

ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»

Бутенко Е.В.

ПМ 02. Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий

МДК 02.02. Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий

Учебно – методическое пособие по выполнению домашней контрольной работы для студентов-заочников средних профессиональных учебных заведений по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

ПМ 02. Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий МДК 02.02. Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий: Учебно – методическое пособие по выполнению домашней контрольной работы для студентов-заочников средних профессиональных учебных заведений по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства /Е.В. Бутенко.- Петухово, 2016.- количество 39с.

Автор - составитель: Бутенко Е.В., преподаватель Петуховского техникума механизации и электрификации сельского хозяйства - филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»

Настоящее пособие предназначено для студентов-заочников технических специальностей сельскохозяйственных средних профессиональных учебных заведений. Данные указания рекомендуются для успешного выполнения контрольной работы в рамках программы междисциплинарного курса МДК 02.02. Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 35.02.08 Электрификации и автоматизации сельского хозяйства.

Пособие содержит краткие указания к выполнению контрольной работы, рекомендации по оформлению и защите работы, а также решения некоторых задач, тщательный разбор которых поможет студенту-заочнику выполнить соответствующую контрольную работу.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Цели методических указаний	5
2 Методические указания по выполнению контрольной работы	6
2.1 Общие положения	6
2.2 Требования к оформлению домашней контрольной работы	6
2.3 Требования к выбору варианта домашней контрольной работы	8
2.4 Консультации	8
2.5 Примеры выполнения заданий	8
3 Критерии оценки домашней контрольной работы	28
4 Задания для домашней контрольной работы	29
Заключение	31
Список литературы	32
Приложения	35

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания с контрольными заданиями предназначены для выполнения домашней контрольной работы студентами заочной формы обучения средних специальных учебных заведений, осваивающих ППССЗ по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Основное назначение МДК 02.02 Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий состоит в формировании у студентов профессиональных компетенций: ПК 2.1 Выполнять мероприятия по бесперебойному электроснабжению сельскохозяйственных предприятий. ПК 2.2 Выполнять монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций. ПК 2.3 Обеспечивать электробезопасность по виду профессиональной деятельности ВПД 2 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий и получении в соответствии с требованиями ФГОС знаний по производству, передаче и распределению электрической энергии; техническим характеристикам проводов, кабелей и методике их выбора для внутренних проводок и кабельных линий; методике выбора схем типовых районных и потребительских трансформаторных подстанций.

Курс заочного обучения предусматривает получение знаний и умений по организации бесперебойного и качественного электроснабжения сельскохозяйственных организаций на основе знаний математики, физики, основ электротехники, материаловедения, основ технической механики. В структуре ППССЗ знания и умения, освоенные по МДК являются одной из основных составляющих в освоении других ПМ и МДК, что обеспечивает выработку ОК и ПК по специальности.

Пособие составлено в соответствии с программой междисциплинарного курса МДК 02.02 Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий. Методические указания содержат теоретические пояснения к выполнению контрольной работы, примеры выполнения заданий, что позволит студенту выполнить успешно контрольную работу.

1 ЦЕЛИ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Основная цель данных методических указаний – помочь студентам заочной формы обучения освоить программу междисциплинарного курса МДК 02.02 Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий

Студенты должны знать сведения о производстве, передаче и распределении электрической энергии, технические характеристики проводов, кабелей и методику их выбора для внутренних проводок и кабельных линий, методику выбора схем типовых районных и потребительских трансформаторных подстанций, безопасно выполнять монтажные работы, в том числе на высоте.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Общие положения

Домашняя контрольная работа выполняется в соответствии с Методическими рекомендациями Министерства образования и науки РФ от 20 июля 2015 г. № 06-846 по организации учебного процесса по очно-заочной и заочной формам обучения в образовательных организациях, реализующих основные профессиональные образовательные программы среднего профессионального образования.

Каждый студент - заочник обязан выполнять домашнюю контрольную работу строго в соответствии со своим вариантом, и в срок, установленный графиком учебного процесса, выслать работу в учебное заведение на проверку.

Домашняя контрольная работа должна носить самостоятельный характер. Самостоятельность выполнения работы способствует углубленному изучению дисциплины, вырабатывают умение обобщать изучаемый материал, анализировать и аргументировать выводы, позволяет точно и грамотно излагать свои мысли. При выполнении домашней контрольной работы следует использовать предложенную основную литературу и подобрать дополнительные источники, так как это обязательно будет учтено при оценке работы.

2.2 Требования к оформлению домашней контрольной работы

Контрольная работа выполняется в ученической тетради в клетку темными чернилами (синими, черными, фиолетовыми) через строчку. Страницы тетради нумеруются. На каждой странице следует оставлять поля шириной 4 см, а в конце тетради - 1-2 свободные страницы для написания рецензии (заключения) преподавателя.

В связи с достаточно активным использованием студентами персональных компьютеров разрешается выполнять контрольную работу в печатном виде, однако ее оформление также должно соответствовать существующим стандартам.

Работа выполняется аккуратно на листе формата А4 стандартным 14-м шрифтом с полуторным интервалом. Используются шрифт Times New Roman. Заголовки выделяют заглавными буквами. Границы полей: левое – 2 см, правое – 2 см, нижнее и верхнее – 2 см. Текст печатается черным цветом. Принципиальные электрические схемы, графики, векторные диаграммы выполняются с применением компьютерных программ (КОМПАС 3D; splan, Auto CAT и др.)

В работе не должно быть помарок, перечеркиваний. Опечатки, описки и графические неточности исправляются подчисткой или закрасиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного изображения машинописным способом, либо от руки чернилами или тушью того же цвета, что и исправляемый оригинал.

Все структурные элементы работы и главы ее основной части начинаются с новой страницы. Расстояние заголовком и текстом должно быть 1,5 интервала.

Абзацы в тексте начинают отступом – 1,25.

После знаков препинания делается пробел, перед знаками препинания пробелов не делается. Перед знаком "тире" и после него делается пробел.

Знаки "дефис" и "перенос" пишутся без пробелов. Знаки "номер" (№) и "параграф" (§), а также единицы измерения от цифры отделяются пробелом. Знак градус (°) пишется с цифрой слитно, а градус Цельсия (°С) - отдельно.

При написании формул и дальнейшем вычислении по ним никаких промежуточных действий с числами не указывается. Цифровые значения в формулы подставляют в системе СИ, кроме эмпирических, без указания единиц измерения в буквенном обозначении. Содержание формулы раскрывается после совершения вычислений и получения результата, если входящие в формулу составляющие раньше не встречались по тексту контрольной работы. Конечный результат вычисления должен содержать указание единиц измерения в буквенных символах. Например:

1) Определяем номинальный ток первичной обмотки трансформатора $I_{1н}$:

$$I_{1н} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{1н}} = \frac{100}{1,73 \times 10} = 0,58A, \quad (1)$$

где $S_n = 100$ кВА – номинальная мощность трансформатора;

$U_{1н} = 10$ кВ – номинальное напряжение первичной обмотки.

Все страницы, формулы и таблицы нумеруются. Нумерация – сквозная (т.е. номер – один, два и т.д.). Номер страницы не ставится на титульном листе и содержании, но эти страницы входят в общее количество работы. Номер ставится с введения, с указанием страницы 3. Нумерация указывается без черточек внизу по центру страницы.

Работа должна быть выполнена аккуратно, четким, разборчивым почерком, в той же последовательности, в какой приведены задания. Перед выполнением каждого задания ставится его номер и полная формулировка с исходными данными. Сокращения слов и подчеркивания в тексте не допускаются.

В конце работы приводится список использованной литературы, где сначала указываются нормативные документы (законы, указы, постановления, приказы, инструкции и т.д.), затем в алфавитном порядке – учебная литература и справочные пособия с указанием фамилии и инициалов автора, наименование источника, места и года его издания, количества страниц; затем ставится дата выполнения работы и подпись студента.

Титульный лист работы (приложение 1) должен быть оформлен в соответствии с утвержденной формой. При регистрации контрольной работы титульный лист подписывается секретарем заочного отделения, с указанием даты сдачи работы.

На каждую контрольную работу преподаватель дает письменное заключение (рецензию) и выставляет оценки «зачтено» или «незачтено». Незачтённая контрольная работа возвращается студенту с подробной рецензией, содержащей рекомендации по устранению недостатков.

По получении проверенной контрольной работы студент должен внимательно ознакомиться с исправлениями, прочитать заключение преподавателя, сделать работу над ошибками и повторить недостаточно усвоенный материал в

соответствии с рекомендациями преподавателя. После этого студент выполняет работу повторно и отправляет вместе с первой на проверку.

2.3 Требования по выбору варианта домашней контрольной работы

В соответствии с учебным планом все студенты заочного отделения в межсессионный период должны самостоятельно изучить программный материал и выполнить домашнюю контрольную работу по одному из вариантов.

Контрольная работа представляет собой сквозное задание, состоящее из пяти задач. Выбор варианта производится по последней цифре шифра студента. Работа, выполненная с нарушениями выбора вариантов задания, не проверяется и считается не выполненной.

2.4 Консультации

На протяжении учебного года студент может обращаться за письменными и устными консультациями к преподавателям техникума как лично, так и через их персональные сайты в сети Internet.

2.5 Примеры выполнения заданий

К задаче 1

Потери напряжения в ВП – основная причина возникновения отклонений напряжения у приемников электроэнергии. Допустимые отклонения напряжения δU – на шинах электроприемников согласно ГОСТ Р 54149 — 2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» 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:

$$\delta U_{\text{доп}} \leq \Sigma \Delta U_{\text{с}} + \Sigma \delta U_{\text{пост}} + \Sigma \delta U_{\text{пер}},$$

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

$\Sigma \Delta U_{\text{с}}$ – сумма потерь напряжения в последовательных элементах сети;

$\Sigma \delta U_{\text{пост}}$ – постоянные надбавки напряжения, не меняющиеся в процессе эксплуатации;

$\Sigma \delta U_{\text{пер}}$ – переменные надбавки напряжения, регулируемые в процессе эксплуатации.

По данному неравенству проводят расчет не менее двух раз для режимов максимальной и минимальной нагрузки; 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.

На шинах 10 кВ РТП 35/10 кВ ПУЭ рекомендует устанавливать отклонения напряжения $\delta U_{ш}^{100} = +5\%$ и $\delta U_{ш}^{25} = 0\%$.

Постоянные надбавки в трансформаторах принимаются $\delta U_{пост} = 5\%$; потери напряжения в трансформаторах $\Delta U_m^{100} = 4\%$ и $\Delta U_m^{25} = 1\%$; потери напряжения во внутренней сети: $\Delta U_{вн}^{100} = 1\%$ в электропроводках одноэтажных жилых домов и $\Delta U_{вн}^{100} = 2\%$ - двух и многоэтажных домов и производственных помещениях.

Потери напряжения в линии 0,38 кВ 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 $\Delta U_{доп}$ в проектируемой линии 0,38кВ 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 – $L_b = 3,5$ км.

Потребительский трансформатор 10/0,4 кВ с ПБВ (переключение без возбуждения) со ступенями 2х2,5%.

Исходные данные:

1. Отклонение напряжения на шинах 10 кВ РТП 35/10 кВ: $\delta U_{ш}^{100} = +5\%$, $\delta U_{ш}^{25} = 0\%$.
2. Длина линии 10 кВ $L_b = 3,5$ км, потери напряжения в одном километре $\Delta U'_{10} = 0,7\%$ на км.
3. Потери напряжения в потребительском трансформаторе: $\Delta U_m^{100} = -4\%$ и $\Delta U_m^{25} = -1\%$.
4. Постоянная надбавка в трансформаторе 10/0,4 кВ $\delta U_{пост} = 5\%$.
5. Потери напряжения во внутренней проводке $\Delta U_{вн}^{100} = -2\%$.
6. Отклонение напряжения у потребителя не должно превышать $\delta U_n^{100} \geq -5\%$, $\delta U_n^{25} \leq +5\%$.
7. Потери напряжения во внешней и внутренней сети 0,38 кВ $\Delta U_{0,38}^{25} = 0\%$.

Решение

1. В соответствии с принципиальной схемой электроснабжения производственного объекта составляем для наглядности схему электрической сети (рисунок 1) и наносим на нее параметры элементов 10 и 0,38 кВ. Заносим известные параметры элементов сети для двух режимов (100% и 25%) в таблицу отклонений и потерь напряжения (таблица 1).

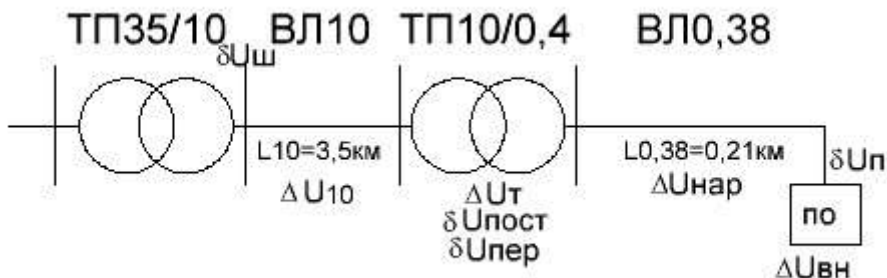


Рисунок 1 – Схема электрической сети

2. Определяем потерю напряжения в линии 10 кВ:

$$\Delta U_{10}^{100} = \Delta U'_{10} \cdot L_{10} = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45\% .$$

Таблица 1 – Таблица отклонений и потерь напряжения

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

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

При $\delta U_{пер}=0$ имеем $\delta U_n^{25} = 0 - 0,61 + 5 - 1 = +3,39\% < +5\%$, 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 кВ $\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{0,38}^{100}$ определяют, как алгебраическую разность отклонений напряжения на ее концах при 100% нагрузке:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{0,38}^{100} = \delta U_{\text{и}}^{100} + \Delta U_{10}^{100} + \delta U_{\text{пост}} + \Delta U_{\text{м}}^{100} + \Delta U_{\text{вн}}^{100} - (\delta U_{\text{г}}^{100}) = 5 - 2,45 + 5 - 4 - 2 - (-5) = 6,55\%$$

что соответствует $\Delta U_{\text{доп}}$ в линиях 0,38 кВ, рекомендуемой НТПС-88.

Таким образом, допускаемая потеря напряжения в линии 0,38 кВ, питающей производственный потребитель (свинарник - маточник) составит $\Delta U_{\text{доп}}=6,55\%$. Вносим это число в таблицу 1.

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_o , 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 принимают по специальной таблице. Полученные значения расчетных мощностей наносят на расчетную схему сети 0,38 кВ.

Полную расчетную мощность (кВА) 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 (кВА) определяют с учетом коэффициента мощности.

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

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 представлять 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, кВА:

$$S_{\text{дз}} = K_{\text{др}} \cdot S_{\text{д}}; S_{\text{вс}} = K_{\text{др}} \cdot S_{\text{в}}$$

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

По эквивалентным мощностям выбираются площади сечения основных проводов по приложению 3 настоящего методического пособия.

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 – потери 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, кВА;

L – длина расчетного участка линии, м.

Для наружного освещения принимается 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 допускаемым, получаем

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

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

$\Delta U_{\text{р.дон}}$ – реактивная составляющая допускаемой потерь напряжения,

$$\text{откуда } \Delta U_{\text{а.дон}} = \Delta U_{\text{расч}} - \Delta U_{\text{р.дон}}, \quad \Delta U_{\text{р.дон}} = \frac{x_0 \cdot \sum Q_i \cdot l_i}{U_n} \text{ (В)}.$$

По значению $\Delta U_{\text{а.дон}}$ определяем сечение провода магистрали:

$$F = \frac{\sum P_i \cdot l_i}{\gamma \cdot \Delta U_{\text{а.дон}} \cdot U_n} \text{ (мм}^2\text{)}.$$

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 магистральным методом, проверить линию на потери напряжения.

Исходные данные

1. Производственный объект – свинарник – маточник: расчетная нагрузка на вводе в дневной максимум $P_{\text{расч}}=53$ кВт, коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi=0,75$.
2. Жилые дома многоквартирные: расчетная нагрузка на вводе в жилой дом $P_{\text{м}}=5$ кВт, количество жилых домов на линии $n=4$.
3. Коэффициент дневного максимума для бытовых потребителей принимаем $K_{\text{д}}=0,4$.
4. Коэффициент одновременности для суммирования бытовых потребителей $K_{\text{о}}=0,6$.
5. Максимальные расчетные нагрузки отходящих линий 0,38 кВ в дневной максимум: $P_{\text{мдл1}}=30$ кВт, $\cos\varphi=0,78$; $P_{\text{мдл2}}=40$ кВт, $\cos\varphi=0,7$.
6. Длина проектируемой линии $L_{0,38}=210$ м.
7. 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 $K_o=0,6$:

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

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

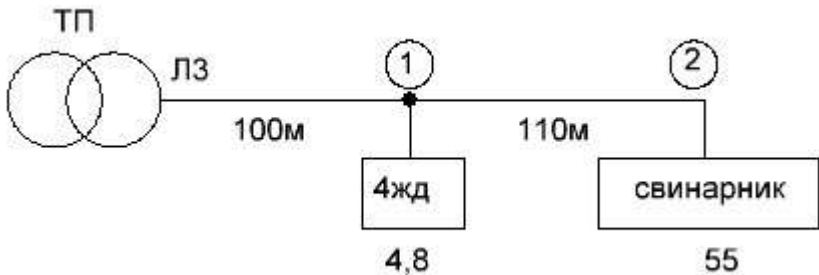


Рисунок 2 – Расчетная схема ВЛЗ – 0,38кВ

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

Участок 1-2:

Активная нагрузка участка $P_{d1-2}=P_{d2}=55\text{кВт}$

$$\text{Полная мощность участка: } S_{\partial 1-2} = \frac{P_{\partial 1-2}}{\cos \varphi_{\partial 1-2}} = \frac{55}{0,75} = 73 \text{ кВА}$$

Участок ТП-1:

Активную нагрузку участка определяем суммированием табличным методом нагрузок P_{d2} и добавки активной мощности ΔP_{d1} (добавка берется от меньшей мощности). По таблице надбавок видно, что при $P_{d1}=4,8\text{кВт}$ добавка $\Delta P_{d1}=3\text{кВт}$ (в округлении) и нагрузки участка будут:

$$\text{Активная: } P_{\partial \text{ТП-1}} = P_{\partial 2} + \Delta P_{\partial 1} = 55 + 3 = 58 \text{ кВт,}$$

$$\text{полная } S_{\partial \text{ТП-1}} = \frac{P_{\partial 2}}{\cos \varphi_{\partial 2}} + \frac{\Delta P_{\partial 1}}{\cos \varphi_{\partial 1}} = \frac{55}{0,75} + \frac{3}{1,0} = 76,3 \text{ кВА,}$$

(коэффициент мощности для бытовой нагрузки $\cos \varphi_{d1}=1$)

$$\text{Коэффициент мощности участка } \cos \varphi_{\partial \text{ТП-1}} = \frac{P_{\partial \text{ТП-1}}}{S_{\partial \text{ТП-1}}} = \frac{58}{76,3} = 0,76.$$

4. Определяем расчетную (полную) 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 рисунку 3.

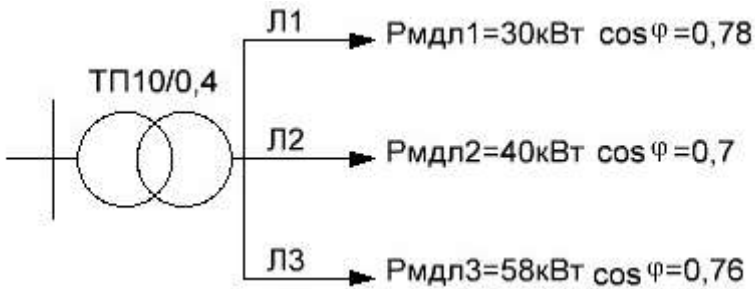


Рисунок 3 – Схема головных участков ТП 10/0,4кВ

Суммирование проводим табличным методом

$$P_{ТП} = P_{мдл3} + \Delta P_{мдл1} + \Delta P_{мдл2} = 58 + \Delta 30 + \Delta 40 = 58 + 19 + 26,5 = 103,5 \text{ кВт}$$

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

$$S_{ТП} = \frac{P_{мдл3}}{\cos \varphi_3} + \frac{\Delta P_{мдл1}}{\cos \varphi_1} + \frac{\Delta P_{мдл2}}{\cos \varphi_2} = \frac{58}{0,76} + \frac{19}{0,78} + \frac{26,5}{0,7} = 138,6 \text{ кВА.}$$

4.3 По значению $S_{ТП}$ из приложения 4 данного методического пособия выбираем трансформатор ТМ 100/10 с техническими данными (из приложения 1): $S_n=100\text{кВА}$; $U_{1н}/U_{2н}=10/0,4 \text{ кВ}$; $u_k=4,5\%$; $\Delta P_{xx}=0,33 \text{ кВт}$; $\Delta P_k=1,97 \text{ кВт}$.

5. Выбор проводов методом экономических интервалов:

5.1 Определяем эквивалентные мощности участков по формуле:

$$\text{Участок 1-2 } S_{\text{экв1-2}} = 73 \cdot 0,7 = 51,1 \text{ кВА};$$

$$\text{Участок ТП-1 } S_{\text{эквТП-1}} = 76,3 \cdot 0,7 = 53,4 \text{ кВА}$$

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

5.3 Полученные значения нагрузок вносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Выбор проводов ВЛ 0,38 кВ

Расчетный участок	Расчетная мощность участка, кВА, $S_{\text{расч}}$	Коэффициент мощности участка, $\cos \varphi$	Длина участка, м, L	Коэффициент динамики роста, $K_{др}$	Эквивалентная мощность, кВА, $S_{\text{экв}}$	Основные марки и площади сечения проводов	Потери напряжения при основных проводах, %	
							на расчетном участке	от начала линии
ТП-1	76,3	0,76	100	0,7	53,4	3А70+А70	2,67	2,67
1-2	73,0	0,75	110	0,7	51,1	3А50+А50	2,81	5,48

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: $S_{расч}=76,3\text{кВА}$, $\cos\varphi=0,76$; $\Delta U_{уд}=0,45\%/(\text{кВАкм})$ по номограмме удельных потерь напряжения в ВЛ-0,38кВ

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

Участок 1-2: $S_{расч}=73\text{кВА}$, $\cos\varphi=0,75$; $\Delta U_{уд}=0,45\%/(\text{кВАкм})$ по номограмме удельных потерь напряжения в ВЛ-0,38кВ

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

6.2 Определяем потерю напряжения в линии Л-3

$$\Delta U_{ТП-2} = \Delta U_{ТП-1} + \Delta U_{1-2} = 3,43 + 3,61 = 7,04\% > \Delta U_{доп} = 6,55\%$$

Потери напряжения в линии превышает допустимое значение потерь напряжения, поэтому выбираем провод большего сечения 3А70+А70, $\Delta U_{уд}=0,35\%/(\text{кВАкм})$, тогда

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

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

$$\Delta U_{ТП-2} = \Delta U_{ТП-1} + \Delta U_{1-2} = 2,67 + 2,81 = 5,48\% > \Delta U_{доп} = 6,55\%,$$

что удовлетворяет требованиям НТПС – 88.

7. Выбор проводов магистральным методом.

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

7.1 Определяем реактивную составляющую допустимой потери напряжения по формуле:

$$\Delta U_{p,доп} = \frac{x_0 \cdot \sum Q_i \cdot l_i}{U_n} = \frac{x_0 \cdot (Q_{ТП-1} \cdot l_{ТП-1} + Q_{1-2} \cdot l_{1-2})}{U_n},$$

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

Реактивные мощности на участках:

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

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

$$Q_{1-2} = S_{1-2} \cdot \sin \varphi_{1-2} = 73 \cdot 0,66 = 48 \text{кВАр}$$

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

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

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

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

$$\Delta U_{a.\text{дон}} = \Delta U_{\text{расч}} - \Delta U_{p.\text{дон}} = 6,55 - 2,48 = 4,07\%;$$

$$\Delta U_{a.\text{дон}} = 24,89 - 9,43 = 15,5 \text{ В},$$

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

7.3 Определяем сечение проводов линии:

$$F = \frac{\sum P_i \cdot l_i}{\gamma \cdot \Delta U_{a.\text{дон}} \cdot U_n} = \frac{P_{ТП-1} \cdot l_{ТП-1} + P_{1-2} \cdot l_{1-2}}{\gamma \cdot \Delta U_{a.\text{дон}} \cdot U_n} = \frac{58 \cdot 100 + 55 \cdot 110}{32 \cdot 15,5 \cdot 0,38} = 62,3 \text{ мм}^2$$

где $\gamma = 32 \cdot 10^6 \text{ См/км}$ – 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 короткого замыкания в сетях с несколькими ступенями трансформации используют метод относительных единиц, метод именованных (практических) единиц – при расчете токов короткого замыкания сравнительно простых электрических схем, в частности, сетей напряжением 380/220В.

Для расчета силы токов короткого замыкания 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

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{рез}}};$$

при расчете в относительных единицах

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{I_{\text{баз}}}{Z_{\text{рез}^*}}.$$

Если известны сила тока или мощность короткого замыкания в точке присоединения, то сопротивление системы определяют по формулам:

при расчете в именованных единицах

$$X_c = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{\kappa}} = \frac{U^2}{S_{\kappa}},$$

где U – напряжение в точке присоединения;

I_{κ} , S_{κ} – сила тока и мощность короткого замыкания в точке присоединения; при расчете в относительных единицах

$$X_{c*} = \frac{I_{\delta}}{I_{\kappa}} = \frac{S_{\delta}}{S_{\kappa}}.$$

Результирующее сопротивление до точки короткого замыкания определяют суммированием сопротивления системы и сопротивления присоединения: при расчете в именованных единицах

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

при расчете в относительных единицах

$$Z_{рез*} = \sqrt{(X_{c*} + X_{прис*})^2 + R_{прис*}^2}.$$

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

Сила тока двухфазного короткого замыкания определяют по формуле:

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

Сила ударного тока короткого замыкания:

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

где K_y – ударный коэффициент: в сетях напряжением 10 и 0,4 кВ $K_y = 1$, при коротком замыкании на шинах 10 кВ ТП 10/0,4 кВ $K_y = 1,2$; на линиях 35 кВ и на шинах 35 и 10 кВ РТП 35/10 кВ $K_y = 1,5$; на шинах и линиях 110 кВ $K_y = 1,8$.

Силу тока однофазного короткого замыкания, по которому проверяют чувствительность защиты, определяют в соответствии с ПУЭ по формуле:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{Z_n + \frac{Z_m}{3}},$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети;

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

$Z_n = Z_0 \cdot L_{0,38}$ – сопротивление петли фаза – ноль;

$L_{0,38}$ – длина линии 0,38 кВ;

$Z_0 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2}$ – полное сопротивление 1 км петли фаза – ноль.

Пример 3 Для заданной схемы (рис.7) определить силу токов короткого замыкания в расчетных точках K_1 , K_2 , K_3 и K_4 методом относительных единиц. В точках короткого замыкания K_3 и K_4 силу токов короткого замыкания определить также методом именованных единиц, результаты расчетов сравнить с полученными методом относительных единиц.

В точке K_4 определить силу тока однофазного короткого замыкания.

Исходные данные

1. Мощность короткого замыкания на шинах 35 кВ РТП 35/10 $S_{к}=250$ МВА.
2. Составляем схему электрической сети согласно рис.7

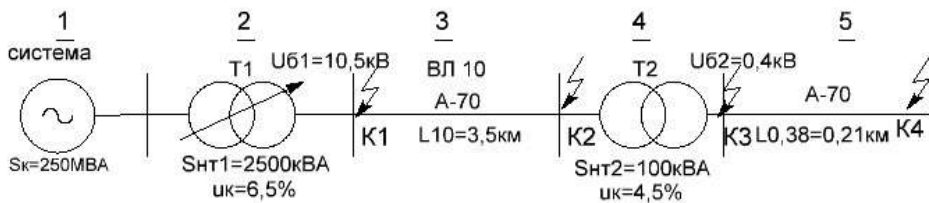


Рисунок 4 – Схема электрической сети к расчету токов короткого замыкания

$S_{HT1}=2500$ кВА, $L_{10}=3,5$ км, провод А-70 (согласно исходным данным), $S_{HT2}=100$ кВА, $L_{0,38}=0,21$ км, провод А-70 (согласно данным задачи 2).

Данные трансформаторов: Т1 $S_{HT1}=2500$ кВА, $u_{к\%}=6,5\%$; $\Delta P_{к}=24,5$ кВт;

Т2 $S_{HT2}=100$ кВА, $u_{к\%}=4,5\%$; $\Delta P_{к}=1,97$ кВт

Данные проводов: ВЛ 10 кВ А-70 $r_0=0,412$ Ом/км, $x_0=0,341$ Ом/км, $L_{10}=3,5$ км

ВЛ 0,38кВ А-70 $r_0=0,412$ Ом/км, $x_0=0,309$ Ом/км, $L_{0,38}=0,21$ км

Базисные напряжения: $U_{61}=10,5$ кВ, $U_{62}=0,4$ кВ

Решение

Метод относительных единиц

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

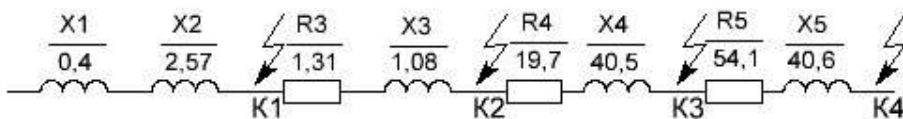


Рисунок 5 – Схема замещения

2. Принимаем значение базисной мощности $S_6=100$ МВА и определяем сопротивления элементов схемы замещения:

$$\text{Системы } X_{1*} = X_{c*} = \frac{S_6}{S_{к}} = \frac{100}{250} = 0,4;$$

$$\text{Трансформатора ТМН 2500/35 } Z_{2*} = Z_{m1*} = \frac{u_{к\%} \cdot S_6}{100 \cdot S_{HT}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 2,5} = 2,6;$$

$$R_{2*} = \frac{\Delta P_{к} \cdot S_6}{S_{HT}^2} = \frac{24,5 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{2,5^2} = 0,39;$$

$$X_{2*} = \sqrt{Z_{2*}^2 - R_{2*}^2} = \sqrt{2,6^2 - 0,39^2} = 2,57.$$

Так как $R_{2*} \ll \frac{1}{3} X_{2*}$, то этим сопротивлением пренебрегаем;

$$\text{Трансформатора ТМ 100/10 } Z_{4*} = Z_{m2*} = \frac{u_{\kappa} \% \cdot S_{\sigma}}{100 \cdot S_{nm}} = \frac{4,5 \cdot 100}{100 \cdot 0,1} = 45;$$

$$R_{4*} = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot S_{\sigma}}{S_{nm}^2} = \frac{1,97 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{0,1^2} = 19,7;$$

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

$$\text{Линии 10 кВ } R_{3*} = r_0 \cdot L_{10} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = 0,412 \cdot 3,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,31;$$

$$X_{3*} = r_0 \cdot L_{10} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma 1}^2} = 0,341 \cdot 3,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,08$$

$$\text{Линии 0,38 кВ } R_{5*} = r_0 \cdot L_{0,38} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma 2}^2} = 0,412 \cdot 0,21 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 54,1;$$

$$X_{5*} = r_0 \cdot L_{0,38} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma 2}^2} = 0,309 \cdot 0,21 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 40,6$$

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

$$\text{До точки К}_1 \quad Z_{pez1*} = X_{1*} + X_{2*} = 0,4 + 2,57 = 2,97$$

До точки К₂

$$Z_{pez2*} = \sqrt{R_{3*}^2 + (X_{1*} + X_{2*} + X_{3*})^2} = \sqrt{1,31^2 + (0,4 + 2,57 + 1,08)^2} = 4,26$$

$$\text{До точки К}_3 \quad Z_{pez3*} = \sqrt{(R_{3*} + R_{4*})^2 + (X_{1*} + X_{2*} + X_{3*} + X_{4*})^2} = \\ \sqrt{(1,31 + 19,7)^2 + (0,4 + 2,57 + 1,08 + 40,5)^2} = 49,3$$

До точки К₄

$$Z_{pez4*} = \sqrt{(R_{3*} + R_{4*} + R_{5*})^2 + (X_{1*} + X_{2*} + X_{3*} + X_{4*} + X_{5*})^2} = \\ \sqrt{(1,31 + 19,7 + 54,1)^2 + (0,4 + 2,57 + 1,08 + 40,5 + 40,6)^2} = 114$$

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

$$I_{\sigma 1} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 1}} = \frac{100}{1,73 \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}; \quad I_{\sigma 2} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 2}} = \frac{100}{1,73 \cdot 0,4} = 144,5 \text{ кА}$$

5. Определяем силу тока трехфазного тока короткого замыкания:

$$\text{В точке } K_1 \quad I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{I_{\delta 1}}{Z_{\text{pez1}^*}} = \frac{5,5}{2,97} = 1,85 \text{ кА}$$

$$\text{В точке } K_2 \quad I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{I_{\delta 1}}{Z_{\text{pez2}^*}} = \frac{5,5}{4,26} = 1,29 \text{ кА}$$

$$\text{В точке } K_3 \quad I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{I_{\delta 2}}{Z_{\text{pez3}^*}} = \frac{144,5}{49,3} = 2,93 \text{ кА}$$

$$\text{В точке } K_4 \quad I_{\kappa 4}^{(3)} = \frac{I_{\delta 2}}{Z_{\text{pez4}^*}} = \frac{144,5}{114} = 1,27 \text{ кА}$$

6. Определяем мгновенные значения сил ударных токов короткого замыкания:

$$\text{В точке } K_1 \quad i_{y\delta 1} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{\kappa 1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,5 \cdot 1,85 = 3,91 \text{ кА}$$

$$\text{В точке } K_2 \quad i_{y\delta 2} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{\kappa 2}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,2 \cdot 1,29 = 2,18 \text{ кА}$$

$$\text{В точке } K_3 \quad i_{y\delta 3} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 2,93 = 4,13 \text{ кА}$$

$$\text{В точке } K_4 \quad i_{y\delta 4} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{\kappa 4}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 1,27 = 1,79 \text{ кА}$$

7. Определяем силу токов двухфазного тока короткого замыкания:

$$\text{В точке } K_1 \quad I_{\kappa 1}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa 1}^{(3)} = 0,87 \cdot 1,85 = 1,61 \text{ кА}$$

$$\text{В точке } K_2 \quad I_{\kappa 2}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa 2}^{(3)} = 0,87 \cdot 1,29 = 1,12 \text{ кА}$$

Расчет токов короткого замыкания в точках K_3 и K_4
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.

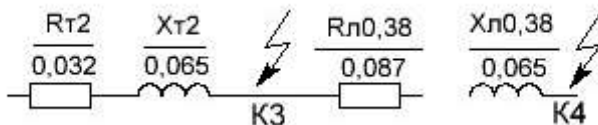


Рисунок 6 – Схема замещения для расчета в именованных единицах

1. Сопротивление элементов схемы:

Трансформатора ТМ 100/10: полное $Z_{\tau 2} = 0,072 \text{ Ом}$, активное $R_{\tau 2} = 0,032 \text{ Ом}$, индуктивное $X_{\tau 2} = 0,065 \text{ Ом}$

Линии 0,38 кВ: активное $R_{л0,38} = r_0 \cdot L_{0,38} = 0,412 \cdot 0,21 = 0,087 \text{ Ом}$

индуктивное $X_{л0,38} = x_0 \cdot L_{0,38} = 0,309 \cdot 0,21 = 0,065 \text{ Ом}$

2. Сопротивление до точек короткого замыкания:

До точки $K_3 \quad Z_{\text{pez3}} = 0,072 \text{ Ом}$

До точки К₄

$$Z_{рез4} = \sqrt{(R_{m2} + R_{л0,38})^2 + (X_{m2} + X_{л0,38})^2} = \sqrt{(0,032 + 0,087)^2 + (0,065 + 0,065)^2} = 0,176 \text{ Ом}$$

3. Сила токов трехфазного короткого замыкания в точках К₃ и К₄:

В точке К₃ $I_{к3}^{(3)} = \frac{U_{лин}}{\sqrt{3} \cdot Z_{рез3}} = \frac{0,38}{1,73 \cdot 0,072} = 3,05 \text{ кА}$

В точке К₄ $I_{к4}^{(3)} = \frac{U_{лин}}{\sqrt{3} \cdot Z_{рез4}} = \frac{0,38}{1,73 \cdot 0,176} = 1,25 \text{ кА}$

При расчете методом относительных единиц: $I_{к3}^{(3)} = 2,93 \text{ кА}$ и $I_{к4}^{(3)} = 1,27 \text{ кА}$.

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 короткого замыкания в конце проектируемой линии 0,38 кВ

1. Сопротивление петли фаза-ноль

$$Z_n = Z_0 \cdot L_{0,38} = 1,03 \cdot 0,21 = 0,22 \text{ Ом},$$

где $Z_0 = 2 \cdot \sqrt{r_0^2 + x_0^2} = 2 \cdot \sqrt{0,412^2 + 0,309^2} = 1,03 \text{ Ом}$ - полное сопротивление петли фаза-ноль 1 км длины

2. Сила тока однофазного тока короткого замыкания в конце линии 0,38 кВ:

$$I_{к4}^{(1)} = \frac{U_{фаз}}{Z_n + \frac{Z_m^{(1)}}{3}} = \frac{220}{0,22 + \frac{0,779}{3}} = 458 \text{ А}$$

К задаче 4

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 $I'' < I_{отк}$;
- по номинальному току плавкой вставки.

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

$$I_{вст} \geq (2...3) \cdot I_{нм}.$$

Определяют расчетный ток короткого замыкания на стороне высшего напряжения с учетом коэффициента надежности

$$I_{к расч} = \frac{K_n \cdot I_{кн}}{K_m},$$

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

$I_{кн}$ – ток трехфазного короткого замыкания на стороне низшего напряжения трансформатора;

K_t – коэффициент трансформации трансформатора.

По ампер – секундной характеристике предохранителя определяют время перегорания плавкой вставки $t_{вст}$ при токе $I_{красч}$.

Определяют допустимое время протекания тока короткого замыкания по трансформатору:

$$t_{доп} = \frac{900}{K^2},$$

где $K = \frac{I_{красч}}{I_{нт}}$.

Сравнивают время перегорания плавкой вставки $t_{вст}$ с допустимым временем $t_{доп}$ протекания тока короткого замыкания. При $t_{доп} \geq t_{вст}$ термическая устойчивость трансформатора обеспечена.

Для защиты отходящих от ТП линий 380/220 В применяют автоматы серий АП50Б, АЗ700, АЕ2000, АВМ и плавкие предохранители ПН2 и ПР2. Автоматические выключатели и предохранители выбирают по рабочим и максимальным токам и проверяют по условию срабатывания при однофазном коротком замыкании на корпус или на нулевой провод. В соответствии с ПУЭ в установках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью для обеспечения быстрого срабатывания защиты от однофазных коротких замыканий, значение тока однофазного короткого замыкания должен быть не менее трехкратного значения номинального тока плавкой вставки предохранителя или расцепителя автомата с обратной зависимостью от тока характеристикой.

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

$$I_{тр(вст)} > 1,1 \cdot (I_{р.макс} - I_{нд} + 0,4 \cdot I_{пускдв}),$$

где $I_{р.макс}$ – максимальный рабочий ток в линии,

$I_{нд}$, $I_{пускдв}$ – номинальный и пусковой ток наиболее мощного электродвигателя, подключенного к линии, А

Коэффициент чувствительности защиты определяют по формуле:

$$K_{чув} = \frac{I_{кmin}}{I_{тр(вст)}} \geq 3,$$

где $I_{кmin}$ – наименьшее значение двухфазного или однофазного тока короткого замыкания;

$I_{тр(вст)}$ – номинальный ток теплового расцепителя автомата или плавкой вставки предохранителя, А.

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя автомата определяют по выражению:

$$I_{эп} = 1,2 \cdot (I_{р\max} - I_{нд} + I_{нукд}).$$

Пример 4 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 коротком замыкании в конце линии.

Исходные данные

1. Номинальная мощность потребительского трансформатора $S_{нт}=100$ кВА (принимается по результатам решения задачи 2)
2. Сочетание напряжений: $U_{вн}=10$ кВ, $U_{нн}=0,4$ кВ.
3. Сила тока трехфазного короткого замыкания на шинах 10 кВ ТП 10/0,4кВ $I_{кн}^{(3)} = 2,93$ кА (принимается по результатам трехфазного короткого замыкания в точке К₃)
4. Сила однофазного тока короткого замыкания в конце проектируемой линии $I_{к}^{(1)} = 458$ А (принимается по результатам решения задачи 3)
5. Максимальная расчетная нагрузка линии ЛЗ $S_{расч}=S_{ТП1}=76,3$ кВА (из решения задачи 2)

6. Данные наибольшего электродвигателя М1:

$$I_{нд} \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_1 \cdot \eta} = \frac{5,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,855 \cdot 0,86} = 11,3 \text{ А},$$

$$I_{нукд} = \kappa_i \cdot I_{нд} = 7 \cdot 11,3 = 79,1 \text{ А}.$$

Решение

Выбор плавкой вставки

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

$$I_{нт} \frac{S_{нт}}{\sqrt{3} \cdot U_{вн}} = \frac{100}{1,73 \cdot 10} = 5,78 \text{ А}$$

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

$$I_{вст} = (2...3) \cdot I_{нт} = (2...3) \cdot 5,78 = 11...17 \text{ А}$$

По таблице справочных данных выбираем плавкую вставку 15 А.

3. Определяем силу расчетного тока короткого замыкания на стороне 10 кВ трансформатора с учетом коэффициента надежности

$$I_{к\text{ расч}} = \frac{K_n \cdot I_{кн}}{K_m} = \frac{1,3 \cdot 2,93}{25} = 0,152 \text{ кА} = 152 \text{ А}$$

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

5. Определяем допустимое время протекания тока короткого замыкания по трансформатору

$$t_{\text{дон}} = \frac{900}{K^2} = \frac{900}{26,2^2} = 1,3 \text{ с,}$$

$$K = \frac{I_{\text{к расч}}}{I_{\text{нм}}} = \frac{152}{5,78} = 26,2.$$

6. Так как $t_{\text{вст}} = 0,2 \text{ с} < t_{\text{дон}} = 1,3 \text{ с}$, то термическая устойчивость трансформатора будет обеспечена.

Выбор защиты проектируемой линии и проверка ее на срабатывание при однофазном коротком замыкании

1. Максимальный рабочий ток линии

$$I_{\text{р max}} \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{76,3}{1,73 \cdot 0,38} = 115,6 \text{ А}$$

2. Определяем ток срабатывания теплового расцепителя автомата

$$I_{\text{тр}} > 1,1 \cdot (I_{\text{р max}} - I_{\text{нд}} + 0,4 \cdot I_{\text{пуск дв}}) = 1,1 \cdot (115,6 - 11,3 + 0,4 \cdot 79,1) = 150 \text{ А}$$

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя автомата

$$I_{\text{эп}} > 1,2 \cdot (I_{\text{р max}} - I_{\text{нд}} + I_{\text{пуск дв}}) = 1,2 \cdot (115,6 - 11,3 + 79,1) = 220 \text{ А}$$

Принимаем к установке автомат А3714 с током уставки теплового расцепителя 160 А и током уставки электромагнитного расцепителя $3I_{\text{нр}}$.

3. Чувствительность защиты при однофазном коротком замыкании в конце линии

$$K_{\text{чув}} = \frac{I_{\text{к min}}}{I_{\text{тр}}} = \frac{458}{160} = 2,86 < 3.$$

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

4. Ток срабатывания реле РЭ-571

$$I_{\text{эп}} = 0,7 \cdot I_{\text{р max}} = 0,7 \cdot 115,6 = 80,9 \text{ А.}$$

5. Чувствительность защиты при однофазном коротком замыкании в конце линии

$$K_{\text{чув}} = \frac{I_{\text{к}}^{(1)} - I_{\text{р max}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{458 - 115,6}{80,9} = 4,2 > 1,5.$$

Чувствительность защиты при однофазном коротком замыкании обеспечивается.

К задаче 5

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 1000В 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 сопротивлении 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 повторных заземлений не должно превышать 30 Ом.

При удельном сопротивлении земли более 100 Омм допускается увеличивать указанные нормы в 0,01р раз, но не более десятикратного.

В электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью 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

$$\text{напряжением до 1 кВ } R = \frac{125}{I_3} \leq 10 \text{ Ом} .$$

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

Пример 5. Рассчитать заземляющее устройство трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ и производственного объекта, расположенных в заданной климатической зоне (таблица 1).

Удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{изм}}$ Омм, сила тока замыкания на землю на стороне 10 кВ – I_3 , А

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

Исходные данные

1. Удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{изм}}=125$ Омм
2. Сила тока замыкания на землю на стороне 10 кВ $I_3=8$ А
3. Размеры вертикального стержня: длина $l=5$ м, диаметр $d=14$ мм
4. Глубина заложения: стержней $t_c=0,8$ м, полосы связи $t_{\text{п}}=0,9$ м
5. Число повторных заземлений на отходящих линиях 0,38кВ (Л1 и Л2) $n_{12}=7$ и на Л3 нужно смонтировать согласно ПУЭ три повторных заземления, тогда общее число $n=7+3=10$ штук.

Решение

1. Определяем расчетное сопротивление грунта для стержневых заземлителей

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

где $K_c=1,25$ – коэффициент сезонности по таблице 27.2;

$K_1=1,1$ – коэффициент, учитывающий состояние грунта при измерении по таблице 27.3.

2. Сопротивление вертикального заземлителя из круглой стали

$$R_6 = 0,366 \cdot \frac{\rho_{расч}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot h_{cp} + l}{4 \cdot h_{cp} - l} \right) =$$

$$0,366 \cdot \frac{172}{5} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,014} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 30,97 \text{ Ом}$$

3. Сопротивление повторного заземления (производственного объекта) $R_{пз}$ не должно превышать 30 Ом при $\rho=100\text{Омм}$ и ниже, при $\rho=172\text{Омм}>100\text{Омм}$ ПУЭ допускает принимать

$$R_{пз} = 30 \cdot \frac{172}{100} = 51,6 \text{ Ом}$$

Для заземления производственного объекта принимаем один стержень длиной 5 м и диаметром 14 мм, сопротивление которого 30,97 Ом < 51,6 Ом

4. Общее сопротивление всех десяти повторных заземлителей

$$r_{пз} = \frac{R_{пз}}{n} = \frac{30,97}{10} = 3,1 \text{ Ом}$$

5. Определяем расчетное сопротивление заземления нейтрали трансформатора с учетом повторных заземлений, т.к. $r_{пз} = 3,1 \text{ Ом} \leq r_3 = 4 \text{ Ом}$. 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 125/3

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

принимаем для расчета наименьшее из этих значений $r_{расч} = 10 \text{ Ом}$.

6. Определяем теоретическое число стержней

$$n_m = \frac{R_6}{r_{расч}} = \frac{30,97}{10} = 3,1$$

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

Длина полосы связи: $l_2 = a \cdot n_m = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}$

7. Определяем сопротивление полосы связи

$$R_2 = 0,366 \cdot \frac{\rho_{расч}}{l_2} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_2^2}{d \cdot h} = 0,366 \cdot \frac{600}{20} \cdot \lg \frac{2 \cdot 20^2}{0,04 \cdot 0,8} = 36,2 \text{ Ом}$$

где $\rho_{расч} = 3,0 \cdot 1,6 \cdot 125 = 600 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ - расчетное сопротивление грунта для полосы связи;

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

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

8. Определяем действительное число стержней

$$n_{\partial} = \frac{R_g \cdot \eta_z}{\eta_g} \cdot \left(\frac{1}{r_{расч} \cdot \eta_z} - \frac{1}{R_z} \right) = \frac{30,97 \cdot 0,45}{0,69} \cdot \left(\frac{1}{10 \cdot 0,45} - \frac{1}{36,2} \right) = 3,89$$

где $\eta_z = 0,45$ - коэффициент экранирования горизонтального заземлителя;

$\eta_g = 0,69$ - коэффициент экранирования вертикального заземлителя (по рис. 27.1

при $n=4$, $a/l=1$)

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

Действительное сопротивление искусственного заземлителя на подстанции

$$r_{иск} = \frac{R_g \cdot R_z}{R_z \cdot n \cdot \eta_g + R_g \cdot \eta_z} = \frac{30,97 \cdot 36,2}{36,2 \cdot 4 \cdot 0,69 + 30,97 \cdot 0,45} = 9,83 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}$$

Общее сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода

$$r_{расч} = \frac{r_{иск} \cdot r_{нз}}{r_{иск} + r_{нз}} = \frac{9,83 \cdot 3,1}{9,83 + 3,1} = 2,35 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

3 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа, признанная рецензентом удовлетворительной, оценивается словом «зачтено». Работа может быть признана неудовлетворительной в следующих случаях:

- если будет установлено, что контрольная работа выполнялась самостоятельно (даже, если все сделано верно);
- выполнена небрежно, с нарушениями требований ГОСТ на условные графические изображения в электрических схемах, с нарушениями требований ЕСТД к выполнению графиков, рисунков, диаграмм, неразборчивым почерком, а также не по заданному варианту;
- в расчётной части работы при вычислениях допущены грубые арифметические ошибки или ошибки, связанные с применением основных и производных единиц измерения, приводящих к получению абсурдных результатов;
- студент обнаруживает незнание большей части предложенных вопросов, содержание темы контрольной работы не раскрыто.

Работа, выполненная на недостаточном уровне, возвращается студенту с подробной рецензией для дальнейшей работы над учебным материалом.

4 ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (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 $P_{мд}$, кВт, при $\cos\varphi_{д}$, наибольший электродвигатель М.

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

От потребительской трансформаторной подстанции отходят еще две линии Л1 и Л2, имеющие расчетные нагрузки в дневной максимум $P_{мдл1}$ и $P_{мдл2}$ с коэффициентами мощности $\cos\varphi_1=0,8$ и $\cos\varphi_2=0,83$ соответственно.

Потребительская КТП 10/0,4 кВ питается от районной трансформаторной подстанции РТП 35/10 кВ с трансформатором типа ТМН номинальной мощностью $S_{нт1}$, кВА, по линии 10 кВ длиной $L_{в}$, км, выполненной проводом А-70.

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

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-процентной нагрузке.

Удельное сопротивление грунта ρ , Ом×м.

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

Общее число повторных заземлителей на линиях Л1 и Л2 – n_3 .

Данные для решения задач по вариантам представлены в таблице... вариант определяется последней цифрой шифра.

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

Принципиальная схема электроснабжения производственного объекта представлена на рисунке 7

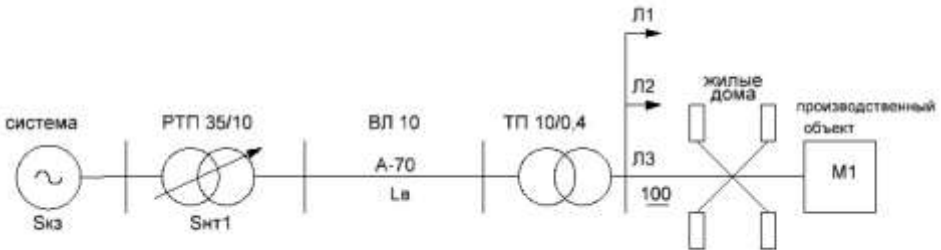


Рисунок 7 – Принципиальная схема электроснабжения производственного объекта

Задачи к сквозному заданию

Задача1. Определить путем составления таблицы отклонений и потерь напряжения допустимую потерю напряжения $\Delta U_{доп}$ в проектируемой линии 0,38 кВ для электроснабжения производственного объекта в процентах от номинального.

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

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

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 потребитель.

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

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

В точке К4 определить силу тока однофазного короткого замыкания.

Задача 4. 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 коротком замыкании в конце линии.

Задача 5. Рассчитать заземляющее устройство ТП 10/0,4 кВ и производственного объекта, расположенных в заданной климатической зоне.

Удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{изм}}$, Ом \times м. Сила тока замыкания на землю на стороне 10 кВ I_3 , А. Заземляющее устройство выполняется заложением в грунт вертикальных стержней длиной l , м и диаметром d , мм, соединенных между собой стальной полосой 40 \times 4 мм. Глубина заложения стержней – 0,8 м, полосы связи – 0,9 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для студентов – заочников, обучающихся по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства». Рекомендации и примеры выполнения заданий контрольных работ помогут студентам освоить методы расчёта параметров и характеристик устройств электроснабжения. Список основной и дополнительной литературы, интернет – ресурсов позволят сократить время на поиски нужной информации при выполнении домашней контрольной работы. Все это призвано помочь студенту – заочнику успешно освоить междисциплинарный курс МДК 02.02 Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий профессионального модуля ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», грамотно выполнить домашнюю контрольную работу, подготовиться к изучению других дисциплин и профессиональных модулей по специальности, применять полученные знания на практике в процессе своей трудовой деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники

1. Акимова, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учеб. пособие для сред. проф. образования / Н.А.Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин. – 7 – е изд., стер. – М.: Издательский центр Академия, 2011. – 304с.
2. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: Учебное пособие / Н.В. Грунтович. - М.: НИЦ ИНФРА-М: Новое знание, 2013. - 271 с.: ил.; Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/415728>
3. Электроснабжение сельского хозяйства: Практикум / Янукович Г.И., Протосовицкий И.В., Зеленкевич А.И. - М.:НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2015. - 516 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/483152>

Дополнительные источники

1. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 158 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/371446>
2. Нетрадиционные источники энергии: биоэнергетика: Учебное пособие/Кузьмин С.Н., Ляшков В.И., Кузьмина Ю.С. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 129 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/519518>
3. Организация и управление деятельностью электросетевых предприятий: Уч.пос./В.Я.Хорольский, М.А.Таранов, В.Г.Жданов - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 144 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/520520>
4. Охрана окружающей среды и энергосбережение в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]: учебник / М.М. Добродькин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017. — 336 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67708.html>
5. Охрана труда и электробезопасность: Учебник / Чекулаев В.Е., Горожанкина Е.Н., Лепеха В.В. - М.:ФГБУ ДПО "УМЦ ЖДТ", 2012. - 304 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/892497>
6. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов: Учебное пособие / Сибикин Ю.Д. - М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 384 с.: 60x90 1/16. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/486376>
7. Привалов, Е.Е. Электробезопасность. Ч. I. Воздействие электрического тока и электромагнитного поля на человека [Электронный ресурс]: В 3-х ч.: учебное пособие. – Ставрополь, 2013. – 132 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/515111>
8. Привалов, Е.Е. Электробезопасность. Ч. II. Заземление электроустановок [Электронный ресурс]: В 3-х ч.: учебное пособие / Е.Е. Привалов. – Ставрополь, 2013. – 140 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/515112>
9. Привалов, Е.Е. Электробезопасность. Ч. III. Защита от напряжения прикосновения и шага [Электронный ресурс] : В 3-х ч.: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – Ставрополь, 2013. – 156 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/515113>

10. Релейная защита и автоматика в электрических сетях [Электронный ресурс] / ред. В. В. Дрозд. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, Альвис, 2012. — 632 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22702.html>
11. Салихов, А. А. Неоцененная и непризнанная «малая» энергетика [Электронный ресурс] / А. А. Салихов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Новости теплоснабжения, 2009. — 176 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4487.html>
12. Суворин, А. В. Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Суворин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 354 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/508079>
13. Техничко-экономические расчеты распределительных электрических цепей: Учебное пособие / Хорольский В. Я., Таранов М. А., Петров Д. В. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 96 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/470339>
14. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2012. - 416 с.: - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/326458>
15. Энергосбережение: Учебник / Н.А. Стрельников. - Новосибирск: НГТУ, 2014. - 176 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/463715>
16. Эксплуатация электрооборудования: Учебник / Г.Н. Ерошенко, Н.П. Кондратьева; Министерство образования и науки РФ. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 336 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/356865>
17. Эксплуатация электрооборудования и устройств автоматики: Учебное пособие / Дайнеко В.А., Забелло Е.П., Прищепова Е.М. - М.:НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2015. - 333 с.: Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/483146>

Интернет – ресурсы

1. Все об электростанциях [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – Режим доступа: <http://www.gigavat.com/index.php>
2. Информационная система Все об электротехнике [Электронный ресурс] // [сайт] / ООО "Ай Би Тех" – Режим доступа: <http://www.ielectro.ru>
3. Испытательное оборудование, электроизмерительные приборы и электротехническое оборудование [Электронный ресурс] // [сайт] / Проект компании Тес – group Передовые технологии – Режим доступа: <http://www.tec-electro.ru>
4. Новости электротехники. Информационно – справочное издание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru>
5. Новости электроэнергетики. Оборудование. Документация. [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – Режим доступа: <http://electric-zone.ru>
6. Персональный сайт преподавателя Бутенко Е.В. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elena70.ucoz.ru>
7. Справочник электрика и энергетика [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – Режим доступа: www.elecab.ru
8. Школа для электрика все секреты мастерства [Электронный ресурс] / Источник информации: [Школа для электрика: электротехника и электроника](http://www.electricalschool.info). Статьи, советы, полезная информация. – Режим доступа: <http://electricalschool.info>

9. Электронная электротехническая библиотека [Электронный ресурс] // [сайт] – Режим доступа: <http://electrolibrary.info>
10. Энергетик. Статьи об электричестве и энергетике [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – Режим доступа: <http://pue8.ru>

Приложение 1 – Технические данные трансформаторов

Тип трансформатора	Номинальная мощность S_n , кВА	Сочетание напряжений, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, кВт		Напряжение короткого замыкания $U_{кз}$, %	Сопротивления, приведенные к напряжению 0,4 кВ			
		ВН U_1	НН U_2		XX P_0	КЗ $P_{кз}$		R_T	$X_{\text{соед}}$	Z_T	При однофазном КЗ, $\frac{1}{2}Z_{T0}$, Ом
ТМ-25	25	10	0,4	Y/Yн-0	0,13	0,6	4,5	0,154	0,224	0,228	1,04
ТМ-40	40	10	0,4	Y/Yн-0	0,18	0,88	4,5	0,088	0,157	0,18	0,65
ТМ-63	63	10	0,4	Y/Yн-0	0,24	1,28	4,5	0,053	0,101	0,114	0,411
ТМ-100	100	10	0,4	Y/Yн-0	0,33	1,97	4,5	0,032	0,065	0,072	0,26
ТМ-160	160	10	0,4	Y/Yн-0	0,51	2,65	4,5	0,017	0,042	0,045	0,162
ТМ-250	250	10	0,4	Y/Yн-0	0,74	3,7	6,5	0,01	0,027	0,029	0,104
ТМН-630	630	35	10	Y/Δ-11	1,31	7,6	6,5	-	-	-	-
ТМН-1000	1000	35	10	Y/Δ-11	2,35	11,6	6,5	-	-	-	-
ТМН-1600	1600	35	10	Y/Δ-11	2,9	16,5	6,5	-	-	-	-
ТМН-2500	2500	35	10	Y/Δ-11	4,3	24,5	6,5	-	-	-	-
ТМН-4000	4000	35	10	Y/Δ-11	5,7	33,5	7,5	-	-	-	-

Указания: Y – звезда, Yн – звезда с нулевым выводом, Δ – треугольник

Приложение 2 – Технические данные электродвигателей

Номер электро двигателя	Типоразмер двигателя	Номинальная мощность $P_{\text{ном}}$, кВт	Энергетические показатели		Механические характеристики		Кратность пускового тока K_t
			КПД, %	$\cos\phi$	n_D	n_{max}	
1	АИР63А2СУ1	0,37	72,0	0,86	2,2	2,2	4,7
2	АИР71А4У3	0,55	70,5	0,75	2,0	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	АИР100L6СУ1	2,2	81,0	0,74	2,0	2,2	6,0
7	АИР112МА6СУ1	3,0	81,0	0,76	2,0	2,2	6,0
8	АИР100L4СУ1	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	АИР132S4У3	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, кВА	Марки и сечения основных проводов	Интервал мощности, кВА	Марки и сечения основных проводов
Гололед 5 мм		Гололед 10 мм	
0...3,1	A16+A16	0...3,1	A16+A16
3,1...5,6	2A16+A16	3,1...5,8	2A16+A16
5,6...8	3A16+A16	5,8...13,5	3A16+A16
8...20,5	3A25+A25	13,5...25,4	3A25+A25
20,5...26,4	3A35+A35	Свыше 25,4	3A50+A50
Свыше 26,4	3A50+A50		
Гололед 15 мм		Гололед 20 мм	
0...6,6	A25+A25	0...4,4	A25+A25
6,6...11,8	2A25+A25	4,4...13,0	2A25+A25
11,8...25,1	3A25+A25	13,0...17,7	3A25+A25
25,1...28,4	3A35+A35	17,7...26,4	3A35+A35
Свыше 28,4	3A50+A50	Свыше 26,4	3A50+A50

Приложение 4 – Интервалы расчетных мощностей для выбора трансформатора

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

Приложение 2 – исходные данные

№ п/п	Исходные данные				Варианты									
	Наименование	Обозначение	Ед. изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
1	Мощность кЗ на шинах 35кВ РПШ 35/10	$S_{кЗ}$	MVA	200	230	300	400	280	300	250	300	250	150	
2	Трансформатор 35/10кВ – номинальная мощность	$S_{тс}$	кВА	1000	1600	2500	4000	1000+1000	2500	1000+630	1600+1000	1600	630	
3	Линия 10кВ – длина линии	L_{10}	км	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	
4	Максимальные расчетные нагрузки отходящих линий 0,4кВ в дневной максим.ум. - линия 1 ($\cos\varphi=0,8$) - линия 2 ($\cos\varphi=0,83$)	$P_{\text{линия}}$ $P_{\text{линия}}$	кВт кВт	15 10	18 15	21 20	24 25	27 30	30 35	33 40	36 45	39 50	42 55	
5	Длина проектируемой линии ЛЗ 0,4кВ	$L_{0,4}$	м	200	215	230	245	260	275	290	305	320	335	
6	Производственный объект - максимальная расчетная нагрузка на вводе в дневной максим.ум. - коэффициент мощности нагрузки - наибольший электродвигатель	$P_{\text{об}}$ $\cos\varphi$ М	кВт прот.2 кВт	15 0,7 9	20 0,7 10	25 0,7 8	15 0,7 9	20 0,7 10	25 0,7 8	30 0,7 10	33 0,75 7	36 0,75 7	39 0,75 7	42 0,75 7
7	Максимальная расчетная нагрузка на вводе в жилой дом	$P_{\text{ж}}$	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 ЛЗ	n	шт	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	
9	Район климатических условий по ветру, гололеду, промерзанию													
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	$I_{\text{з}}$	A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
14	Общее число повторных заземлений на линиях ЛЗ и ЛЭ	$n_{\text{з}}$	шт	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	

Принять согласно ПУЭ по месту жительства студента

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
(Минсельхоз РФ)

Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства -
филиал ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия им.
Т.С. Мальцева»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**МДК 02.02. Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных
предприятий профессионального модуля
ПМ 02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий**

Вариант _____

Выполнил студент (ка) группы

заочного отделения

(Ф.И.О. студента)

Шифр _____

Проверил: _____

(Ф.И.О. преподавателя)

