

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЁЖНОЙ
ПОЛИТИКИ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ Автономное
учреждение Чувашской Республики среднего профессионального
образования
«Цивильский аграрно-технологический техникум»**

МДК.02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

**Электрификация и автоматизация сельского
хозяйства**

основной профессиональной образовательной программы

Иванов В.Н.

Методические указания и контрольные задания по дисциплине
Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных
подстанций для студентов заочной формы обучения/ Иванов В.Н.
– Цивильск, 2014.-64 с.

Рецензент: Моисеев Иван Николаевич, заведующий отделением
заочного обучения

Составитель: Иванов В.Н., преподаватель спецдисциплин

Методические указания составлены в соответствии с
характеристикой профессиональной деятельности выпускников и
требований ФГОС и адресованы студентам заочной формы
обучения в помощь для организации самостоятельной работы по
изучению материалов курса.

Методические указания содержат рекомендации по
изучению теоретического блока, перечень практических занятий,
задания для выполнения контрольной работы,

Рассмотрено на заседании учебно-методической комиссии
транспортных средств, механизации и электрификации сельского
хозяйства, протокол № _ от _____ г.

Председатель УМК _____ В.В. Прокопьев

©В.Н. Иванов, 2014

Цивильск 2014

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Введение	4
2. Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины	9
3. Содержание дисциплины	10
4. Контрольная работа	18
5. Информационное обеспечение дисциплины	64

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент! Самостоятельная работа при заочной форме обучения является основным видом учебной деятельности. Ваша самостоятельная работа по дисциплине предполагает следующее:

- самостоятельное изучение теоретического материала;
- выполнение практических работ;
- выполнение контрольной работы;

Методические указания по дисциплине **Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций** являются частью основной профессиональной образовательной программы 35.02.08. "Электрификация и автоматизация сельского хозяйства" разработанной в соответствии с ФГОС СПО.

Содержание дисциплины **Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций** разбито на разделы, которые изучаются по темам. Структура каждой темы представлена следующим образом:

- **План изучения темы** (вопросы, необходимые для изучения).
- **Практическая работа (задача)** оформляется в виде отчета.

Выполнение практических работ обязательно!

- **Основные и дополнительные источники по теме.** Из всего перечня рекомендованной литературы следует опираться на литературу, указанную как основную.

Для того чтобы Вы успешно прошли итоговую форму контроля, Вам необходимо, помимо освоения теоретического материала и отчета по практическим работам, выполнить домашнюю контрольную работу, предусмотренную учебным планом.

Определив свой вариант контрольной работы по присвоенному Вам шифру, вы должны:

- внимательно ознакомиться с вопросами (теоретическими и практическими) своего варианта;
- подобрать соответствующие учебно-методические пособия, изданные в техникуме, учебную литературу, нормативные и нормативно-правовые документы;
- ознакомиться с подобранной информацией;
- выполнить задания по теоретическим вопросам и решить задачи.

Если Вами не освоен теоретический материал или у Вас возникают трудности при выполнении практических работ, а также при выполнении контрольной работы, необходимо обратиться за помощью к преподавателю или попытаться ещё раз самостоятельно с помощью данных методических указаний пройти весь образовательный маршрут по проблемному разделу.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся **должен уметь:**

- проводить техническое обслуживание и ремонт типовых и потребительских трансформаторных подстанций, схем защиты высоковольтных и низковольтных линий;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся **должен знать:**

- назначение, устройство, принцип работы трансформаторов;
- эксплуатацию систем электроснабжения.

В Цивильском аграрно-технологическом техникуме Минобразования Чувашии на дисциплину **Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций** по специальности 35.02.08. "Электрификация и автоматизация сельского хозяйства" отводится **36 часов**, в том числе **10 часов** аудиторной нагрузки и **26 часов** самостоятельной работы студентов. Освоение дисциплины требует обязательного выполнения студентами **1** контрольной работы, **4 часов** практических занятий. По итогам изучения дисциплины проводится **диф.зачет** (с учетом оценок за практические работы и контрольную работу).

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАРШРУТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формы отчетности, обязательные для сдачи	Количество
Практические работы	4
Контрольная работа	1
Промежуточная аттестация	ДЗ

Желаем Вам удачи!

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование разделов и тем	Количество часов		
	Максимальная учебная нагрузка	Аудиторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общие сведения о производстве электрической энергии.	2	-	2
2. Изолированные провода и кабели. Внутренняя проводка.	2	-	2
3. Неизолированные провода. Устройство и строительство линий электропередач.	2	-	2
4. Электрические нагрузки в жилых домах, производственных и общественных помещениях.	2	2	-
5. Графики нагрузок. Потери энергии в линиях и трансформаторах.	2	-	2
6. Отклонение напряжения у потребителей. Падение и потери напряжения в трехфазных линиях переменного тока.	2	-	2
7. Расчет разомкнутых сетей с равномерной и неравномерной нагрузкой фаз.	2	-	2
8. Расчет замкнутых сетей.	2	-	2

9. Короткие замыкания и замыкания на землю.	2	-	2
10. Высоковольтная аппаратура и токоведущие части распределительных устройств.	2	2	-
11. Контрольно-измерительные приборы и измерительные трансформаторы.	2	-	2
12. Сельские трансформаторные подстанции.	2	2	-
13. Резервные электростанции.	2	-	2
14. Релейная защита.	2	-	2
15. Автоматизация на электрических станциях и подстанциях.	2	-	2
16. Атмосферные перенапряжения и защита от них.	1	-	1
17. Заземляющие устройства.	1	-	1
Практическая работа №1 «Определение электрических нагрузок по участкам линии электропитания»	2	2	-
Практическая работа №2 «Изучение схем и комплектация ТП напряжения 10-35/0,4 кВ»	2	2	-
Итого:	36	10	26

КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень практических работ, обязательных к сдаче:

Практическая работа №1
«Определение электрических нагрузок по участкам линии электроснабжения»

Практическая работа №2

«Изучение схем и комплектация ТП 10-35/0,4 кВ»

Внимание! Выполнение практических работ является допуском к аттестации по дисциплине.

Итоговая аттестация по дисциплине проводится в форме **диф.зачета**.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Общие сведения о производстве электрической энергии

Студент *должен знать*: общие сведения о производстве электрической энергии.

Вопросы для самоконтроля: 1. В чем заключается отличие ГРЭС от ТЭЦ и где они сооружаются? 2. Какие типы гидроэлектростанций имеются в России и чем они отличаются друг от друга? 3. Перечислите типы подстанций, применяемых в сельской электрификации. 4. Назовите номинальные параметры электрооборудования и поясните, что под ними подразумевается. 5. Приведите шкалу номинальных напряжений источников электроснабжения и потребителей. 6. Что называется номинальным вторичным напряжением трансформатора?

2. Изолированные провода и кабели. Внутренняя электропроводка

Студент *должен знать*: виды изолированных проводов и кабелей, методику их выбора и способы прокладки;

должен уметь: выбирать предохранители, автоматы и провода, составлять план-схему внутренней электропроводки.

Вопросы для самоконтроля: 1. Расшифруйте: АПВ660-4 (1×2,5), АПРТО (3×4), АППВ (2×2,5), АВРГ (3×6), АСБ (3×70), ШРПС (2×1,5). 2. Назовите предельные нормы нагрева проводов и кабелей. Чем они обусловлены? 3. Как производится выбор проводов по условиям нагрева? 4. Как производится выбор плавких вставок предохранителей? 5. Объясните, почему коэффициент α зависит от пускового режима электродвигателя. 6. Как производится выбор автоматических выключателей? Назовите основные марки автоматов, применяемых в сельской электрификации. 7. Что называется селективностью защиты и как она обеспечивается при выборе плавких вставок? 8. Назовите

требования ПУЭ к внутренним проводкам в зависимости от типа помещения. 9. Вычертите основные условные обозначения проводки на схемах.

3. Неизолированные провода. Устройство и строительство воздушных линий электропередач

Студент должен знать: неизолированные провода, применяемые в воздушных линиях, устройство и методы строительства воздушных линий электропередач;

должен уметь: исследовать устройство и порядок строительства воздушных линий на полигоне.

Вопросы для самоконтроля: 1. Назовите удельную проводимость медных и алюминиевых проводов. 2. Какие наименьшие сечения неизолированных проводов допускается применять на воздушных линиях 10 и 0,4 кВ? Как влияют на их значения гололедные и ветровые условия? 3. Как маркируются неизолированные провода? Расшифруйте марки: МЗ5, А50, АН25, АЖ16, АС70, АСУ240? 4. Перечислите типы и марки изоляторов, крюков, штырей, применяемых на ВЛ 0,4...35 кВ. 5. Какие преимущества и недостатки имеют деревянные, железобетонные и стальные опоры, в каких районах они применяются? 6. В чем отличие промежуточных и анкерных опор? 7. Дайте определение: габарит линии; стрела провеса провода. 8. Что понимается под расчетными климатическими условиями?

4. Электрические нагрузки в жилых домах, производственных и общественных помещениях

Студент должен знать: электрические нагрузки в жилых домах, производственных и общественных помещениях;

должен уметь: определять электрические нагрузки по участкам ВЛ 0,38 кВ.

Вопросы для самоконтроля: 1. Как определяются расчетные нагрузки на вводе в жилые сельские дома? 2. Как определяются электрические нагрузки производственных и общественных потребителей? 3. Поясните методику определения расчетных нагрузок по уча-

сткам воздушной линии. 4. Как определяется мощность потребительской подстанции 10...35/0,4 кВ?

5. Графики нагрузок. Потери энергии в линиях и трансформаторах

Студент должен знать: виды и назначение графиков нагрузок, потери энергии в линиях и трансформаторах.

Вопросы для самоконтроля: 1. Дайте определение годовому графику по продолжительности максимальной нагрузки. 2. Как определяется время использования максимальной нагрузки T ? 3. Как определяется время максимальных потерь τ ? 4. Как влияет коэффициент мощности нагрузки на потери электрической энергии? 5. Напишите формулы для определения потерь энергии в трансформаторе и линии электропередачи.

6. Отклонение напряжения у потребителей. Падение и потери напряжения в трехфазной линии переменного тока

Студент должен знать: отклонения напряжения у потребителей, причины падения и потерь напряжения в трехфазной линии переменного тока;

должен уметь: составлять таблицы отклонения и потерь напряжения для различных схем электроснабжения, определять допустимые потери напряжения в воздушных линиях 0,38 и 10 кВ.

Вопросы для самоконтроля: 1. Дайте определение «потере напряжения», «отклонению напряжения». Как они определяются? 2. Какие отклонения напряжения допускаются на зажимах сельских электроприемников по нормам? 3. Какая допускается потеря напряжения во внутренних электропроводах? 4. Что такое омическое и активное сопротивление? Почему активное сопротивление больше омического? 5. Чем обусловлено индуктивное сопротивление проводов? 6. Что такое падение и потеря напряжения? 7. В каких случаях определяется потеря напряжения по формуле: $\Delta U = \sqrt{3} (I_a \cdot R + I_p \cdot X)$?

8. Как и для чего составляют таблицы отклонений потерь напряжения?

7. Расчет разомкнутых сетей с равномерной и неравномерной нагрузкой фаз

Студент должен знать: методы расчета разомкнутых сетей с равномерной и неравномерной нагрузкой фаз;

должен уметь: выбирать сечение проводов различными методами, рассчитывать разомкнутые сети по допустимым потерям напряжения и с неравномерной нагрузкой фаз.

Вопросы для самоконтроля: 1. Как выбирают провода по методу приведенных затрат? 2. Что такое экономическая плотность тока и как ее используют при выборе проводов? 3. Как определяют площади поперечных сечений по допустимым потерям напряжения при различных дополнительных условиях? 4. В чем заключается проверка сети при пуске электродвигателей?

8. Расчет замкнутых сетей

Студент должен знать: методику расчета замкнутых сетей;

должен уметь: проводить расчет замкнутой сети в нормальном и аварийном режимах.

Вопросы для самоконтроля: 1. Какую сеть называют замкнутой? 2. Что такое условно-замкнутая сеть? 3. Как распределяются токи и мощности в замкнутых сетях? 4. Как находится точка токораздела в замкнутой сети, каковы ее особенности? 5. Когда в замкнутой сети появляется уравнительный ток и что он выравнивает?

9. Короткие замыкания и замыкания на землю

Студент должен знать: причины и виды коротких замыканий;

должен уметь: проводить расчет токов короткого замыкания в электрических сетях 10...35 кВ и в сети 0,38 кВ по расчетным кривым.

Вопросы для самоконтроля: 1. Что называется коротким замыканием в электрической цепи? 2. Для каких целей производят расчет токов короткого замыкания? 3. Поясните влияние режимов нейтралей на величину токов к. з. и характер к. з. 4. Дайте определение ударному коэффициенту (K_u). Каковы его примерные значения в зависимости от места короткого замыкания? 5. Что означает I'' , i_y , I_y и I_{∞} ? 6. Как приводятся сопротивления цепи короткого замыкания к базисным условиям? 7. В каких случаях при расчете токов к. з. удобнее пользоваться методом именованных единиц, относительных единиц? 8. Как определяется ток к.з. в удаленной точке цепи, питающейся от мощной энергосистемы? 9. Как определяется ток замыкания на землю в воздушных и кабельных сетях с изолированной нейтралью?

10. Высоковольтная аппаратура и токоведущие части распределительных устройств

Студент должен знать: высоковольтную аппаратуру и токоведущие части распределительных устройств;

должен уметь: исследовать устройство высоковольтной аппаратуры и приводов к ней, выбирать высоковольтные аппараты по номинальным параметрам и проверять их на термическую и динамическую стойкость. Понятие о горении и гашении электрической дуги.

Вопросы для самоконтроля: 1. Дайте определение понятиям «электрический контакт», «дуга электрического тока». 2. С помощью каких средств осуществляется гашение электрической дуги? 3. Назовите типы предохранителей до и выше 1 кВ, наиболее широко применяемых в сельских электроустановках. 4. Назовите типы автоматических выключателей, используемых в электроустановках свыше 1 кВ. 5. Поясните назначение, принцип действия и устройство аппаратуры свыше 1 кВ: изоляторов, предохранителей, разъединителей, короткозамыкателей, отделителей, выключателей нагрузки, масляных и воздушных выключателей.

11. Контрольно-измерительные приборы и измерительные трансформаторы

Студент должен знать: виды контрольно-измерительных приборов и измерительные трансформаторы;

должен уметь: подключать приборы измерения электрической нагрузки через измерительные трансформаторы и определять расход электрической энергии.

Вопросы для самоконтроля: 1. С какой целью и какие контрольно-измерительные приборы устанавливаются в цепях сельских электростанций, районных и потребительских подстанций? 2. Поясните назначение и принцип действия измерительных трансформаторов. Назовите классы точности измерительных трансформаторов. 3. Назовите шкалу номинальных токов первичных обмоток трансформаторов тока. 4. Почему опасен режим работы трансформаторов тока с разомкнутой вторичной обмоткой? 5. Каков порядок отсоединения приборов, питающихся от трансформатора тока? 6. Как осуществляется контроль состояния изоляции в сетях с изолированной нейтралью?

12. Сельские трансформаторные подстанции

Студент должен знать: назначение, конструкции, схемы, распределительные устройства трансформаторных подстанций;

должен уметь: исследовать конструктивное устройство трансформаторных подстанций 35/10 и 10/0,4 кВ на полигоне.

Вопросы для самоконтроля: 1. Перечислите основные требования, предъявляемые к схемам соединений трансформаторных подстанций. 2. Какие типы потребительских трансформаторных подстанций применяются для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей? 3. Дайте определение понятию «глубокий ввод». Какие подстанции для этого используются? 4. Поясните преимущества комплектных трансформаторных подстанций для сельского электроснабжения. Перечислите типы комплектных ТП. 5. Какие блокировки

безопасности применяют в шкафах РУ напряжением 10 кВ? 6. Как защищен трансформатор ТП напряжением 10/0,4 кВ от перегрузки и к. з.? 7. Как включают уличное освещение?

13. Резервные электростанции

Студент должен знать: назначение, классификацию и устройство резервных электростанций;

должен уметь: исследовать конструкцию дизельной электростанции.

Вопросы для самоконтроля: 1. Назовите типы резервных электрических станций, применяемых в сельском электроснабжении. 2. Какие степени автоматизации применяются на резервных ДЭС? 3. Назовите главные электрические схемы соединения ДЭС. 4. Как осуществляется начальное возбуждение генератора ДЭС?

14. Релейная защита

Студент должен знать: назначение, классификацию, устройство и работу реле, релейную защиту;

должен уметь: исследовать конструкцию реле тока и напряжения, снимать характеристики параметров срабатывания, рассчитывать защиту отходящей линии 0,38 кВ автоматами и предохранителями.

Вопросы для самоконтроля: 1. Перечислите основные функции релейной защиты. 2. Как классифицируются реле защиты? Поясните принцип их действия. 3. Какие требования предъявляются к реле? 4. Какие требования предъявляются к релейной защите? 5. Что называется основной, вспомогательной и резервной защитами? 6. По каким формулам определяются ток срабатывания защиты, ток срабатывания реле? 7. Запишите формулу для определения коэффициента схемы для релейных защит. Какие схемы соединений трансформаторов тока для релейных защит вы знаете? 8. По каким условиям выбираются автоматы и предохранители для защиты линий 0,4 кВ от коротких замыканий и перегрузки?

15. Автоматизация на электрических станциях и подстанциях

Студент должен знать: системы автоматизации на электрических станциях и подстанциях;

должен уметь: исследовать схемы АПВ и АВР двухтрансформаторной подстанции.

Вопросы для самоконтроля: 1. Какие процессы автоматизируются на электрических станциях, подстанциях и линиях? 2. Поясните назначение АПВ и перечислите предъявляемые к нему требования. 3. Рассмотрите схемы электрического и механического АПВ и поясните их работу. 4. Каково назначение АВР трансформаторов и линий? 5. Рассмотрите схемы устройства АВР линии и трансформатора и поясните их работу. 6. Назовите виды сигнализаций, применяемых на электрических станциях и подстанциях. 7. Какие виды механических и электромагнитных блокировок применяются в электроустановках? 8. Рассмотрите схему электромагнитной блокировки и поясните ее работу. 9. Рассмотрите схему автоматического подогрева счетчиков на подстанции и поясните ее работу.

16. Атмосферные перенапряжения и защита от них

Студент должен знать: атмосферные перенапряжения и защиту от них.

Вопросы для самоконтроля: 1. Какие элементы электроустановок наиболее поражаемы атмосферными перенапряжениями? 2. Как осуществляется защита от прямых ударов молнии трансформаторных подстанций и электрических линий? 3. Что называется радиусом защиты стержневого (тросового) молниеотводов? 4. При помощи каких устройств выполняется защита от набегающих волн перенапряжения в установках до и выше 1 кВ? 5. Поясните устройство и принцип работы искровых промежутков, трубчатых и вентильных разрядников. 6. Поясните защиту от атмосферных перенапряжений подстанции

35...110/6...20 кВ и подстанции 6...35/0,4 кВ. 7. Поясните защиту от атмосферных перенапряжений ВЛ 6...35 кВ и ВЛ 380/220 В.

17. Заземляющие устройства

Студент должен знать: основные заземляющие устройства;
должен уметь: проводить расчет заземляющих устройств.

Вопросы для самоконтроля: 1. Каким требованиям должно соответствовать сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ, на которой установлено электрооборудование (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и т. д.) в электроустановках до и выше 1000 В с глухозаземленной и изолированной нейтралью? 2. Какие требования предъявляются к сопротивлению заземляющего устройства нейтрали трансформатора при линейном напряжении 380 В? 3. Как часто устраиваются повторные заземления и каковы требования к допустимому значению его сопротивления?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (сквозное задание)

Содержание задания. От потребительской трансформаторной подстанции типа КТП 10/0,4 кВ по отдельной линии предусматривается питать электроэнергией производственный объект сельскохозяйственного назначения.

Производственный объект имеет максимальную расчетную нагрузку на вводе в дневной максимум $P_{\text{сд}}$, кВт, при $\cos \varphi_{\text{д}}$, наибольший электродвигатель М1, работающий электродвигатель М2 при запуске наибольшего. Моменты сопротивления механизмов, приводимых двигателями равны 1 (в относительных единицах).

От этой же линии предусматривается питать n жилых домов с максимальной расчетной нагрузкой на вводе $P_{\text{ж}}$, кВт, длина линии $L_{\text{ж}}$ метров. Жилые дома подключаются в одной точке, находящейся на расстоянии 100 метров от начала линии.

От потребительской трансформаторной подстанции отходят еще две линии Л-1 и Л-2, имеющие расчетные нагрузки в дневной максимум $P_{мд1}$ и $P_{мд2}$ с коэффициентами мощности 0,8 и 0,83 соответственно.

Потребительская КТП 10/0,4 кВ питается от районной трансформаторной подстанции РТП 35/10 кВ с трансформатором типа ТМН номинальной мощностью $S_{нр1}$, кВ·А, по линии 10 кВ длиной $L_{лв}$ км, выполненной проводом А-70.

Мощность короткого замыкания на шинах 35 кВ РТП 35/10 кВ равна $S_{кз}$, МВ·А.

Уровень напряжения на шинах 10 кВ РТП 35/10 кВ составляет:

при 100-процентной нагрузке $\delta U^{100} = +5\%$;

при 25-процентной нагрузке $\delta U^{25} = 0$.

Допускаемое отклонение напряжения у потребителя не должно превышать $\pm 5\%$, соответственно при 100 и 25-ти % нагрузке.

Удельное сопротивление грунта ρ , Ом·м.

Длина вертикального стального заземлителя l , м, диаметр – d , мм.

Общее число повторных заземлений на линиях Л-1 и Л-2 – n_3 .

Данные для решения задач по вариантам представлены в таблице 1. Вариант определяется по последней цифре шифра.

Технические данные трансформаторов и электродвигателей приведены соответственно в приложениях 1 и 2.

Принципиальная схема электроснабжения производственного объекта представлена на рис. 1.

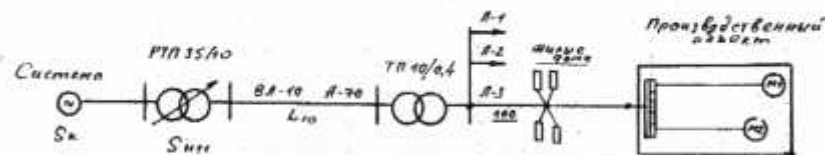


Рис. 1. Принципиальная схема электроснабжения производственного объекта.

Таблица 1

№ п/п	Исходные данные		Варианты														
	Наименование	Обозначение	Ед. измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Мощность к. з. на шинах 35 кВ РТП 35/10	$S_{кз}$	МВ·А	200	250	300	400	280	300	250	400	280	300	250	300	250	150
2	Трансформатор 35/10 кВ – номинальная мощность	$S_{нр1}$	кВ·А	1000	1600	2500	4000	2×1000	2500	1000+	1600	2×1000	1600	1000+	1600	1600	630
3	Линия 10 кВ	$L_{лв}$	км	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
4	Максимальные расчетные нагрузки отходящих линий 0,4 кВ в дневной максимум:																
5	– линия 1 ($\cos \phi = 0,8$) – линия 2 ($\cos \phi = 0,83$)	$P_{мд1}$	кВт	15	18	21	24	27	30	33	24	27	30	33	36	39	42
		$P_{мд2}$	кВт	10	15	20	25	30	35	40	25	30	35	40	45	50	55
6	Длина проектируемой линии N 3 0,4 кВ	$L_{лв}$	м	200	215	230	245	260	275	290	245	260	275	290	305	320	335
		$P_{нр}$	кВт	15	20	25	15	20	25	15	20	25	20	25	30	35	40
7	Производственный объект – максимальная расчетная нагрузка на вводе в дневной максимум	$\cos \phi$	–	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
		М1	номер в прил. 2	9	10	8	9	10	8	9	10	8	9	10	8	9	10
8	– коэффициент мощности нагрузки																
9	– наибольший электродвигатель																
10																	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	– работающий электродвигатель	M2	номер в прилож. 2										
7	Максимальная расчетная нагрузка на вводе в жилой дом	$P_{\text{ма}}$	кВт	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0
8	Количество жилых домов на линии № 3	n	–	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2
9	Район климатических условий по адресу: гололоду, грозоопасн												
10	Удельное сопротивление грунта	ρ	Ом·м	100	120	140	160	180	200	220	240	260	150
11	Длина вертикального заземлителя	ℓ	м	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	Диаметр вертикального заземлителя	d	мм	10	12	14	16	10	12	14	16	10	12
13	Сила тока замыкания на землю со стороны 10 кВ	I_0	A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	Общее число повторных заземлений на линиях Л1-1 и Л1-2	n_3	–	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6

Принять согласно ПУЭ по месту жительства студента

Задачи к сквозному заданию

Задача 1. Определить путем составления таблицы отклонений и потерь напряжения допускаемую потерю напряжения ΔU_{200} в проектируемой линии 0,38 кВ для электроснабжения производственного объекта в процентах от номинального.

Потери напряжения в одном километре линии 10 кВ принять равными $\Delta U'_{10} = 0,7\%$ на км, длина линии 10 кВ L_{10} км.

Потребительский трансформатор 10/0,4 кВ с ПБВ (переключение без возбуждения со ступенями $2 \times 2,5\%$).

Задача 2. Определить расчетные нагрузки участков проектируемой ВЛ-0,38 кВ и расчетную мощность на шинах ТП 10/0,4 кВ, от которой предусматривается питать электроэнергией производственный объект.

Выбрать провода для проектируемой линии 0,38 кВ методом экономических интервалов и магистральным методом. Проверить линию на потерю напряжения.

Задача 3. Для заданной схемы согласно рис. 5 определить силу токов к. з. в расчетных точках К1, К2, К3 и К4 методом относительных единиц. В точках К3 и К4 силу токов к. з. определить также методом именованных единиц, результаты расчетов сравнить с полученными методом относительных единиц.

В точке К4 определить силу тока однофазного к. з.

Задача 4. Выбрать способ прокладки, марку, сечение проводов (кабелей) для линий, питающих электродвигатели М1 и М2, а также ввода при защите их предохранителями (вариант А) и автоматическими выключателями (вариант Б).

Задача 5. Подобрать плавкую вставку предохранителя ПК-10 для защиты силового трансформатора напряжением 10/0,4 кВ.

Выбрать защиту проектируемой линии 0,38 кВ и проверить ее на срабатывание при однофазном к. з. в конце линии.

Задача 6. Рассчитать заземляющее устройство ТП 10/0,4 кВ и производственного объекта, расположенных в заданной климатической зоне.

Удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{зем}}$ Ом·м. Сила тока замыкания на землю на стороне 10 кВ I_z , А. Заземляющее устройство выполняется заложением в грунт вертикальных стержней длиной l , м, и диаметром d , мм, соединенных между собой стальной полосой 40×4 мм. Глубина заложения стержней – 0,8 м, полосы связи – 0,9 м.

Методические указания к выполнению контрольной работы

К задаче 1

Потери напряжения в ВЛ – основная причина возникновения отклонений напряжения и приемников электроэнергии. Допустимые отклонения напряжения δU – на шинах электроприемников согласно ГОСТ 13109-87 «Требования к качеству электроэнергии» в предельных режимах – максимальной (100%) и минимальной (25%) нагрузок – не должны превышать $\pm 5\%$ соответственно.

Допустимые потери напряжения в ВЛ определяются из баланса отклонений и потерь напряжения:

$$\delta U_{\text{доп}} \geq \sum \Delta U_s + \sum \delta U_{\text{пост}} + \sum \delta U_{\text{пер}}$$

где $\delta U_{\text{доп}}$ – допустимое отклонение напряжения приемника электроэнергии ($\pm 5\%$);

$\sum \Delta U_s$ – сумма потерь напряжения в последовательных элементах сети;

$\sum \delta U_{\text{пост}}$ – постоянные надбавки напряжения, изменяющиеся в процессе эксплуатации;

$\sum \delta U_{\text{пер}}$ – переменные надбавки и отклонения напряжения.

По данному неравенству проводят расчет не менее двух раз для режимов максимальной и минимальной нагрузок; при этом можно варьировать переменными надбавками, выбирая те или иные регулировочные ответвления на силовых трансформаторах.

Неравенство решают, пользуясь специальными таблицами отклонений и потерь напряжения, составляемыми для каждого конкретного случая (см. табл. 2).

На шинах 10 кВ РТП 35/10 кВ ПУЭ рекомендуют отклонения напряжения $\delta U_{10}^{\text{max}} = +5\%$ и $\delta U_{10}^{\text{min}} = 0$.

Постоянные надбавки в трансформаторах принимаются

$\delta U_{\text{пост}} = +5\%$; потери напряжения в трансформаторах $\Delta U'_{10} = 4\%$ и $\Delta U'_{0,38} = 1\%$; потери напряжения во внутренней сети: $\Delta U_{\text{ин}}^{\text{max}} = 1\%$ в электропроводках одноэтажных жилых домов и $\Delta U_{\text{ин}}^{\text{max}} = 2\%$ – двух и многоэтажных домов и производственных помещениях.

Потери напряжения в линии 0,38 при 25% нагрузке принимаются равными нулю как в наружной, так и во внутренней сетях.

При отсутствии исходных данных или если они вызывают сомнения при расчете отклонений напряжения у приемников, пользуются «Нормами технологического проектирования электрических сетей сельскохозяйственного назначения», где указаны следующие предельно допустимые значения потерь:

в сетях напряжением 10 кВ	10%
в линиях 0,38 кВ, питающих:	
преимущественно-коммунально-бытовые потребители	8%
производственные потребители	6,5%
животноводческие комплексы	4%
В электропроводках жилых домов:	
одноэтажных	1%
двухэтажных и более	2%

Пример 1. Определить путем составления таблицы отклонений и потерь напряжения допустимую потерю напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$ в проектируемой линии 0,38 кВ для электроснабжения производственного потребителя в процентах от номинального. Потери напряжения в одном километре линии принять равными $\Delta U'_{10} = 0,7\%$ на км, длина линии 10 кВ – $L_{10} = 3,5$ км.

Потребительский трансформатор 10/0,4 кВ с ПБВ (переключение без возбуждения) со ступенями $2 \times 2,5\%$.

Исходные данные

1. Отклонения напряжения на шинах 10 кВ РТП 35/10: $\delta U_{10}^{\text{max}} = +5\%$; $\delta U_{10}^{\text{min}} = 0$.

2. Длина линии 10 кВ $L_{10} = 3,5$ км (см. табл. 1), потери напряжения в одном километре $\Delta U'_{10} = 0,7\%$ на км.

3. Потери напряжения в потребительском трансформаторе:

$$\Delta U_{\tau}^{\text{ном}} = -4\%; \Delta U_{\tau}^{25} = -1\%.$$

4. Постоянная надбавка в трансформаторе 10/0,4 кВ $\delta U_{\text{пост}} = +5\%$.

5. Потери напряжения во внутренней проводке $\Delta U_{\text{вн}}^{\text{ном}} = -2\%$.

6. Отклонение напряжения у потребителя не должно превышать $\delta U_{\text{н}}^{\text{ном}} \geq -5\%, \delta U_{\text{н}}^{25} \geq +5\%$.

7. Потери напряжения во внешней и внутренней сети 0,38 кВ $\Delta U_{0,38}^{\text{ном}} = 0$.

Решение

1. В соответствии с принципиальной схемой электроснабжения производственного объекта составляем для наглядности схему эл. сети (рис. 2) и наносим на нее параметры элементов 10 и 0,38 кВ:

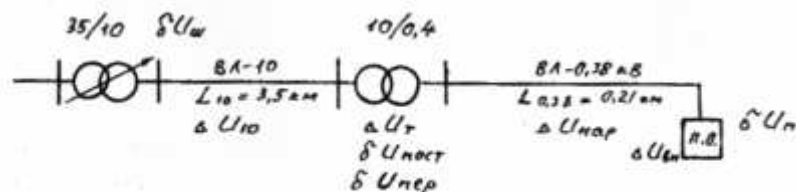


Рис. 2. Схема эл. сети

Выносим известные параметры элементов сети для двух режимов (100% и 25%) в таблицу отклонений и потерь напряжения (табл. 2).

2. Определяем потерю напряжения в линии 10 кВ:

$$\Delta U_{10}^{\text{ном}} = \Delta U'_{10} \cdot L_{10} = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45\%.$$

Таблица 2

Параметр элемента сети	Обозначение	Нагрузка	
		100%	25%
	1	2	3
Отклонения напряжения на шинах 10 кВ РТП 35/10 кВ	$\Delta U_{\text{ш}}$	+5	0
Потери напряжения в линии 10 кВ	ΔU_{10}	-2,45	-0,61
Трансформатор 10/0,4 кВ			
постоянная надбавка	$\delta U_{\text{пост}}$	+5	+5
переменная надбавка	$\delta U_{\text{пер}}$	0	0
потери	ΔU_{τ}	-4	-1
Линия напряжением 0,38 кВ			
потери в наружной сети	$\Delta U_{0,38}$	-6,55	0
потери во внутренней сети	$\Delta U_{\text{вн}}$	-2	0
Отклонения напряжения у потребителя (п. о)	$\Delta U_{\text{н}}$	-5	+3,39

3. Выбираем переменную надбавку $\delta U_{\text{пер}}$ в трансформаторе 10/0,4 кВ. В данной ситуации ее следует выбирать по режиму наименьшей нагрузки и принять $\delta U_{\text{пер}} = 0$, в противном случае отклонение напряжения у потребителя $\delta U_{\text{н}}^{25}$ будет больше +5%.

При $\delta U_{\text{пер}} = 0$

имеем $\delta U_{\text{н}}^{25} = 0 - 0,61 + 5 - 1 = +3,39\% < +5\%$, т. е. отклонение напряжения у потребителя определяется путем алгебраического суммирования всех отклонений, потерь и надбавок напряжения от источника питания до потребителя.

4. Допускаемую потерю напряжения в линии 0,38 $\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{0,38}^{\text{ном}}$ определяют, как алгебраическую разность отклонений напряжения на ее концах при 100% нагрузке.

$$\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{н}}^{\text{ном}} = \delta U_{\text{н}}^{\text{ном}} + \Delta U_{10}^{\text{ном}} + \delta U_{\text{пост}} + \Delta U_{\tau}^{\text{ном}} + \Delta U_{\text{вн}}^{\text{ном}} - (\delta U_{\text{н}}^{\text{ном}}) = 5 - 2,45 + 5 - 4 - 2 - (-5) = 6,55\%,$$

что соответствует $\Delta U_{\text{доп}}$ в линиях 0,38 кВ, рекомендуемой НТПС.

Таким образом, допустимая потеря напряжения в линии 0,38 кВ, питающей производственный потребитель (свинарник-маточник) составит $\Delta U_{\text{доп}} = 6,55\%$.

Выносим это число в таблицу 2.

К задаче 2

Подсчет электрических нагрузок в сетях 0,38 кВ производится путем суммирования расчетных нагрузок на вводах потребителей.

Максимальную расчетную мощность на участках сети 0,38 кВ определяют с учетом коэффициентов одновременности K_0 , если суммируемые нагрузки не отличаются одна от другой более чем в 4 раза, и табличным методом, если они отличаются более чем в 4 раза.

При суммировании нагрузок табличным методом к большей нагрузке прибавляют добавку от меньшей, которую для сетей 0,38 кВ берут из таблицы.

Полученные значения расчетных мощностей наносят на расчетную схему сети 0,38 кВ.

Полную расчетную мощность (кВ·А) на участках сетей 0,38 кВ определяют делением расчетной активной мощности участка на соответствующий коэффициент мощности.

Расчетную мощность (кВт) на шинах 0,4 кВ ТП определяют путем суммирования расчетных нагрузок головных участков отходящих линий 0,38 кВ табличным методом.

Расчетную мощность (кВ·А) определяют с учетом коэффициента мощности по формуле $S_{\text{расч}} = P_{\text{расч}} / \cos \varphi$.

Марки и площадь сечения проводов по наименьшим годовым затратам выбирают по таблицам интервалов экономических нагрузок (РУМ 10-72) или по приложению 3 данного учебного задания.

Для выбора сечения проводов на линиях составляются расчетные схемы каждой линии. На расчетной схеме показываются потребители и их расчетные дневные и вечерние нагрузки. Нумеруются расчетные участки и проставляются их длины. Жилые многоквартирные дома можно объединять до 10 в одну точку и предоставлять как одну нагрузку, присоединенную в середине участка, занимаемого этими домами. Расчетные схемы можно вычерчивать без масштаба.

Пользуясь расчетной схемой на всех участках каждой линии, определяют расчетные и эквивалентные мощности. Эквивалентные мощности определяются по формулам, кВ·А:

$$S_{\text{эк}} = K_{\text{др}} \cdot S_{\text{д}}; S_{\text{вв}} = K_{\text{вв}} \cdot S_{\text{в}}$$

где $K_{\text{др}}$ – коэффициент динамики роста нагрузок. Для сельскохозяйственных потребителей $K_{\text{др}} = 0,7$.

По эквивалентным мощностям выбирают площади сечения основных проводов по приложению 3 настоящего учебного задания.

Принятые марки проводов проверяются по условию допустимой потери напряжения. Потерю напряжения на участках линий определяют по формуле:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{уд}} \cdot S \cdot L \cdot 10^{-3},$$

где ΔU – потеря напряжения на участке линии, %;

$\Delta U_{\text{уд}}$ – удельная потеря напряжения, %; определяется по номограмме удельных потерь напряжения в ВЛ-0,38 кВ

S – расчетная мощность; $S_{\text{д}}$ – при расчете потерь напряжения в дневной максимум и $S_{\text{в}}$ – при расчете потерь напряжения в вечерний максимум, кВ·А;

L – длина расчетного участка линии, м.

Для наружного освещения принимают отдельный провод, площадь сечения которого принимают минимальную по механической прочности для данного климатического района. Провода наружного освещения проверяются по условию допустимых потерь напряжения.

Расчет магистралей по допустимым потерям напряжения проводится при одном из следующих условий: площадь сечения проводов всех участков магистрали одинакова; плотность тока на всех участках одинакова.

Приравнивая расчетные потери напряжения к допустимым, получаем

$$\Delta U_{\text{расч}} = \Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{а.доп}} + \Delta U_{\text{р.доп}},$$

где $\Delta U_{\text{а.доп}}$ – активная составляющая допустимой потери напряжения;

$\Delta U_{\text{р.доп}}$ – реактивная составляющая $\Delta U_{\text{доп}}$.

откуда $\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{расч}} - \Delta U_{\text{р.доп}}$,

$$\text{где } \Delta U_{\text{р.доп}} = \frac{x_0 \cdot \Sigma Q_i \cdot \ell_i}{U_n} \text{ (В)}$$

По значению $\Delta U_{\text{доп}}$ определяем сечение провода магистрали:

$$F = \frac{\Sigma P_i \cdot \ell_i}{\gamma \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot U_n} \text{ (мм}^2\text{)}$$

По ближайшему значению стандартной шкалы сечений выбирают ближайшее.

Пример 2. Определить расчетные нагрузки проектируемой ВЛ-0,38 кВ и расчетную мощность на шинах ТП 10/0,4 кВ, от которой предусматривается питать электроэнергией производственный объект (свинарник-маточник).

Выбрать провода для проектируемой линии 0,38 кВ методом экономических интервалов и методом магистральным, проверить линию на потерю напряжения.

Исходные данные

- Производственный объект – свинарник-маточник:
расчетная нагрузка на вводе в дневной максимум $P_{\text{расч}} = 55$ кВт,
коэффициент мощности нагрузки $\cos \varphi = 0,75$.
- Жилые дома многоквартирные:
расчетная нагрузка на вводе в жилой дом $P_m = 5$ кВт,
количество жилых домов на линии $n = 4$.
- Коэффициент дневного максимума для бытовых потребителей принимаем $K_d = 0,4$.
- Коэффициент одновременности для суммирования бытовых потребителей $K_0 = 0,6$
- Максимальные расчетные нагрузки отходящих линий 0,38 кВ в дневной максимум:
 $P_{\text{макс1}} = 30$ кВт; $\cos \varphi = 0,78$;
 $P_{\text{макс2}} = 40$ кВт; $\cos \varphi = 0,7$.
- Длина проектируемой линии $L_{0,38} = 210$ м.
- Расстояние от начала линии до точки подключения жилых домов $L = 100$ м.

8. Допускаемая потеря напряжения в наружной сети ВЛ-0,38 кВ $\Delta U_{\text{доп}} = 6,55\%$, (определяется в задаче 1).

Решение

1. Определяем расчетную нагрузку жилых домов ($n = 4$, $P_m = 5$ кВт) с учетом коэффициента дневного максимума $K_d = 0,4$ и коэффициента одновременности $K_0 = 0,6$:

$$P_1 = K_0 \cdot K_d \cdot P_m \cdot n = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 4 = 4,8 \text{ кВт}$$

2. Составляем расчетную схему проектируемой линии согласно рис. 1, наносим номер линии, потребители номера расчетных участков, длины участков.

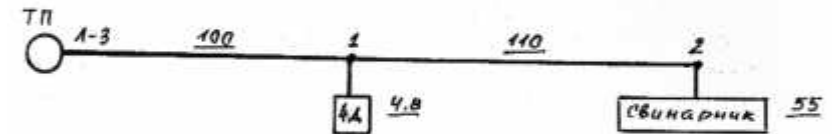


Рис. 3. Расчетная схема ВЛ-0,38 кВ (линия 3)

- 4Д - число многоквартирных домов
- свинарник - Производственный объект и его расчетная мощность в дневной максимум, кВт.
- $\overline{1 \quad 100 \quad 2}$ - номер расчетного участка и его длина.

3. Определяем нагрузки на участках, начиная с конца линии:

Участок 1-2

Активная нагрузка участка $P_{\text{д1-2}} = P_{\text{д2}} = 55$ кВт.

Полная мощность участка

$$S_{\text{д1-2}} = P_{\text{д1-2}} / \cos \varphi = 55 / 0,75 = 73 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Участок ТП-1

Активную нагрузку участка определяем суммированием табличным методом нагрузок P_{a2} и добавки активной мощности ΔP_{a1} (добавка берется от меньшей нагрузки).

По таблице 15.7. (Л-3, с. 147) видим, что при $P_{a1} = 4,8$ кВт добавка $\Delta P_{a1} = 3$ кВт (в округлении) и нагрузки участка будут:

активная: $P_{дтп-1} = P_{a2} + \Delta P_{a1} = 55 + 3 = 58$ кВт;

полная: $S_{дтп-1} = P_{a2} / \cos \varphi_{a2} + \Delta P_{a1} / \cos \varphi_{a1} = 55/0,75 + 3/1,0 = 76,3$ кВ·А.

(Коэффициент мощности для бытовой нагрузки $\cos \varphi_{a1} = 1$).

Коэффициент мощности участка

$$\cos \varphi_{тп-1} = P_{дтп-1} / S_{дтп-1} = 58/76,3 = 0,76.$$

4. Определяем расчетную (полную кВ·А) мощность на шинах ТП 10/0,4 кВ.

4.1. Расчетную мощность (кВт) на шинах 0,4 кВ определяем путем суммирования расчетных мощностей головных участков отходящих линий 0,38 кВ согласно рис. 3.

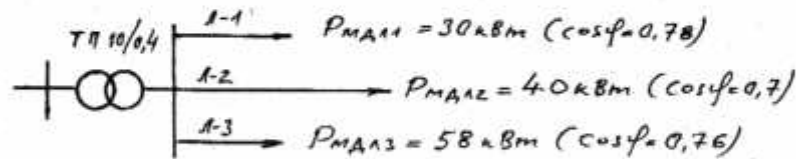


Рис. 4. К примеру 2, п. 4

Суммирование проводим табличным методом (табл. 15.7, Л-3, с. 147)

$$P_{тп} = P_{мд13} + \Delta P_{мд11} + \Delta P_{мд12} = 58 + 19 + 26,5 = 103,5 \text{ кВт.}$$

4.2. Полная расчетная мощность (кВ·А) на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ составит:

$$S_{тп} = P_{мд13} / \cos \varphi_3 + \Delta P_{мд11} / \cos \varphi_1 + \Delta P_{мд12} / \cos \varphi_2 = 58/0,76 + 19/0,78 + 26,5/0,7 = 138,6 \text{ кВ·А.}$$

4.3. По значению $S_{тп}$ из приложения 4 данного учебного задания выбираем трансформатор ТМ 100/10 с техническими данными (из приложения 1).

$$S_n = 100 \text{ кВ·А; } U_{1н} / U_{2н} = 10/0,4 \text{ кВ;}$$

$$U_k = 4,5\%; P_{xx} = 0,33 \text{ кВт; } P_{\Sigma} = 1,97 \text{ кВт.}$$

5. Выбор проводов методом экономических интервалов:

5.1. Определяем эквивалентные мощности участков по формуле:

участок 1-2 $S_{экв 1-2} = 73 \cdot 0,7 = 51,1 \text{ кВ·А;}$

участок ТП-1 $S_{экв тп-1} = 76,3 \cdot 0,7 = 53,4 \text{ кВ·А.}$

5.2. Полученные значения нагрузок вносим в таблицу 3.

Таблица 3

Расчетный участок	Расчетная мощность участка, кВ·А, $S_{расч}$	Коэффициент мощности участка, $\cos \varphi$	Длина участка, м, L	Коэффициент, учитывающий динамику роста нагрузок, $K_{гр}$	Эквивалентная мощность, кВ·А, $S_{экв}$	Основные марки и площади сечения проводов	Потеря напряжения при осн. пров. %	
							на расчетном участке	от начала линии
ТП-1	76,3	0,76	100	0,7	53,4	3А50+А50	2,6	2,6
1-2	73,0	0,75	110	0,7	51,1	3А50+А50	2,86	5,46

5.3. Площади сечения проводов выбираем по эквивалентной мощности из таблицы экономических интервалов (см. приложение 3 настоящего учебного задания) при толщине стенки гололеда 10 мм. Для проектируемой линии на участках ТП-1 и 1-2, где эквивалентные мощности, соответственно, равны 53,4 кВ·А и 51,1 кВ·А, принимаем провода 3А50 + А50.

6. Проверка линии на потерю напряжения.

6.1. Определяем потерю напряжения на каждом участке линии по формуле

$$\Delta U = \Delta U_{уд} \cdot S_{расч.} \cdot L \cdot 10^{-3}.$$

Участок ТП-1 $S_{расч.} = 76,3$ кВ·А, $\cos \varphi = 0,76$
 $\Delta U_{уд} = 0,45\% / (\text{кВ} \cdot \text{А} \cdot \text{км})$ по номограмме удельных потерь напряжения в ВЛ-0,38 кВ;

$$\Delta U_{тп-1} = 0,45 \cdot 76,3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 3,43\%.$$

Участок 1-2 $S_{расч.} = 73$ кВ·А; $\cos \varphi = 0,75$

$$\Delta U_{уд} = 0,45\% / (\text{кВ} \cdot \text{А} \cdot \text{км});$$

$$\Delta U_{1-2} = 0,45 \cdot 73 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 3,61\%.$$

6.2. Определяем потерю напряжения в линии Л-3

$$\Delta U_{тп-2} = \Delta U_{тп-1} + \Delta U_{1-2} = 3,43 + 3,61 = 7,04\%;$$

$$7,04\% > U_{доп} = 6,5\%.$$

Принимаем провод ЗА-70+А70

$$\Delta U_{уд} = 0,35\% \text{ (для двух участков),}$$

$$\text{тогда } \Delta U_{тп-1} = 0,35 \cdot 76,3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 2,67\%;$$

$$\Delta U_{1-2} = 0,35 \cdot 73 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 2,81\%;$$

$$\Delta U_{тп-2} = 2,67 + 2,81 = 5,48\%;$$

$$\Delta U_{тп-2} = 5,48\% < \Delta U_{доп} = 6,55\%,$$

что удовлетворяет требованиям

7. Выбор проводов магистральным методом.

Так как длина проектируемой ВЛ-0,38 кВ составляет всего 210 м, то исходя из удобства монтажа, предусматриваем ее выполнение проводом одинакового сечения.

7.1. Определяем реактивную составляющую допустимой потери напряжения по формуле:

$$\Delta U_{р доп} = \frac{x_0 \sum Q_i \ell_i}{U}$$

$$= \frac{x_0 (Q_{тп-1} \cdot \ell_{тп-1} + Q_{1-2} \cdot \ell_{1-2})}{U},$$

где $x_0 = 0,35$ Ом/км – индуктивное сопротивление 1 км линии 0,38 кВ.

Реактивные мощности на участках:

$$Q_{тп-1} = S_{тп-1} \cdot \sin \varphi_{тп-1} = 76,3 \cdot 0,65 = 49,6 \text{ квар.}$$

$$\text{где } \sin \varphi_{тп-1} = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{тп-1}} = \sqrt{1 - 0,76^2} = 0,65$$

$$Q_{1-2} = 73 \cdot 0,66 = 48 \text{ квар.}$$

$$\sin \varphi_{1-2} = \sqrt{1 - 0,75^2} = 0,66,$$

$$\text{тогда } \Delta U_{р доп} = \frac{0,35 (49,6 \cdot 0,1 + 48 \cdot 0,11)}{0,38} = 9,43 \text{ В.}$$

$$\Delta U_p = \frac{\Delta U_r}{U_n} \cdot 100\% = \frac{9,43}{380} \cdot 100 = 2,48\%.$$

7.2. Определяем активную составляющую $\Delta U_{доп}$:

$$\Delta U_{а доп} \% = \Delta U_{доп} - \Delta U_p = 6,55 - 2,48 = 4,07\%;$$

$$\Delta U_{а доп} = 24,89 - 9,43 = 15,5 \text{ В,}$$

$$\text{где } \Delta U_{доп} = \frac{U_n}{100} \cdot \Delta U_{доп} \% = \frac{380}{100} \cdot 6,55 = 24,89 \text{ В.}$$

7.3. Определяем сечение проводов линии:

$$F = \frac{\sum P_i \ell_i}{\gamma \cdot \Delta U_{а доп} \cdot U_n} = \frac{P_{тп-1} \cdot \ell_{тп-1} + P_{1-2} \cdot \ell_{1-2}}{\gamma \cdot \Delta U_{а доп} \cdot U_n}$$

$$= \frac{58 \cdot 100 + 55 \cdot 110}{32 \cdot 15,5 \cdot 0,38} = \frac{11,85 \cdot 10}{188,5} = 62,3 \text{ мм}^2,$$

где $\gamma = 32 \cdot 10^6$ см/км – удельная проводимость алюминия.

7.4. По стандартной шкале сечений алюминиевых проводов для ВЛ принимаем провод сечением $F = 70 \text{ мм}^2$.

Как видно из расчетов, обоими методами результаты совпали.

К задаче 3

Расчет силы токов короткого замыкания производят для выбора аппаратуры и проверки элементов электроустановок (шин, изоляторов, кабелей и т. п.) на электродинамическую и термическую стойкость, проектирования и наладки релейной защиты, выбора средств и

схем грозозащиты, выбора и расчета токоограничивающих и заземляющих устройств.

При расчете силы токов к. з. в сетях с несколькими ступенями трансформации используют метод относительных единиц, метод именованных (практических) единиц – при расчете т. к. з. сравнительно простых электрических схем, в частности, сетей напряжением 380/220 В.

Для расчета силы токов к. з. предварительно составляется схема замещения, в которую входят все элементы электроустановки, влияющие на силу токов к. з. своими сопротивлениями. Для определения силы токов трехфазного и двухфазного коротких замыканий в сети, питающейся от мощной энергосистемы, если известно лишь напряжение шин, используют формулы:

при расчете в именованных единицах

$$I_k^{(3)} = U / (\sqrt{3} \cdot Z_{\text{прз}});$$

при расчете в относительных единицах

$$I_k^{(3)} = I_6 / Z_{\text{сб}}.$$

Если известны сила тока или мощность к. з. в точке присоединения, то сопротивление системы определяют по формулам:

при расчете в именованных единицах

$$X_c = U / \sqrt{3} I_k = U^2 / S_k,$$

где U – напряжение в точке присоединения;

I_k, S_k – сила тока и мощность к. з. в точке присоединения;

при расчете в относительных единицах

$$X_{\text{сб}} = I_6 / I_k = S_6 / S_k.$$

Результирующее сопротивление до точки к. з. определяют суммированием сопротивления системы и сопротивления присоединения:

при расчете в именованных единицах

$$Z_{\text{прз}} = \sqrt{(X_c + X_{\text{прз}})^2 + R_{\text{прз}}^2};$$

при расчете в относительных единицах

$$Z_{\text{прз}} = \sqrt{(X_{\text{сб}} + X_{\text{прз}})^2 + R_{\text{прз}}^2}.$$

Если принимают $S_c = \infty$, то $X_c = 0$.

Силу тока двухфазного к. з. определяют по формуле:

$$I_k^{(2)} = 0,87 \cdot I_k^{(3)}.$$

Сила ударного тока короткого замыкания:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k^{(3)},$$

где K_y – ударный коэффициент;

$K_y = 1$ – в сетях напряжением 10 и 0,4 кВ;

$K_y = 1,2$ – при к. з. на шинах 10 кВ ТП 10/0,4 кВ;

$K_y = 1,5$ – на линиях 35 кВ и на шинах 35 и 10 кВ РТП35/10 кВ;

$K_y = 1,8$ – на шинах и линиях 110 кВ.

Силу тока однофазного к. з., по которому проверяют чувствительность защиты, определяют в соответствии с ПУЭ по формуле:

$$I_k^{(1)} = U_\phi / (Z_n + Z_1^{(1)} / 3);$$

где U_ϕ – фазные напряжения сети;

$Z_1^{(1)} / 3$ – сопротивление нулевой последовательности фазы трансформатора (см. приложение 2);

$Z_n, Z_0, L_{0,3\text{л}}$ – сопротивление петли – фаза – нулевой провод;

$L_{0,3\text{л}}$ – длина линии 0,38 кВ;

Z_0 – полное сопротивление 1 км петли – фаза – нулевой провод (Л-1, с. 199; табл. 12.4).

Пример 3. Для заданной схемы (рис. 1) определить силу токов к. з. в расчетных точках K_1, K_2, K_3 и K_4 методом относительных единиц. В точках K_3 и K_4 силу токов к. з. определить также методом именованных единиц, результаты расчетов сравнить с полученным методом относительных единиц.

В точке K_4 определить силу тока однофазного к. з.

Исходные данные

1. Мощность к. з. на шинах 35 кВ РТП 35/10 – $S_k = 250 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.
2. Составляем схему электрической сети согласно рис. 1.

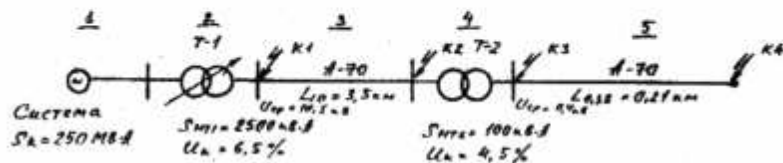


Рис. 5. Схема эл. сети к расчету т. к. з.

Данные: $S_{н1} = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, $L_{10} = 3,5 \text{ км}$. Провод А-70 – (по условию из табл. 1);

$S_{н2} = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, Провод А-70 – (из результатов решения задачи 2);

$L_{0,38} = 0,21 \text{ км}$ (по условию из табл. 1).

2.1. Данные трансформаторов:

Т-1 $S_{н1} = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $U_k = 6,5\%$; $P_k = 24,5 \text{ кВт}$;

Т-2 $S_{н2} = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $U_k = 4,5\%$; $P_k = 1,97 \text{ кВт}$.

2.2. Данные проводов:

ВЛ-70 кВ А-70; $R_0 = 0,42 \text{ Ом/км}$, $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$;

$L_{10} = 3,5 \text{ км}$

ВЛ – 0,38 кВ А-70; $R_0 = 0,42 \text{ Ом/км}$; $X_0 = 0,35 \text{ Ом/км}$;

$L_{0,38} = 0,21 \text{ км}$.

2.3. Средние значения напряжений

$U_{ср10} = 10,5 \text{ кВ}$; $U_{ср0,38} = 0,4 \text{ кВ}$.

Решение. Метод относительных единиц

1. Нумеруем все элементы схемы и составляем схему замещения сети:

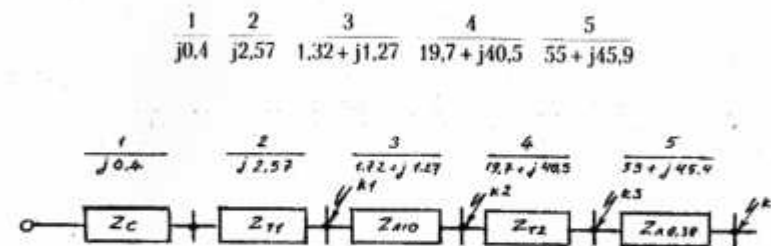


Рис. 6. Схема замещения

2. Принимаем значение базисной мощности $S_0 = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ и определяем сопротивления элементов схемы замещения:

– системы $X_{1*0} = S_0 / S_k = 100 / 250 = 0,4$;

– трансформатора ТМН 2500/35:

$$Z_{2*0} = U_k S_0 / (100 S_{н1}) = 6,5 \cdot 100 / (100 \cdot 2,5) = 2,6;$$

$$R_{2*0} = P_k \cdot S_0 / (S_{н1})^2 = 24,5 \cdot 100 / 2,5^2 = 0,39;$$

$$X_{2*0} = \sqrt{Z_{2*0}^2 - R_{2*0}^2} = \sqrt{2,6^2 - 0,4^2} = 2,57.$$

Так как $R_{2*0} \ll 1/3 X_{2*0}$,

то этим сопротивлением пренебрегаем;

– трансформатора ТМ 100/10

$$Z_{4*0} = 4,5 \cdot 100 / (100 \cdot 0,1) = 45;$$

$$R_{4*0} = 1,97 \cdot 100 \cdot 10^{-3} / 0,1 = 19,7;$$

$$X_{4*0} = \sqrt{45^2 - 19,7^2} = 40,5,$$

– линии 10 кВ:

$$R_{3*0} = R_0 L \cdot S_0 / U_{ср}^2 = 0,42 \cdot 3,5 \cdot 100 / 10,5^2 = 1,32;$$

$$X_{3*0} = X_0 L \cdot S_0 / U_{ср}^2 = 0,4 \cdot 3,5 \cdot 100 / 10,5^2 = 1,27,$$

– линии 0,38 кВ:

$$R_{5*6} = R_0 L \cdot S_6 / U_{np}^2 = 0,42 \cdot 0,21 \cdot 100 / 0,4^2 = 55;$$

$$X_{5*6} = X_0 L \cdot S_6 / U_{np}^2 = 0,35 \cdot 0,21 \cdot 100 / 0,4^2 = 45,9.$$

3. Наносим полученные значения сопротивлений на схему замещения и определяем результирующие сопротивления до точек к. з.:

– до точки К1

$$Z_{рез}^* = jX_{16} + jX_{2*6} = j0,4 + j2,57 = j2,97; Z_{рез} = 2,97;$$

– до точки К2

$$Z_{рез}^* = jX_{1*6} + jX_{2*6} + (R_{3*6} + jX_{3*6}) = j0,4 + j2,57 + 1,32 + j1,27 = 1,32 + j4,24.$$

$$Z_{рез} = \sqrt{1,32^2 + 4,24^2} = 4,42;$$

– до точки К3

$$Z_{рез}^* = jX_{1*6} + jX_{2*6} + (R_{3*6} + jX_{3*6}) + (R_{4*6} + jX_{4*6}) = j0,4 + j2,57 + 1,32 + j1,27 + 19,7 + j40,5 = 21,02 + j44,74;$$

$$Z_{рез} = \sqrt{21,02^2 + 44,74^2} = 49,4;$$

– до точки К4

$$Z_{рез}^* = 21,02 + j44,74 + 55 + j45,9 = 76 + j90,64$$

$$Z_{рез} = \sqrt{76^2 + 90,64^2} = 118,3.$$

4. Определяем силу базисных токов на ступенях напряжения 10 и 0,4 кВ:

$$I_6 = S_6 / (\sqrt{3} U_{cp}) = 100 / (1,73 \cdot 10,5) = 5,5 \text{ к·А};$$

$$I_6 = 100 / (1,73 \cdot 0,4) = 144,5 \text{ к·А};$$

5. Определяем силу тока трехфазного к. з. в точках:

$$\text{в точке К1} - I_6^{(3)} = I_6 / Z_{рез,0} = 5,5 / 2,97 = 1,85 \text{ к·А};$$

$$\text{в точке К2} - I_6^{(3)} = 5,5 / 4,42 = 1,24 \text{ к·А};$$

$$\text{в точке К3} - I_6^{(3)} = 144,5 / 49,4 = 2,92 \text{ к·А};$$

$$\text{в точке К4} - I_6^{(3)} = 144,5 / 118,3 = 1,22 \text{ к·А}.$$

6. Определяем мгновенные значения сил ударных токов к. з. в точках:

$$\text{в точке К1} - i_y^{(3)} = K_y \cdot I_6^{(3)} = 1,41 \cdot 1,5 \cdot 1,85 = 3,9 \text{ к·А};$$

$$\text{в точке К2} - i_y^{(3)} = 1,41 \cdot 1,2 \cdot 1,24 = 2,1 \text{ к·А};$$

$$\text{в точке К3} - i_y^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 2,92 = 4,12 \text{ к·А};$$

$$\text{в точке К4} - i_y^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1,22 = 1,72 \text{ к·А}.$$

7. Определяем силу токов двухфазного к. з. в точках:

$$\text{в точке К1} - I_y^{(2)} = 0,87 \cdot I_6^{(3)} = 0,87 \cdot 1,85 = 1,6 \text{ к·А};$$

$$\text{в точке К2} - I_y^{(2)} = 0,87 \cdot 1,24 = 1,08 \text{ к·А}.$$

Расчет токов к. з. в точках К3 и К4 методом именованных единиц.

Можно считать, что к шинам 10 кВ потребительского трансформатора ТМ 100/10 подсоединена система неограниченной мощности. Поэтому схема замещения состоит из сопротивления трансформатора и сопротивления линии 0,38 кВ.

$$\frac{4}{0,032 + j0,065} \quad \frac{5}{0,088 + j0,074}$$

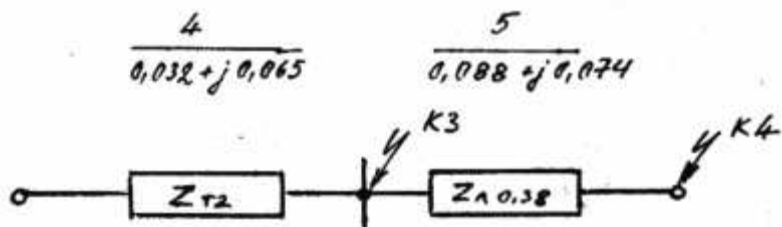


Рис. 7. Схема замещения

1. Сопротивления элементов схемы:

- сопротивление системы $Z_c = 0$.
- трансформатора ТМ 100/10:

полное $Z_{T2} = 0,072$ Ом (по таблице 2 данного уч. задания);

активное $R_{T2} = 0,032$ Ом;

индуктивное $X_{T2} = 0,065$ Ом;

- линии 0,38 кВ;

активное $R_5 = R_0 \cdot L = 0,42 \cdot 0,21 = 0,088$ Ом;

индуктивное $X_5 = X_0 \cdot L = 0,35 \cdot 0,21 = 0,074$ Ом;

полное $Z_5 = \sqrt{R_5^2 + X_5^2} = \sqrt{0,088^2 + 0,074^2} = 0,11$ Ом.

2. Сопротивление до точек к. з.

до точки К3:

$$Z_{\text{pec}} = 0,072 \text{ Ом,}$$

до точки К4:

$$Z_{\text{pec}} = Z_{T2} + Z_{Л0,38} = 0,032 + j0,065 + 0,088 + j0,074 = 0,12 + j0,139,$$

$$Z_{\text{pec}} = \sqrt{0,12^2 + 0,139^2} = 0,184 \text{ Ом.}$$

3. Сила токов трехфазного к. з. в точках К3 и К4:

$$\text{в точке К3: } I_*^{(3)} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{pec}}} =$$

$$= 0,38 / 1,73 \cdot 0,072 = 3,05 \text{ к} \cdot \text{А};$$

$$\text{в точке К4: } I_*^{(3)} = 0,38 / 1,73 \cdot 0,184 = 1,19 \text{ к} \cdot \text{А.}$$

При расчете методом относительных единиц:

в точке К3 – $I_*^{(3)} = 2,92 \text{ к} \cdot \text{А};$

в точке К4 – $I_*^{(3)} = 1,22 \text{ к} \cdot \text{А}.$

Различие в результатах обусловлено неучтенностью сопротивлений линии 10 кВ, трансформатора ТМН-35/10 кВ и системы при расчете методом именованных единиц.

Расчет силы тока однофазного к. з. в конце проектируемой линии 0,38 кВ.

Исходные данные

1. $Z_n^{(1)}/3 = 0,26$ Ом – сопротивление нулевой последовательности фазы трансформатора (см. приложение 2).

2. $Z_0 = 1,28$ Ом/км – полное сопротивление петли, фаза – нулевой провод четырехпроводной воздушной линии 0,38 кВ с проводами ЗА70 + А70 (Л-1, табл. 12.4, с. 199).

3. Длина линии $L_{0,38} = 0,21$ км.

Решение

Сила тока однофазного к. з. в конце линии 0,38 кВ:

$$I_*^{(1)} = U_\phi / (Z_n + Z_n^{(1)}/3),$$

где $Z_n = Z_0 \cdot L_{0,38}$;

$$I_*^{(1)} = 220 / (0,21 \cdot 1,28 + 0,26) = 220 / 0,53 = 415 \text{ А.}$$

К задаче 4

Выбор видов электропроводок, способов прокладки проводов и кабелей производится согласно требованиям ПУЭ

Выбор проводников по нагреву производится согласно требованиям ПУЭ

Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания – согласно ПУЭ

Плавкие предохранители выбирают по параметрам:

- по номинальному напряжению; $U_{ном.пр} = U_{ном.уст.}$;
- по силе предельно отключаемого тока предохранителя;
 $I_{пр.откл.} \geq I''$,

где $I_{пр.откл.}$ – сила предельно отключаемого тока предохранителя (Л-3, табл. 5.2),

I'' – сила сверхпереходного тока к. з. в месте установки предохранителя,

– по силе номинального тока плавкой вставки I_n при соблюдении условий:

$$1\text{-ое условие} - I_n \geq K_n \cdot I_{р.мах};$$

$$2\text{-ое условие} - I_n \geq I_{мах} / d,$$

где $I_{р.мах}$ – сила максимального рабочего тока цепи, защищаемой предохранителем;

$I_{мах}$ – сила максимального тока цепи при включении электроприемников, у которых сила пусковых токов значительно превышают номинальную;

d – коэффициент, зависящий от пускового режима защищаемых электродвигателей и типа плавкого предохранителя ($d = 1,6 \dots 2,5$);

K_n – коэффициент надежности ($K_n = 1 \dots 1,25$).

При защите предохранителем линии, к которой подключен один двигатель

$$I_{мах} = K_i \cdot I_n = I_{пуск}$$

При защите предохранителями линии, к которой присоединено несколько электродвигателей по селективности защиты

$$I_{мах} = K_0 \cdot \sum I_{р(n-1)} + I_{пуск}$$

Технические данные плавких предохранителей напряжением до 1 кВ представлены в таблице 5.2 (Л-3).

Автоматические выключатели выбирают по условиям:

- по номинальному напряжению

$$U_{н.а} \geq U_{н.уст.}$$

- по силе номинального тока

$$I_{н.а} \geq I_{н.уст.}$$

- по силе тока уставки теплового расцепителя автомата

$$I_{у.т.р} \geq K_u \cdot I_{р.мах};$$

- по силе уставки электромагнитного расцепителя

$$I_{у.э.р} \geq K_u \cdot I_{мах};$$

- по силе предельно отключаемого автоматом тока

$$I_{пред.откл} \geq I_{к.з.мах};$$

Технические данные трехполюсных автоматических выключателей (таблица 5.3, Л-3).

Пример 4. Выбрать способ прокладки, марку сечения проводов (кабелей) для линий, питающих электродвигатели М1 и М2, а также ввода при защите их предохранителями (вариант А) и автоматическими выключателями (вариант Б).

Выбранные проводки, предохранители, автоматы, проверить на соответствие ПУЭ: на селективность срабатывания и по отключающей способности.

Исходные данные

1. Производственный объект – сварник-маточник, особо опасное помещение, сырое с химически активной средой

2. Расчетная нагрузка сварника-маточника на 50 маток в дневной максимум $P_{расч.} = 55$ кВт, коэффициент мощности нагрузки $\cos \varphi = 0,75$.

3. Данные электродвигателей (из табл. 3 настоящего учебного задания).

Двигатель М1 (номер 8):

АИР 100L4 СУ1 : $P_n = 4$ кВт; $\cos \varphi = 0,84$; к. п. д. = 85%;

$K_1 = 7,0$; $K_3 = 1$ (по условию);

Двигатель М2 (номер 1):

АИР 63А2СУ1; $P_n = 0,37$ кВт; $\cos \varphi = 0,86$; к. п. д. = 72%;
 $K_1 = 4,7$; $K_2 = 1$ (по условию).

Решение

1. Для выполнения проводки к электродвигателям, а также ввода принимаем кабель АВРГ, четырехжильный, прокладываемый открыто по стенам, на скобах

2. Определяем силу рабочих (расчетных) токов:

Двигатель М1 $I_p = I_n \cdot K_3 = 8,5 \cdot 1 = 8,5$ А,

где $I_{n1} = P_n / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n = 4/1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,84 = 8,5$ А.

Двигатель М2 $I_p = 0,91 \cdot 1 = 0,91$ А,

где $I_{n2} = 0,37 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,86 \cdot 0,72 = 0,91$ А.

Ввод $I_{p,max} = P_{расч.} / \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi = 55/1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,75 = 111,5$ А.

3. Определяем силу максимальных токов:

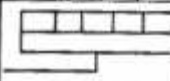
Двигатель М1 $I_{пуск} = I_{ном} K_1 = 8,5 \cdot 7 = 59,5$ А.

Двигатель М2 $I_{пуск} = 0,91 \cdot 4,7 = 4,3$ А.

Ввод $I_{max} = (I_{p,max} - I_{p,дв}) + I_{наиб,пуск} =$
 $= (111,5 - 8,5) + 59,5 = 162,6$ А.

4. Составляем принципиальную схему распределительной сети 380/220 В свиарника-маточника и вносим в нее известные данные: марку кабеля, способ его прокладки, расчетные (рабочие), пусковые токи электроприемников.

Принципиальная схема распределительной сети 380/220 В

Распределительное устройство	Аппарат защиты			Кабель, провод		Электроприемник						
	тип-размер	сила тока плав. вставки, тепловое расцеп., А	сила тока вставки эл. магнит. расцеп., А	марка	кол-во, число жил и сечение	длина, м	способ прокладки	$P_{расч.}$ или $P_{ном}$, кВт	$I_{расч.}$ или $I_{раб.}$, А	$I_{пуск}$ или I_{max} , А	K_1	наименование или тип
	ПН-2-250	120		АВРГ	4×70	—	откр. по ст.	55	111,5	162,6		Ввод
	НПН-60	25		АВРГ	4×2,5	—	»	4	8,5	59,5	1	Дв. М1
	ПРС-6	2		АВРГ	4×2,5	—	»	0,37	0,91	4,3	1	Дв. М2

Вариант А. Защита линий к электродвигателям и ввода предохранителями.

Из таблицы для защиты линий к электродвигателям и ввода выбираем предохранители.

Двигатель М1:

1-ое условие $I_n \geq I_{рвб} = 8,5 \text{ А}$;

2-ое условие $I_n \geq I_{max} / \alpha = 59,5 / 2,5 = 23,8 \text{ А}$.

Плавкую вставку выбираем по 2-му условию.

Из таблицы выбираем предохранитель ПН2-60 с плавкой вставкой:

$$I_n = 25 \text{ А} > 23,8.$$

По принятому значению номинальной силы тока плавкой вставкой находим силу допустимого тока проводника: для ответвлений к электродвигателям во невзрывоопасных помещениях

$$I_{доп} \geq I_{ном,ли}$$

Из таблицы выбираем сечение токопроводящей жилы

$F = 2,5 \text{ мм}^2$ с $I_{доп,табл.} = 19 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4 × 2,5):

$$I_{доп,таб.} = 0,92 \cdot 19 = 17,5 \text{ А} > 8,5 \text{ А}.$$

Выбранное сечение кабеля проверяем на обеспеченность защиты от коротких замыканий по условию

$3 \cdot I_{доп} \geq I_n$; $3 \cdot 17,5 \geq 25 \text{ А}$ – условие соблюдается.

Двигатель М2:

1-ое условие $I_n \geq I_{рвб} = 0,91 \text{ А}$;

2-ое условие $I_n \geq I_{max} / \alpha = 4,3 / 2,5 = 1,7 \text{ А}$.

Плавкую вставку выбираем по 2-му условию.

Из таблицы выбираем предохранитель ПРС-6 с плавкой вставкой

$$I_n = 2 \text{ А} > 1,7 \text{ А}.$$

Из таблицы выбираем сечение токопроводящей жилы кабеля

$$F = 2,5 \text{ мм}^2, I_{доп,таб.} = 17,5 \text{ А} > 0,91 \text{ А};$$

$3 \times 17,5 > 2 \text{ А}$ – условие соблюдается.

Ввод:

1-ое условие $I_n > I_{рвб} = 111,5 \text{ А}$;

2-ое условие $I_n > I_{max} / \alpha = 162,6 / 2,5 = 65 \text{ А}$.

Выбираем плавкую вставку по первому условию.

Из таблицы 5.2 (Л1-3) выбираем предохранитель ПН-2-250 с плавкой вставкой $120 \text{ А} > 111,5 \text{ А}$.

Из таблицы выбираем сечение токопроводящей жилы кабеля

$$F = 70 \text{ мм}^2, I_{доп,таб.} = 140 \text{ А} \text{ для трехжильного кабеля.}$$

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4 × 70):

$$I_{доп,таб.} = 140 \cdot 0,92 = 129 \text{ А} > 111,5 \text{ А}.$$

Выбранное сечение кабеля проверяем на обеспеченность защиты от коротких замыканий

$3 \cdot I_{доп} > I_n$; $3 \times 129 > 120 \text{ А}$ – условие соблюдается.

Полученные расчетные данные вносим на принципиальную схему сети.

Селективность действия предохранителей обеспечивается, так как плавкие вставки двух последовательно включенных ступеней значительно отличаются одна от другой по шкале номинальных токов плавких вставок

Выбранный предохранитель ПН2-250 проверяем по отключающей способности

$$I_{пред.откл.} \geq I_n^{(3)}$$

При напряжении сети 380 В для предохранителя ПН2-250

$$I_{пред.откл.} = 40 \text{ кА}.$$

Сила тока трехфазного к. з. в точке К4 (место установки предохранителя) $I_n^{(3)} = 1,72 \text{ кА}$; $40 > 1,72 \text{ кА}$. – условие соблюдается.

Вариант Б. Защита линий к электродвигателям и ввода автоматическими выключателями.

Принципиальная схема распределительной сети 380/220 В

Распределительное устройство	Аппарат защиты			Кабель, провод			Электроприемник				
	типоразмер автомата	сила тока п.у.ставки, теплового расцеп., А	сила тока п.у.ставки магнит. расцеп., А	марка	кол-во, число жил и сечение	длина, м	способ прокладки	$I_{рас.}$ или $I_{проб.}$, А	$I_{пуск}$ или I_{max} , А	K_n	наименование или тип
	А3714Б	160	31н	АВРГ	4x120		откр. по ст.	55	111,5	162,6	Ввод
	АЕ2036Р	12,5	121н	АВРГ	4x2,5		»	4	8,5	57,5	Дв. М1
	АЕ2036Р	1,25	121н	АВРГ	4x2,5		»	0,37	0,91	4,3	Дв. М2

Из таблицы по значениям номинальных токов выбираем автоматические выключатели серии АЕ-2000 с комбинированным расцепителем для защиты линий к электродвигателям и А3714Б – для защиты ввода.

Двигатель М1:

Сила тока уставки теплового расцепителя автомата

$$I_{у.т.р.} \geq K_n \cdot I_{рнб} = 1,2 \cdot 8,6 = 10,2 \text{ А.}$$

Сила тока уставки электромагнитного расцепителя автомата

$$I_{у.э.р.} K_n \cdot I_{max} = 1,25 \cdot 59,6 = 74,5 \text{ А.}$$

Из таблицы 5.3 (Л-3) выбираем автоматический выключатель

$$\text{АЕ-2036Р с } I_{у.т.р.} = 12,5 \text{ А и } I_{у.э.р.} = 12 \cdot I_{ном.э.}$$

так как при $I_{у.э.р.} = 3 \cdot I_{ном.}$ автоматический выключатель будет ложно срабатывать при пуске электродвигателя.

Из таблицы выбираем сечение токопроводящей жилы $F = 2,5 \text{ мм}^2$ с $I_{доп.таб.} = 19 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4 x 2,5):

$$I_{доп.таб.} = 0,92 \cdot 19 = 17,5 \text{ А} > I_{у.т.р.} = 12,5 \text{ А.}$$

Двигатель М2:

Сила тока уставки теплового расцепителя автомата

$$I_{у.т.р.} \geq K_n \cdot I_{рнб} = 1,2 \cdot 0,91 = 1,1 \text{ А.}$$

Сила тока уставки электромагнитного расцепителя автомата

$$I_{у.э.р.} \geq K_n \cdot I_{max} = 1,25 \cdot 4,3 = 5,4 \text{ А.}$$

Из таблицы выбираем автоматический выключатель

$$\text{АЕ-2036Р с } I_{у.т.р.} = 1,25 \text{ А и } I_{у.э.р.} = 12 \cdot I_{ном.э.}$$

так как при $I_{y.z.p.} = 3 \cdot I_{ном.}$ автоматический выключатель будет ложно срабатывать при пуске электродвигателя.

Из таблицы выбираем сечение токопроводящей жилы $F = 2,5 \text{ мм}^2$ с $I_{доп.таб.} = 19 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4 × 2,5):

$$I_{доп.таб.} = 0,92 \cdot 19 = 17,5 \text{ А} > I_{y.z.p.} = 1,25 \text{ А.}$$

Ввод: Сила тока уставки теплового расцепителя автомата

$$I_{y.z.p.} \geq K_n \cdot I_{р.аб.} = 1,2 \cdot 111,5 = 139 \text{ А.}$$

Сила тока уставки электромагнитного расцепителя автомата

$$I_{y.z.p.} \geq K_n \cdot I_{max} = 1,25 \cdot 162,6 = 203 \text{ А.}$$

Из таблицы 5.3 (Л-3) выбираем автоматический выключатель

$$A3714Б \text{ с } I_{y.z.p.} = 160 \text{ А и } I_{y.z.p.} = 3 \cdot I_{ном.}$$

так как при этом ложных срабатываний при пуске наибольшего электродвигателя М1 не будет.

Из таблицы выбираем сечение токопроводящей жилы $F = 70 \text{ мм}^2$ с $I_{доп.таб.} = 140 \text{ А}$ для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4 × 70):

$$I_{доп.таб.} = 0,92 \cdot 140 = 129 \text{ А} < I_{y.z.p.} = 160 \text{ А,}$$

поэтому принимаем сечение $F = 120 \text{ мм}^2$ с $I_{доп.таб.} = 0,92 \cdot 200 = 184 \text{ А} > I_{y.z.p.} = 160 \text{ А.}$

Полученные расчетные данные вносим на принципиальную схему сети. Селективность срабатывания автоматических выключателей, как видно из принципиальной схемы сети, обеспечивается, но при защите автоматами сечение проводников ввода потребовалось завысить.

К задаче 5

Предохранители для защиты трансформаторов выбирают по следующим параметрам:

- по номинальному напряжению по условию: $U_{н.пр} = U_{н.уст.}$
- по номинальному току предохранителя по условию $I_{н.пр} > I_{р.форс}$ – ток в цепи в форсированном режиме;
- по предельно отключаемому току $I'' < I_{от.}$;
- по номинальному току плавкой вставки.

Плавкие вставки предохранителей выбирают с учетом отстройки их от бросков намагничивающего тока трансформатора:

$$I_k = (2 \dots 3) I_{н.т.}$$

Определяют расчетный ток к. з. на стороне высшего напряжения с учетом коэффициента надежности

$$I_{к.расч} = K_n \cdot I_{к.н} / K_T$$

где $K_n = 1,3$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс ампер-секундных характеристик и необходимый запас;

$I_{к.н}$ – ток трехфазного к. з. на стороне низшего напряжения трансформатора;

K_T – коэффициент трансформации трансформатора.

По ампер-секундной характеристике предохранителей определяют время t_a перегорания плавкой вставки t_a при токе $I_{к.расч.}$

Определяют допустимое время протекания тока к. з. по трансформатору:

$$t_d = 900/k^2,$$

где $k = I_{к.расч.}/I_{н.т.}$

Сравнивают время перегорания плавкой вставки t_a с допустимым временем t_d протекания тока к. з. При $t_d > t_a$ термическая устойчивость трансформатора обеспечена.

Для защиты отходящих ТП линий 380/220 В применяют автоматы серий АП50Б, А3700, АЕ-2000, АВМ и плавкие предохранители ПН2 и ПР2. Автоматические выключатели и предохранители выбирают по рабочим и максимальным токам и проверяют по условию срабатыва-

ния при однофазном к. з. на корпус или на нулевой провод. В соответствии с ПУЭ в установках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью для обеспечения быстрого срабатывания защиты от однофазных к. з. ток однофазного к. з. I_k должен быть не менее трехкратного значения номинального тока плавкой вставки предохранителя или расцепителя автомата с обратной зависимой от тока характеристикой.

Для автоматов, имеющих только электромагнитный расцепитель, кратность тока однофазного к. з. к номинальному току расцепителя должна быть не менее 1,4, при номинальном токе автомата до 100 А и 1,25 при номинальном токе автомата более 100 А. Номинальный ток расцепителя автомата и плавкой вставки предохранителя определяют по условию:

$$I_{т.р.(н)} > 1,1 (I_{р.мах} - I_{н.д} + 0,4I_{п.д}),$$

где $I_{р.мах}$ – максимальный рабочий ток в линии, А;

$I_{н.д}$, $I_{п.д}$ – номинальный и пусковой ток наиболее мощного электродвигателя, подключенного к линии, А.

Коэффициент чувствительности защиты определяют по формуле

$$K_{ч} = I_{к.мин} / I_{т.р.(н)} \geq 3,$$

где $I_{к.мин}$ – наименьшее значение двухфазного или однофазного тока на нулевой провод, А;

$I_{т.р.(н)}$ – номинальный ток теплового расцепителя автомата или плавкой вставки предохранителя, А.

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя автомата определяют по выражению

$$I_{э.р.} = 1,2 (I_{р.мах} - I_{н.д} + I_{п.д}).$$

Пример 5. Подобрать плавкую вставку предохранителя ПК-10 для защиты силового трансформатора напряжением 10/0,4 кВ, выбрать защиту проектируемой линии 0,38 кВ и проверить ее на срабатывание при однофазном к. з. в конце линии.

Исходные данные

1. Номинальная мощность потребительского трансформатора $S_{н.т} = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ (принимается по результатам решения задачи 2).

2. Сочетание напряжений: $U_{нн} = 10 \text{ кВ}$, $U_{нл} = 0,4 \text{ кВ}$.

3. Сила тока трехфазного к. з. на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ $I_{к.т}^{(3)} = 2,92 \text{ к} \cdot \text{А}$ (принимается по результатам трехфазного к. з. в точке К3).

4. Сила однофазного тока к. з. в конце проектируемой линии $I_{к.т}^{(1)} = 415 \text{ А}$ (принимается по результатам решения задачи 3).

5. Максимальная расчетная нагрузка линии Л-3 $S_{расч.} = S_{тп-1} = 76,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ (из решения задачи 2).

6. Данные наибольшего электродвигателя М1: $I_{ном} = 8,6 \text{ А}$;

$I_{пуск} = 51,6 \text{ А}$ (из решения задачи 4).

1. Выбор плавкой вставки:

1.1. Определяем силу номинального тока трансформатора на стороне 10 кВ:

$$I_{н.т} = S_{н.т} / \sqrt{3} \cdot U_{нн} = 100 / 1,73 \cdot 10 = 5,78 \text{ А}.$$

1.2. По силе номинального тока трансформатора выбираем плавкую вставку, обеспечивающую отстройку от бросков силы намагничивающего тока трансформатора.

$$I_{к} = (2 \dots 3) I_{н.т} = (2 \dots 3) 5,78 = 11 \dots 17 \text{ А}.$$

По таблице 18.9 (Л-3, с. 209) выбираем плавкую вставку 15 А.

1.3. Определяем силу расчетного тока к. з. на стороне 10 кВ трансформатора с учетом коэффициента надежности

$$I_{к.расч.} = K_{н} \cdot I_{к.т} / K_{т} = 1,3 \cdot 2,92 / 2,5 = 1,52 \text{ к} \cdot \text{А} = 152 \text{ А},$$

где $K_{н}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс ампер-секундных характеристик и необходимый запас;

$I_{к.т}$ – сила тока трехфазного к. з. на стороне 0,4 кВ трансформатора;

$K_{т}$ – коэффициент трансформации трансформатора.

1.4. По ампер-секундной характеристике определяем время $t_{г}$ перегорания плавкой вставки при токе 152 А $t_{г} = 0,2 \text{ с}$.

1.5. Определяем допустимое время протекания тока к. з. по трансформатору:

$$t_d = 900/k^2 = 900/26,2 = 1,3 \text{ с,}$$

где $k = I_{к.расч.} / I_{н.т.} = 152/5,78 = 26,2$.

1.6. Так как $t_b = 0,2 \text{ с} < t_d = 1,3 \text{ с}$, то термическая устойчивость трансформатора будет обеспечена.

2. Выбор защиты проектируемой линии и проверка ее на срабатывание при однофазном к. з.

2.1. Максимальный рабочий ток линии

$$I_{р.мах} = S_{расч.} / \sqrt{3} U_n = 77,3 / 1,73 \cdot 0,38 = 117,5 \text{ А.}$$

2.2. Определяем ток срабатывания теплового расцепителя автомата

$$I_{т.р.} \geq 1,1 \cdot (I_{р.мах} - I_{н.д.} + 0,4 I_{п.д.}) = 1,1 \cdot (117,5 - 8,6 + 0,4 \cdot 51,6) = 142,5 \text{ А.}$$

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя

$$I_{э.р.} \geq 1,2 \cdot (I_{р.мах} - I_{н.д.} + I_{п.д.}) = 1,2 \cdot (117,5 - 8,6 + 51,6) = 192,6 \text{ А.}$$

Принимаем к установке автомат А3714Б с током уставки теплового расцепителя 160 А и током уставки электромагнитного расцепителя $3I_{ном}$.

2.3. Чувствительность защиты при однофазном к. з. в конце линии

$$K_4 = I_k^{(0)} / I_{т.р.} = 415 / 160 = 2,59 < 3.$$

Так как чувствительность защиты меньше допустимой ПУЭ, устанавливаем защиту нулевой последовательности с реле РЭ-571т в нулевом проводе и действующей на независимый расцепитель автомата А-3714.

2.4. Ток срабатывания реле РЭ-571т

$$I_{э.р.} = 0,7 I_{р.мах} = 0,7 \cdot 117,5 = 82,25 \text{ А.}$$

2.5. Чувствительность защиты при однофазном к. з. в конце линии

$$K_4 = I_k^{(0)} - I_{р.мах} / I_{э.р.} = (415 - 117,5) / 82,5 = 3,6 > 1,5.$$

Чувствительность защиты при однофазном к. з. обеспечивается.

К задаче 6

Для расчета заземляющих устройств согласно ПУЭ определяются предельные значения их сопротивлений в зависимости от напряжения, режима нейтрали и элемента электроустановки, подлежащего заземлению.

Для электроустановок с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединяют нейтрали генераторов и трансформаторов, должно быть при напряжении 380/220 В не более 4 Ом.

Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлений, а также повторных заземлений нулевого провода воздушных линий напряжением до 1000 В при числе отходящих линий не менее двух. При этом сопротивление искусственного заземления, к которому присоединяются нейтрали генераторов и трансформаторов, не должно быть выше 30 Ом при напряжении 380/220 В, если меньшее сопротивление не требуется по условиям грозозащиты и если к этому заземлению не присоединяют электрооборудование напряжением выше 1000 В.

Общее сопротивление заземляющих устройств всех повторных заземлений каждой ВЛ-0,38 кВ не должно превышать 10 Ом. При этом сопротивление каждого из повторного заземлений не должно превышать 30 Ом.

При удельном сопротивлении земли ρ более 100 Ом · м допускается увеличивать указанные нормы 0,01 ρ раз, но не более десятикратного.

В электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью (ПУЭ) сопротивление заземляющего устройства R, Ом, при

прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей, должно быть не более:

при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ

$$R = 125 / I_n, \text{ но не более } 10 \text{ Ом,}$$

где I_n – расчетный ток замыкания на землю, А.

При этом также должны выполняться требования, предъявляемые к заземлению (занулению) электроустановок до 1 кВ.

Следует помнить, что всегда за нормируемую расчетную величину сопротивления заземляющего устройства принимается меньшее из всего ряда вариантов.

Пример 6. Рассчитать заземляющее устройство трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ и производственного объекта, расположенных в заданной климатической зоне (табл. 1).

Удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{изм}}$, Ом · м, сила тока замыкания на землю на стороне 10 кВ – I_n , А.

Заземляющие устройства предусматривается выполнить заложением в грунт вертикальных стальных стержней длиной ℓ , м, и диаметром d , мм, соединенных между собой стальной полосой 40×4 мм. Глубина заложения стержней – 0,8 м, полосы связи – 0,9 м.

Решение

Исходные данные

1. Удельное сопротивление грунта

$$\rho_{\text{изм}} = 125 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

2. Сила тока замыкания на землю на стороне 10 кВ

$$I_n = 8 \text{ А.}$$

3. Размеры вертикального стержня:

длина $\ell = 5$ м,

диаметр $d = 14$ мм.

Глубина заложения:

стержней $t_c = 0,8$ м;

полосы связи $t_n = 0,9$ м.

5. Число повторных заземлений на отходящих линиях 0,38 кВ (Л-1 и Л-2) $n_{1,2} = 7$ и на Л-3 нужно смонтировать согласно ПУЭ три повторных заземления, тогда общее $n = 7 + 3 = 10$.

Решение

1. Определяем расчетное сопротивление грунта для стержневых заземлителей

$$R_{\text{расч.}} = K_c \cdot K_1 \cdot \rho_{\text{изм}} = 1,25 \cdot 1,10 \cdot 125 = 172 \text{ Ом,}$$

где $K_c = 1,25$ – коэффициент сезонности по таблице 27.2 (Л-3, с. 316);

$K_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий состояние грунта при измерении по табл.

2. Сопротивление вертикального заземлителя из круглой стали

$$R_n = 0,366 \rho_{\text{расч.}} \left(\ell \lg \frac{2\ell}{d} + 0,5 \ell \lg \frac{4h_p + \ell}{4h_p - \ell} \right) / \ell = 0,366 \cdot 172 \left(\ell \lg \frac{2 \cdot 5}{0,014} + 0,5 \ell \lg \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) / 5 = 30,97 \text{ Ом.}$$

3. Сопротивление повторного заземления (производственного объекта) $R_{n,з}$ не должно превышать 30 Ом при $\rho = 100$ Ом·м и ниже, при $\rho = 172$ Ом·м > 100 Ом·м ПУЭ допускают принимать

$$R_{n,з} = 30 \cdot 172 / 100 = 51,6 \text{ Ом.}$$

Для заземления производственного объекта принимаем один стержень длиной 5 м и диаметром 14 мм, сопротивление которого $30,97 \text{ Ом} < 51 \text{ Ом}$.

4. Общее сопротивление всех десяти повторных заземлений

$$r_{n,з} = R_{n,з} / n = R_n / n = 30,97 / 10 = 3,1 \text{ Ом,}$$

где $R_{n,з}$ – сопротивление одного повторного заземления.

5. Определяем расчетное сопротивление заземления нейтрали трансформатора с учетом повторных заземлений, т. к. $r_{n,з} = 3,1 \text{ Ом} <$

$r_3 = 4 \text{ Ом}$. В соответствии с ПУЭ сопротивление заземляющего устройства при присоединении к нему электрооборудования напряжением до и выше 1000 В не должно быть более 10 Ом и $125/I_n$,

$$r_{\text{иск}} = 125/8,0 = 15,6 \text{ Ом},$$

принимаем для расчета наименьшее из этих значений

$$r_{\text{расч}} = 10 \text{ Ом}.$$

6. Определяем теоретическое число стержней

$$n_r = R_n / r_{\text{расч}} = 30,97 / 10 = 3,1.$$

Принимаем четыре стержня и располагаем их в грунте на расстоянии 5 м один от другого.

Длина полосы связи

$$\ell_r = a \cdot n_r = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}.$$

7. Определяем сопротивление полосы связи

$$R_r = 0,366 \rho_{\text{расч}} \cdot \ell g [2 \ell^2 / (dh)] / \ell = \\ = 0,366 \cdot 600 \cdot \ell g [2 \cdot 20^2 / (0,04 \cdot 0,8)] / 20 = 36,2 \text{ Ом},$$

$$\text{где } \rho_{\text{расч}} = 3,0 \cdot 1,6 \cdot 125 = 600 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

где $d = 4 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$ – толщина полосы связи;

$h = 0,8 \text{ м}$ – глубина заложения полосы связи.

8. Определяем действительное число стержней

$$n_n = R_n \cdot \eta_r \cdot [1 / (r_{\text{расч}} \cdot \eta_r) - 1 / R_r] / \eta_n = \\ = 30,97 \cdot 0,45 [1 / (10 \cdot 0,45) - 1 / 36,2] / 0,69 = 3,89,$$

где $\eta_r = 0,45$ – коэффициент экранирования горизонтального заземлителя;

$\eta_n = 0,69$ – коэффициент экранирования вертикальных заземлителей при $n = 4$ и $a/\ell = 1$.

9. Принимаем для монтажа 4 стержня и проводим проверочный расчет:

действительное сопротивление искусственного заземлителя на п/ст.

$$r_{\text{иск}} = R_n \cdot R_r / (R_r \cdot n \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_r) = \\ = 30,97 \cdot 36,2 / (36,2 \cdot 4 \cdot 0,69 + 30,97 \cdot 0,45) = 9,83 \text{ Ом},$$

$$r_{\text{иск}} < 10 \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода

$$r_{\text{расч}} = r_{\text{иск}} \cdot r_{\text{г.з}} / (r_{\text{иск}} + r_{\text{г.з}}) = \\ = 9,83 \cdot 3,1 / (9,83 + 3,1) = 2,35 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}.$$

Технические данные трансформаторов

Тип трансформатора	Номинальная мощность S_n , кВт, А	Сочетание напряжений, кВ,		Сумма и группа соединительных обмоток	Потери, кВт		Напряжение короткого замыкания, U_k , %	Сопротивления, приведенные к напряжению 0,4 кВ			
		ВН, U_1	НН, U_2		холодного хода, P_0	короткого замыкания, P_k		Прямой последовательности, Ом			
								R_c	X_c	Z_c	
ТМ-25	25	10	0,4	У/Ун-0	0,13	0,6	4,5	0,154	0,224	0,228	1,04
ТМ-40	40	10	0,4	У/Ун-0	0,18	0,88	4,5	0,088	0,157	0,18	0,65
ТМ-63	63	10	0,4	У/Ун-0	0,24	1,28	4,5	0,053	0,101	0,114	0,411
ТМ-100	100	10	0,4	У/Ун-0	0,33	1,97	4,5	0,032	0,065	0,072	0,26
ТМ-160	160	10	0,4	У/Ун-0	0,51	2,65	4,5	0,017	0,042	0,045	0,162
ТМ-250	250	10	0,4	У/Ун-0	0,74	3,7	6,5	0,01	0,027	0,029	0,104
ТМН-630	630	35	10	У/Д-11	1,31	7,6	6,5	-	-	-	-
ТМН-1000	1000	35	10	У/Д-11	2,35	11,6	6,5	-	-	-	-
ТМН-1600	1600	35	10	У/Д-11	2,9	16,5	6,5	-	-	-	-
ТМН-2500	2500	35	10	У/Д-11	4,3	24,5	6,5	-	-	-	-
ТМН-4000	4000	35	10	У/Д-11	5,7	33,5	7,5	-	-	-	-

Указание: У – звезда; Ун – звезда с нулевым выводом; Д – треугольник.

Технические данные электродвигателей

Номер электродвигателя	Типоразмер электродвигателя	Номинальная мощность, P_n , кВт	Энергетические показатели		Механические характеристики		Кратность пускового тока, K_t
			к. п. д., %	$\cos \phi_n$	m_n	m_n	
1	АИР63А2СУ1	0,37	72,0	0,86	2,2	2,2	4,7
2	АИР71А4У3	0,55	70,5	0,75	2,3	2,2	5,0
3	АИР71В4СУ1	0,75	73,0	0,76	2,2	2,2	5,0
4	АИР80А4У3	1,1	75,0	0,81	2,2	2,2	5,5
5	АИР80В4СУ1	1,5	78,0	0,83	2,2	2,2	5,5
6	АИР100Л6СУ1	2,2	81,0	0,74	2,0	2,2	6,0
7	АИР112М6СУ1	3,0	81,0	0,76	2,0	2,2	6,0
8	АИР100Л4СУ1	4,0	85,0	0,84	2,0	2,2	7,0
9	АИР112М4У3	5,5	85,5	0,86	2,0	2,5	7,0
10	АИР132С4У3	7,5	87,5	0,86	2,0	2,5	7,5

Приложение 3

Интервалы экономических нагрузок для основных сечений проводов ВЛ-0,38 кВ (РУМ 10-72)

Интервал мощности, кВ·А	Марки и сечения основных проводов	Интервал мощности, кВ·А	Марки и сечения основных проводов
1	2	1	2
0...3,1	<u>Гололед 5 мм</u> А16+А16	0...3,1	<u>Гололед 10 мм</u> А16+А16
3,1...5,6	2А16+А16	3,1...5,8	2А16+А16
5,6...8	3А16+А16	5,8...13,5	3А16+А16
8...20,5	3А25+А25	13,5...25,4	3А25+А25
20,5...26,4	3А35+А35	свыше 25,4	3А50+А50
свыше 26,4	3А50+А50		
	<u>Гололед 15 мм</u>		<u>Гололед 20 мм</u>
0...6,6	А25+А25	0...4,4	А25+А25
6,6...11,8	2А25+А25	4,4...13,0	2А25+А25
11,8...25,1	3А25+А25	13,0...17,7	3А25+А25
25,1...28,4	3А35+А35	17,7...26,4	3А35+А35
свыше 28,4	3А50+А50	свыше 26,4	3А50+А50

Приложение 4

Интервалы расчетных мощностей для выбора трансформаторов

Расчетная мощность, кВ·А	до 35	36-56	57-88	89-140	141-224	225-350	351-537
Мощность трансформатора, кВ·А	25	40	63	100	160	250	400

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основные источники:

1. Ю.И. Акимцев, Б.С. Вейлис. электроснабжение с/х. М. Колос 2008 г.
2. Лешинская Т.Б. электроснабжение с/х М. «КолоС» 2006г.
3. Будзко И.А., Зуль Н.М. электроснабжение с/х М. «КолоС» 2007г.
4. В.Б. Атабеков, К.Д. Пакровский монтаж электрических сетей и силового электрооборудование М. «Высшая школа» 2007 г.
5. В.А. Воробьев. Эксплуатация и ремонт электрооборудование и средств автоматизации. М. «Колос» 2008 г.

Дополнительные источники:

1. Бочаров В.В. и др. Рекомендуемые материалы для ответственного за электрохозяйства предприятия, организации, учреждения. С-Пб. Центр охраны труда, промышленной безопасности и социального партнерства. 2006г.
2. А.П. Коломиец и др. Устройства ремонт и обслуживание электрооборудования в с/х производстве. М. Издательский центр «Академия» 2008г.
3. Лаленков В.Н. Монтаж электрооборудования промышленных предприятий и установок. Харьков ХГУ. 2008г.

Ресурсы сети Интернет:

1. Электротехнические материалы:
<http://www.saranskkabel.ru;>