{н.д.2} = 11 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_2 = 0,83$; $\eta_2 = 0,89$; $K_{п2} = 6$; $P_{н.д.3} = 18 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_3 = 0,85$; $\eta_3 = 0,9$; $K_{п3} = 6$; $P_{л} = 18 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_{л} = 0,6$.

Задача 5. Начертить расчетные схемы и выбрать сечения силовых проводок с учетом защиты предохранителями для животноводческого помещения. Нагрузки распределены на 3 линии. Одна содержит двигатель **M1**, вторая – двигатели **M2** и **M3**, от третьей получает питание нагрузка с активной мощностью $P_{л.}$ $U_n = 380 \text{ В}$, $K_o = 1$, $K_{з.дв.} = 0,82$.

Данные: $P_{н.д.1} = 11 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_1 = 0,86$; $\eta_1 = 0,88$; $K_{п1} = 4,5$; $P_{н.д.2} = 5 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_2 = 0,88$; $\eta_2 = 0,83$; $K_{п2} = 5$; $P_{н.д.3} = 27 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_3 = 0,8$; $\eta_3 = 0,9$; $K_{п3} = 7$; $P_{л} = 4 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_{л} = 0,95$.

Задача 6. Начертить расчетные схемы и выбрать сечения силовых проводок с учетом защиты автоматическими выключателями для животноводческого

помещения. Нагрузки распределены на 3 линии. Одна содержит двигатели **М1** и **М2**, вторая – двигатель **М3**, от третьей получает питание нагрузка с активной мощностью $P_{\text{л}}$. $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$, $K_{\text{о}} = 1$

Данные: $P_{\text{н.д.1}} = 8 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_1 = 0,84$; $\eta_1 = 0,89$; $K_{\text{п1}} = 4$

$P_{\text{н.д.2}} = 32 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_2 = 0,85$; $\eta_2 = 0,85$; $K_{\text{п2}} = 6$;

$P_{\text{н.д.3}} = 24 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_3 = 0,88$; $\eta_3 = 0,82$; $K_{\text{п3}} = 6$; $P_{\text{л}} = 20 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_{\text{л}} = 0,7$.

Задача 7. Начертить расчетные схемы и выбрать сечения силовых проводок с учетом защиты автоматическими выключателями для мастерских. Нагрузки распределены на 3 линии. Одна содержит двигатели **М1** и **М2**, вторая – двигатель **М3**, от третьей получает питание нагрузка с активной мощностью $P_{\text{л}}$. $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$, $K_{\text{о}} = 1$

Данные: $P_{\text{н.д.1}} = 32 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_1 = 0,86$; $\eta_1 = 0,86$; $K_{\text{п1}} = 7$

$P_{\text{н.д.2}} = 20 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_2 = 0,82$; $\eta_2 = 0,87$; $K_{\text{п2}} = 7$;

$P_{\text{н.д.3}} = 11 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_3 = 0,83$; $\eta_3 = 0,86$; $K_{\text{п3}} = 6$; $P_{\text{л}} = 18 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_{\text{л}} = 0,6$.

Задача 8. Начертить расчетные схемы и выбрать сечения силовых проводок с учетом защиты автоматическими выключателями для животноводческого помещения. Нагрузки распределены на 3 линии. Одна содержит двигатель **М1**, вторая – двигатели **М2** и **М3**, от третьей получает питание нагрузка с активной мощностью $P_{\text{л}}$. $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$, $K_{\text{о}} = 1$

Данные: $P_{\text{н.д.1}} = 22 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_1 = 0,84$; $\eta_1 = 0,82$; $K_{\text{п1}} = 6$;

$P_{\text{н.д.2}} = 11 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_2 = 0,86$; $\eta_2 = 0,8$; $K_{\text{п2}} = 6$

$P_{\text{н.д.3}} = 33 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_3 = 0,88$; $\eta_3 = 0,8$; $K_{\text{п3}} = 6,5$; $P_{\text{л}} = 9 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_{\text{л}} = 0,9$.

Методические указания для решения задач:

Расчет допустимого тока и соответствующей ему площади поперечного сечения провода начинают с конца линии и ведут в следующей последовательности:

1. Рассчитывают рабочий ток I_p и максимальный ток I_{max} на участке:

$$I_p = P \cdot k_z / \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta; \quad I_{\text{max}} = I_p \cdot K_n$$

где k_z – коэффициент загрузки двигателя;

K_n – кратность пускового тока асинхронного двигателя.

Если по участку линии подается питание к нескольким потребителям, то рабочий ток линии:

$$I_p = k_o \sum I_{pi}; \quad I_{\text{max}} = k_o \sum I_{pi} + I_{\text{н.н}}$$

где n – количество потребителей;

k_o – коэффициент одновременности.

Плавкие предохранители выбирают из трех условий. Ток плавкой вставки должен:

- 1.) быть больше или равно рабочему току $I_{\text{в.н.}} \geq I_p$.
- 2.) учитывать запуск двигателя $I_{\text{в.н.}} \geq I_{\text{max}} / \alpha$,

где α - коэффициент, учитывающий тяжесть запуска электродвигателя (при редких пусках с малой продолжительностью 8...10 сек. $\alpha = 2,5$; при частых пусках продолжительностью до 30...40 сек. $\alpha = 1,6...2,0$;

3.) следует учитывать условие селективности действия защиты. Селективность – способность отключать только поврежденный участок, ближайший к месту повреждения отключающим аппаратом. Из условия селективности каждый последующий предохранитель (автоматический выключатель) по направлению к источнику питания должен иметь номинальную плавкую вставку, на одну ступень больше предыдущей.

2. По номинальному току плавкой вставки выбирают сечение провода в зависимости от того, будет он защищен только от коротких замыканий или также от перегрузок. Допустимый ток в проводе $I_{доп.}$, равен:

$$I_{доп.} \geq 1,25 I_{в.н.}$$

Для кабелей с бумажной изоляцией: $I_{доп.} \geq I_{в.н.}$

Для случаев, при которых необходима защита от коротких замыканий:

$$I_{доп.} \geq 0,33 I_{в.н.}$$

но не менее рабочего тока $I_{доп.} \geq I_{раб.}$

По расчетному допустимому току подбирают табличный допустимый ток и соответствующее ему сечение провода.

Автоматический выключатель – защищает линии от перегрузок и коротких замыканий. Может быть выполнен с комбинированным расцепителем, только с электромагнитным или тепловым расцепителем.

В большинстве случаев предпочтительнее выбирать комбинированный расцепитель. Выбор проводится по номинальному напряжению и рабочему току:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.с.}; I_{н.а.} \geq I_p; I_{н.т.} \geq k_{н.т.} * I_p; I_{э.р.} = k_э * I_{н.т.}$$

где $k_{н.т.}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя ($k_{н.т.} = 1,1...1,3$); $k_э$ – уставка тока мгновенного срабатывания электромагнитного расцепителя.

Затем проверяют электромагнитный расцепитель на то, чтобы он не сработал при пуске двигателя. $I_{э.р.} \geq k_{н.э.} * I_{мах.}$

где $k_{н.э.}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания электромагнитного расцепителя (для выключателей серии АЗ100 $k_{н.э.} = 1,5$; для остальных выключателей – 1,25).

Максимальный ток электродвигателя – это его пусковой ток, а группы двигателей

$$I_{мах.} = I_{пуск.} + k_o \sum_{i=1}^n I_{pi}$$

где $I_{пуск.}$ – наибольший пусковой ток электродвигателя;

k_o – коэффициент одновременности работы потребителей;

При выборе площадей сечения проводов и кабелей, защищенных выключателями, необходимы следующие условия:

$$1.) I_{доп.} \geq I_{расч.} \quad 2.) I_{доп.} \geq K_z \cdot I_{н.т.}$$

где K_z – коэффициент кратности допустимых токов

- если проводка защищается от коротких замыканий и перегрузок, то:

$$I_{доп.} \geq 1,25 \cdot I_{н.т.}$$

- если только от коротких замыканий, то: $I_{доп.} \geq 0,22 I_{э.р.}$; $I_{доп.} \geq I_p$.

Форма отчетности: отчет по задачам.

Тема 1.3. Устройство наружных электрических сетей.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

«Изолированные провода воздушных линий СИП»

«Устройство и характеристика проводов воздушных линий А и АС»

«Конструкция опор воздушных линий»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

Рекомендуемая литература:

1. Конюхова Е. А. «Электроснабжение объектов» - учебное пособие для сред проф. образования, - М.: Издательский центр «Академия», 2013 г., с. 320

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

ЗАДАНИЕ 2.

Выполнение рефератов по темам:

«Типы опор воздушных линий. Применение опор. Конструкция опор»

«Конструкция кабеля. Способы прокладки кабеля. Преимущества кабельных линий»
«Конструкция проводов СИП-1, СИП-2, СИП-3, СИП-4»
«Выполнение монтажа воздушных линий голыми проводами»
«Выполнение монтажа воздушных линий проводами СИП»

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Тема 1.4. Электрические нагрузки.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

«Построение годовых графиков нагрузок»
«Расчет электрических нагрузок методом коэффициента одновременности»
«Расчет электрических нагрузок методом добавок»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

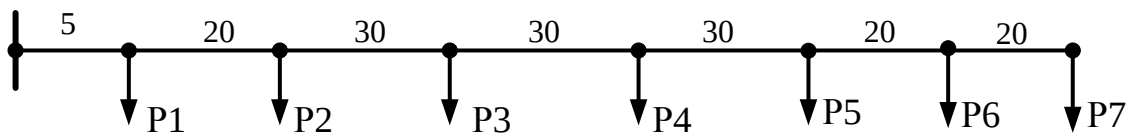
ЗАДАНИЕ 2.

Решение задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя.

Цель задания: понять методику расчета нагрузок линий и потерь электроэнергии в линиях, а также подготовиться к проведению практических работ.

1 задача:

Определить нагрузки по участкам воздушной линии 0,38 кВ.

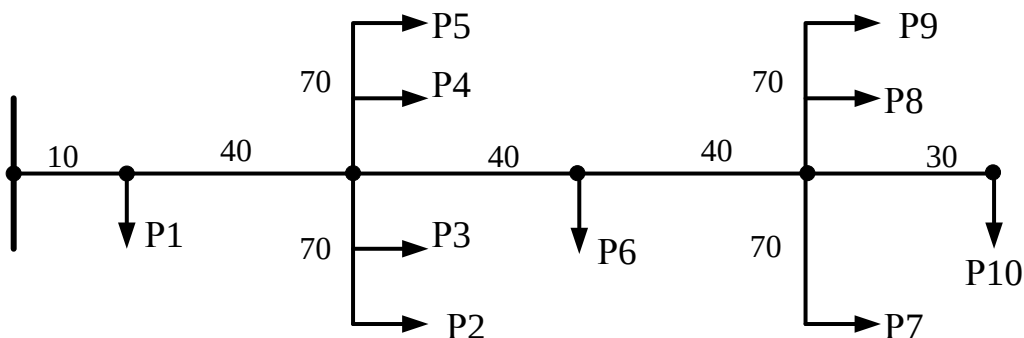


$P_1=18$ кВт, $P_2=19$ кВт, $P_3=12$ кВт, $P_4=15$ кВт, $P_5=10$ кВт, $P_6=9$ кВт, $P_7=18$ кВт,
 $\cos\varphi = 0,8$;

2 задача:

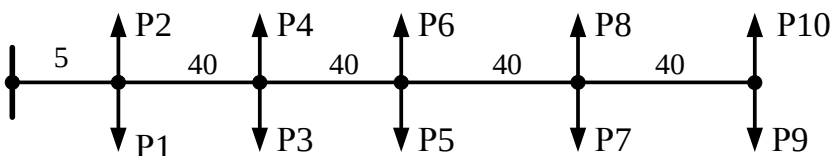
Определить нагрузки по участкам воздушной линии 0,38 кВ.

$P_1=15$ кВт ($\cos\varphi=0,89$); $P_6=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_{10}=20$ кВт ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_2=P_3= 12,8$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_4=P_5= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_7= 20$ кВт ($\cos\varphi=0,87$);
 $P_8=P_9= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);



3 задача:

Определить нагрузки по участкам воздушной линии 0,38 кВ.

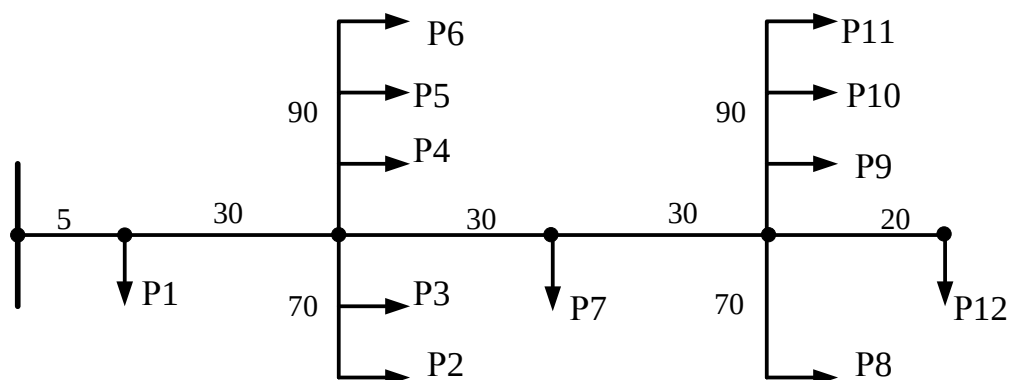


$P_1=P_2=19$ кВт; $P_3=P_4=15$ кВт; $P_5=P_6=P_7= P_8=7,5$ кВт; $P_9=P_{10}= 12,8$ кВт; $\cos\varphi = 0,9$;

4 задача:

Определить нагрузки по участкам воздушной линии 0,38 кВ.

$P_1=20$ кВт ($\cos\varphi=0,85$); $P_7=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$); $P_{12}=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$);
 $P_2=P_3= 10$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_4=P_5= P_6=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_8= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_9=P_{10}= P_{11}=5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$);



5 задача:

Построить график нагрузок и определить расчетную нагрузку и максимальный ток на вводе $\cos \varphi = 0,9$.

Технологическая операция	Мощность нагрузки, кВт	Время работы, час
Подогрев воды	20	6-8, 13-14, 20-21
Отопительный электродотел	10	Круглосуточно
Микроволновая печь	18	5-6, 12-13, 19-20
Вентиляция	8.8	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.2	6-----22
Дежурное освещение	1.2	22-----6
Подогрев питьевой воды	7.5	Круглосуточно
Раздача кормов	6	8-9, 14-15, 20-21

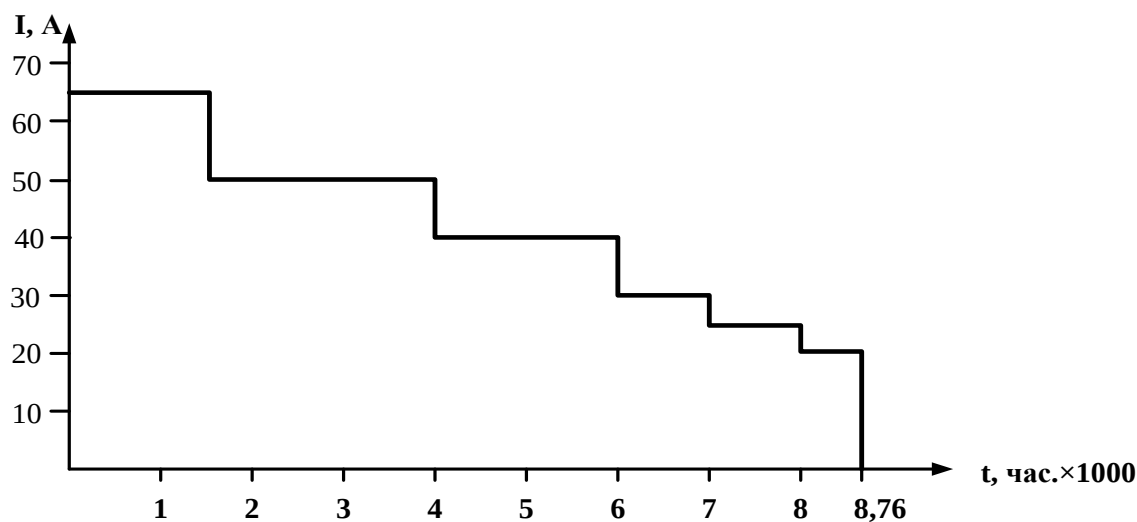
6 задача:

Построить график нагрузок и определить расчетную нагрузку и максимальный ток на вводе $\cos \varphi = 0,78$.

Технологическая операция	Мощность нагрузки, кВт	Время работы, час
Дойка молока	16	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	8	Круглосуточно
Водонагреватель	18	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	12	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	8.8	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.5	6-----22
Дежурное освещение	1.3	22-----6
Подогрев питьевой воды	6	Круглосуточно
Раздача кормов	6	7-8, 13-14, 19-20

Задача 7.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 9 км. $U = 10\text{кВ}$. $\cos \varphi = 0,8$.

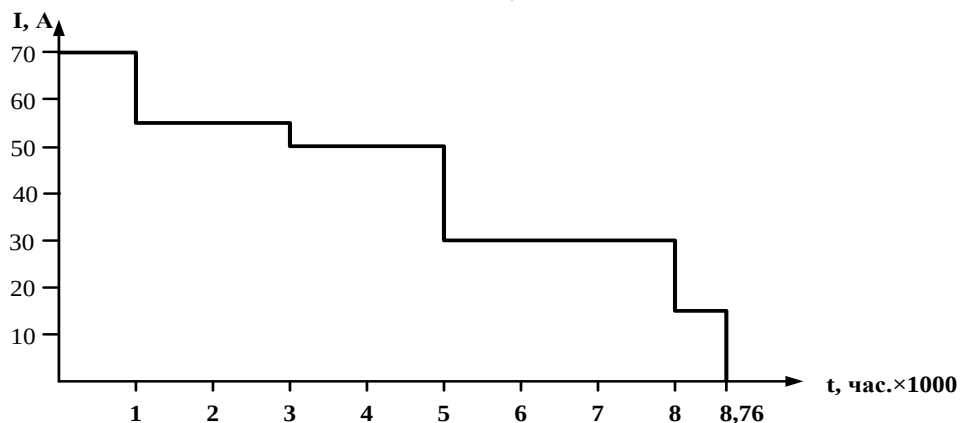


Задача 8.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом А 50, длина линии 4 км. $K_I = 25$. $K_U = 100$. Показания счетчиков: PW_a (130 – 3200) кВт*ч, PW_p (80 – 1800) квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача 9.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 7 км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,85$.



Методические указания для решения задач:

Так как в определенное время включена только часть электроприёмников, то неодновременность их работы учитывается средней мощностью.

Присоединенная мощность электроприемника $P_{пр.}$ – это его мощность при полной нагрузке. Для электродвигателей потребляемая мощность $P_{пот.} = P_{пр.} \cdot K_z$.

1. Нагрузку на вводе в помещение можно определить по графику электрических нагрузок. По оси ординат откладывают полученные потребляемые мощности, по оси абсцисс – длительность работы нагрузки.

Для построения графика составляется технологическая таблица, в которой определяются технологические операции, отмечаются мощности и длительность соответствующей операции. Необходимость в построении технологической таблицы определяется сложностью процессов (т.е. её можно не строить, если понятен принцип построения самого графика и предполагаемый максимум мощностей).

2. Далее строится график: это зависимость мощности от времени. Для удобства построения графика сначала берутся участки с наиболее длительным периодом работы, затем на отмеченные мощности накладываются следующие нагрузки.

3. Пиковая мощность определяется по наибольшей суммарной мощности графика. ($P_{\text{макс.}}$) По максимальной мощности выбирается мощность трансформаторной подстанции.

4. Максимальный ток на вводе для выбора защитной аппаратуры рассчитывается по формуле: $I_{\text{макс}} = P_{\text{макс}} / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi$

Пример расчета

В таблице дана потребляемая мощность и время работы технологического оборудования коровника. Построить суточный график электрических нагрузок, определить расчетную мощность и расчетный ток на вводе в коровник. Коэффициент мощности принять $\cos \varphi = 0,78$.

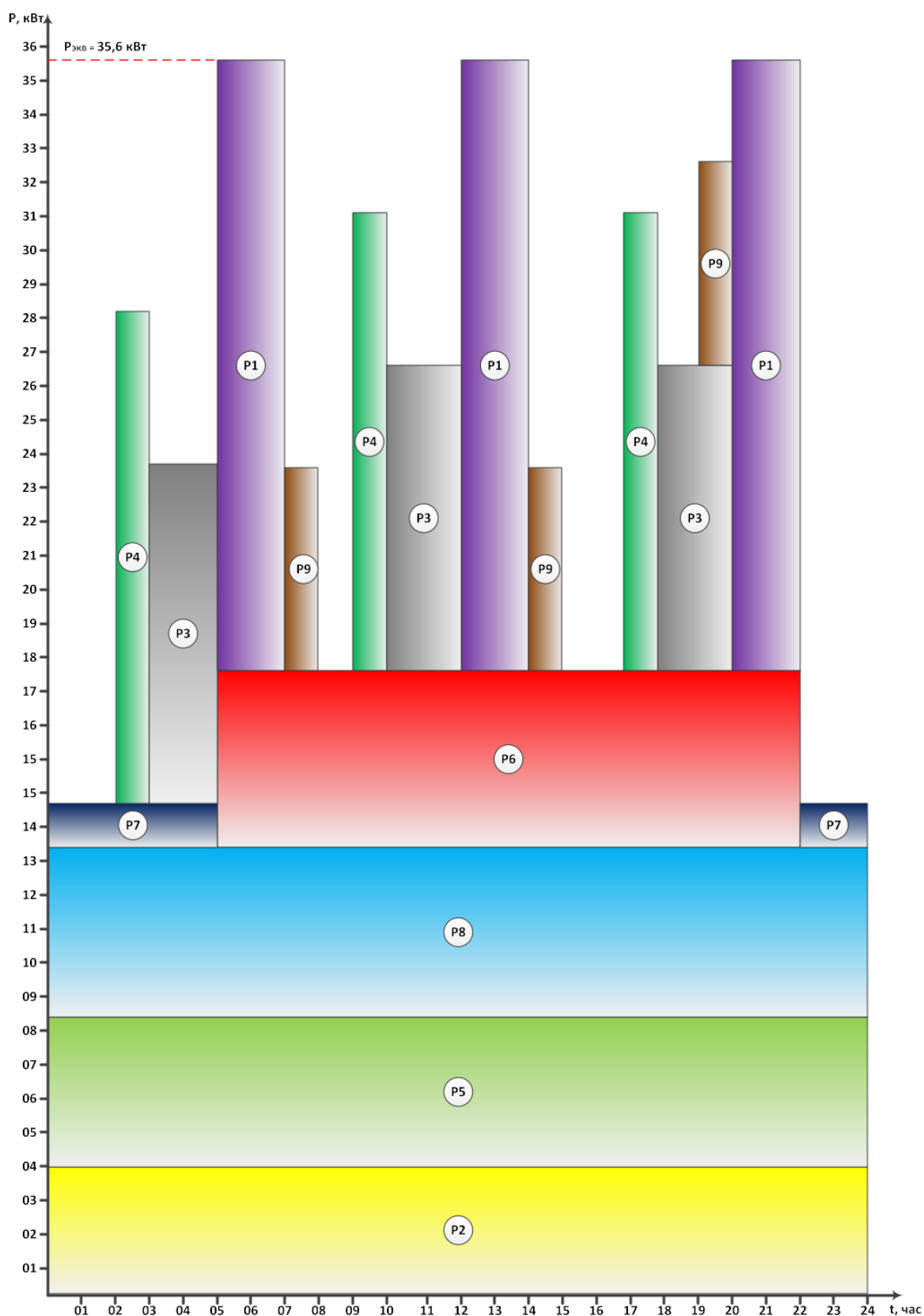
Технические данные:

Технологическая операция	№ операции, потребляемая мощность, кВт	Длительность работы, час	Время работы
Дойка	P1 – 17,6	6	5.00-7.00 12.00-14.00 20.00-22.00
Охлаждение молока	P2 – 4	24	Круглосуточно
Водонагрев	P3 – 9	6	3.00-5.00 10.00-12.00 18.00-20.00
Навозоудаление	P4 – 13,5	3	2.00-3.00 9.00-10.00 17.00-18.00
Вентиляция	P5 – 4,4	24	Круглосуточно
Освещение рабочее	P6 – 4,2	18	5.00-22.00
Освещение дежурное	P7 – 1,3	6	22.00-5.00
Подогрев питьевой воды	P8 – 5	24	Круглосуточно
Раздача кормов	P9 - 6	3	7.00-8.00 14.00-15.00 19.00-20.00

Решение:

- Суточный график электрических нагрузок коровника представлен на рисунке.
- Как видно из рисунка $P_{\text{потр}} = 35,6 \text{ кВт}$;
- $I_{\text{макс}} = P_{\text{макс}} / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi = 35,6 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,78 = 69,4 \text{ А}$.

Рис. Суточный график электрических нагрузок коровника.



Расчетная нагрузка – наибольшее из средних значений полной мощности за промежутки времени 0,5 часа, которое возникает на вводе к потребителю.

Расчетную электрическую нагрузку участков ВЛ 0,38 кВ и подстанции 10(35)/0,4 кВ определяют с учетом не одновременности включения потребителей, применяя коэффициенты одновременности или добавки мощностей. Отдельно рассчитывают дневной и вечерний максимумы нагрузок. Электрическую нагрузку ТП получают, суммируя нагрузки головных участков отходящих линий. В вечернем максимуме нагрузки необходимо учитывать также нагрузку наружного освещения с коэффициентом одновременности, равным единице. За расчетную нагрузку принимают большую из дневной и вечерней.

$$S_{\partial\Sigma} = k_o \sum S_{\partial i}; \quad S_{в\Sigma} = k_o \sum S_{в i}$$

или
$$S_{\partial\Sigma} = S_{\partial \max} + \sum \Delta S_{\partial i}; \quad S_{в\Sigma} = S_{в \max} + S_{ул} + \sum \Delta S_{в i}$$

где $S_{\partial \max}$, $S_{в \max}$ – наибольшая дневная и вечерняя электрические нагрузки из всех потребителей

рассчитываемого участка;

$\Delta S_{\partial i}$, $\Delta S_{в i}$ – добавки к значениям остальных дневной и вечерней электрических нагрузок.

При выборе способа суммирования электрических нагрузок необходимо учитывать следующее. Если нагрузки потребителей отличаются по значению более чем в 4 раза, то применять коэффициент одновременности в этом случае не рекомендуется.

При выборе количества трансформаторов на проектируемых подстанциях принимаются во внимание категории надежности электроснабжения потребителей. Если к отходящим от ТП линиям подключены потребители 1 категории, то необходимо на проектируемой подстанции установить 2 трансформатора. Для обеспечения надежности электроснабжения потребителей 2 категории мощностью 250 кВА и более также проектируют двухтрансформаторную подстанцию, при меньшей мощности – однострансформаторную.

Номинальную мощность трансформаторов на однострансформаторной подстанции выбирают по экономическим интервалам нагрузок. Номинальную мощность трансформаторов на двухтрансформаторной подстанции определяют из условия их работы в нормальном и аварийном режимах. Если нет резервирования в сетях 0,38 кВ, то номинальную мощность трансформатора выбирают по условию

$$S_{н.т.} \geq S_{расч.} / K_{п.с.}$$

где $K_{п.с.}$ – коэффициент допустимой систематической перегрузки трансформатора.

Если в сетях 0,38 кВ применяют резервирование, то номинальную мощность трансформаторов на проектируемой подстанции выбирают по двум условия

$$S_{н.т.} \geq S_{расч.} / K_{п.с.}; \quad S_{н.т.} \geq (S_{расч.} + S_{рез.}) / K_{п.а.}$$

где $S_{рез.}$ – электрическая нагрузка, резервируемая по сетям 0,38 кВ;

$K_{п.а.}$ – коэффициент допустимой аварийной перегрузки подстанции, зависящей от степени

загрузки трансформатора до аварии и достигающей значений 1,5...1,9.

При проектировании больших производственных сельскохозяйственных объектов мощность отдельных ТП 10/0,4 кВ не должна превышать 1000 кВА.

Расчет электрических нагрузок в сетях 10...35 кВ.

Расчет электрических вечерних и дневных нагрузок на участках ВЛ 35 кВ проводят по формулам

$$S_{\partial \Sigma} = k_o \sum S_{\partial i}; \quad S_{\varepsilon} = k_o \sum S_{\varepsilon i}$$

если нагрузки потребителей отличаются более чем в 4 раза, то

$$S_{\partial \Sigma} = S_{\partial \max} + \sum \Delta S_{\partial i}; \quad S_{\varepsilon \Sigma} = S_{\varepsilon \max} + \sum \Delta S_{\varepsilon i}$$

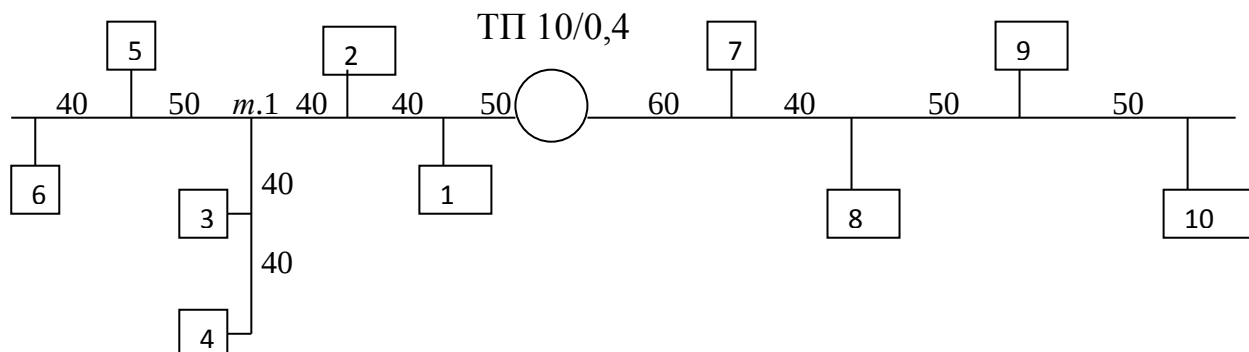
Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок ТП 10/0,4 кВ в сетях 10 кВ

Число ТП	2	3	5	10	20	25 и более
K_o	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

Пример расчета ВЛ 0,38 кВ

Определить расчетные нагрузки участков ВЛ 380/220В и определить мощность на шинах 0,4 кВ. Выбрать мощность и число трансформаторов, при условии, что нагрузки принадлежат ко второй категории по надежности электроснабжения.

Расчетная схема



1 – дом на 16 квартир с мощностью на вводе в квартиру $P_{\text{кв.}} = 5$ кВт

2 – магазин с мощностью на вводе $P_2 = 10/10$ кВт

3,4,5,6 – дома на 1 квартиру;

7 – механические мастерские с мощностью $P_7 = 15/5$ кВт;

8,10 – коровники с мощностью на вводе $P_8 = 45/45$ кВт, $P_9 = 25/25$ кВт;

9 – телятник с мощностью на вводе $P_9 = 15/20$ кВт.

Нагрузка наружного освещения $P_{\text{ул}} = 5,5$ Вт на 1 метр длины улицы.

Решение:

1. Определяем дневной максимум нагрузок ВЛ 0,38 кВ.

Активная нагрузка и полная мощность участка 10-9:

$$P_{10-9} = P_{10} = 25 \text{ кВт} \quad S_{10-9} = P_{10-9} / \cos \varphi = 25 / 0,75 = 33 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 9-8:

$$P_{9-8} = P_{10-9} + \Delta P_9 = 25 + \Delta 15 = 25 + 9,2 = 34,2 \text{ кВт}$$

$$S_{9-8} = P_{9-8} / \cos \varphi = 34,2 / 0,75 = 45,6 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 8-7:

$$P_{8-7} = \Delta P_{9-8} + P_8 = \Delta 34,2 + 45 = 22,8 + 45 = 67,8 \text{ кВт}$$

$$S_{8-7} = \Delta P_{9-8} / \cos \varphi + P_8 / \cos \varphi = 22,8 / 0,75 + 45 / 0,75 = 90 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 7-ТП:

$$P_{7-ТП} = P_{8-7} + \Delta P_7 = 67,8 + \Delta 15 = 67,8 + 9,2 = 77 \text{ кВт}$$

$$S_{7-ТП} = P_{8-7} / \cos \varphi + \Delta P_7 / \cos \varphi = 67,8 / 0,75 + 9,2 / 0,7 = 103,5 \text{ кВА}$$

Уточненный коэффициент мощности на участке 7-ТП:

$$\cos \varphi = P_{7-ТП} / S_{7-ТП} = 77 / 103,5 = 0,74$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 6-5:

$$P_{6-5} = P_6 \cdot K_d = 5 \cdot 0,4 = 2 \text{ кВт} \quad S_{6-5} = P_{6-5} / \cos \varphi = 2 / 0,9 = 2,2 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 4-м.1:

$$P_{4-м.1} = K_o \cdot K_d (P_4 + P_3) = 0,85 \cdot 0,4 (5 + 5) = 3,4 \text{ кВт}$$

$$S_{4-м.1} = P_{4-3} / \cos \varphi = 3,4 / 0,9 = 3,8 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 5-м.1:

$$P_{5-м.1} = \Delta P_{6-5} + P_5 = \Delta 2 + 5 \cdot 0,4 = 1,2 + 2 = 3,2 \text{ кВт}$$

$$S_{5-м.1} = P_{5-м.1} / \cos \varphi = 3,2 / 0,9 = 3,6 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка м.1-2:

$$P_{м.1-2} = \Delta P_{5-м.1} + P_{м.1} = \Delta 3,2 + 3,4 = 2,1 + 3,4 = 5,5 \text{ кВт}$$

$$S_{м.1-2} = \Delta S_{5-м.1} + S_2 = 2,1 / 0,9 + 3,4 / 0,9 = 6,1 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 2-1:

$$P_{2-1} = \Delta P_{м.1-2} + P_2 = \Delta 5,5 + 10 = 3,3 + 10 = 13,3 \text{ кВт}$$

$$S_{2-1} = \Delta P_{м.1-2} / \cos \varphi + P_2 / \cos \varphi = 3,3 / 0,9 + 10 / 0,85 = 15 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка на вводе в дом на 16 квартир:

$$P_1 = K_o \cdot P_{кв.} \cdot K_d \cdot n = 0,37 \cdot 5 \cdot 0,4 \cdot 16 = 11,8 \text{ кВт}$$

Уточненный коэффициент мощности на участке 2-1:

$$\cos \varphi = P_{2-1} / S_{2-1} = 13,3 / 15 = 0,89$$

Активная нагрузка и полная мощность участка ТП-1:

$$P_{ТП-1} = P_{1-2} + \Delta P_1 = 13,3 + \Delta 11,8 = 13,3 + 7,3 = 20,6 \text{ кВт}$$

$$S_{ТП-1} = P_{1-2} / \cos \varphi + \Delta P_1 / \cos \varphi = 13,3 / 0,89 + 7,3 / 0,9 = 23 \text{ кВА}$$

Уточненный коэффициент мощности на участке ТП-1:

$$\cos \varphi = P_{ТП-1} / S_{ТП-1} = 20,6 / 23 = 0,89$$

2. Определяем вечерний максимум нагрузок ВЛ 0,38 кВ:

Активная нагрузка и полная мощность участка 10-9:

$$P_{10-9} = P_{10} = 25 \text{ кВт} \quad S_{10-9} = P_{10-9} / \cos \varphi = 25 / 0,85 = 29,4 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 9-8:

$$P_{9-8} = P_{10-9} + \Delta P_9 = 25 + \Delta 20 = 25 + 12,5 = 37,5 \text{ кВт}$$

$$S_{9-8} = P_{9-8} / \cos \varphi = 37,5 / 0,85 = 44,1 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 8-7:

$$P_{8-7} = \Delta P_{9-8} + P_8 = 25 + 45 = 70 \text{ кВт}$$

$$S_{8-7} = \Delta P_{9-8} / \cos \varphi + P_8 / \cos \varphi = 25 / 0,85 + 45 / 0,85 = 82,3 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 7-ТП:

$$P_{ТП-7} = P_{8-7} + \Delta P_7 = 70 + 3 = 73 \text{ кВт}$$

$$S_{ТП-7} = P_{8-7} / \cos \varphi + \Delta P_7 / \cos \varphi = 70 / 0,85 + 3 / 0,75 = 94,7 \text{ кВА}$$

Уточненный коэффициент мощности на участке 7-ТП:

$$\cos \varphi = P_{ТП-7} / S_{ТП-7} = 73 / 94,7 = 0,77$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 6-5:

$$P_{6-5} = P_6 = 5 = 5 \text{ кВт} \quad S_{6-5} = P_{6-5} / \cos \varphi = 5 / 0,93 = 5,4 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 4-м.1:

$$P_{4-м.1} = K_o \cdot K_d (P_4 + P_3) = 0,85 (5 + 5) = 8,5 \text{ кВт}$$

$$S_{4-м.1} = P_{4-3} / \cos \varphi = 8,5 / 0,93 = 9,1 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 5-м.1:

$$P_{5-м.1} = \Delta P_{6-5} + P_5 = 3 + 5 = 8 \text{ кВт}$$

$$S_{5-м.1} = P_{5-м.1} / \cos \varphi = 8 / 0,93 = 8,6 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка м.1-2:

$$P_{м.1-2} = \Delta P_{5-м.1} + P_{м.1} = 4,8 + 9,1 = 13,9 \text{ кВт}$$

$$S_{м.1-2} = \Delta P_{5-м.1} / \cos \varphi + P_{м.1} / \cos \varphi = 4,8 / 0,93 + 9,1 / 0,93 = 15 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка и полная мощность участка 2-1:

$$P_{2-1} = P_{м.1-2} + \Delta P_2 = 13,9 + 6 = 19,9 \text{ кВт}$$

$$S_{2-1} = \Delta P_{м.1-2} / \cos \varphi + P_2 / \cos \varphi = 13,9 / 0,93 + 6 / 0,9 = 21,6 \text{ кВА}$$

Активная нагрузка на вводе в дом на 16 квартир:

$$P_1 = K_o \cdot P_{кв.} \cdot n = 0,37 \cdot 5 \cdot 16 = 29,6 \text{ кВт}$$

Уточненный коэффициент мощности на участке 2-1:

$$\cos \varphi = P_{2-1} / S_{2-1} = 19,9 / 21,6 = 0,92$$

Активная нагрузка и полная мощность участка ТП-1:

$$P_{ТП-1} = \Delta P_{1-2} + P_1 = 11,8 + 29,6 = 41,4 \text{ кВт}$$

$$S_{ТП-1} = \Delta P_{1-2} / \cos \varphi + P_1 / \cos \varphi = 11,8 / 0,92 + 29,6 / 0,93 = 44,6 \text{ кВА}$$

Уточненный коэффициент мощности на участке ТП-1:

$$\cos \varphi = P_{ТП-1} / S_{ТП-1} = 41,4 / 44,6 = 0,928$$

3. Определяем мощность на шинах 0,4 кВ в дневной и вечерний максимум:

$$S_{ТПд} = S_{ТП-7д} + \Delta S_{ТП-1д} = 103,5 + 14,4 = 117,9 \text{ кВА}$$

$$S_{ТПв} = S_{ТП-7в} + \Delta S_{ТП-1в} = 94,7 + 30,2 = 124,9 \text{ кВА}$$

Учитывая освещение в вечернее время, определяем полную мощность на шинах 0,4 кВ: $S_{ТПв0,4} = S_{ТПв} + S_{ул} = 124,9 + 3,2 = 128,1 \text{ кВА}$

В любом участке линии электропередачи при прохождении по нему электрического тока имеются потери электроэнергии. Если задан годовой график электрической нагрузки, тогда потери электроэнергии выражаются уравнением:

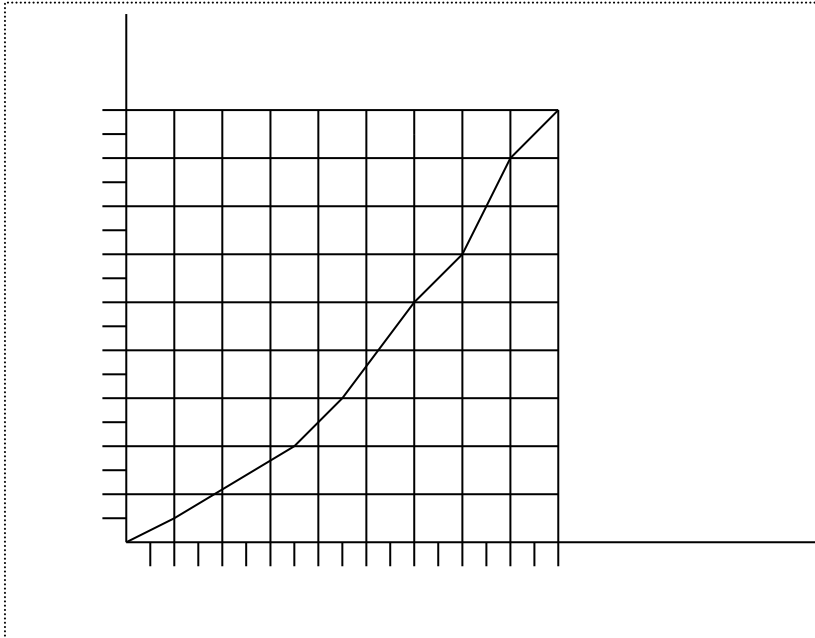
$$\Delta W = 3r \int i^2 dt$$

Если нагрузка выражена через мощность, то потери электроэнергии в линии:

$$\Delta W = 3r \int (P / \sqrt{3} \cos \varphi)^2 dt = (r / U^2 \cos^2 \varphi) \int P dt ,$$

где P – активная мощность участка линии;
 $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки.

Если график нагрузки не задан, а известна лишь максимальная нагрузка и годовое число её использования T_{max} , то время потерь τ находят по кривым для известного T_{max} .



Потери электроэнергии равны: $\Delta W = 3 I_{max}^2 r \tau$,
 или выражены через активную мощность:

$$\Delta W = (P_{max} / \sqrt{3} U \cos \varphi)^2 3r \tau = (P_{max}^2 / U^2 \cos^2 \varphi) rt.$$

Если известен среднеквадратичный ток, то: $\Delta W = 3r I_{ср.кв.}^2 8760$.

В трансформаторах мощность теряется в проводах обмоток (потери в меди или потери короткого замыкания ΔP_m) и в стали сердечников на вихревые токи и гистерезис (потери в стали или потери холостого хода ΔP_x). Потери в меди зависят от квадрата нагрузки. Для трехфазного тока они равны:

$$\Delta P_m = 3 I^2 r_m,$$

где r_m – активное сопротивление обмоток одной фазы трансформатора.

При номинальном токе нагрузки потери в меди также будут номинальными: $\Delta P_{м.н.} = 3 I_n^2 r_m$.

Учитывая оба выражения, потери в меди: $\Delta P_m = \Delta P_{м.н.} (I / I_n)^2 = \Delta P_{м.н.} (S / S_n)^2$.

Потери в стали трансформатора зависят только от приложенного к первичной обмотке напряжения, обычно для расчетов его принимают неизменным, потери мощности в стали считают неизменными.

Потери электроэнергии в трансформаторе так же, как и потери мощности, складываются из потерь в меди и потерь энергии в стали. Годовые потери энергии в трансформаторе: $\Delta W = 3 I_{max}^2 r_m \tau + \Delta P_x 8760$,

где τ – время потерь для данного графика нагрузки трансформатора;

$I_{\max}$ – максимальный ток нагрузки трансформатора.

С учетом всех формул потери электроэнергии в трансформаторе:

$$\Delta W = \Delta P_{\text{м.}} (S_{\max} / S_n)^2 \tau + \Delta P_x 8760.$$

где $S_{\max}$ – максимальная мощность нагрузки;

S_n – номинальная мощность трансформатора

При нагрузке, равномерно распределенной вдоль линии, потери энергии в 3 раза меньше, чем в линии с той же нагрузкой на конце.

Примеры расчета.

1 пример: Определить годовые потери электроэнергии в линии и средневзвешенный коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{ср}}$.

Данные: Линия выполнена проводом А70; $L = 15$ км; $U = 10$ кВ.

Счетчики активной и реактивной энергии включены через трансформаторы тока и напряжения с коэффициентами трансформации $K_I = 30$ $K_U = 100$. Показания счетчиков в начале и в конце года:

- счетчик активной энергии 776 кВт*ч – 1820 кВт*ч;

- счетчик реактивной энергии 400 квар*ч – 1460 квар*ч.

Решение:

1. Расход активной энергии за год:

$$W_{\text{а.год}} = (W_{\text{а.к}} - W_{\text{а.н}}) * K_I * K_U = (1820 - 776) * 30 * 100 = 3132 * 10^3 \text{ кВт*ч}$$

2. Расход реактивной энергии за год:

$$W_{\text{р.год}} = (W_{\text{р.к}} - W_{\text{р.н}}) * K_I * K_U = (1460 - 400) * 30 * 100 = 3180 * 10^3 \text{ квар*ч}$$

3. Среднее значение тока в линии:

$$I_{\text{ср}} = W^2_{\text{л}} / \sqrt{3} U_{\text{ном}} T_{\text{л}} = (\sqrt{(3132 * 10^3)^2 + (3180 * 10^3)^2} / 1,73 * 10 * 8760 = 29,4 \text{ А}$$

$$\text{где } W^2_{\text{л}} = \sqrt{(W^2_{\text{а л}} + W^2_{\text{р л}})} = (\sqrt{(3132 * 10^3)^2 + (3180 * 10^3)^2}) = 4463,4 * 10^3$$

4. Сопротивление линии: $R_L = R_0 L = 0,42 * 15 = 6,3 \text{ Ом}$.

5. Потери активной энергии:

$$\Delta W_{\text{а л.год}} = 3 I_{\text{ср}}^2 R_L T_{\text{л}} 10^{-3} = 3 * 29,4^2 * 6,3 * 8760 * 10^{-3} = 143107 \text{ кВт*ч.}$$

6. Выразим потери энергии в %:

$$\Delta W\% = 143107 * 100 / 3132 * 10^3 = 4,6 \%$$

7. Средневзвешенный коэффициент мощности:

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = W_{\text{а л}} / \sqrt{(W^2_{\text{а л}} + W^2_{\text{р л}})} = 3132 * 10^3 / \sqrt{(3132 * 10^3)^2 + (3180 * 10^3)^2} = 0,7.$$

2 пример: Определить потери электроэнергии, переданной за год, для линии с графиком нагрузок (рисунок 1).

Данные:

$U = 10$ кВ; $\cos \varphi = 0,8$; провод марки АС – 35; $R_0 = 0,77$ Ом/км.

Решение:

1. Энергия, переданная по линии за год

$$W = \sqrt{3} U \cos \varphi \int i dt \cdot 10^{-3} =$$

$$1,73 * 10000 * 0,8 * (100 * 500 + 80 * 500 + 60 * 1000 + 40 * 2000 + 30 * 3000 + 25 * 1760) \cdot 10^{-3} \\ = 5,04 * 10^6 \text{ кВт*ч.}$$

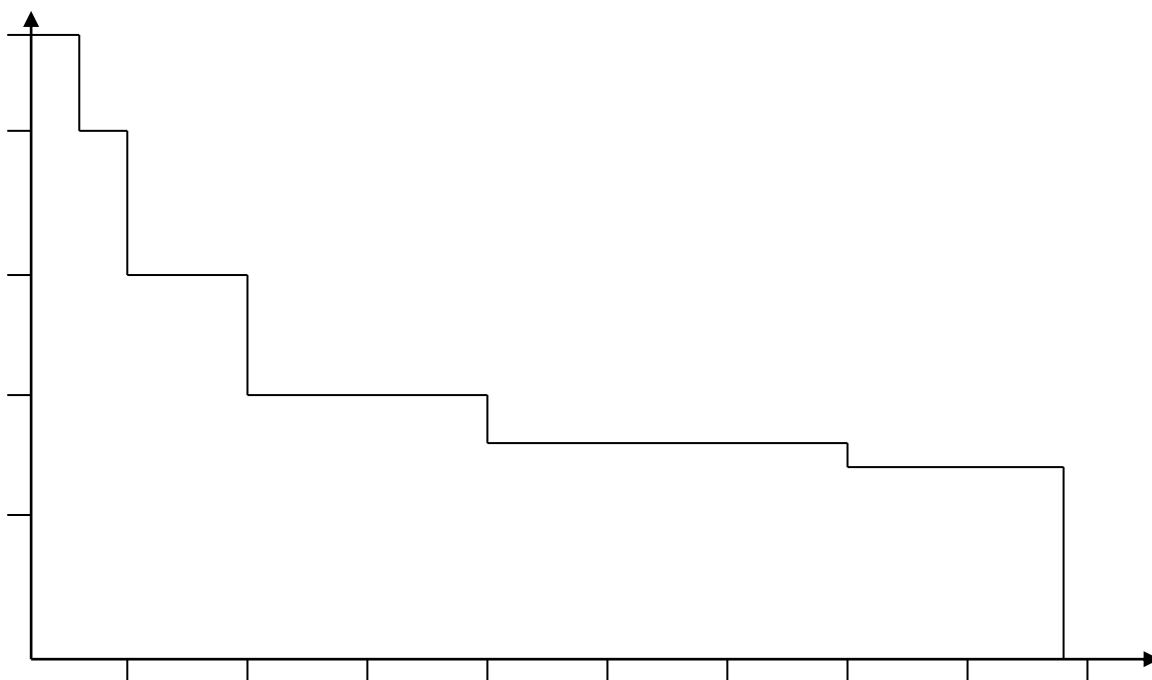
2. Максимальная мощность в линии:

$$P_{\max} = \sqrt{3} * I_{\max} * U * \cos \varphi * 10^{-3} = 1,73 * 100 * 0,8 * 10000 * 10^{-3} = 1560 \text{ кВт.}$$

3. Время использования максимума нагрузки:

$$T_{\max} = W / P_{\max} = 5,04 * 10^6 / 1560 = 3229 \text{ часов.}$$

4. По графику определяем время потерь: $\tau = 2000$ часов.



5. Сопротивление линии: $R = R_0 * L = 0,77 * 8 = 6,16$ Ом.

6. Потери электроэнергии в линии:

$$\Delta W = 3 I_{\max}^2 * R * \tau * 10^{-3} = 3 * 100^2 * 6,16 * 2000 * 10^{-3} = 369600 \text{ кВт*ч}$$

Форма отчетности: отчет по задачам.

Тема 1.5. Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

«Выбор сечения воздушных линий методом экономических интервалов»

«Выбор сечения воздушных линий методом экономической плотности тока»

«Замкнутые сети. Схемы замкнутых сетей. Особенности расчета замкнутых сетей»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

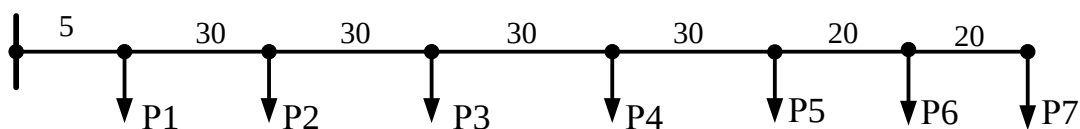
ЗАДАНИЕ 2.

Решение задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя.

Цель задания: понять методику расчета и выбора сечений воздушных и кабельных линий и подготовиться к проведению практических работ.

1 задача:

Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ. Проверить выбранные сечения по потере напряжения

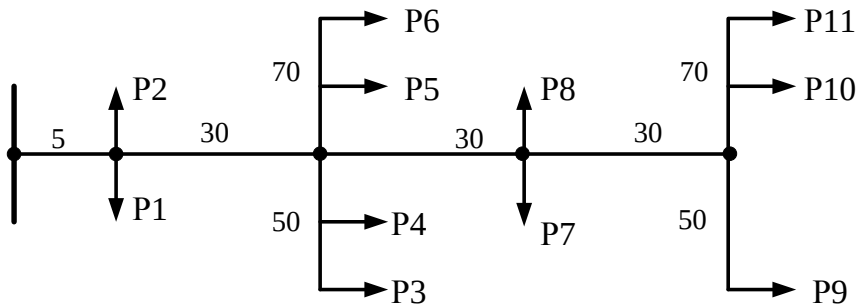


$P_1=15$ кВт, $P_2=15$ кВт, $P_3=15$ кВт, $P_4=15$ кВт, $P_5=15$ кВт, $P_6=15$ кВт, $P_7=15$ кВт, $\cos\varphi = 0,9$;

2 задача:

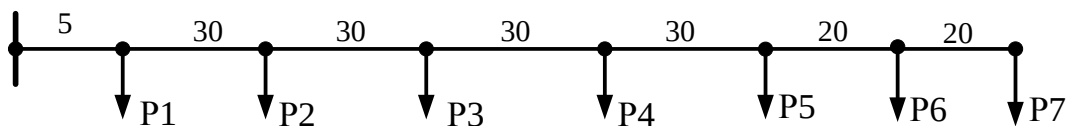
Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ. Проверить выбранные сечения по потере напряжения

$P_1=P_2=7,5\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_7=P_8=15\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_3=P_4=12\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_5=P_6=18\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_9=20\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $P_{10}=P_{11}=15\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$);



3 задача:

Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ. Проверить выбранные сечения по потере напряжения

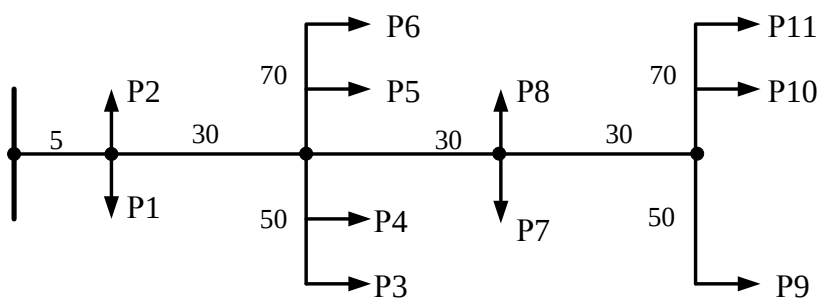


$P_1=5\text{ кВт}$, $P_2=5\text{ кВт}$, $P_3=5\text{ кВт}$, $P_4=5\text{ кВт}$, $P_5=5\text{ кВт}$, $P_6=5\text{ кВт}$, $P_7=5\text{ кВт}$, $\cos\varphi = 0,94$;

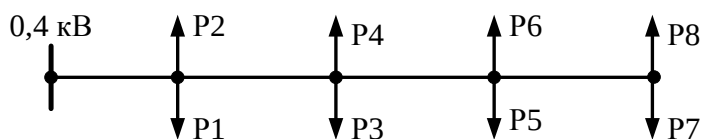
4 задача:

Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ. Проверить выбранные сечения по потере напряжения

$P_1=P_2=15\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_7=P_8=15\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_3=P_4=12,8\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_5=P_6=18\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_9=22\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_{10}=P_{11}=12,8\text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$);



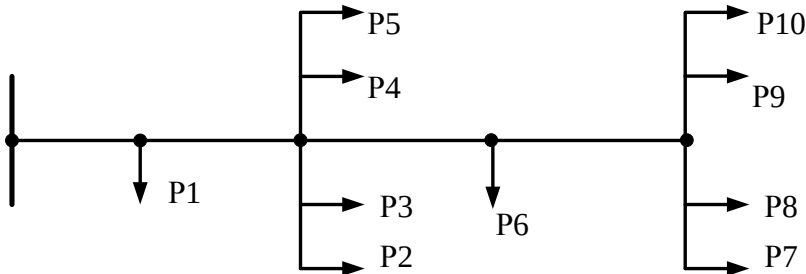
5 задача: Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ, выполненной проводами СИП-2А. Проверить выбранные сечения по потере напряжения



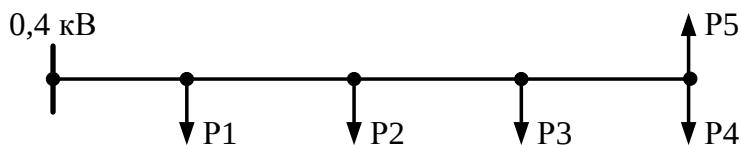
$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=5\text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,94$; $L_{\text{пр}} = 35\text{ м}$.

6 задача: Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ, выполненной проводами СИП-2А. Проверить выбранные сечения по потере напряжения

$P_1=5$ кВт ($\cos \varphi=0,93$); $P_2=P_3=20$ кВт ($\cos \varphi=0,8$); $P_4=P_5=18$ кВт ($\cos \varphi=0,85$);
 $P_6=5$ кВт ($\cos \varphi=0,93$); $P_7=P_8=25$ кВт ($\cos \varphi=0,8$); $P_9=P_{10}=20$ кВт ($\cos \varphi=0,8$); $L_{\text{пр}}=30$ м.



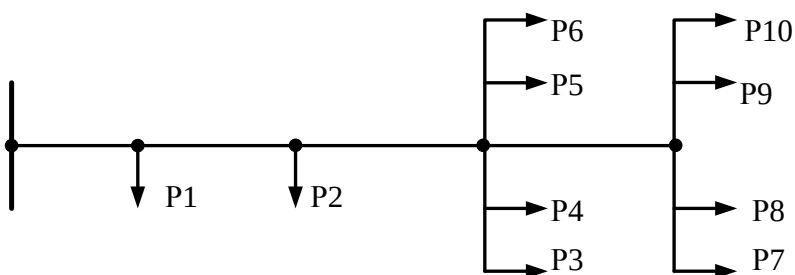
7 задача: Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ, выполненной проводами СИП-2А. Проверить выбранные сечения по потере напряжения



$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=25$ кВт; $\cos \varphi = 0,8$; $L_{\text{пр}} = 35$ м.

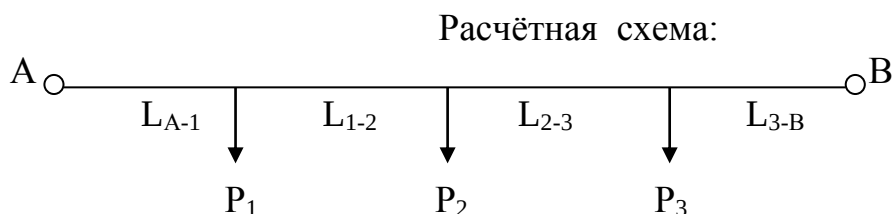
8 задача: Определить сечения участков воздушной линии 0,38 кВ, выполненной проводами СИП-2А. Проверить выбранные сечения по потере напряжения

$P_1=15$ кВт ($\cos \varphi=0,9$); $P_2=20$ кВт ($\cos \varphi=0,8$); $P_3=P_4=18$ кВт ($\cos \varphi=0,85$);
 $P_5=P_6=5$ кВт ($\cos \varphi=0,93$); $P_7=P_8=21$ кВт ($\cos \varphi=0,85$); $P_9=P_{10}=12$ кВт ($\cos \varphi=0,85$);
 $L_{\text{пр}}=30$ м.



Задача 9. Определить значения мощностей на участках в нормальном и аварийном режимах. Выбрать сечение линии и проверить по потере напряжения для обоих режимов. Построить график зависимости напряжения на нагрузках от расположения нагрузок.

Данные: $U_A=U_B=380$ В, $P_1=21$ кВт, $P_2=15$ кВт, $P_3=50$ кВт, $L_{A-1}=45$ м, $L_{1-2}=50$ м, $L_{2-3}=50$ м, $L_{3-B}=50$ м, $\cos \varphi=0,8$; $\Delta U_{\text{доп.}}=5,5\%$.



Методические рекомендации по выполнению расчетов:

Методика определения сечений состоит в следующем, нужно знать нагрузочные токи на каждом участке рассчитываемой сети и примерное значение времени использования максимальной мощности $T_{\max}$. Экономическую площадь поперечного сечения провода выбирают по экономической плотности тока $j_{\text{эк}}$ по формуле:

$$F = I / j_{\text{эк}}$$

Значение $j_{\text{эк}}$, рассчитываемое для ВЛ 10 кВ сельскохозяйственных районов с малой плотностью нагрузок, равно 0,54 А/мм². Оно отличается от значений $j_{\text{эк}}$, приведенных в ПУЭ.

Таблица экономической плотности тока для проводов из разных металлов

Проводники	Продолжительность использования максимума нагрузки, ч		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
Медные	2,5	2,1	1,3
Алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
Медными	3,0	2,5	2,0
Алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
Медными	3,5	3,1	2,7
Алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

Как правило, линии электропередачи напряжением 0,38 кВ и 10 кВ имеют несколько участков и площадь поперечного сечения проводов в них выбирают по эквивалентному (среднеквадратичному) току $I_{\text{экв}}$ и экономической плотности тока $j_{\text{эк}}$:

$$F = I_{\text{экв}} / j_{\text{эк}}, \text{ где } I_{\text{экв}} = \sqrt{\sum I_i^2 l_i / \sum l_i}$$

где i – номер магистрального участка линии

n – количество магистральных участков линии.

Для линий, выполненных из проводов одинаковой площади сечения, с n участками, экономическая плотность тока на головном участке может быть увеличена в k_y раз, если:

$$k_y = \sqrt{I_1^2 L_1 / (I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \dots + I_n^2 l_n)},$$

где I – сила тока на участках линии, А;

L – полная длина линии, км; l – длины участков, км.

Пример 1

Определить площадь сечения сталеалюминиевого провода ВЛ напряжением 35 кВ, если $P_p = 3600$ кВт, $T_{\max} = 4000$ ч/год, $\cos \varphi = 0,8$; $L = 27$ км, $\Delta U = 6\%$.

Решение:

Расчетное значение тока: $I_p = P_p / (\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi)$

$$I_p = 3600 / (1,73 \cdot 35 \cdot 0,8) = 74,3 \text{ А}$$

При $T_{\max} = 4000$ ч/год $j_{\text{эк}} = 1,1 \text{ А/мм}^2$

Экономически целесообразная площадь сечения провода:

$$F_{\text{эк}} = I_p / j_{\text{эк}} = 74,3 / 1,1 = 67,5 \text{ мм}^2$$

Выбираем провод АС-70 ($R_0 = 0,43$ Ом/км; $X_0 = 0,4$ Ом/км).

Проверяем провод по допустимым потерям напряжения, используя формулу:

$$\Delta U = (P \cdot R_0 + Q \cdot X_0) L / U$$

$$\text{где } Q = P \cdot \tan \varphi = 3600 \cdot 0,75 = 2700 \text{ квар}$$

$$\Delta U = (3600 \cdot 0,43 + 2700 \cdot 0,4) \cdot 27 / 35 = 2027 \text{ В}$$

$$\Delta U\% = \Delta U \cdot 100 / U_{\text{ном}} = 2027 \cdot 100 / 35000 = 5,8\% < 6\%$$

Отклонение напряжения у потребителя не превысит норму.

Пример 2

ВЛ напряжением 35 кВ, выполненная из провода одинаковой площади сечения, состоит из трех участков: $l_1 = 10$ км, $l_2 = 12$ км, $l_3 = 8$ км, сила тока на них $I_1 = 70$ А, $I_2 = 40$ А, $I_3 = 30$ А, $T_{\max} = 3500$ ч/год, $\cos \varphi = 0,8$; $L = 30$ км, $\Delta U = 5\%$.
Определить площадь сечения сталеалюминиевого провода.

Решение:

Значение коэффициента:

$$k_y = \sqrt{I_1^2 L_1 / (I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + I_3^2 l_3)}$$

$$k_y = \sqrt{70^2 \cdot 30 / (70^2 \cdot 10 + 40^2 \cdot 12 + 30^2 \cdot 8)} = 1,4$$

экономически целесообразная площадь сечения провода:

$$F_{\text{эк}} = I_1 / (k_y \cdot j_{\text{эк}}) = 70 / (1,4 \cdot 1,1) = 45,5 \text{ мм}^2$$

Выбираем провод АС50 ($R_0 = 0,6$ Ом/км; $X_0 = 0,4$ Ом/км).

Потери напряжения в проводе:

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum (R_0 \cos \varphi + X_0 \sin \varphi) I \cdot l$$

$$\Delta U = \sqrt{3} (0,6 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 0,6) \cdot (70 \cdot 10 + 40 \cdot 12 + 30 \cdot 8) = 1768 \text{ В}$$

$$\Delta U\% = \Delta U \cdot 100 / U_{\text{ном}} = 1768 \cdot 100 / 35000 = 5\%$$

$\Delta U = 5\%$ и не превышает допустимого значения.

Произвести расчет линии при условии её двустороннего питания: определить мощности на участках в нормальном и аварийном режимах (обрыв провода на участке А-1), проверить выбранное сечение на потерю напряжения, определить напряжения в точках Р1,Р2,Р3; построить график напряжений в нормальном и аварийном режимах.

Напряжения источников питания равны между собой по абсолютному значению и совпадают по фазе, а все участки проводов магистральной линии выполнены одинаковыми проводами. Тогда мощности, передаваемые от источников питания определяются по формулам:

$$S_{уч.} = \sum S_{уч.п} \cdot L_{ист.-уч.} / L_{лин.}$$

Такие же выражения используются для определения активной и реактивной мощностей. Для проверки правильности расчета определяют баланс мощностей:

$$\sum R_{уч.ист.} = \sum R_{нагр.}$$

где $R_{уч.ист.}$ – мощности участков от источников, $R_{нагр.}$ – мощности нагрузок на линии.

Сечение линии определяется по эквивалентной мощности по формуле:

$$S_{экв.} = S_{уч.} \cdot K_d$$

где K_d – коэффициент динамики роста нагрузок (0,7).

Выбранный провод проверяется по допустимой потере напряжения:

$$\Delta U_{уч.} = ((P_{уч.} \cdot R_0 + Q_{уч.} \cdot X_0) L_{уч.}) / U_{ном.}$$

Допустимая потеря напряжения не должна превышать 5% в нормальном режиме, 10% - в аварийном режиме. Расчет аварийном режиме ведется при обрыве участка А-1, то есть при наличии одного источника. Проверяется допустимая потеря напряжения при том же сечении, как для нормального режима. Для построения графика зависимости напряжений от расстояния необходимо определить напряжения на нагрузках по формуле:

$$U_{нагр.} = U_{ном.} - \Delta U_{уч.}$$

Форма отчетности: отчет по задачам.

Тема 1.6. Токи короткого замыкания.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

«Причины возникновения и виды токов короткого замыкания. Начальный период тока КЗ»

«Виды защит от токов короткого замыкания в сетях 0,38 кВ и 10 кВ»

«Способ расчета токов короткого замыкания методом именованных единиц»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

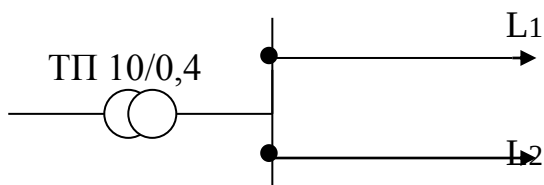
Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

ЗАДАНИЕ 2.

Решение задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя.

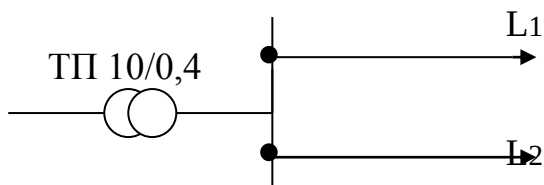
Цель задания: понять методику расчета токов короткого замыкания и подготовиться к проведению практических работ.

1 задача: Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением 380/220В методом именованных величин. Начертить схему замещения, определить токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ и в конце линий.



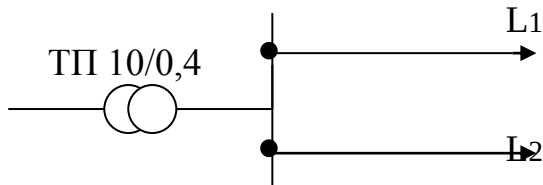
Данные: $S_{\text{ном.т.}} = 400 \text{ кВА}$; $L_1 = 350 \text{ м}$; $L_2 = 400 \text{ м}$; Марки проводов: АС70, АС50

2 задача: Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением 380/220В методом именованных величин. Начертить схему замещения, определить токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ и в конце линий.



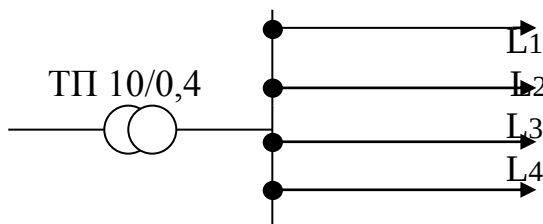
Данные: $S_{\text{ном.т.}} = 250 \text{ кВА}$; $L_1 = 280 \text{ м}$; $L_2 = 430 \text{ м}$; Марки проводов: АС70, АС95

3 задача: Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением 380/220В методом именованных величин. Начертить схему замещения, определить токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ и в конце линий.



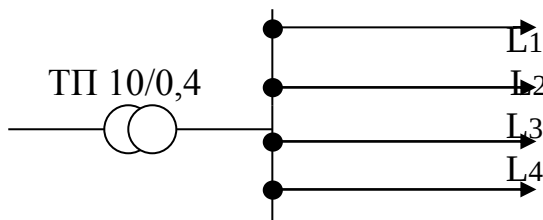
Данные: $S_{\text{ном.т.}} = 160 \text{ кВА}$; $L_1 = 180 \text{ м}$; $L_2 = 230 \text{ м}$; Марки проводов: АС50, АС35

4 задача: Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением 380/220В методом именованных величин. Начертить схему замещения, определить токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ и в конце линий.



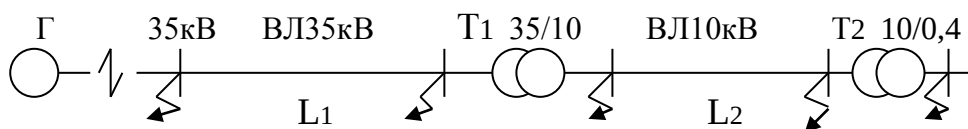
Данные: $S_{\text{ном.т.}} = 160 \text{ кВА}$; $L_1 = 220 \text{ м}$; $L_2 = 330 \text{ м}$; $L_3 = 200 \text{ м}$; $L_4 = 360 \text{ м}$;
Марки проводов: АС50, АС70, А50, АС95

5 задача: Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением 380/220В методом именованных величин. Начертить схему замещения, определить токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ и в конце линий.



Данные: $S_{\text{ном.т.}} = 630 \text{ кВА}$; $L_1 = 520 \text{ м}$; $L_2 = 430 \text{ м}$; $L_3 = 700 \text{ м}$; $L_4 = 460 \text{ м}$;
Марки проводов: АС95, АС70, АС95, АС70

6 задача: Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением 380/220В методом относительных единиц. Начертить схему замещения, определить токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ и в конце линий.



Данные заданий	$S_{к.ш.},$ МВА	$I_{к.ш.},$ кА	$S_{ном.т.1},$ кВА	$L_1, \text{ км}$	Марка провода	$S_{ном.т.2},$ кВА	$L_2, \text{ км}$	Марка провода
1	100	-	1000	10	АС50	100	8	А95
2	150	-	1000	12	АС50	63	6	А95
3	200	-	1000	15	АС50	40	10	А95

Методические рекомендации по выполнению расчетов:

Расчет токов короткого замыкания методом именованных единиц.

Методом именованных единиц пользуются при расчетах токов короткого замыкания в схемах с одной ступенью напряжения, а также в сетях напряжением 380/220 В. При расчете учитывают активное и реактивное сопротивления элементов схемы, сопротивления контактных поверхностей коммутационных аппаратов выключателей, переключателей (15...20 мОм) и короткое замыкание на шинах напряжением 0,4 кВ трансформаторных подстанций. Напряжение, подведенное к силовому трансформатору, считают неизменным и равным номинальному.

В электрических сетях 380/220В, выполненных с глухозаземленной нейтралью, рассчитывают трех-, двух- и однофазные токи короткого замыкания.

Порядок расчета следующий:

1. Составляется упрощенная расчетная схема в однолинейном изображении, вводя в нее все элементы, влияющие на силу тока короткого замыкания (трансформаторы, линии электропередач), намечаются точки короткого замыкания.
2. Составляется эквивалентная схема замещения по расчетной.
3. Определяются сопротивления элементов схемы замещения:

сопротивления трансформатора

$$R_m = \Delta P_m U_{ном}^2 / S_{ном.т.}^2; \quad Z_m = U_k U_{ном}^2 / (100 S_{ном.т.});$$

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2}$$

сопротивления линий $R_l = R_0 L; \quad X_l = X_0 L; \quad Z_l = \sqrt{R_l^2 + X_l^2}$

сопротивление петли $Z_n = \sqrt{(2R_n)^2 + (2X_n)^2}$

4. Результирующие сопротивления до точек короткого замыкания:

- до точки К1: $Z_{к1} = Z_m + Z_a$,

где Z_a – сопротивление контактов ($Z_a = 15 \dots 20$ мОм).

- до точки в конце линии: $Z_{к2} = Z_m + Z_n$.

5. Токи коротких замыканий в точках определяются по закону Ома

$$I_{к1}^{(3)} = U_{ном} / \sqrt{3} * Z_{к1}; \quad I_{к1}^{(2)} = 0,87 * I_{к1}^{(3)}; \quad I_{к2}^{(3)} = U_{ном} / \sqrt{3} * Z_{к2};$$

$$I_{к2}^{(1)} = U_{ф} / (Z_n + 1/3 * Z_{m0})$$

где Z_{m0} – сопротивление трансформатора при однофазном коротком замыкании (принимается из технических характеристик трансформатора).

Пример расчета.

Определить токи короткого замыкания на шинах напряжением 0,4кВ и в наиболее удаленной точке.

Данные: Номинальная мощность трансформатора 250кВА, напряжение короткого замыкания 4,5%. От подстанции получает питание ВЛ 0,38кВ. Сечение линии АС50, длина линии 250 метров.



Решение:

1. $Z_T = U_k U_{ном}^2 / (100 S_{ном.т.}) = 4,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^3 / (100 \cdot 250) = 0,029$ Ом

2. $Z_{к1} = Z_T + Z_a = 0,029 + 0,015 = 0,044$ Ом

3. $I_{к1}^{(3)} = U_{ном} / \sqrt{3} Z_{к1} = 400 / 1,73 \cdot 0,044 = 5255$ А = 5,3 кА

4. $I_{к1}^{(2)} = 0,87 I_{к1}^{(3)} = 0,87 \cdot 5,3 = 4,6$ кА

5. $X_n = X_0 L = 0,35 \cdot 0,25 = 0,088$ Ом

6. $R_n = R_0 L = 0,6 \cdot 0,25 = 0,15$ Ом

7. $Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \sqrt{0,15^2 + 0,088^2} = 0,17$ Ом

8. $Z_{к2} = Z_T + Z_n = 0,029 + 0,015 + 0,17 = 0,214$ Ом

9. $I_{к2}^{(3)} = U_{ном} / \sqrt{3} Z_{к2} = 380 / 1,73 \cdot 0,214 = 1026$ А = 1,03 кА

10. $I_{к2}^{(2)} = 0,87 I_{к2}^{(3)} = 0,87 \cdot 1,03 = 893$ А

11. $Z_n = \sqrt{(2R_n)^2 + (2X_n)^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,15)^2 + (2 \cdot 0,088)^2} = 0,35$ Ом

$$12. I_{к2}^{(1)} = U_{\phi} / (Z_{\Sigma} + 1/3 \cdot Z_{T0}) = 230 / (0,35 + 1/3 \cdot 0,09) = 605 \text{ A.}$$

При расчете токов короткого замыкания **методом относительных единиц** сопротивление электрической цепи приводят к базисным условиям, то есть задают базисные значения мощности и напряжения. Для упрощения расчетов принимают значение базисной мощности 100МВА или сумме мощностей всех генераторов. Базисное напряжение U_b определяют для каждой ступени с помощью базисного коэффициента $K_b=1,05$. Базисный ток $I_b = S_b / (\sqrt{3} U_b)$, кА.

Относительные сопротивления электрической цепи, приведенные к базисным условиям, определяют по следующим формулам:

1. относительное базисное сопротивление системы:

$$X_c^* = S_b / S_{к.ш.} \quad \text{или} \quad X_c^* = I_b / I_{к.ш.}$$

2. относительное базисное реактивное и активное сопротивления трансформатора:

$$X_{б.т.}^* = U_k / 100 \cdot S_b / S_{н.т.} \quad R_{б.т.}^* = \Delta P_M \cdot S_b / S_{н.т.}^2$$

где ΔP_M – потери в обмотках трансформатора, кВт. (табличное значение, принимается из технических характеристик трансформатора)

3. относительное базисное активное и реактивное сопротивления линии:

$$X_{б.л.}^* = X_{0л} \cdot L \cdot S_b / U_b^2 \quad R_{б.л.}^* = R_{0л} \cdot L \cdot S_b / U_b^2$$

где $X_{0л}$, $R_{0л}$ – реактивное и активное сопротивления линии в одном километре, Ом/км.

4. результирующие сопротивления до точек короткого замыкания:

$$Z_{рез.}^* = \sqrt{X_{рез.}^2 + R_{рез.}^2}$$

5. базисные токи в точках короткого замыкания: $I_b = S_b / (\sqrt{3} U_b)$

6. трехфазные токи короткого замыкания в точках КЗ: $I_{к.з.}^{(3)} = I_b / Z_{рез.}^*$

7. двухфазные токи короткого замыкания в точках КЗ: $I_{к.з.}^{(2)} = 0,87 I_{к.з.}^{(3)}$

8. ударные токи в точках короткого замыкания: $I_y = \sqrt{2} K_y I_{к.з.}^{(3)}$

где K_y – коэффициент ударный (1...1,52)

Пример расчета.

Начертить расчетную схему и схему замещения. Определить токи короткого замыкания и мощности в точках короткого замыкания (точки короткого замыкания учесть на всех шинах трансформаторов).

Данные: Длина линии 35 кВ, выполненной проводом АС70, $L_1=10$ км. Длина линии 10 кВ, выполненной проводом АС50, $L_2=6$ км. Номинальные мощности трансформаторов $S_{ном.т1}=2500$ кВА, $S_{ном.т2}=100$ кВА. Напряжения короткого замыкания трансформаторов 6,5% и 4,5%. Мощность короткого замыкания на шинах подстанции $S_{к.ш.}=400$ МВА.

Решение: Расчетная схема:

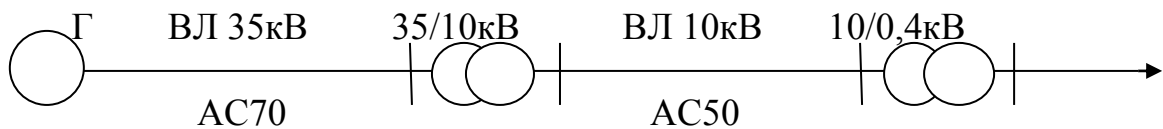


Схема замещения:



Принимаем $S_б = 100$ МВА.

1. Базисные напряжения участков:

$$U_{б1} = U_{н1} \cdot K_б = 35 \cdot 1,05 = 37 \text{ кВ}$$

$$U_{б2} = U_{н2} \cdot K_б = 10 \cdot 1,05 = 10,5 \text{ кВ}$$

$$U_{б3} = U_{н3} \cdot K_б = 0,38 \cdot 1,05 = 0,4 \text{ кВ}$$

2. Сопротивления элементов схемы:

$$X_c^* = S_б / S_{к.ш.} = 100 / 400 = 0,25$$

$$X_{б.л.}^* = X_{0л1} \cdot L_1 \cdot S_б / U_{б1}^2 = 0,4 \cdot 10 \cdot 100 / 37^2 = 0,29$$

$$R_{б.л.}^* = R_{0л1} \cdot L_1 \cdot S_б / U_{б1}^2 = 0,43 \cdot 10 \cdot 100 / 37^2 = 0,31$$

$$X_{б.т.1}^* = U_{к1} / 100 \cdot S_б / S_{н.т.1} = 6,5 / 100 \cdot 100 / 2,5 = 2,6$$

$$X_{б.л.}^* = X_{0л2} \cdot L_2 \cdot S_б / U_{б2}^2 = 0,38 \cdot 6 \cdot 100 / 10,5^2 = 2,07$$

$$R_{б.л.}^* = R_{0л2} \cdot L_2 \cdot S_б / U_{б2}^2 = 0,59 \cdot 6 \cdot 100 / 10,5^2 = 3,2$$

$$R_{б.т.2}^* = \Delta P_M \cdot S_б / S_{н.т.2}^2 = 1,97 \cdot 100 \cdot 10^3 / 100^2 = 19,7$$

$$X_{б.т.2}^* = \sqrt{(U_{к2} / 100)^2 - (\Delta P_M / S_{н.т.2}^2)^2} \cdot S_б / S_{н.т.2} = \sqrt{(4,5/100)^2 - (1,97/100)^2} \cdot 100 \cdot 10^3 / 100 = 45$$

3. Результирующие сопротивления до точек короткого замыкания:

$$Z_{рез.1}^* = \sqrt{(X_c + X_{л1})^2 + R_{л1}^2} = \sqrt{(0,25 + 0,29)^2 + 0,31^2} = 0,62$$

$$Z_{рез.2}^* = \sqrt{(X_c + X_{л1} + X_{т1})^2 + R_{л1}^2} = \sqrt{(0,25 + 0,29 + 2,6)^2 + 0,31^2} = 3,28$$

$$Z_{рез.3}^* = \sqrt{(X_c + X_{л1} + X_{т1} + X_{л2} + X_{т2})^2 + (R_{л1} + R_{л2} + R_{т2})^2} =$$

$$\sqrt{(0,25 + 0,29 + 2,6 + 2,07 + 45)^2 + (0,31 + 3,2 + 19,7)^2} = \sqrt{(50,2^2 + 23,2^2)} = 55$$

4. Базисные токи:

$$I_{б1} = S_{б1} / (\sqrt{3} U_{б1}) = 100 / (1,73 \cdot 37) = 1,56 \text{ кА}$$

$$I_{62} = S_{62} / (\sqrt{3} U_{62}) = 100 / (1,73 \cdot 10,5) = 5,5 \text{ кА}$$

$$I_{63} = S_{63} / (\sqrt{3} U_{63}) = 100 / (1,73 \cdot 0,4) = 144 \text{ кА}$$

5. Трехфазные и двухфазные токи короткого замыкания:

$$I^{(3)}_{к.з.1} = I_{61} / Z_{рез.1}^*$$

$$I^{(3)}_{к.з.1} = 1,56 / 0,62 = 2,52 \text{ кА}$$

$$I^{(2)}_{к.з.1} = 0,87 I^{(3)}_{к.з.1} = 0,87 \cdot 2,52 = 2,19 \text{ кА}$$

$$I^{(3)}_{к.з.2} = I_{62} / Z_{рез.2}^*$$

$$I^{(3)}_{к.з.2} = 5,5 / 3,28 = 1,68 \text{ кА}$$

$$I^{(2)}_{к.з.2} = 0,87 I^{(3)}_{к.з.2} = 0,87 \cdot 1,68 = 1,46 \text{ кА}$$

$$I^{(3)}_{к.з.3} = I_{63} / Z_{рез.3}^*$$

$$I^{(3)}_{к.з.3} = 144 / 55 = 2,6 \text{ кА}$$

$$I^{(2)}_{к.з.3} = 0,87 I^{(3)}_{к.з.3} = 0,87 \cdot 2,6 = 2,2 \text{ кА}$$

6. Амплитудные значения токов в точках короткого замыкания:

$$I_{y1} = \sqrt{2} K_y I^{(3)}_{к.з.1} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 2,52 = 6,4 \text{ кА}$$

$$I_{y2} = \sqrt{2} K_y I^{(3)}_{к.з.2} = 1,41 \cdot 1,4 \cdot 1,68 = 3,3 \text{ кА}$$

$$I_{y3} = \sqrt{2} K_y I^{(3)}_{к.з.3} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 2,6 = 3,7 \text{ кА}$$

Форма отчетности: отчет по задачам.

Тема 1.7. Электрическая аппаратура.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

«Конструкции электрических контактов. Классификация по назначению»

«Изоляторы электрических установок»

«Автоматические воздушные выключатели»

«Плавкие предохранители для защиты линий электропередач и оборудования»

«Разъединительная аппаратура до 1 кВ и выше 1 кВ»

«Измерительные трансформаторы»

«Выключатели нагрузки»

«Масляные выключатели»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

ЗАДАНИЕ 2.

Решение задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя.

Цель задания: освоить методику выбора аппаратуры и подготовиться к проведению практических работ.

Задача: Выбрать оборудование комплектной трансформаторной подстанции по данным задания. Привести технические характеристики оборудования. При оформлении показать внешний вид или конструкцию выбранного оборудования.

Данные 1: $S_{p1.} = 50$ кВА, $S_{p2.} = 43$ кВА, $S_{p3.} = 38$ кВА, $S_{p4.} = 41$ кВА.

Данные 2: $S_{p1.} = 38$ кВА, $S_{p2.} = 70$ кВА, $S_{p3.} = 51$ кВА, $S_{p4.} = 44$ кВА.

Методические рекомендации по выполнению расчетов:

Пример расчета.

Данные: $S_{p1} = 112$ кВА; $S_{p2} = 50,4$ кВА; $S_{p3} = 42,2$ кВА; $S_{p4} = 97$ кВА

Расчет суммарной мощности на шинах 0,4 кВ ТП проводим методом добавок:

$$S_{p,0,4 \text{ ТП}} = S_{p1} + \Delta S_{p2} + \Delta S_{p3} + \Delta S_{p4}$$

$$S_{p,0,4 \text{ ТП}} = 112 + \Delta 50,4 + \Delta 42,2 + \Delta 97 = 112 + 34 + 28 + 67 = 241 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{ТП,ном}} = 250 \text{ кВА}$$

Расчетный ток сети определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Расчетные токи элементов сети КТП

№	Элемент сети	I _p , А
1	Шина 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ	361
2	Линия 1	170
3	Линия 2	77
4	Линия 3	65
5	Линия 4	148

1. Выбор защиты силового трансформатора 10/0,4 кВ

Трансформаторы 10/0,4 кВ в сельских и городских распределительных электрических сетях мощностью до 0,63 МВА защищаются плавкими предохранителями на стороне 10 кВ. Для надежной работы трансформаторов в условиях колебаний тока устанавливают предохранитель ПКТ, который должен ограничить ток до предельного значения; при длительной перегрузке цепи песчинки кварцевого песка нагреваются и плавкий элемент предохранителя ПКТ сгорает, прерывая цепь.

Определяем ток вставки предохранителя по условию:

$$I_{в.н.} \geq (2 \dots 3) I_{p.10} = (2 \dots 3) 14,5 = (29 \dots 43,5) \text{ А}$$

где (2...3) – коэффициент, учитывающий броски намагничивающего тока.

Выбираем ток вставки: $I_{в.н.} = 30 \text{ А}$

Проводим проверку термической устойчивости силового трансформатора по условию: $t_{в.} < t_{д.}$

где $t_{в.}$ – время перегорания вставки, сек;

$t_{д.}$ – действительное время термической устойчивости трансформатора при коротком замыкании, сек.

$t_{в.}$ определяется по графику по данным: $I_{в.н.} = 30 \text{ А}$,

$$I_{к(3)ВН} = K_3 \cdot I_{к(3)НН} / K_U = 1,3 \cdot 5,3 / 25 = 275 \text{ А}$$

где $K_U = U_{ВН} / U_{НН} = 10 / 0,4 = 25$

$t_{в.} = 2 \text{ сек.}$

$$t_{д.} = 900 / k^2 = 900 / 18,9^2 = 2,5 \text{ сек.}$$

где k – кратность тока при коротком замыкании,

$$k = I_{к(3)ВН} / I_{p.10} = 273,2 / 14,5 = 18,9$$

Так как $t_{\text{в.}} = 2 \text{ сек.} < t_{\text{д.}} = 2,5 \text{ сек.}$, то термическая устойчивость силового трансформатора обеспечена.

Высоковольтные предохранители ПКТ 101-10-30-31,5 УЗ используются как основное средство защиты силового оборудования высоковольтных подстанций на напряжение 10 кВ. В случаях возникновения короткого замыкания действующие значения тока составляют тысячи ампер. Гашение дуги происходит в пространствах между песчинками кварцевого песка, которым наполнен предохранитель. Таким образом, даже токи короткого замыкания не попадают на защищаемое оборудование.



Технические характеристики

Марка: ПКТ 101-10-30-31,5 УЗ

Серия: ПКТ

Габарит, исполнение контакта: 01

Класс напряжения: 10 кВ

Номинальный ток, А: 30

Номинальный ток отсечки, кА: 31,5

Климатическое исполнение: УЗ

2. Выбор защиты ВЛ 0,38 кВ

Автоматические выключатели серии ВА88 являются электрическими коммутационными аппаратами трехфазного исполнения. ВА88 снабжены двумя системами защиты от сверхтока: электротепловой и электромагнитной, с взаимосогласованными характеристиками, а также с защитой от недопустимых снижений напряжения с помощью минимальных расцепителей. Автоматические выключатели серии ВА88 применяются для электроподстанций, распределительных пунктов на вводе резерва, для защиты отходящих линий на низкой стороне трансформатора. Выключатели устанавливают в электроцитах со степенью защиты по ГОСТ 14254-96 не ниже IP30.



Номинальные токи автоматических выключателей определяются по условию: $I_{н.а.} \geq I_p$

Номинальный ток теплового расцепителя выключателя определяется по условию: $I_{н.р.} \geq I_p$

Номинальный ток электромагнитного расцепителя выключателя определяются по выражению: $I_{эмр} = 3 * I_{н.р.}$

Проверка электромагнитного расцепителя на автоматическое срабатывание осуществляется по условию: $I_{эмр} < I_{кз}^{(1)}$

Выбор автоматического выключателя на вводе:

$$I_{р.вв.} = 361 \text{ A}$$

$$I_{н.р.вв.} \geq I_{р.вв.} = 361 \text{ A}$$

выключатель ВА-88-37

$$I_{н.а.} = 400 \text{ A}; I_{н.р.} = 400 \text{ A}$$

Выбор защиты линий, присоединенных к КТП

Защита 1 линии:

$$I_{р1} = 170 \text{ A}; I_{кз}^{(1)} = 710 \text{ A}$$

$$I_{н.р.1} \geq I_{р1} = 170 \text{ A}$$

выключатель ВА-88-35

$$I_{н.а.} = 250 \text{ A}; I_{н.р.} = 200 \text{ A}; I_{эмр} = 3 * I_{н.р.} = 3 * 200 = 600 \text{ A}$$

Проверка чувствительности срабатывания защиты:

$$I_{эмр} = 600 \text{ A} < I_{кз}^{(1)} = 710 \text{ A} - \text{условие выполняется.}$$

Защита 2 линии:

$$I_{р2} = 77 \text{ A}; I_{кз}^{(1)} = 669 \text{ A}$$

$$I_{н.р.2} \geq I_{р2} = 77 \text{ A}$$

выключатель ВА-88-32

$$I_{н.а.} = 125 \text{ A}; I_{н.р.} = 80 \text{ A}; I_{эмр} = 3 * I_{н.р.} = 3 * 80 = 240 \text{ A}$$

Проверка чувствительности срабатывания защиты:

$$I_{\text{эмр}} = 240 \text{ А} < I_{\text{кз}}^{(1)} = 669 \text{ А} - \text{условие выполняется.}$$

Защита 3 линии:

$$I_{\text{р3}} = 110 \text{ А}; I_{\text{кз}}^{(1)} = 871 \text{ А}$$

$$I_{\text{н.р.3}} \geq I_{\text{р3}} = 110 \text{ А}$$

выключатель ВА-88-32

$$I_{\text{н.а}} = 125 \text{ А}; I_{\text{н.р.}} = 125 \text{ А}; I_{\text{эмр}} = 3 * I_{\text{н.р.}} = 3 * 125 = 375 \text{ А}$$

Проверка чувствительности срабатывания защиты:

$$I_{\text{эмр}} = 375 \text{ А} < I_{\text{кз}}^{(1)} = 871 \text{ А} - \text{условие выполняется.}$$

Защита 4 линии:

$$I_{\text{р4}} = 65 \text{ А}; I_{\text{кз}}^{(1)} = 599 \text{ А}$$

$$I_{\text{н.р.4}} \geq I_{\text{р4}} = 65 \text{ А}$$

выключатель ВА-88-32

$$I_{\text{н.а}} = 125 \text{ А}; I_{\text{н.р.}} = 80 \text{ А}; I_{\text{эмр}} = 3 * I_{\text{н.р.}} = 3 * 80 = 240 \text{ А}$$

Проверка чувствительности срабатывания защиты:

$$I_{\text{эмр}} = 240 \text{ А} < I_{\text{кз}}^{(1)} = 599 \text{ А} - \text{условие выполняется.}$$

Так как токи однофазных коротких замыканий линий больше уставки электромагнитных расцепителей, то чувствительность срабатывания защиты линий обеспечена.

3. Выбор измерительных трансформаторов

Измерительные трансформаторы тока предназначены для преобразования первичного тока до тока вторичной обмотки $I_{\text{н.2}} = 5 \text{ А}$. Проверяется по условиям трансформатор тока ТШ-0,66. Для коммерческого учета класс точности должен быть 0,5.



Условия выбора трансформатор тока ТШ-0,66.

1. По номинальному напряжению: $U_{\text{н.т.}} \geq U_{\text{н.сети}}$
2. По номинальному току первичной цепи: $I_{\text{н.1}} \geq I_{\text{р.форс.}}$
3. По классу точности

4. По номинальной мощности вторичной цепи: $S_{н.2} \geq S_{р.2}$

$$I_{р.форс.} = I_{р.мах} * K_{\phi}$$

$$I_{р.мах} = 361 \text{ A}$$

Технические данные трансформатора тока ТШ-0,66:

Мощность, потребляемая нагрузкой S_2 : 5 ВА

Номинальное напряжение: 660 В

Номинальный ток первичной обмотки: 400 А

Класс точности: 0,5

Коэффициент трансформации: 400/5

Для учета электроэнергии применяется счетчик Меркурий ARTM-01



Многофункциональный счётчик электроэнергии Меркурий 234 предназначен для одно- или двуправленного учета активной и реактивной электрической энергии и мощности в трехфазных 3-х или 4-х проводных сетях переменного тока через измерительные трансформаторы с возможностью тарифного учёта по зонам суток, долговременного хранения и передачи накопленной информации по цифровым интерфейсным проводным или беспроводным каналам связи в центры сбора информации.

Технические характеристики

Наименование параметров	Величины
Класс точности (актив./реактив.)	1,0/ 2,0
Номинальное напряжение, В	3*230/400
Установленный диапазон рабочих напряжений, В	207...253 (при $U_{ном.}=230$)
Номинальный (максимальный) ток, А - непосредственного включения	5
Частота сети, Гц	50
Максимальный ток для счётчиков прямого включения в течении 10 мсек, А - для $I_{макс}=60A$	1800
Полная мощность, потребляемая цепью тока не более, В*А	0,1

Количество тарифов	1...4
Количество тарифных сезонов (месяцев)	12

4. Выбор разъединителя на стороне 0,4 кВ

Устанавливаем рубильник, который предназначен для нечастых не автоматических коммутаций электрических цепей без нагрузки переменного тока частотой 50 Гц напряжением 380 В, для комплектации силовых шкафов, щитов и других распределительных устройств.

$$I_{p. \max.} = 361 \text{ A}$$

Условия выбора:

$$1. U_{\text{ном.}} \geq U_{\text{раб.}} = 0,4 \text{ кВ}$$

$$2. I_{\text{ном.}} \geq I_{p. \max} = 361 \text{ A}$$

Принимаем к установке рубильник РБ-4/2-400:

$$U_{\text{ном}} = 0,38 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 400 \text{ A}; I_{\text{уд}} = 4,8 \text{ кА.}$$



5. Выбор разъединителя на стороне 10 кВ

Определяем ток на стороне 10 кВ трансформатора 10/0,4 кВ

$$I_{p. \text{ВН}} = 14,45 \text{ A}$$

$$I_{\text{уд.}} = \sqrt{2} * K_{\text{уд.}} * I_{\text{кВН}} = 1,41 * 1,2 * 0,275 = 0,47 \text{ кА}$$

Условия выбора

$$1. U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{раб}} = 10 \text{ кВ}$$

$$2. I_{\text{ном}} = 400 \text{ A} \geq I_{p. \text{ВН}} = 14,45 \text{ A}$$

$$\text{где } I_{\text{д.у.}} = 25 \text{ кА} \geq i_y = 0,47 \text{ кА}$$

Принимаем разъединитель наружной установки РЛК-10.IV/400 УХЛ1.

Разъединитель РЛК-10.IV/400 УХЛ1 предназначен для: включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящейся под напряжением; заземления отключенных участков при помощи заземлителей; отключения токов холостого хода трансформаторов и зарядных токов воздушных и кабельных линий.



Разъединитель РЛК 1-10/400 УХЛ1 изготовлен в трехполюсном исполнении. Разъединитель РЛК состоит из рамы, изоляции, токоведущей системы, заземляющего контура и металлоконструкций для установки. Рама РЛК 1-10/400 УХЛ1 повышенной жесткости представляет собой сварную конструкцию из гнутых швеллеров, на которые устанавливаются изоляторы и заземлители. Изоляция каждого полюса разъединителя РЛК 1-10/400 УХЛ1 состоит из трех полимерных изоляторов. Токоведущая система РЛК состоит из главного ножа, основного контакта и гибкой связи. Главный нож установлен на неподвижном изоляторе и представляет собой медную изогнутую пластину, один из концов которой является контактным выводом разъединителя. Управление разъединителем РЛК производится приводом. Связь между разъединителем РЛК и приводом выполнена из стальной трубы.

Технические характеристики РЛК 1-10/400

Номинальное напряжение	10 кВ
Наибольшее рабочее напряжение	12 кВ
Ток термической стойкости	10 кА
Номинальный ток	400 А
Ток электродинамической стойкости	25 кА
Время протекания тока термической стойкости	3 с
Тип применяемого привода	ПР-01-7 УХЛ1

6. Выбор защиты от перенапряжений

Для защиты электрооборудования станций и сетей среднего класса напряжения переменного тока промышленной частоты 48-62 Гц от коммутационных и грозовых перенапряжений на стороне 10 кВ установлены ограничители перенапряжений ОПН-РВ, которые рекомендованы для использования в распределительных сетях для защиты трансформаторов, пунктов секционирования.

Ограничители типа ОПН-РВ-10 отстроены от перенапряжений при однофазных дуговых замыканиях, поэтому не требуют проведения предварительных расчетов для применения в сетях потребителя.

с.332)

(Л.6



Технические параметры:

Наименование параметра	Значение
Класс напряжения сети, кВ	10
Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ	12,6
Номинальный разрядный ток 8/20 мкс, кА	5
Пропускная способность, А	150
Остающееся напряжение, кВ, не более:	
• при коммутационном импульсе тока	
125 А, 30/60 мкс	32,7
250 А, 30/60 мкс	33,8
500 А, 30/60 мкс	35,2
• при грозовом импульсе тока	
2500 А, 8/20 мкс	40,2
5000 А, 8/20 мкс	43
10000 А, 8/20 мкс	47,3
Ток проводимости, мА, не более (действующее значение)	0,3
Ток взрывобезопасности, кА	10

Защита на стороне 0,4 кВ осуществляется также ограничителями перенапряжений ОПН-0,38 УХЛ1.



Ограничители перенапряжения ОПН предназначены для защиты от атмосферных и коммутационных перенапряжений электрооборудования в

электрических сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью. Ограничители перенапряжения ОПН рассчитаны для работы в районах с умеренным и холодным климатом, при сильном загрязнении внешней среды на открытом воздухе. Предельное верхнее значение температуры окружающей среды – плюс 45°С, нижнее – минус 60°С. Так как в ограничителях перенапряжений ОПН нет искрового промежутка, то при их срабатывании износа контактов ограничителей перенапряжения не происходит. Варисторы, применяемые в ограничителях перенапряжений ОПН, имеют устойчивую вольтамперную характеристику, которая не изменяется в процессе эксплуатации ограничителя перенапряжения.

Технические характеристики ограничителей перенапряжения ОПН-0,38

Класс напряжения сети, действующее значение, кВ	0,4
Номинальный разрядный ток, кА	5
Классификационное напряжение при активной составляющей переменного тока 1 мА, не менее, кВ	0,85
Остающееся напряжение при коммутационном импульсе тока 30/60 мкс, кВ, не более	
- с амплитудой 150 А	1,7
- с амплитудой 500 А	1,9
Остающееся напряжение при грозовом импульсе тока 8/20 мкс, кВ, не более	
- с амплитудой 5000 А	1,3
- с амплитудой 10000 А	1,4
Остающееся напряжение при импульсе тока 1/10 мкс, кВ, не более	
- с амплитудой 10000 А	1,5
Выдерживаемый импульсный ток 4/10 мкс, кА	65
Максимальная высота, мм	40
Длина пути утечки, см	0,68

Форма отчетности: отчет по задачам.

Тема 1.8. Трансформаторные подстанции.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

«Конструкция и принцип действия силовых трансформаторов ТМГ»

«Комплектование трансформаторных подстанций КТП-10/0,4 кВ»

«Монтаж трансформаторных подстанций киоскового типа»

«Монтаж трансформаторных подстанций мачтового типа»

«Монтаж трансформаторных подстанций комплектного типа»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

ЗАДАНИЕ 2.

Решение задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя.

Цель задания: освоить методику выбора мощности силового трансформатора и конструкции трансформаторной подстанции, и подготовиться к проведению практических работ.

Задача: Описать устройство силового трансформатора. Определить конструкцию трансформаторной подстанции в соответствии с мощностью силового трансформатора. Определить и записать назначение каждого элемента трансформаторной подстанции.

Методические рекомендации по выполнению расчетов:

Пример выполнения задания.

Определена мощность силового трансформатора – 250 кВА.

1. Выписываем технические характеристики силового трансформатора:

Технические характеристики силового трансформатора:

Марка силового трансформатора: ТМГ-250/10/0,4

Мощность силового трансформатора: 250 кВА

Группа соединения обмоток: Y/Y₀ – 0

Потери мощности холостого хода: $\Delta P_x = 0,74$ кВт

Потери мощности короткого замыкания: $\Delta P_k = 3,7$ кВт

Напряжение короткого замыкания: $U_k = 4,5$ %

Сопротивление трансформатора: $Z_{тр.} = 0,029$ Ом

Сопротивление трансформатора при однофазном К.З.: $Z_{тр.0} = 0,312$ Ом

2. Выбираем марку трансформатора и описываем устройство:

Трансформатор ТМГ-250/10/0,4 – У1 предназначен для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем и потребителей электроэнергии в условиях наружной или внутренней установки умеренного (от + 40°C до - 45°C) климата. Окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая пыли в концентрациях, снижающих параметры изделий в недопустимых пределах. Трансформатор ТМГ 250 не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной среде. Высота установки над уровнем моря не более 1000 м.

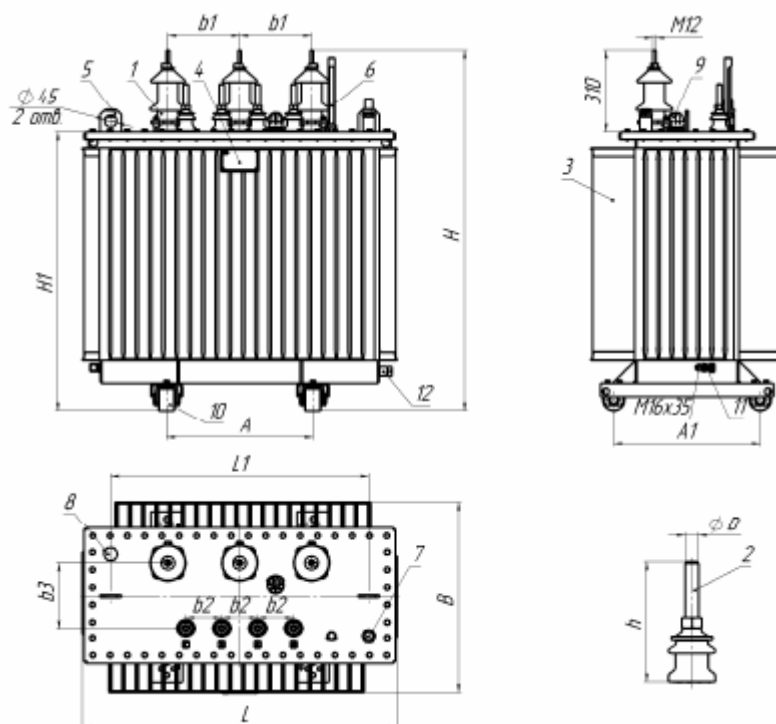


Трансформатор ТМГ-250/10/0,4 герметичного исполнения, без маслорасширителя. Гофрированный бак силового трансформатора ТМГ имеет высокую надежность и полностью безопасен при эксплуатации. Температурные изменения объема масла компенсируются изменением объема гофров бака за счет их пластичной деформации. Для контроля уровня масла трансформатор снабжен маслоуказателем поплавкового типа.

Конструкция трансформатора ТМГ-250

Бак гофрированный, герметичный, без расширителя. Бак увеличивается в объеме при нагреве во время работы, благодаря особенностям конструкции. Перед

загрузкой в бак масло дегазируется, что предотвращает окисление и образование шлама. Загрузка осуществляется в условиях вакуума в специальной камере.



1 – ввод ВН; 2 – ввод НН; 3 – бак; 4 – табличка; 5 – петли для подъема трансформатора; 6 – термометр; 7 – маслоуказатель; 8 – предохранительный клапан; 9 – переключатель; 10 – ролик транспортный; 11 – узел заземления; 12 – сливная пробка.

Трансформатор состоит из: бака с радиаторами; крышки бака; активной части. Бак снабжен пробкой для отбора проб и слива масла и пластиной для заземления трансформатора. Наружная поверхность бака окрашена атмосферостойкими серыми красками. Все уплотнения трансформатора выполнены из маслостойкой резины. Бак трансформатора состоит из:

- стенок, выполненных из стального листа толщиной 4 мм;
- верхней рамы;
- радиаторов;
- дна с опорными лапами (швеллерами).

На крышке трансформатора ТМГ установлены:

- вводы ВН и НН
- привод переключателя;
- петли для подъёма трансформатора;
- предохранительный клапан,

- мембранно–предохранительное устройство.

3. Определяем конструкцию КТП и описываем ее.

Комплектная трансформаторная подстанция мощностью 250 кВА на напряжение 10/0,4 кВ серии КТП-К.

Подстанция трансформаторная комплектная в металлической оболочке на напряжение 10 кВ, наружной установки и предназначена для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 Гц, преобразования и распределения на напряжении 0,4 кВ с целью электроснабжения жилищно-коммунальных, общественных и промышленных объектов. Каркас подстанции представляют собой сварную металлическую конструкцию, состоящую из основания выполненного из профильного проката и боковых стоек образующих совместно с крышей замкнутый каркас. На каркас подстанции навешиваются боковые панели и сворки ворот. Ворота, двери и боковые панели покрываются порошковыми полиэфирными красками RAL (двери и ворота RAL5017, боковые панели RAL7035).

Каркас подстанции покрывается эмалью в несколько слоев на предварительно загрунтованную поверхность. Для дополнительного увеличения срока службы металлической оболочки выполнено покрытие цинкосодержащим грунтом перед нанесением финишного декоративного слоя эмали. КТП комплектуется герметичным «масляным» трансформатором мощностью 250 кВА. КТП предназначены для эксплуатации при следующих климатических условиях окружающей среды:

- температурный режим окружающего воздуха: от -45°C до +45°C;
- относительная влажность до 100%;
- высота над уровнем моря не более 1000м;
- окружающая среда: невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров.

Ввод 10 кВ осуществляется через проходные изоляторы. Разъединитель РЛК 10 кВ с приводом установлен на концевой опоре ВЛ-10 кВ. РУНН КТП выполняется с числом отходящих линий – 4. На вводе секции установлен рубильник и автоматический выключатель. Подстанция однострансформаторная, с односторонним питанием, так как потребители относятся к третьей категории по надежности электроснабжения. Силовой трансформатор присоединяется к линии 10 кВ по тупиковой схеме через разъединитель РЛК-10 с заземляющими ножами и предохранитель типа ПКТ-10, а к шинам 0,4 кВ через рубильник, переключатель витков на стороне высшего напряжения.

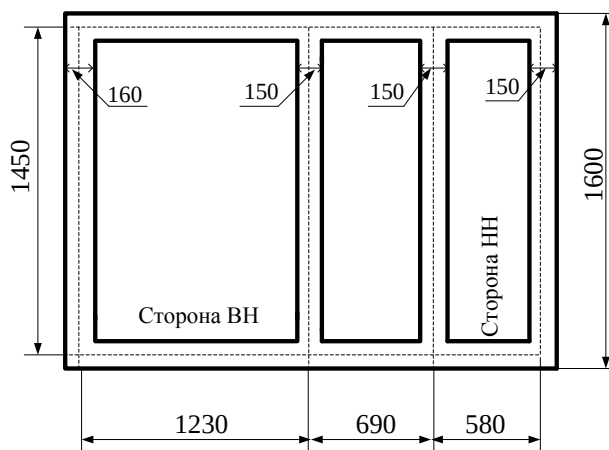
Характеристика трансформаторной подстанции:

КТП имеют резиновые уплотнения на дверях и на стыковых сборных соединениях. Виды защит и блокировок:

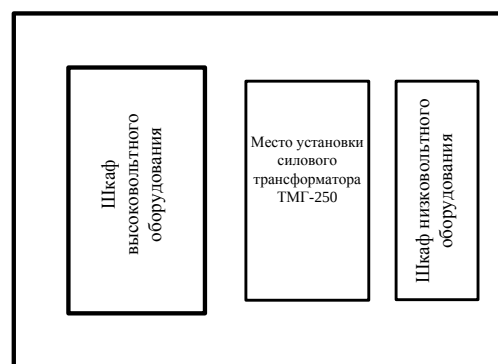
- от междофазных коротких замыканий и однофазных замыканий на землю;
- от атмосферных перенапряжений;
- от перегрузки и коротких замыканий линий 0,4кВ;
- от коротких замыканий цепей освещения;
- КТП имеет электрические и механические блокировки.

Фундамент КТП-250

План фундамента

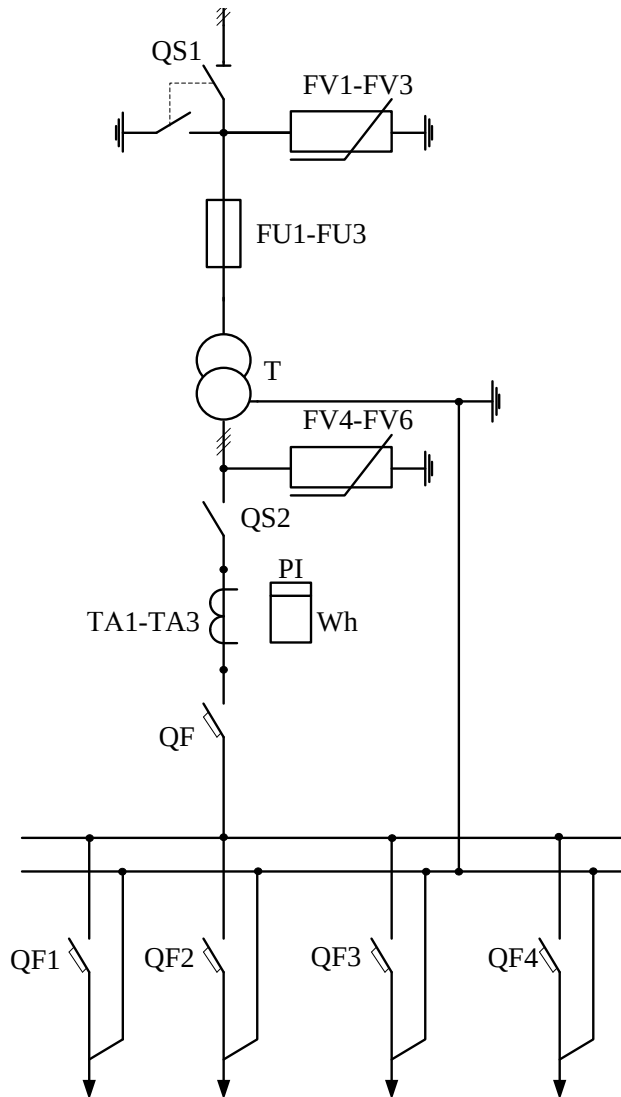


Расположение оборудования КТП



Установка КТП проводится на подготовленном фундаменте заглубленного типа для монтажа КТП. При монтаже рама КТП приваривается к стойкам марки УСО-5А. Рама КТП приваривается к оголовкам стоек сварным швом длиной 50 мм. При монтаже трансформаторной подстанции необходимо последовательно открыть и проверить открывание и запираение дверей РУНН, РУВН и трансформаторной камеры.

Схема однолинейная КТП.



(далее прописывается оборудование КТП и его назначение).

Форма отчетности: отчет по задачам.

Тема 1.9. Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

ЗАДАНИЕ 1.

Презентации и доклады на темы:

- «Устройство, применение, принцип действия электромагнитных реле»
- «Устройство, применение, принцип действия индукционных реле»
- «Максимальная токовая защита»
- «Токовая отсечка»
- «Автоматическое повторное включение»
- «Автоматическое включение резервного питания»
- « Источники оперативного тока»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которых будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита презентации

ЗАДАНИЕ 2.

Решение задач при подготовке к практическим работам с использованием методических рекомендаций преподавателя.

Цель задания: освоить методику расчета тока срабатывания релейной защиты и подготовиться к проведению практических работ.

Задача: В устройство защиты воздушной линии входят реле, включенные в трансформатор тока по заданной схеме. Напряжение на линии 10 кВ. Ток трехфазного короткого замыкания в конце линии $I_{к.к.}$. Суммарная мощность трансформаторов на линии $S_{уст.}$. Определить ток уставки реле и проверить чувствительность МТЗ. Начертить схему включения релейной защиты с использованием трансформатора тока, пояснить, от каких токов короткого замыкания она защищает.

Решить 4 задачи по данным из таблицы:

№ задания	Схема включения защиты	$I_{к.к.}$, А	$S_{уст.}$, кВА
1	Полная звезда	970	890
2	Неполная звезда	1500	1368
3	Полная звезда	1100	1200
4	Неполная звезда	1350	950

Методические рекомендации по выполнению расчетов:

Максимальная токовая защита (МТЗ) – это защита, реагирующая на возрастание тока сверх установленного значения. В сетях до 1кВ МТЗ выполняют плавкими предохранителями или автоматическими выключателями; в сетях напряжением выше 1кВ – с использованием релейных схем. МТЗ должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к релейной защите. Основные параметры МТЗ – это ток срабатывания и время. В схемах МТЗ применяют реле РТВ, РТ-80 (РТ-90), РТ-85, РТ-40. Чувствительность защиты оценивают коэффициентом чувствительности $K_c = (K_{cx}^3 \cdot I_{k.min}) / (K_I \cdot I_{y.p.})$. Чувствительность МТЗ считается достаточной, если $K_c \geq 1,5$ в основной зоне. Устройства релейной защиты питаются от источников оперативного тока. В распределительных сетях 6..10кВ используют трансформаторы тока, напряжения. Выбор схемы соединений трансформаторов тока и реле определяется видами повреждений, на которые должна реагировать защита, чувствительностью к ним. Зависимость между током, протекающим в реле, и током во вторичной обмотке трансформатора тока характеризуется коэффициентом схемы $K_{cx} = I_p / I_{2m.m.}$

Трансформаторы тока включают последовательно в первичную цепь, а приборы защиты последовательно во вторичную. При первичном токе $I_{ном1}$ во вторичной обмотке $I_{ном2} = 5A$. Номинальный коэффициент трансформации трансформатора тока $K_{m.m.} = I_{ном1} / I_{ном2}$.

Трансформатор тока выбирают по условиям:

- 1) $U_{т.т.} \geq U_{сети}$;
- 2) $I_{т.т.1} \geq I_{ном1}$;
- 3) по классу точности.

Максимальные токовые защиты сельских электрических сетей рассчитывают в следующем порядке:

- выбирают тип защит и схемы соединений трансформаторов тока;
- определяют токи срабатывания защит $I_{с.з.}$ по условию отстройки от тока нагрузки

$$I_{с.з.} = K_n \cdot K_{с.н.} \cdot I_{p.max} / K_{\epsilon}$$

где $K_n = 1,3$ – коэффициент надежности;

$K_{с.н.} = 1,1$ – коэффициент самозапуска электродвигателей; $K_{\epsilon} = 0,7$ – коэффициент возврата.

- определяют ток срабатывания реле: $I_{с.р.} = K_{cx} \cdot I_{с.з.} / K_{m.m.}$

где K_{cx} – коэффициент схемы принимают в зависимости от схемы подключения реле.

Пример расчета.

В устройство защиты воздушной линии входят реле, включенные в трансформатор тока по схеме неполной звезды. Напряжение на линии 10кВ. Ток

двухфазного короткого замыкания в конце линии $I_{к.к.}=1200\text{А}$. Суммарная мощность трансформаторов на линии $S_{уст.}=1100\text{кВА}$. Определить ток уставки реле и проверить чувствительность МТЗ.

Решение:

1. Максимальный рабочий ток $I_{р.мах} = S_{уст.} / \sqrt{3} \cdot U_{ср.} = 1100 / 1,73 \cdot 10,5 = 61 \text{ А}$.

2. Ток срабатывания защиты $I_{с.з.} = K_n \cdot K_{с.п.} \cdot I_{р.мах} / K_v = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 61 / 0,7 = 125 \text{ А}$.

3. Трансформатор тока выбирают по условию:

$$I_{н1} > I_{р.форс.} = 1,2 \cdot I_{р.мах} = 61 \cdot 1,2 = 73 \text{ А}.$$

Выбираем трансформатор тока ТПЛ-10-0,5/Р с $I_{н1} = 75 \text{ А}$

4. Коэффициент трансформации $K_{т.т.} = I_{ном1} / I_{ном2} = 75 / 5 = 15$.

5. Ток срабатывания реле $I_{с.р.} = K_{сх} \cdot I_{с.з.} / K_{т.т.} = 1 \cdot 125 / 15 = 8,3 \text{ А}$.

6. Принимаем реле РТВ-4 $I_{у.р.}=9\text{А}$, тогда действительное значение тока срабатывания защиты

$$I_{с.з.} = I_{у.р.} \cdot K_{т.т.} = 9 \cdot 15 = 135 \text{ А}.$$

1. Определяем чувствительность защиты в основной зоне

$$K_{ч} = (K_{сх}^3 \cdot I_{к.мин}) / (K_I \cdot I_{у.р.})$$

$$K_{ч} = (1^3 \cdot 1200) / (15 \cdot 9) = 8,8 > 1,5 - \text{чувствительность обеспечена}.$$

Тема 1.10. Утилизация и ликвидация отходов электрического хозяйства.

ЗАДАНИЕ 1.

Рефераты на темы:

«Утилизация отходов ядерной энергетики»

«Утилизация золошлаковых отходов»

«Способы уменьшения выбросов ТЭС в окружающую среду»

«Ртутные лампы – правильная утилизация»

«Утилизация люминесцентных ламп»

«Влияние сельскохозяйственных объектов на окружающую среду»

«Охрана окружающей среды в животноводстве»

«Охрана окружающей среды в птицеводстве»

«Охрана окружающей среды в свиноводстве»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (на бумажных носителях, в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Изучите методические указания по написанию реферата.
- 2) Подберите необходимую литературу и статистический материал.

Форма отчетности: выступление на уроке, защита реферата.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПРИ ПОДГОТОВКЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

(документально не оформляется, а оценивается по результатам прохождения контрольных точек при выполнении курсового проекта)

- 1) Подбор необходимой литературы и нормативных документов по объекту исследования. Определение мощностей на вводе объектов.
- 2) Определение центра электрических нагрузок и места установка трансформаторной подстанции.
- 3) Проектирование линий электропередач. Построение расчетной схемы.
- 4) Расчет нагрузок линий электропередач. Определение мощности на шинах 0,4 кВ с учетом уличного освещения.
- 5) Выбор конструкции силового трансформатора и трансформаторной подстанции. Рассмотрение вопроса монтажа трансформаторной подстанции.
- 6) Выбор марки и сечения линий электропередач. Проверка сечения по допустимому току и потере напряжения.
- 7) Выбор оборудования трансформаторной подстанции. Оформление технических характеристик оборудования.
- 8) Расчет заземляющей конструкции трансформаторной подстанции и объекта.
- 9) Оформление графической части курсового проекта:
 - схема ВЛ 0,38 кВ;
 - схема КТП-10/0,4 кВ.
- 10) Подготовка доклада к защите курсового проекта.
- 11) Подготовка презентации к защите курсового проекта.

Форма отчета: защита курсового проекта.

РАЗДЕЛ 2. Обслуживание электрооборудования и систем электроснабжения в сельскохозяйственном производстве.

Тема 2.1. Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

ЗАДАНИЕ 1.

Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию по теме «Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи»

Цель задания: закрепление и систематизация знаний студентов по отдельным темам.

Методические указания по выполнению задания для внеаудиторной самостоятельной работы:

- 1) внимательно прочитать учебный материал, изложенный в опорном конспекте и учебной литературе.
- 2) Подготовиться к устному ответу по вопросам темы или выполнению тестового задания, для чего рекомендуется повторить и проанализировать изученный учебный материал.
- 3) Составить развернутый план ответа.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Форма отчетности: устный ответ, написание теста по теме.

ЗАДАНИЕ 2.

Рефераты и презентации на темы:

1. «Монтаж внутренних электропроводок»
2. «Монтаж воздушных линий электропередач»
3. «Монтаж изолированных проводов»
4. «Испытания воздушных и кабельных линий»
5. «Методы определения мест повреждения на кабельных линиях»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (на бумажных носителях, в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Изучите методические указания по написанию реферата.
- 2) Изучите методические рекомендации при выполнении презентаций.
- 3) Подберите необходимую литературу и нормативный материал.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Форма отчетности: выступление на уроке с рефератом и презентацией.

ЗАДАНИЕ 3.

Выполнить тестовое задание:

Тесты для самопроверки

1. Что должно быть предусмотрено для питания потребителей 1-й категории по надежности электроснабжения?

- ☒ Питание от нескольких взаимно резервирующих источников питания.
- ☐ Питание от двух независимых источников.
- ☐ Автоматическое секционирование.
- ☐ Автоматическое повторное включение.
- ☐ Автоматическая частотная разгрузка.

2. На какое время допускается перерыв в электроснабжении потребителей 3-й категории?

- ☐ Не более 1,5 часа.
- ☐ Не более 3 часов.
- ☐ Не более суток.
- ☐ На время автоматического включения резервного питания.
- ☐ Не более 12 часов.

3. Что применяется для резервирования потребителей 1-й категории?

- ☐ Независимая трансформаторная подстанция.
- ☐ Дополнительный выключатель в распредустройстве.
- ☐ Ветроэлектростанция.
- ☐ Дизельная электростанция.
- ☐ Ответы 1, 4.

4. Какие из перечисленных мероприятий могут использоваться для повышения надёжности электроснабжения?

- ☐ Резервирование питания потребителей от нескольких источников.
- ☐ Замена недогруженных трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности.
- ☐ Установка средств компенсации реактивной мощности.
- ☐ Применение секционирования протяженных линий.
- ☐ Ответы 1, 4.

5. К потребителям 1-й категории по надёжности электроснабжения относятся потребители, перерыв в электроснабжении которых влечёт за собой:

- ☐ Опасность для жизни людей.
- ☐ Повреждение оборудования и массовый брак продукции.
- ☐ Недоотпуск продукции.
- ☐ Приводит к ущербу.
- ☐ Ответы 1, 2.

6. Критерием оценки надёжности системы электроснабжения для потребителей второй и третьей категории служат показатели надёжности:

- ☐ Параметр потока отказов.

- ☐ Среднее время восстановления.
- ☐ Число часов использования максимума нагрузки.
- ☐ Ответы 1, 2.
- ☐ Ответы 1, 2, 3.

7. Магистраль вновь сооружаемых или реконструируемых линий 10 кВ рекомендуется выполнять сталеалюминиевыми проводами одного сечения не менее:

- ☐ 95 мм².
- ☐ 70 мм².
- ☐ 35 мм².
- ☐ 25 мм².
- ☐ 120 мм².

8. При последовательном секционировании линии 10 кВ, повышается надежность электроснабжения потребителей расположенных:

- ☐ Между секционирующим выключателем и головной подстанцией.
- ☐ За секционирующим выключателем в сторону хвостовой части линии.
- ☐ Между ОТП и РП.
- ☐ За наиболее мощным потребителем.
- ☐ На ответвлении от магистральной линии.

9. В качестве автоматического секционирующего аппарата в сетях 10 кВ может служить:

- ☐ Выключатели нагрузки.
- ☐ Автоматические отделители.
- ☐ Масляные и вакуумные выключатели.
- ☐ Ответы 1, 2.
- ☐ Ответы 1, 2, 3.

10. При параллельном секционировании линии 10 кВ, повышается надежность электроснабжения потребителей расположенных:

- ☐ Между секционирующим выключателем и головной подстанцией.
- ☐ За секционирующим выключателем в сторону хвостовой части линии.
- ☐ Между ОТП и РП.
- ☐ Для всех потребителей этой линии, кроме потребителей расположенных на ответвлении, где установлен секционирующий аппарат.
- ☐ На ответвлении от магистральной линии.

Форма отчетности: отчет по результатам теста.

Необходимо заполнить таблицу:

вопрос	ответ	вопрос	ответ	вопрос	ответ
1		5		9	
2		6		10	
3		7			
4		8			

Таблица для проверки ответов.

вопрос	ответ	вопрос	ответ	вопрос	ответ
1	2	5	5	9	5
2	3	6	4	10	4
3	5	7	1		
4	5	8	1		

Тема 2.2. Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.

ЗАДАНИЕ 1.

Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию по теме «Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов».

Цель задания: закрепление и систематизация знаний студентов по отдельным темам.

Методические указания по выполнению задания для внеаудиторной самостоятельной работы:

- 1) внимательно прочитать учебный материал, изложенный в опорном конспекте и учебной литературе.
- 2) Подготовиться к устному ответу по вопросам темы или выполнению тестового задания, для чего рекомендуется повторить и проанализировать изученный учебный материал.
- 3) Составить развернутый план ответа.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Форма отчетности: устный ответ, написание теста по теме.

ЗАДАНИЕ 2.

Доклады и презентации на темы:

1. «Монтаж трансформаторной подстанции на заглубленном фундаменте»
2. «Проведение капитального ремонта силовых трансформаторов»

Цель задания: углубление знаний по теме и привитие навыков библиографического поиска необходимой информации (в электронном виде).

Методические указания:

- 1) Разработайте план презентации по выбранной теме.
- 2) Подберите информационный материал, с использованием которого будет строиться презентация.
- 3) Подберите отдельные информационные ресурсы на электронных носителях в виде слайдов с использованием специальных программ (Power Point).
- 4) Выполните презентацию с использованием разработанных презентационных ресурсов (слайдов).
- 5) Оформить презентацию в соответствии с требованиями к её оформлению с учетом текста доклада.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Форма отчетности: выступление на уроке с докладом, защита презентации.

ЗАДАНИЕ 3.

Работа со схемой трансформаторной подстанции:

Комплектная трансформаторная подстанция наружной установки напряжением 10/0,4 кВ мощностью от 25 до 250 кВА шкафного типа.



Рисунок 1.

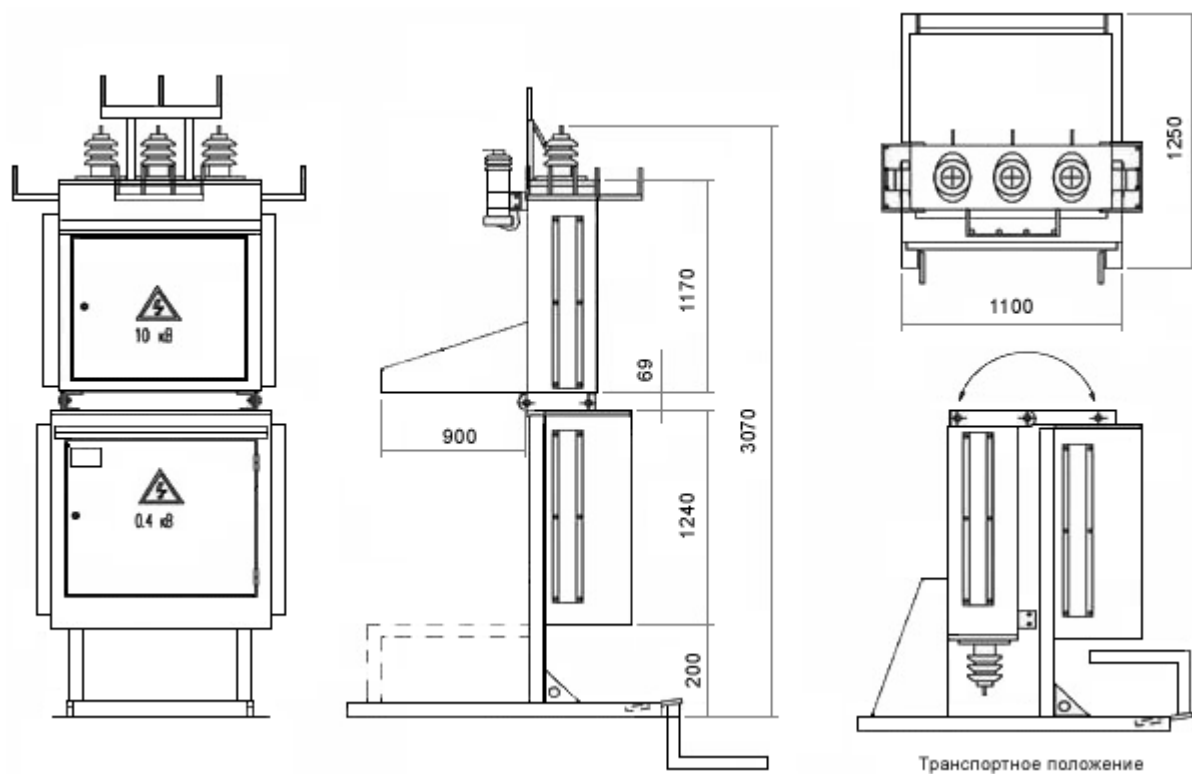


Рисунок 2.

Цель задания: закрепление и систематизация знаний студентов по теме.

Методические указания по выполнению задания для внеаудиторной самостоятельной работы:

- 1) Начертите однолинейную схему представленной КТП на рисунке 1.
- 2) Обозначьте ячейки трансформаторной подстанции рисунка 2 и подпишите их назначение.
- 3) Пропишите оборудование трансформаторной подстанции и его назначение.

Форма отчетности: Отчет по пунктам задания.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Тема 2.3. Эксплуатация, ремонт и монтаж резервных электростанций.

ЗАДАНИЕ 1.

Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию по теме «Эксплуатация, ремонт и монтаж резервных электростанций».

Цель задания: закрепление и систематизация знаний студентов по отдельным темам.

Методические указания по выполнению задания для внеаудиторной самостоятельной работы:

- 1) внимательно прочитать учебный материал, изложенный в опорном конспекте и учебной литературе.
- 2) Подготовиться к устному ответу по вопросам темы или выполнению тестового задания, для чего рекомендуется повторить и проанализировать изученный учебный материал.

- 3) Составить развернутый план ответа.
- 4) Рассмотреть вопросы: Техническое обслуживание резервных электростанций. Монтаж резервных электростанций. Техника безопасности при эксплуатации резервных электростанций.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Форма отчетности: устный ответ, написание теста по теме.

Тема 2.4. Эксплуатация и монтаж распределительных устройств.

ЗАДАНИЕ 1.

Работа с конспектом и учебной литературой, подготовка к устному опросу или к тестовому заданию по теме «Эксплуатация и монтаж распределительных устройств».

Цель задания: закрепление и систематизация знаний студентов по отдельным темам.

Методические указания по выполнению задания для внеаудиторной самостоятельной работы:

- 1) внимательно прочитать учебный материал, изложенный в опорном конспекте и учебной литературе.
- 2) Подготовиться к устному ответу по вопросам темы или выполнению тестового задания, для чего рекомендуется повторить и проанализировать изученный учебный материал.
- 3) Составить развернутый план ответа.
- 4) Рассмотреть вопросы: Подготовка к ремонту и проведение ремонта распределительных устройств. Послеремонтные испытания резервных устройств. Техника безопасности при ремонте распределительных устройств.

Рекомендуемая литература:

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.

Форма отчетности: устный ответ, написание теста по теме.

Рекомендуемая литература

[Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.book.ru/>

1. Электрооборудование электрических станций, сетей и систем : учебное пособие / Э.А. Киреева. — Москва : КноРус, 2017. — 319 с. — СПО. — ISBN 978-5-406-04891-7.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей в вопросах и ответах : учебное пособие / С.С. Бодрухина, авт.-сост. — Москва : КноРус, 2013. — 158 с. — ISBN 978-5-406-02635-9.
3. Правила устройства электроустановок. Вопросы и ответы : практическое пособие / С.С. Бодрухина. — Москва : КноРус, 2017. — 288 с. — ISBN 978-5-406-05593-9.

[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

1. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 - «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» очной и заочной форм обучения / . — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 143 с. — 2227-8397.
2. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2018. — 172 с. — 2227-8397.
3. Черемисинова Н.А. Лабораторный практикум по дисциплине «Проектирование систем электрификации» [Электронный ресурс] : для направления 35.03.06 «Агроинженерия», «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» / Н.А. Черемисинова, Д.Н. Афоничев, В.А. Черников. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 94 с. — 2227-8397.