

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства»

ПМ 02. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

МДК 02.01. Энергоснабжение предприятий АПК

Учебно-практическое пособие
для студентов средних профессиональных учебных заведений для специальности
35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК)

Петухово
2024

ПМ 02. Энергоснабжение сельскохозяйственных предприятий МДК 02.01. Энергоснабжение предприятий АПК: Учебно-практическое пособие для студентов средних профессиональных учебных заведений для специальности 35.02. Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК) /Е.В. Бутенко.- Петухово, 2024.- количество с. 111

Автор - составитель: Бутенко Е.В., преподаватель ФГБПОУ «Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства»

Настоящее пособие предназначено для студентов средних профессиональных учебных заведений, обучающихся по специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК). Данное пособие рекомендуется для успешного выполнения практических занятий как одного из важных видов занятий в СПО для формирования умений, навыков в области монтажа воздушных линий и трансформаторных подстанций по виду профессиональной деятельности: Энергоснабжение сельскохозяйственных предприятий.

В пособии дана методика проектирования и расчета внутренних и наружных сетей, трансформаторных подстанций и их защит, основы монтажа объектов электроснабжения и др., приведены список литературы и справочные материалы.

© Е.В.Бутенко
© Петуховский техникум механизации и
электрификации сельского хозяйства, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие методические рекомендации по выполнению практических занятий	5
1.1. Перечень практических занятий	5
1.2. Укрупненные требования к знаниям и умениям студентов после проведения практических занятий	5
1.3. Примерная структура практического занятия	6
1.4. Правила выполнения практических занятий	6
1.5. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям	7
1.6. Контроль конечного уровня усвоения знаний	7
1.7. Критерии оценки практических занятий	7
1.8. Критерии оценки умений / компетенций	7
2. Инструкционно-технологические карты практических занятий	9
Список литературы	97
Приложения	100

ВВЕДЕНИЕ

Составляющей частью профессионального модуля ПМ02. Энергоснабжение сельскохозяйственных предприятий, входящего в обязательную часть программы подготовки специалистов среднего звена специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК), является междисциплинарный курс - МДК 02.01. Энергоснабжение предприятий АПК. По рабочему учебному плану специальности предусмотрено при освоении МДК 02.01. Энергоснабжение предприятий АПК выполнение практических занятий в объеме 46 часов.

В процессе обучения у студентов возникает много проблем с точки зрения усвоения междисциплинарного курса, так как учебных пособий, объединяющих в себе содержание всего курса в целом, нет. Данные методические указания помогут студентам правильно разбираться в производственных ситуациях.

Методические указания разработаны для реализации требований ФГОС СПО специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК) к уровню подготовки будущих выпускников.

Целью данных указаний является оказание помощи студентам при выполнении практических занятий. Данное пособие рекомендуется для успешного выполнения практических занятий для формирования умений, навыков в области монтажа воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций, технического обслуживания систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий по виду профессиональной деятельности: энергоснабжение сельскохозяйственных предприятий.

В пособии дана методика проектирования и расчета внутренних и наружных сетей, трансформаторных подстанций и их защит, основы монтажа объектов электроснабжения и др., приведены список литературы и справочные материалы.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1.1. Перечень практических занятий

Практическое занятие № 1. Условные обозначения, правила чтения схем

Практическое занятие № 2. Выбор сечения кабелей и проверка проводов по нагреву

Практическое занятие №3. Выбор сечения провода, расцепителей автоматов и тепловых реле пускателей для присоединения электродвигателя

Практическое занятие №4. Выбор проводов, плавких вставок предохранителей.

Практическое занятие №5. Подсчет нагрузок по ферме.

Практическое занятие № 6. Определение места установки трансформаторной подстанции и выбор мощности трансформатора.

Практическое занятие № 7. Определение сечения проводов и потери напряжения для линии электропередачи напряжением 10 - 35 кВ.

Практическое занятие № 8. Расчет разветвленной сети напряжением 10 - 35 кВ

Практическое занятие № 9. Определение напряжения у потребителей

Практическое занятие № 10. Расчет воздушной линии электропередач напряжением 10 кВ

Практическое занятие № 11. Определение максимальные потери напряжения в нормальном и аварийном режимах осветительной сети 380В

Практическое занятие № 12. Расчет замкнутой сети напряжением 35 кВ

Практическое занятие № 13. Подготовительные работы по монтажу воздушных линий

Практическое занятие № 14. Изучение воздушных линий с изолированными проводами

Практическое занятие № 15. Изучение видов муфт для соединения и оконцевания кабельных линий

Практическое занятие № 16. Измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитом

Практическое занятие № 17. Определение параметра изоляции катушек токоведущих частей

Практическое занятие № 18. Расчет эквивалентного сопротивления для расчета токов короткого замыкания

Практическое занятие № 19. Расчет составляющих тока короткого замыкания

Практическое занятие № 20. Устройство и выбор автоматических выключателей

Практическое занятие № 21. Схемы соединения трансформаторов тока

Практическое занятие № 22. Устройство реле тока, реле напряжения, реле времени

Практическое занятие № 23. Расчет заземления трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ

1.2. Укрупненные требования к знаниям и умениям студентов после проведения практических занятий

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

иметь практический опыт:

- участия в монтаже воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций;
- технического обслуживания систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий;

уметь:

- рассчитывать нагрузки и потери энергии в электрических сетях;
- рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети, токи короткого замыкания, заземляющие устройства;
- безопасно выполнять монтажные работы, в том числе на высоте;

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, схем защиты высоковольтных и низковольтных линий;
- правила утилизации и ликвидации отходов электрического хозяйства.

Формируемые компетенции

Общие компетенции

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Профессиональные компетенции

ПК 2.1. Организовывать работы по бесперебойному энергоснабжению сельскохозяйственного предприятия.

1.3. Примерная структура практического занятия

Тема

Наименование работы

Цель практического занятия

Норма времени

Место проведения

Основные правила по технике безопасности

Оснащение рабочего места (список материалов и оборудования для проведения занятия)

Информационное обеспечение

Ход проведения работы (методические указания)

Задание для отчета /содержание отчета

Список контрольных вопросов и заданий.

1.4. Правила выполнения практических занятий

Студент должен:

1. Строго выполнять весь объем домашней подготовки, необходимый для выполнения соответствующих практических занятий.
2. Знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента, которая производится преподавателем до выполнения работы.
3. Строго соблюдать правила техники безопасности при работе с действующим электротехническим оборудованием.
4. Выполнить систему индивидуальных заданий (вариантов), определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности. Оценивается количество правильно решенных /выполненных за определенное время задач (заданий);
5. Выполнить практическую работу с максимальной долей самостоятельности, следуя указаниям инструкционно-технологической карты. Допускается работа малыми группами (бригадами), каждая из которых выполняет одно задание.
6. Использовать указанную в инструкционно-технологической карте литературу и другие источники.
7. Правильно оформить задания в тетради.
8. Ответить на контрольные вопросы.

9. Знать, что после выполнения работы представляется отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

1.5. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать рекомендуемую тему по лекциям и литературным источникам, а также:

1. Законспектировать к практической работе теоретический материал, отсутствующий в лекциях.
2. К практическому занятию студент обязан иметь при себе конспекты лекций, тетрадь для практических занятий;

1.6. Контроль конечного уровня усвоения знаний

Контроль знаний студентов, полученных на практическом занятии, является наиболее ответственной частью занятия, так как определяет степень достижения цели.

Преподаватель проводит индивидуальное собеседование со студентами, проверяет задания, выводы, заключения или другие материалы, позволяющие оценить качество усвоения материала, приобретения практических навыков. К заключительному собеседованию преподаватель может рекомендовать контрольные вопросы, задачи, тестовые задания.

Выполнение студентом практических занятий, правильность ответов на поставленные вопросы контролируются преподавателем во время занятий и при контрольном опросе по теме раздела (просматривается тетрадь для практических занятий).

Если студент пропустил практическое занятие по уважительным или неуважительным причинам, он должен самостоятельно проработать данную тему, предоставить преподавателю краткий конспект ответов на вопросы, поставленные к данной теме (отчет по работе, выполненной самостоятельно). Во время консультации ответить на дополнительные вопросы по пропущенной теме работы.

1.7. Критерии оценки работ

Оценка «5» – работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» – работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» – работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» – допущены две (и более) существенные ошибки в ходе работы, которые студент не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

1.8. Критерии оценки умений / компетенций

По итогам каждого практического занятия студент получает «зачтено» или «незачтено». Преподаватель должен оценить сформированные умения / компетенции. Что в конечном итоге должно быть представлено студентом на экзамене в соответствующем семестре для допуска к итоговой аттестации по профессиональному модулю (см. табл. Критерии оценки сформированности компетенций).

Критерии оценки сформированности компетенций

Оцениваемые компетенции	Основные показатели результатов	Метод оценки	Критерии оценки	
			Освоена	Не освоена
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам ПК 2.1. Организовывать работы по бесперебойному энергоснабжению сельскохозяйственного предприятия.	Умение распознавать, анализировать задачу или проблему и определять этапы ее решения, реализовывать составленный план и оценивать результат своих действий Выполнение работ по бесперебойному энергоснабжению сельскохозяйственного предприятия в соответствии с установленными регламентами с соблюдением правил безопасности труда, санитарными нормами	Оценка выполнения практического занятия и ее защита. Наблюдение	Все материалы представлены в указанный срок, не требуют дополнительного времени на завершение.	В отведенное для работы время не уложился.
ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках	Умение использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач и оформлять результаты поиска Умение четко и грамотно строить высказывания на профессиональные темы	Экспертная оценка выполнения и защиты практического занятия Наблюдение	Без дополнительных пояснений, использует специализир ПО, знания, умения, полученные при теоретическом изучении дисциплины	Не способен использовать специализированное ПО, знания, умения при выполнении заданий

2. ИНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическое занятие № 1

ТЕМА: Сведения о производстве, передаче и распределении электрической энергии

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Условные обозначения, правила чтения схем

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с условными обозначениями элементов схем, правилами чтения схем.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Соединительные провода, распределительная коробка, лампа накаливания, выключатель, розетка, счетчик, вилка, пассатижи, отвертка, изоляционная лента.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом

Схема – графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Существуют несколько различных типов электрических схем и любой грамотный электрик должен обязательно разбираться в том, для чего они нужны, чем они друг от друга отличаются, какую информацию содержат, какие условные обозначения используются на разных схемах, как правильно их прочесть. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

Общие требования к выполнению схем: схема выполняется без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделия; на схемах используются стандартные графические условные обозначения; следует добиваться наименьшего числа изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 мм; на схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом или отдельно ее элемент (эти сведения помещают либо около графических обозначений, либо на свободном поле схемы, как правило, над основной надписью).

Самый распространенный тип электрических схем - *схемы электрические принципиальные*. Они дают четкое понимание о работе установки, так как на таких схемах показывают все электрические цепи. На схемах электрических принципиальных условными обозначениями изображаются все электрические элементы, аппараты и устройства с учетом реальной последовательности их работы.

Если это схема какого либо станка, то отдельно показывается силовая часть схемы (электродвигатели и все аппараты, через которые они подключены) и схема управления. Все элементы на принципиальных схемах имеют буквенно-цифровые обозначения, которые выполняются согласно ГОСТ.

Позиционное обозначение элемента в общем случае состоит из трех частей, указывающих вид, номер и функцию элемента и записываемых без разделительных знаков и пробелов. Вид и номер являются обязательными и присваиваются всем элементам и устройствам объекта. В первой части позиционного обозначения указывают буквенный код вида элемента (одна или несколько букв латинского алфавита), во второй части – номер элемента данного вида (арабские цифры). В третьей части – буквенный код функции

элемента (латинская буква). Например, С4I – конденсатор С4, используемый как интегрирующий. При разнесенном способе изображения допускается к номеру добавлять условный номер изображения части элемента или устройства, отделяя его точкой.

Таблица 1.1 – Буквенные коды видов элементов согласно ГОСТ 2.710-81
Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах

Код	Группа видов элементов	Параметры видов элементов	Код
С	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	DA
		Схема интегральная цифровая, логический элемент	DD
		Устройства хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
E	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы)	Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Предохранитель плавкий	FU
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	KA
		Реле указательное	KN
		Реле электротепловое	KK
		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели постоянного/переменного тока		
P	Приборы, измерительное оборудование <i>Примечание.</i> Сочетание PE применять не допускается.	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счетчик активной энергии	PI
		Счетчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR
		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени действия	PT
		Вольтметр	PV

		Ваттметр	PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т.д.)	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных <i>Примечание.</i> Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатель, срабатывающий от уровня	SL
		Выключатель, срабатывающий от давления	SP
		Выключатель, срабатывающий от положения	SQ
		Выключатель, срабатывающий от частоты вращения	SR
		Выключатель, срабатывающий от уровня температуры	SK
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	TA
		Электромагнитный стабилизатор	TS
		Трансформатор напряжения	TV
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
X	Соединения контактные	Токоъемник, контакт скользящий	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высокочастотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз с электромагнитным приводом	YB
		Муфта с электромагнитным приводом	YC
		Электромагнитный патрон или плита	YN

Схемы обычно дополняются различными диаграммами и таблицами переключения контактов, которые поясняют порядок срабатывания сложных элементов, например многопозиционных переключателей, временными диаграммами, показывающими последовательность срабатывания катушек реле.

На схеме может присутствовать спецификация с перечнем электрических аппаратов и других электротехнических устройств и элементов, входящих в схему, дополнительные поясняющие надписи. Прочитав принципиальную схему можно изучить и полностью разобраться, как работает электрооборудование установки или станка.

Схемы электрические принципиальные могут быть выполнены совмещенным или разнесенным способом. Совмещенным способом обычно выполняют относительно несложные принципиальные схемы. Схемы, в которых несколько двигателей и развитая

схема управления, в большинстве случаев выполняют разнесенным способом. Отдельные элементы условных обозначений электрических аппаратов располагают в разных местах схемы, при этом увеличивается наглядность и упрощается чтение схем. Пример выполнения одной и той же схемы совмещенным и разнесенным способом приведен на рисунке 1.1.

Для чтения принципиальных схем необходимо знать алгоритм функционирования схемы, понимать принцип действия приборов, аппаратов и систем автоматизации, на базе которых построена принципиальная схема. Основные правила, которые существенно облегчают чтение электрических принципиальных схем:

А. Чтение принципиальной схемы всегда начинают с общего ознакомления с ней и перечнем элементов, находят на схеме каждый из них, читают все примечания и пояснения.

Б. Определяют систему электропитания электродвигателей, обмоток магнитных пускателей, реле, электромагнитов, комплектных приборов, регуляторов и т. п. Для этого находят на схеме все источники питания, выявляют по каждому из них род тока, номинальное напряжение, фазировку в цепях переменного тока и полярность в цепях постоянного тока и сопоставляют полученные данные с номинальными данными используемой аппаратуры.

Выявляют по схеме общие коммутационные аппараты, а также аппараты защиты: автоматы, предохранители, реле максимального тока и минимального напряжения и т. п. Определяют по надписям на схеме, таблицам или примечаниям уставки аппаратов и, наконец, оценивают зону защиты каждого из них.

В. Изучают всевозможные цепи каждого электроприемника: электродвигателя, обмотки магнитного пускателя, реле, прибора и т. п. Но электроприемников в схеме много и далеко не безразлично, с какого из них начинать чтение схемы — это определяется поставленной задачей. Если нужно определить по схеме условия ее работы (или проверить, соответствуют ли они заданным), то начинают с основного электроприемника.

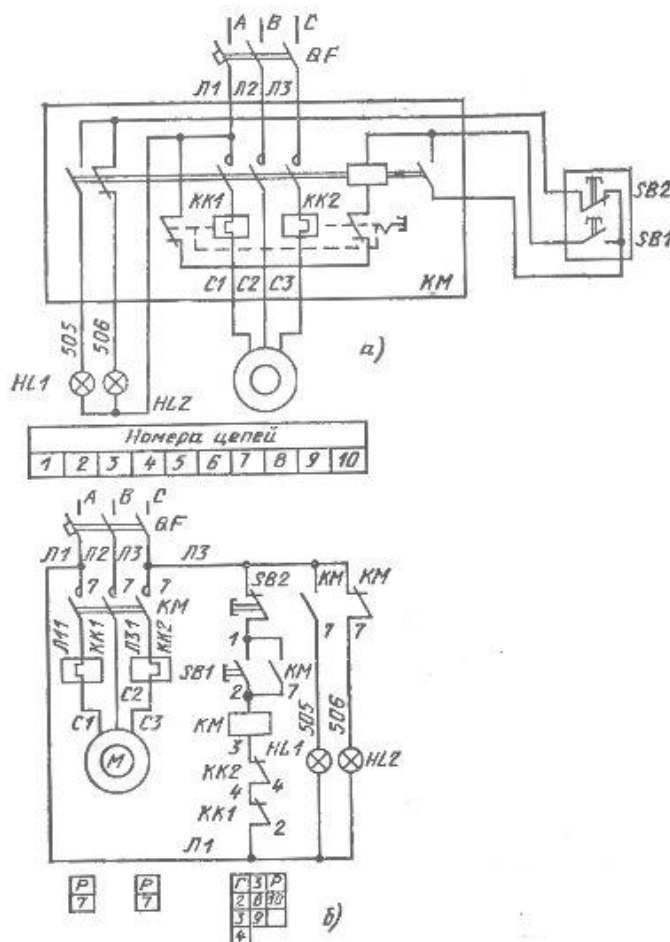


Рисунок 1.1 – Схема, выполненная совмещенным (а) и разнесенным (б) способом

Например, для пуска электродвигателя нужно включить магнитный пускатель. Следовательно, следующим электроприемником должна быть обмотка магнитного пускателя. Если в ее цепь входит контакт промежуточного реле, надо рассматривать цепь его обмотки и т. п. Но может быть и другая задача: какой-то элемент схемы отказал, например не горит определенная сигнальная лампа. Тогда первым электроприемником будет именно она. Г. Устанавливают поведение схемы при частичном отключении питания, а также при его восстановлении. Этот важнейший вопрос, к сожалению, часто недооценивают, поэтому одной из основных задач чтения схемы является проверка: сможет ли устройство прийти из любого промежуточного состояния в рабочее и не произойдут ли при этом непредвиденные оперативные переключения. Именно поэтому стандарт предписывает изображать схемы в предположении, что питание отключено, а аппараты и их части (например, якоря реле) не подвержены принудительным воздействиям. С этого исходного положения и нужно анализировать схемы.

2. Начертить схему внутренней электропроводки, состоящей: счетчик активной энергии; лампа накаливания; розетка; выключатель; предохранители.

Контрольные вопросы:

1. Что такое схема? Какие общие требования предъявляются к выполнению электрических схем?
2. Как формируется позиционное обозначение элемента электрической схемы?
3. С какой целью применяют единые обозначения элементов схем?
4. В каком положении показаны контакты на схемах?
5. Какая дополнительная информация может быть указана на электрических схемах?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.
2. Привести условные обозначения основных элементов электропроводки.
3. Начертить схему внутренней электропроводки указанного по заданию преподавателя помещения.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 2

ТЕМА: Местные электрические сети

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор сечения кабелей и проверка проводов по нагреву

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику выбора кабеля для питания силовых и осветительных токоприемников.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Соединительные провода, распределительная коробка, лампа накаливания, выключатель, розетка, счетчик, вилка, пассатижи, отвертка, изоляционная лента.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

Соблюдать правила поведения в аудитории. При работе пользоваться исправным инструментом

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1090082>.

ЗАДАНИЕ: Выбрать способ прокладки, марку и сечение проводов для линий, питающих электродвигатели М1 и М2 (технические данные приведены в таблице приложения 1), а также кабеля на вводе в помещение.

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом:

Выбор видов электропроводок, прокладки проводов и кабелей производится согласно требованиям ПУЭ-7 (глава 2.1).

Выбор проводников по нагреву производится согласно требованиям ПУЭ-7 (глава 1.3).

2. Выписать исходные данные в соответствии с вариантом.

3. Произвести расчет необходимых значений токов приемников электроэнергии.

4. Выбрать провода для питания отдельных токоприемников и кабель на вводе в помещение.

5. Составить схему распределительной сети.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит способ прокладки проводов в помещениях?

2. Как производится выбор площади поперечного сечения проводов и кабелей для питания токоприемников?

3. Как определить рабочий ток на вводе в помещение?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы и цель.

2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.

3. Произвести расчет с подробным описанием.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Исходные данные: Расчетная нагрузка свиначника маточника на 50 маток: $P_{расч} = 55 \text{ кВт}$ $\cos \varphi = 0,75$. Электродвигатели. М1: №8 АИР100L4СУ1: $P_n = 4 \text{ кВт}$ $\eta_n = 85\%$ $\cos \varphi = 0,84$ $\kappa_i = 7$; М2: №1 АИР63А2СУ1: $P_n = 0,37 \text{ кВт}$ $\eta_n = 72\%$ $\cos \varphi_n = 0,86$ $\kappa_i = 4,7$.

Решение:

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

2. Определим силу рабочих (расчетных) токов.

Двигатель М1

$$I_{раб1} = I_{н1} \cdot \kappa_z = 8,5 \cdot 1 = 8,5 \text{ А}$$

$$I_{н1} = \frac{P_{н1}}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi_n \cdot U_n \cdot \eta_n} = \frac{4}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,84} = 8,5 \text{ А}$$

Двигатель М2

$$I_{н2} = \frac{0,37}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,86 \cdot 0,72} = 0,91 \text{ А}$$

Ввод

$$I_{рmax} = \frac{P_{расч}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{55}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,75} = 111,5 \text{ А}$$

3. Определяем силу максимальных токов:

Двигатель М1

$$I_{пуск} = I_{н1} \cdot \kappa_i = 8,5 \cdot 7 = 59,5 \text{ А}$$

Двигатель М2

$$I_{пуск} = I_{н2} \cdot \kappa_i = 0,91 \cdot 4,7 = 4,3 \text{ А}$$

Ввод

$$I_{max} = (I_{рmax} - I_{рдов}) + I_{наиб.пуск} = (111,5 - 8,5) + 59,5 = 162,6 \text{ А}$$

4. Составляем принципиальную схему распределительной сети 380/220 В свиначника-маточника и вносим в нее известные данные: марку кабеля, способ его прокладки, расчетные (рабочие), пусковые токи электроприемников (таблица 2.1)

5. Находим силу допустимого тока проводника:
для ответвлений к электродвигателям во невзрывоопасных помещениях:

$$I_{доп} \geq I_{ном.дв}$$

Для двигателя М1

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=2,5\text{мм}^2$ с $I_{доп таб} = 19$ А для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе, для четырехжильного кабеля АВРГ (4х2,5) с учетом поправочного коэффициента:

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

Таблица 2.1 - Принципиальная схема распределительной сети 380/220 В

Аппаратура защиты		Кабель, провод			Электроприемник				
Типоразмер защитного устройства	Сила тока вставки	Марка кабеля	Количество и сечение жил	Способ прокладки	Р _п , кВт	I _{раб} А	I _{пуск} А	K _з	тип
ПН-2-250	120	АВРГ	4х70	Открыто по стенам	55	111,5	162,6		ввод
НПН-60	25	АВРГ	4х2,5	«	4	8,5	59,5	1	М1
ПРС-6	2	АВРГ	4х2,5	«	0,37	0,91	4,3	1	М2

Для двигателя М2

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=2,5\text{мм}^2$ с $I_{доп таб} = 17,5$ А для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе, для четырехжильного кабеля АВРГ (4х2,5):

$$I_{доп.таб} = 17,5 \text{ А} \geq I_{раб} = 0,91 \text{ А}$$

Для ввода в помещение

Из таблицы 1.3.7. (ПУЭ-7) выбираем сечение токопроводящей жилы $F=70\text{мм}^2$ с $I_{доп таб} = 140$ А для трехжильного кабеля, прокладываемого в воздухе.

Для четырехжильного кабеля АВРГ (4х70):

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

Условие соблюдается.

Полученные расчетные данные вносим на принципиальную схему сети.

Практическое занятие №3

ТЕМА: Местные электрические сети.

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор сечения провода, расцепителей автоматов и тепловых реле пускателей для присоединения электродвигателя

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику выбора автоматических выключателей, изолированных проводов и кабелей.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1090082>

ЗАДАНИЕ: По условию задачи для защиты линий освещения и ответвлений к электродвигателям (рисунок 3.1) выбрать автоматические выключатели. Номинальное напряжение сети 0,38 кВ. Для магистрали коэффициент одновременности составляет 0,9. Выбрать на магистрали кабель, а на ответвлениях изолированный провод.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методикой выбора автоматических выключателей

Автоматический выключатель для осветительной магистрали

Выбор автоматического выключателя производится по следующим условиям:

По номинальному току автомата:

$$I_{н.ав} \geq I_{раб.1}$$

По номинальному току расцепителя:

$$I_{н.расц} \geq 1,25 \times I_{раб.1}$$

Тип и марку автомата выбираем по таблице 3.1. Для выбранного автомата принимается значение тока уставки электромагнитного расцепителя $I_{уставки}$.

Выбор изолированного провода

производится по двум условиям

а) по нагреву; $I_{доп.таб} \geq I_{раб}$

б) по условию соответствия аппарату защиты:

- помещение взрывоопасное

$$I_{доп} \geq 1,25 \times I_{н.расц}$$

- помещение нормальное

автомат с электромагнитным расцепителем:

$$I_{доп} \geq 0,22 \times I_{н.расц}$$

автомат с тепловым расцепителем:

$$I_{доп} \geq 0,66 \times I_{н.расц}$$

Автоматический выключатель для ответвления к электродвигателю

Выбор автоматического выключателя для электродвигателя производится по следующим условиям:

По номинальному току автомата:

$$I_{н.ав} \geq I_{раб.3}$$

По номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{н.расц} \geq I_{раб.3}$$

Тип и марку автомата выбираем по таблице 3.1. Для выбранного автомата принимаем значение тока уставки электромагнитного расцепителя $I_{уставки}$ и проверяем выбранный автомат на несрабатывание при пуске двигателя:

$$I_{уст} \geq I_{max3}$$

где $I_{max3} = 1,25 \times I_{пуск.3}$ - максимальный ток ответвления к электродвигателю.

Выбор изолированного провода производится аналогично.

Автоматический выключатель на вводе в силовой щит

Выключатель выбирается по следующим условиям

$$I_{н.авт} \geq K_0 \times \sum_{i=1}^n I_{pi} = K_0 \times (I_{p1} + I_{p2} + I_{p3} + I_{p4})$$

$$I_{н.расц} \geq K_0 \times 1,25 \times \sum_{i=1}^n I_{pi} = K_0 \times 1,25 \times (I_{p1} + I_{p2} + I_{p3} + I_{p4})$$

$$I_{устав} \geq 1,25 \times I_{max}$$

$$I_{max} = K_0 \times \sum_{i=1}^{n-1} I_{pi} + I_{пуск.наиб}$$

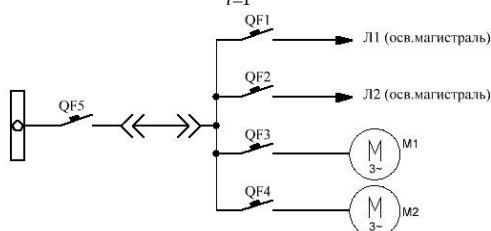


Рисунок 3.1 – Расчетная схема сети

Контрольные вопросы:

1. Где в электроустановках устанавливаются автоматические выключатели?
2. Условия выбора проводов во взрывоопасных помещениях, в нормальных помещениях с тепловым и электромагнитным расцепителями?
3. Условия выбора кабеля при защите электроустановки автоматическим выключателем.
4. Расшифровать марки проводов и кабелей: ПР; АППВ; ПРТ; АПВ; АШР; АКВРГ; КВРГ

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Исходные данные: осветительные магистрали: $P_1 = 3,6 \text{ кВт}$, $P_2 = 0,75 \text{ кВт}$

Первый двигатель: $P_{н1.м} = 7,5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi_1 = 0,86$; $\eta_1 = 0,9$; $K_i = 6,5$; $K_s = 0,8$

Второй двигатель: $P_{н2.м} = 1,5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi_2 = 0,78$; $\eta_2 = 0,8$; $K_i = 5,5$; $K_s = 0,7$

Расчет осветительных магистралей
Автоматический выключатель QF1

Рабочий ток:

$$I_{раб1} = \frac{P_{осв1}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{3,6}{1,73 \times 0,38} = 5,45 \text{ А}$$

Выбор автоматического выключателя производится по следующим условиям:

По номинальному току автомата:

$$I_{н.ав} = 25 \text{ А} \geq I_{раб1} = 5,45 \text{ А}$$

По номинальному току расцепителя:

$$I_{н.расц} = 8 \text{ А} \geq 1,25 \times I_{раб1} = 1,25 \times 5,45 = 6,81 \text{ А}$$

Выбираем автомат ВА51Г – 25. Для выбранного автомата принимается значение тока уставки электромагнитного расцепителя $I_{уст} = 10 I_{н.расц} = 10 \times 8 = 80 \text{ А}$.

Выбор изолированного провода

помещение нормальное

автоматы с тепловым расцепителем:

$$I_{доп} = 23 \text{ А} \geq 0,66 \times I_{н.расц} = 0,66 \times 8 = 5,28 \text{ А}$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Автоматический выключатель QF2

$$I_{раб2} = \frac{P_{осв2}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{0,75}{1,73 \times 0,38} = 1,14 \text{ А}$$

Выбор автоматического выключателя производится по следующим условиям:

По номинальному току автомата:

$$I_{н.ав} = 25 \text{ А} \geq I_{раб2} = 1,14 \text{ А}$$

По номинальному току расцепителя:

$$I_{н.расц} = 1,6 \text{ А} \geq 1,25 \times I_{раб2} = 1,25 \times 1,14 = 1,43 \text{ А}$$

Выбираем автомат ВА51Г – 25. Для выбранного автомата принимается значение тока уставки электромагнитного расцепителя $I_{уст} = 10 I_{н.расц} = 10 \times 1,6 = 16 \text{ А}$.

Выбор изолированного провода

помещение нормальное

автоматы с тепловым расцепителем:

$$I_{доп} = 23 \text{ А} \geq 0,66 \times I_{н.расц} = 0,66 \times 1,6 = 1,06 \text{ А}$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Расчет ответвлений к электродвигателям

Автоматический выключатель QF3

Номинальный ток электродвигателя:

$$I_{ном3} = \frac{P_{н1м}}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi \times \eta} = \frac{7,5}{1,73 \times 0,38 \times 0,86 \times 0,9} = 14,7 \text{ A}$$

Рабочий ток:

$$I_{раб3} = I_{ном3} \times K_{загр} = 14,7 \times 0,8 = 11,8 \text{ A}$$

Пусковой ток:

$$I_{пуск3} = I_{ном3} \times K_i = 14,7 \times 6,5 = 95,6 \text{ A}$$

Выбор автоматического выключателя для электродвигателя производится по следующим условиям:

По номинальному току автомата:

$$I_{н.ав} = 25 \text{ A} \geq I_{раб3} = 11,8 \text{ A}$$

По номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{н.расц} = 12,5 \text{ A} \geq I_{раб3} = 11,8 \text{ A}$$

Выбираем автомат ВА51Г – 25. Для выбранного автомата принимаем значение тока уставки электромагнитного расцепителя $I_{уст} = 10I_{н.расц} = 10 \times 12,5 = 125 \text{ A}$ и проверяем выбранный автомат на несрабатывание при пуске двигателя:

$$I_{уст} = 125 \text{ A} \geq I_{макс3} = 119,5 \text{ A}$$

где $I_{макс3} = 1,25 \times I_{пуск3} = 1,25 \times 95,6 = 119,5 \text{ A}$ - максимальный ток ответвления к электродвигателю.

Условие выполняется, «ложных срабатываний» не будет.

Выбор изолированного провода

помещение нормальное

автоматы с тепловым расцепителем:

$$I_{дон} = 23 \text{ A} \geq 0,66 \times I_{н.расц} = 0,66 \times 12,5 = 8,25 \text{ A}$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Автоматический выключатель QF4

$$I_{ном4} = \frac{P_{н2м}}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi \times \eta} = \frac{1,5}{1,73 \times 0,38 \times 0,78 \times 0,8} = 3,64 \text{ A}$$

$$I_{раб4} = I_{ном4} \times K_z = 3,64 \times 0,7 = 2,55 \text{ A}$$

$$I_{пуск4} = I_{ном4} \times K_i = 3,64 \times 5,5 = 20,0 \text{ A}$$

Выбор автоматического выключателя для электродвигателя производится по следующим условиям:

По номинальному току автомата:

$$I_{н.ав} = 25 \text{ A} \geq I_{раб4} = 2,55 \text{ A}$$

По номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{н.расц} = 3,15 \text{ A} \geq I_{раб4} = 2,55 \text{ A}$$

Выбираем автомат ВА51Г – 25. Для выбранного автомата принимаем значение тока уставки электромагнитного расцепителя $I_{уст} = 10I_{н.расц} = 10 \times 3,15 = 31,5 \text{ A}$ и проверяем выбранный автомат на несрабатывание при пуске двигателя:

$$I_{уст} = 31,5 \text{ A} \geq I_{макс4} = 29,6 \text{ A}$$

где $I_{макс4} = 1,25 \times I_{пуск4} = 1,25 \times 23,7 = 29,6 \text{ A}$ - максимальный ток ответвления

Условие выполняется, «ложных срабатываний» не будет.

Выбор изолированного провода

помещение нормальное

автоматы с тепловым расцепителем:

$$I_{доп} = 23 A \geq 0,66 \times I_{н.расц} = 0,66 \times 3,15 = 2,08 A$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Расчет на вводе

Автоматический выключатель QF5

$$I_{н.авт} = 25 A \geq K_0 \times \sum_{i=1}^n I_{раб.i} = K_0 \times (I_{раб.1} + I_{раб.2} + I_{раб.3} + I_{раб.4}) = 0,9 \times (5,45 + 1,14 + 11,8 + 2,55) = 18,8 A$$

$$I_{н.расц} = 25 A \geq K_o \times 1,25 \times \sum_{i=1}^n I_{раб.i} = 0,9 \times 1,25 \times (5,45 + 1,14 + 2,55 + 11,8) = 23,5 A$$

Выбираем автомат ВА51Г – 25. Проверяем выбранный автомат на несрабатывание крупного электродвигателя:

$$I_{уст} = 10 \times I_{н.расц} = 10 \times 25 = 250 A \geq 1,25 \times I_{max} = 1,25 \times 94,3 = 117,8 A$$

$$I_{max} = K_0 \times \sum_{i=1}^{n-1} I_{pi} + I_{пуск.наиб} = 0,9 \times (5,45 + 1,14 + 2,55 + 95,6) = 94,3 A$$

Условие выполняется «ложных срабатываний» не будет.

Выбор кабеля

$$I_{доп} = 45 A \geq I_{н.расц} = 25 A$$

Выбираем кабель АСБ 4х10.

Таблица 3.1 – Технические данные автоматических выключателей

Серия	Номинальный ток, А	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность тока срабатывания максимального расцепителя	Коэффициент надежности срабатывания
ВА-51-37	400	250; 320; 400	10I _{нр}	1,25
ВА-52-39	630	250; 320; 400; 500 630	12I _{нр} 10I _{нр}	1,25
ВА-55-31	100	25; 40; 63; 100	2;3;5;7;9I _{нр}	1,2
ВА-57-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	400; 800; 1200	1,3
ВА-57-35	250	16; 20; 25 31,5; 40; 50 63; 80; 100; 125 160 200; 250	320 630 1250 1600 2500	1,3
ВА-51Г-25	25	5,0; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7;10I _{нр}	1,25
ВА-51-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	14I _{нр}	1,25
АЕ2036	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	12I _{нр}	1,25
АЕ2046	63	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12I _{нр}	1,25
АЕ2056	100	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	12I _{нр}	1,25
АЕ2066	160	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	12I _{нр}	1,25
А3716Б	160	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80 100; 125; 160	630 630; 1600 630; 1600	1,25
А3726Б	250	160; 200; 250	2500	1,25
А3736Б	400	400	4000	1,25

Практическое занятие № 4

ТЕМА: Местные электрические сети.

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор проводов, плавких вставок предохранителей

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику выбора плавких вставок предохранителей, изолированных проводов и кабелей.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1090082>

ЗАДАНИЕ: Выбрать плавкие вставки предохранителей, изолированные провода, а на вводе кабель, проложенный в воздухе, в нормальном помещении. Коэффициент одновременности на вводе 0,9. Номинальное напряжение 0,38 кВ. Параметры двигателей и освещения приведены в таблице вариантов, схема приведена на рисунке 4.1.

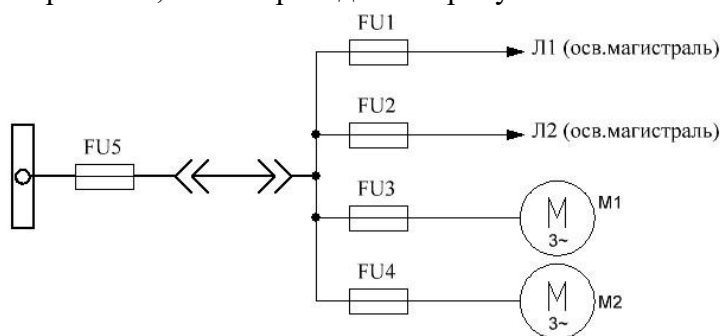


Рисунок 4.1 – Расчетная схема сети

Ход работы:

1. Ознакомиться с методикой выбора предохранителей:

Расчет осветительных магистралей

Предохранитель FU1 (FU2)

Рабочий ток:

$$I_{раб1} = \frac{P_{осв1}}{\sqrt{3} \times U_n}$$

Выбор предохранителя осуществляется по следующему условию:

$$I_{вст1} \geq I_{раб1}$$

Выбор изолированного провода

а) нормальное помещение

$$I_{доп} \geq 0,33 \times I_{вст}$$

б) взрывоопасное помещение

$$I_{доп} \geq 1,25 \times I_{вст}$$

Расчет ответвлений к электродвигателям

Предохранитель FU3 (FU4)

Номинальный ток электродвигателя:

$$I_{ном3} = \frac{P_{н1м}}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi \times \eta}$$

Рабочий ток:

$$I_{раб3} = I_{ном3} \times K_{загр}$$

Пусковой ток:

$$I_{пуск3} = I_{ном3} \times K_i$$

Ток максимальный:

$$I_{max3} = I_{пуск3}$$

Выбор предохранителя осуществляется по следующим условиям:

$$I_{вст3} \geq I_{раб3}$$

$$I_{вст3} \geq \frac{I_{max3}}{\alpha}$$

Выбор изолированного провода производится аналогично выше изложенной методике.

Расчет на вводе

Предохранитель FU5

$$I_{вст5} \geq K_0 \times \sum_{i=1}^n I_{рабi} = K_0 \times (I_{раб1} + I_{раб2} + I_{раб3} + I_{раб4}),$$

$$I_{вст5} \geq K_0 \times \sum_{i=1}^{n-1} I_{рабi} + \frac{I_{пуск.наиб}}{\alpha},$$

где $\sum_{i=1}^{n-1} I_{рабi}$ - сумма токов рабочих без наибольшего, А

$I_{пуск.наиб}$ - ток пусковой наибольший, А.

Выбор кабеля:

$$I_{доп} \geq I_{вст5}$$

Контрольные вопросы:

1. Где в электроустановках устанавливают предохранители?
2. Чему равна продолжительность перегорания плавкой вставки?
3. Условия выбора изолированных проводов в нормальных, взрывоопасных помещениях?
4. Условия выбора кабеля при защите электроустановки предохранителями.
5. Расшифровать марки проводов и кабелей: АПР; ПВ; АПРТО; ШР; ААБ 3 х 25; АСБ; СБ; АБ.

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Исходные данные: осветительные магистрали: $P_1 = 3,6 \text{ кВт}$, $P_2 = 0,75 \text{ кВт}$

Первый двигатель: $P_{н1м} = 7,5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi_1 = 0,86$; $\eta_1 = 0,9$; $K_i = 6,5$; $K_s = 0,8$

Второй двигатель: $P_{н2м} = 1,5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi_2 = 0,78$; $\eta_2 = 0,8$; $K_i = 5,5$; $K_s = 0,7$

Расчет осветительных магистралей

Предохранитель FU1

Рабочий ток:

$$I_{раб1} = \frac{P_{осел}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{3,6}{1,73 \times 0,38} = 5,45 \text{ А}$$

Выбор предохранителя осуществляется по следующему условию:

$$I_{вст1} = 6 \text{ А} \geq I_{раб1} = 5,45 \text{ А}$$

Выбираем предохранитель ПР – 2 с номинальным током плавкой вставки 6А.

Выбор изолированного провода

нормальное помещение

$$I_{доп} = 23 A \geq 0,33 \times I_{вст} = 0,33 \times 5,45 = 1,80 A$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Предохранитель FU2

$$I_{раб2} = \frac{P_{осв2}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{0,75}{1,73 \times 0,38} = 1,14 A$$

Выбор предохранителя осуществляется по следующему условию:

$$I_{вст2} = 2 A \geq I_{раб2} = 1,14 A$$

Выбираем предохранитель ПРС с номинальным током плавкой вставки 2А.

Выбор изолированного провода

нормальное помещение

$$I_{доп} = 23 A \geq 0,33 \times I_{вст} = 0,33 \times 2 = 0,66 A$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Расчет ответвлений к электродвигателям

Предохранитель FU3

Номинальный ток электродвигателя:

$$I_{ном3} = \frac{P_{н1м}}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi \times \eta} = \frac{7,5}{1,73 \times 0,38 \times 0,86 \times 0,9} = 14,7 A$$

Рабочий ток:

$$I_{раб3} = I_{ном3} \times K_{загр} = 14,7 \times 0,8 = 11,8 A$$

Пусковой ток:

$$I_{пуск3} = I_{ном3} \times K_i = 14,7 \times 6,5 = 95,6 A$$

Ток максимальный:

$$I_{макс} = I_{пуск3} = 95,6 A$$

Выбор предохранителя осуществляется по следующим условиям:

$$I_{вст3} = 40 A \geq I_{раб3} = 11,8 A$$

$$I_{вст3} = 40 A \geq \frac{I_{макс}}{\alpha} = \frac{95,6}{2,5} = 38,2 A$$

Выбираем по большему значению из двух условий предохранитель ПН – 2 с номинальным током плавкой вставки 40А.

Выбор изолированного провода

нормальное помещение

$$I_{доп} = 23 A \geq 0,33 \times I_{вст} = 0,33 \times 40 = 13,2 A$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Предохранитель FU4

$$I_{ном4} = \frac{P_{н2м}}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi \times \eta} = \frac{1,5}{1,73 \times 0,38 \times 0,78 \times 0,8} = 3,64 A$$

$$I_{раб4} = I_{ном4} \times K_z = 3,64 \times 0,7 = 2,55 A$$

$$I_{пуск4} = I_{ном4} \times K_i = 3,64 \times 5,5 = 20,0 A$$

$$I_{макс} = I_{пуск4} = 20,0 A$$

Выбор предохранителя осуществляется по следующим условиям:

$$I_{вст4} = 10 A \geq I_{раб4} = 2,55 A$$

$$I_{вст4} = 10 \text{ A} \geq \frac{I_{\max}}{\alpha} = \frac{20,0}{2,5} = 8 \text{ A}$$

Выбираем по большему значению из двух условий предохранитель ПР – 2 с номинальным током плавкой вставки 10А.

Выбор изолированного провода

нормальное помещение

$$I_{дон} = 23 \text{ A} \geq 0,33 \times I_{вст} = 0,33 \times 10 = 3,3 \text{ A}$$

Выбираем минимально допустимое сечение медного провода 4ПВ 1х1,5.

Расчет на вводе

Предохранитель FU5

$$I_{вст5} = 45 \text{ A} \geq K_0 \times \sum_{i=1}^n I_{раб.i} = K_0 \times (I_{раб.1} + I_{раб.2} + I_{раб.3} + I_{раб.4}) = 0,9 \times (5,45 + 1,14 + 11,8 + 2,55) = 18,8 \text{ A}$$

$$I_{вст5} = 45 \text{ A} \geq K_0 \times \sum_{i=1}^{n-1} I_{раб.i} + \frac{I_{пуск.наиб}}{\alpha} = 0,9 \times (5,45 + 1,14 + 2,55 + \frac{95,6}{2,5}) = 42,6 \text{ A}$$

Выбираем по большему значению из двух условий предохранитель НПН с номинальным током плавкой вставки 45А. Условие селективности так же соблюдается, т.к. ток плавкой вставки на вводе больше, чем токи плавких вставок на ответвлениях к отдельным потребителям.

Выбор кабеля:

$$I_{дон} = 45 \text{ A} \geq I_{вст5} = 45 \text{ A}$$

Выбираем кабель АСБ 4х10.

Таблица 4.1 - Технические данные плавких предохранителей напряжением до 1000 В

Тип и конструкция предохранителя	Номинальный ток патрона. А	Номинальный ток плавкой вставки, А
ПР2 Закрытый, патрон разборный, без заполнителя, вставка фигурная из цинка	15	6; 10; 15
	60	15; 20; 25; 60;
	100	60; 80; 100
	200	100; 125; 160; 200
	350	200; 225; 260; 300; 350
ПН2 Закрытый, патрон разборный, с заполнителем, вставка из листовой меди с оловянным шариком	100	30; 40; 50; 60; 80; 100
	250	100; 120; 150; 200; 250
	400	200; 250; 300; 350; 400
	600	300; 400; 600
НПН Закрытый, патрон неразборный, с заполнителем, вставка из меди с оловянным шариком	15	6; 10; 15
	60	15; 20; 25; 35; 45; 60
ПРС Однополюсный резьбовой, разборный, с заполнителем	6	1; 2; 4; 6
	20	10; 16; 20
	33	25; 40; 63
ПП31 С токоведущими частями из алюминия		
ПП31-29	63	4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 20; 25; 32; 40; 50; 63
ПП31-33	160	50; 63; 80; 100; 125; 160
ПП31-35	250	125; 160; 200; 250

Практическое занятие № 5

ТЕМА: Расчет электрических нагрузок

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Подсчет нагрузок по ферме

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику подсчета нагрузок методом коэффициента одновременности и табличным методом.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ: Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

Теоретические основы:

Для однородных потребителей II и III категорий по надежности электрические нагрузки линий напряжением 0,38 кВ определяются исходя из расчетных нагрузок на вводе потребителей и коэффициентов одновременности:

$$P_{\partial} = K_o \sum_{i=1}^n P_{\partial i}; \quad P_B = K_o \sum_{i=1}^n P_{Bi};$$
$$Q_{\partial} = K_o \sum_{i=1}^n Q_{\partial i}; \quad Q_B = K_o \sum_{i=1}^n Q_{Bi};$$

где P_{∂} , P_B , Q_{∂} , Q_B – расчетные дневная и вечерняя активные и реактивные нагрузки на участке линий;

$P_{\partial i}$, P_{Bi} , $Q_{\partial i}$, Q_{Bi} – нагрузки на вводе i -го потребителя;

K_o – коэффициент одновременности (таблица 5.1)

Таблица 5.1 – Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях 0,38 кВ

Наименование потребителей	Количество потребителей										
	2	3	5	7	10	15	20	50	100	200	500
Жилые дома с удельной нагрузкой на вводе: до 2 кВт на дом	0,76	0,66	0,55	0,49	0,44	0,40	0,37	0,30	0,26	0,24	0,22
свыше 2 кВт на дом	0,75	0,64	0,53	0,47	0,42	0,37	0,34	0,27	0,24	0,20	0,18
Жилые дома с электроплитами и водонагревателями	0,73	0,62	0,50	0,43	0,38	0,32	0,29	0,22	0,17	0,15	0,12
Производственные потребители	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,47	0,40	0,35	0,30

Если нагрузки потребителей отличаются по величине более чем в 4 раза, применение коэффициента одновременности в этом случае не рекомендуется, и расчетные нагрузки участков линий определяются по выражениям:

$$P_{\partial} = P_{\partial.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{\partial i};$$
$$P_B = P_{B.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{Bi};$$
$$Q_{\partial} = Q_{\partial.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Q_{\partial i};$$
$$Q_B = Q_{B.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Q_{Bi};$$

где $P_{д.наиб.}$ – наибольшая дневная нагрузка из всех слагаемых нагрузок потребителей;

$\Delta P_{дi}$ – добавка к наибольшей нагрузке от активной нагрузки i -го потребителя, определяемая по таблице суммирования, промежуточные значения находятся интерполяцией.

Таблица 5.2 – Мощности потребителей сельскохозяйственного назначения

Номер потребителя	Наименование	Нагрузка			
		активная, кВт		реактивная, кВАр	
		дневная $P_{д}$	вечерняя $P_{в}$	дневная $Q_{д}$	вечерняя $Q_{в}$
1	Лесопильный цех	16	2	18	-
2	Мельница	17	1	13	-
3	Мельница вальцовая	15	1	10	-
4	Столярный цех	15	1	10	-
5	Мастерская	20	10	18	8
6	Стоянка для тракторов	5	2	3	-
7	Материальный склад	3	1	2	-
8	Пожарное депо	4	4	3	3
9	ЗАВ – 20	25	26	25	23
10	ЗАВ – 40	35	36	35	32
11	КЗС – 20Б	100	100	95	95
12	Зернохранилище на 500 т	10	5	10	3
13	Зернохранилище на 1000 т	25	10	25	5
14	Коровник на 100 голов	10	10	8	8
15	Коровник на 200 голов	17	17	13	13
16	Коровник на 400 голов	45	45	35	35
17	Телятник на 120 телят	5	8	3	5
18	Телятник на 230 телят	6	10	4	6
19	Телятник на 340 телят	7	12	5	8
20	Кормоцех	50	50	45	45
21	Дробилка кормов	30	-	25	-
22	Овощехранилище на 500 т	5	2	3	-
23	Овощехранилище на 1000 т	6	2	4	-
24	Склад кормов на 200 т	20	1	12	-

Задача: Произвести подсчет нагрузок по ферме, схема ВЛ – 0,38 кВ которой приведена на рисунке 5.1. Количество и мощность потребителей принять согласно варианту.

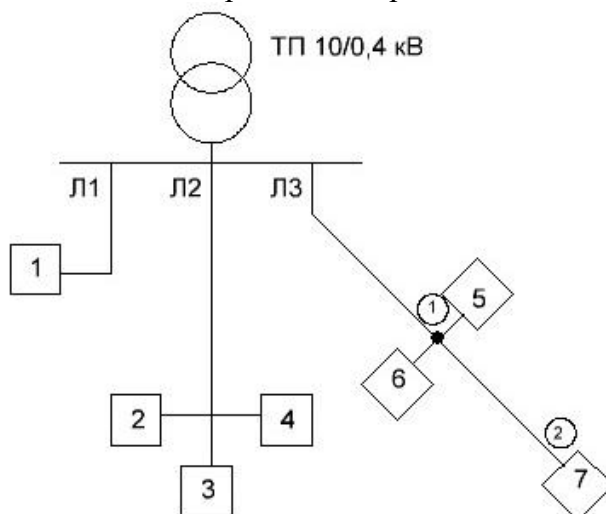


Рисунок 5.1 – Схема ВЛ – 0,38 кВ

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит нагрузка на вводе в производственный объект?
2. Как учитывается перспективное потребление электрической энергии?
3. Как производится подсчет нагрузок, если потребители однородные, неоднородные?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.

2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Произвести расчет с подробным описанием.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Задача: Произвести подсчет нагрузок по ферме, схема ВЛ – 0,38 кВ которой приведена на рисунке 5.2. Количество и мощность потребителей принять согласно таблице 5.3.

Таблица 5.2 – Количество и мощность потребителей фермы

Количество / номер потребителя согласно таблице 5.2 в точках (рис.5.1)						
1	2	3	4	5	6	7
1/2	1/3	1/4	1/1	1/9	1/7	2/25

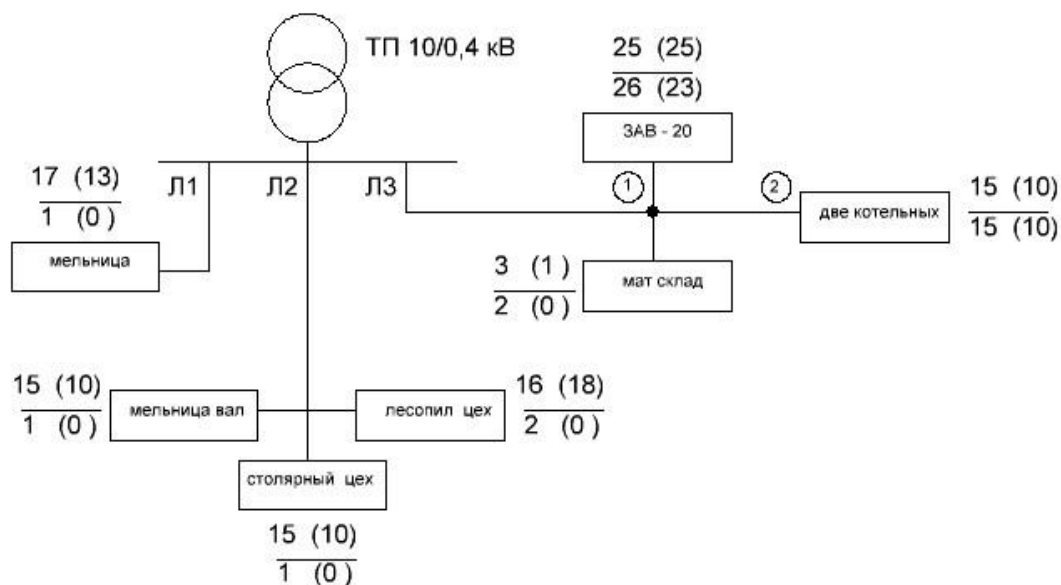


Рисунок 5.2 – Схема ВЛ – 0,38 кВ

Расчет линии Л2

Так как на линии находятся потребители разнородных групп, суммирование производим табличным методом по формулам:

$$P_{ДЛ2} = P_{Д.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{Di} = 16 + \Delta 15 + \Delta 15 = 16 + 9,2 + 9,2 = 34,4 \text{ кВт};$$

$$P_{ВЛ2} = P_{В.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{Bi} = 2 + \Delta 1 + \Delta 1 = 2 + 0,6 + 0,6 = 3,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{ДЛ2} = Q_{Д.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Q_{Di} = 18 + \Delta 10 + \Delta 10 = 18 + 6 + 6 = 30 \text{ кВАр};$$

$$Q_{ВЛ2} = Q_{В.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Q_{Bi} = 0 \text{ кВАр}.$$

Расчет линии 3

Расчет ведется по участкам с конца линии.

Участок 2-1. На участке находится два однородных потребителя – котельные, поэтому расчет ведется с учетом коэффициента одновременности:

$$P_{Д21} = K_o \sum_{i=1}^n P_{Di} = 0,85 \cdot 2 \cdot 15 = 25,5 \text{ кВт};$$

$$P_{В21} = K_o \sum_{i=1}^n P_{Bi} = 0,85 \cdot 2 \cdot 15 = 25,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{Д21} = K_o \sum_{i=1}^n Q_{oi} = 0,85 \cdot 2 \cdot 10 = 17 \text{ кВАр};$$

$$Q_{В21} = K_o \sum_{i=1}^n Q_{Bi} = 0,85 \cdot 2 \cdot 10 = 17 \text{ кВАр}.$$

Участок 1-ТП. На участке встречаются потребители разнородных групп, поэтому суммирование производим табличным методом аналогично линии 2:

$$P_{ДЛЗ} = P_{Д.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{Di} = 25,5 + \Delta 25 + \Delta 3 = 25,5 + 15,7 + 1,8 = 43 \text{ кВт};$$

$$P_{ВЛЗ} = P_{В.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{Bi} = 26 + \Delta 25,5 + \Delta 2 = 26 + 16 + 1,2 = 43,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{ДЛЗ} = Q_{Д.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Q_{Di} = 25 + \Delta 17 + \Delta 1 = 25 + 10,5 + 0,6 = 36,1 \text{ кВАр};$$

$$Q_{ВЛЗ} = Q_{В.НАИБ} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Q_{Bi} = 23 + \Delta 17 + 0 = 23 + 10,5 = 33,5 \text{ кВАр}.$$

Результаты расчета представим в виде таблицы 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты подсчета нагрузок

Линия	Р _Д , кВт	Р _В , кВт	Q _Д , кВАр	Q _В , кВАр
Л1	17	1	13	0
Л2	34,4	3,2	30	0
Л3	43	43,2	36,1	33,5

Практическое занятие № 6

ТЕМА: Расчет электрических нагрузок

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Определение места установки трансформаторной подстанции и выбор мощности трансформатора

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику определения места установки трансформаторной подстанции, выбора мощности силового трансформатора.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

Теоретические основы:

Задача1: Определить место установки трансформаторной подстанции, если заданы количество и мощности подключаемых к ней потребителей.

Указания к расчету

1. Выписать исходные данные задачи 1 в соответствии с вариантом, заполнив таблицу Подсчет нагрузок.

2. Рассчитать полные мощности потребителей $S_{Д} = \sqrt{P_{Д}^2 + Q_{Д}^2}$ $S_{В} = \sqrt{P_{В}^2 + Q_{В}^2}$.

3. Начертить систему координат, расположить в ней произвольно заданные потребители.

4. Произвести расчет координат центра нагрузок и отметить в системе координат полученное значение.

Подстанция должна находиться в центре нагрузок недалеко от дороги, не на территории сельскохозяйственных угодий, на возвышенном месте, чтобы был сток ливневых вод.

Координаты расчетного центра нагрузок X_p и Y_p определяются по формулам:

$$X_p = \frac{\sum S_i \cdot X_i}{\sum S_i} \quad Y_p = \frac{\sum S_i \cdot Y_i}{\sum S_i}$$

где $\sum S_i$ – расчетная мощность на вводе отдельных потребителей или групп, кВА,
 X_i, Y_i – проекции мощностей на оси X и Y .

Задача 2: По заданным значениям мощностей отходящих линий определить расчетную нагрузку на шинах ТП 10/0,4 кВ и выбрать мощность силового трансформатора согласно РУМ.

Указания к расчету

1. Мощность на шинах трансформаторной подстанции определяется суммированием мощностей отходящих линий табличным методом по формулам:

$$P_d = P_{d \text{ НАИБ}} + \sum \Delta P_{di}$$

$$P_B = P_{B \text{ НАИБ}} + \sum \Delta P_{Bi}$$

$$Q_d = Q_{d \text{ НАИБ}} + \sum \Delta Q_{di}$$

$$Q_B = Q_{B \text{ НАИБ}} + \sum \Delta Q_{Bi}$$

где $P_{\text{НАИБ}}$ ($Q_{\text{НАИБ}}$) – наибольшая активная (реактивная) из слагаемых мощностей;

$\sum \Delta P_i$ ($\sum \Delta Q_i$) – сумма надбавок активных (реактивных) мощностей от наименьших значений (таблица 6.3).

2. Расчетная полная мощность трансформатора определяется по формуле:

$$S_d = \sqrt{P_d^2 + Q_d^2} \quad S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2}$$

3. По наибольшему значению S_d или S_B выбирается номинальная мощность силового трансформатора по интервалам экономических нагрузок.

Интервалы экономических нагрузок рассчитаны для наиболее распространенных характерных видов нагрузок. К видам нагрузок относятся: коммунально-бытовые, производственные, смешанные. Производственные нагрузки в свою очередь имеют несколько видов. Согласно РУМ всевозможные потребители сгруппированы и имеют шифр (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Некоторые характерные виды нагрузок подстанций 6...10/0,4 кВ сельскохозяйственного назначения

Шифр нагрузок	Характеристика потребителей
3.1	Производственные потребители, хоздвор, фермы КРС, свиноводческие и другие фермы, кузницы, мастерские, овощехранилища, холодильники, насосные станции, котельные
3.2	Коммунально-бытовые потребители, общественные предприятия в сочетании с жилыми домами
3.7	Со смешанной нагрузкой с преобладанием (более 60 %) производственных
3.8	Со смешанной нагрузкой с преобладанием (более 40 %) коммунально-бытовых потребителей.

Для каждого интервала нагрузки указана номинальная мощность трансформатора, которая обеспечивает минимум необходимых затрат. В таблице 6.2 приведен экономический интервал нагрузок для зоны ОЭС Урала (I зона).

Таблица 6.2 – Экономический интервал нагрузки (кВА) для выбора номинальной мощности трансформатора напряжением 10/0,4 кВ, устанавливаемой в ОЭС Урала (I зона)

Шифр нагрузок	Номинальная мощность трансформатора, кВА							
	25	40	63	100	160	250	400	630
3.1.	До 45	46-85	86-125	126-160	161-320	321-355	356-620	621-830
3.2.	До 45	46-75	76-120	121-150	151-315	316-345	346-630	631-840
3.7.	До 50	51-85	86-115	116-150	151-295	296-330	331-565	566-755
3.8.	До 45	46-75	76-105	106-130	131-280	281-315	316-545	546-740

Таблица 6.3— Таблица для суммирования нагрузок в сетях напряжением 0,38 кВ

P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP	P	ΔP
0,2	0,2	11	6,7	36	23,5	61	41,7	102	70	152	110	202	152	252	192				
0,3	0,2	12	7,3	37	24,2	62	42,4	104	72	154	111	204	153	254	193				
0,4	0,3	13	7,9	38	25,0	63	43,1	106	73	156	113	206	155	256	195				
0,5	0,3	14	8,5	39	25,8	64	43,8	108	75	158	114	208	156	258	196				
0,6	0,4	15	9,2	40	26,5	65	44,5	110	76	160	116	210	158	260	198				
0,8	0,5	16	9,8	41	27,2	66	45,2	112	78	162	117	212	160	262	200				
1,0	0,6	17	10,5	42	28,0	67	45,9	114	80	164	119	214	161	264	201				
1,5	0,9	18	11,2	43	28,8	68	46,6	116	81	166	120	216	163	266	203				
2,0	1,2	19	11,8	44	29,5	69	47,3	118	82	168	122	218	164	268	204				
2,5	1,5	20	12,5	45	30,2	70	48,0	120	84	170	123	220	166	270	206				
3,0	1,8	21	13,1	46	31,0	72	49,4	122	86	172	124	222	168	272	208				
3,5	2,1	22	13,8	47	31,8	74	50,2	124	87	174	126	224	169	274	209				
4,0	2,4	23	14,4	48	32,5	76	52,2	126	89	176	127	226	171	276	211				
4,5	2,7	24	15,0	49	33,2	78	53,6	128	90	178	129	228	172	278	212				
5,0	3,0	25	15,7	50	34,0	80	55,0	130	92	180	130	230	174	280	214				
5,5	3,3	26	16,4	51	34,7	82	56,4	132	94	182	132	232	176	282	216				
6,0	3,6	27	17,0	52	35,4	84	57,8	134	95	184	134	234	177	284	217				
6,5	3,9	28	17,7	53	36,1	86	59,2	136	97	186	136	236	179	286	219				
7,0	4,2	29	18,4	54	36,8	88	60,6	138	98	188	138	238	180	288	220				
7,5	4,5	30	19,0	55	37,5	90	62,0	140	100	190	140	240	182	290	222				
8,0	4,8	31	19,7	56	38,2	92	63,4	142	102	192	142	242	184	292	224				
8,5	5,1	32	20,4	57	38,9	94	64,8	144	103	194	144	244	185	294	225				
9,0	5,4	33	21,2	58	39,6	96	66,2	146	105	196	146	246	187	296	227				
9,5	5,7	34	22,0	59	40,3	98	67,6	148	106	198	148	248	188	298	228				
10,0	6,0	35	22,8	60	41,0	100	69,0	150	108	200	150	250	190	300	230				

Контрольные вопросы:

1. Требования к месту установки ТП 10/0,4 кВ
2. Как определить центр нагрузок?

3. Как производится расчет уличного освещения?
4. Чем определяется номинальная мощность трансформатора?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Занести объект электроснабжения в систему координат и указать координаты центра нагрузок.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Задача1: Определить место установки трансформаторной подстанции, если заданы номера подключаемых к ней потребителей: 2,5, 18, 11, 6 (таблица 5.2).

1. Выписываем исходные данные задачи 1 в соответствии с вариантом, заполнив таблицу 2.4.

Таблица 6.4 – Мощности потребителей ТП 10/0,4 кВ

№	Наименование	Активная нагрузка, кВт		Реактивная нагрузка, кВАр		Полная мощность, кВА	
		P_D	P_B	Q_D	Q_B	S_D	S_B
1	Мельница	17	1	13	0	21,4	1
2	Мастерская	20	10	18	8	26,9	12,8
3	Телятник на 230 голов	6	10	4	6	7,2	11,7
4	КЗС – 20Б	100	100	95	95	138	138
5	Стойка для тракторов	5	2	3	0	5,8	2
	Итого					199	166

2. Рассчитываем полные мощности потребителей

Мельница:

$$S_D = \sqrt{P_D^2 + Q_D^2} = \sqrt{17^2 + 13^2} = 21,4 \text{ кВА} \quad S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{1^2 + 0^2} = 1 \text{ кВА}.$$

Расчет остальных потребителей производится аналогично, результаты сведены в таблицу 6.4.

В строке Итого производится арифметическое сложение полных мощностей потребителей.

Т.к. полная дневная мощность получилась больше, чем вечерняя, расчет центра нагрузок произведен для дневных мощностей.

3. Располагаем произвольно заданные потребители в системе координат, рисунок 6.1.

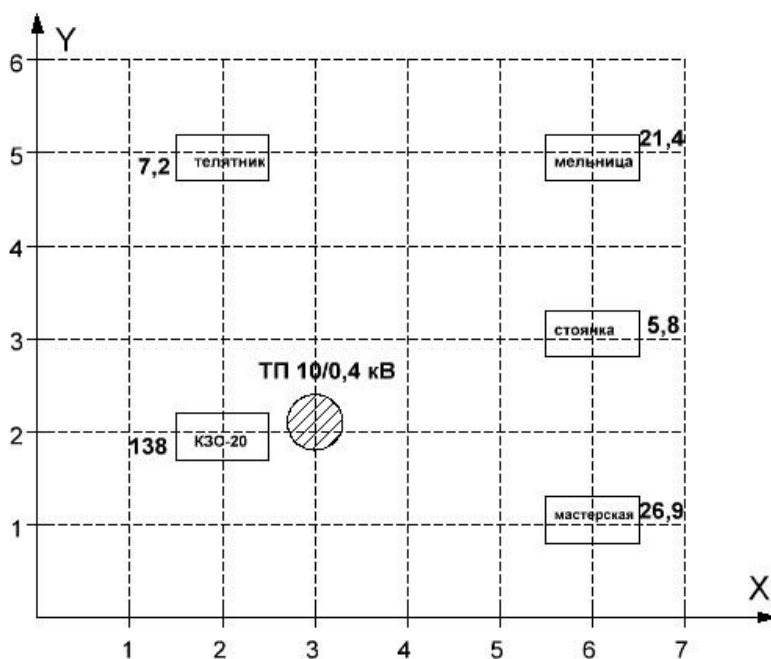


Рисунок 6.1 – Определение центра нагрузок

4. Координаты расчетного центра нагрузок X_p и Y_p определяются по формулам:

$$X_p = \frac{\sum S_i \cdot X_i}{\sum S_i} = \frac{2 \cdot (7,2 + 138) + 6 \cdot (21,4 + 5,8 + 26,9)}{7,2 + 138 + 21,4 + 5,8 + 26,9} = 3,1$$

$$Y_p = \frac{\sum S_i \cdot Y_i}{\sum S_i} = \frac{5 \cdot (7,2 + 21,4) + 3 \cdot 5,8 + 2 \cdot 138 + 1 \cdot 26,9}{7,2 + 138 + 21,4 + 5,8 + 26,9} = 2,3$$

По полученным значениям на рисунке 6.1 устанавливаем местоположение ТП 10/0,4 кВ.

Задача 2: По заданным значениям мощностей отходящих линий:

Л1 $P_D=25$ кВт, $P_B=36$ кВт, $Q_D=10$ кВАр, $Q_B=20$ кВАр

Л2 $P_D=50$ кВт, $P_B=30$ кВт, $Q_D=6$ кВАр, $Q_B=10$ кВАр

Л3 $P_D=75$ кВт, $P_B=16$ кВт, $Q_D=1$ кВАр, $Q_B=2$ кВАр

определить расчетную нагрузку на шинах ТП 10/0,4 кВ и выбрать мощность силового трансформатора согласно РУМ.

1. Мощность на шинах трансформаторной подстанции определяется суммированием мощностей отходящих линий табличным методом по формулам:

$$P_D = P_{D\text{НАИБ}} + \sum \Delta P_{Di} = 75 + \Delta 25 + \Delta 50 = 75 + 15,7 + 34 = 124,7 \text{ кВт}$$

$$P_B = P_{B\text{НАИБ}} + \sum \Delta P_{Bi} = 36 + \Delta 30 + \Delta 16 = 36 + 19 + 9,8 = 64,8 \text{ кВт}$$

$$Q_D = Q_{D\text{НАИБ}} + \sum \Delta Q_{Di} = 10 + \Delta 6 + \Delta 1 = 10 + 3,6 + 0,6 = 14,2 \text{ кВАр}$$

$$Q_B = Q_{B\text{НАИБ}} + \sum \Delta Q_{Bi} = 20 + \Delta 10 + \Delta 2 = 20 + 6 + 1,2 = 27,2 \text{ кВАр}$$

2. Расчетная полная мощность трансформатора определяется по формуле:

$$S_D = \sqrt{P_D^2 + Q_D^2} = \sqrt{124,7^2 + 14,2^2} = 126 \text{ кВА}$$

$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{64,8^2 + 27,2^2} = 70 \text{ кВА}.$$

3. По наибольшему значению $S_D=126$ кВА, входящему в интервал 126...160, для производственных потребителей (шифр нагрузок 3.1) выбирается номинальная мощность силового трансформатора $S_{HT}=100$ кВА.

Практическое занятие № 7

ТЕМА: Расчет разомкнутых сетей

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Определение сечения проводов и потери напряжения для линии электропередачи напряжением 10 - 35 кВ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику выбора проводов для воздушных линий по экономической плотности тока с дальнейшей проверкой на потери напряжения, мощности и энергии.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд., испр. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 214 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1231245>

Ход работы:

Теоретические основы:

Строго говоря, при расчете каждой линии нужно определять экономическое сечение проводов, проверяя различные варианты. Однако это практически не делается,

т.к. минимум на кривой расчетных затрат выражен неясно. Одним из способов учесть минимум затрат является применение экономической плотности тока для выбора проводов в воздушных линиях напряжением 10...220 кВ. Рекомендуемые ПУЭ экономические плотности тока $j_{эк}$ для проводов из различных металлов при различном числе часов использования максимальной активной нагрузки приведены в таблице 7.1. При заданной экономической плотности тока экономическое сечение

$$F_{эк} = \frac{I}{j_{эк}}.$$

По расчетному значению выбирается ближайшее большее значение стандартного сечения (таблица 7.2). Из условий механической прочности для линий напряжением 10 кВ минимальными считаются сечения для алюминиевых проводов А – 70, для сталеалюминиевых – АС – 35.

Таблица 7.1 – Экономическая плотность тока для проводов из различных металлов

Проводники	Экономическая плотность тока (А/мм ²) при продолжительности максимума нагрузки, ч		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,3
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

Таблица 7.2 – Активные и индуктивные сопротивления проводов

Марка провода	Активное сопротивление, Ом/км	Индуктивное сопротивление, Ом/км, при номинальном напряжении линии			
		380В	10000В	35000В	110000В
АС25	1,146	0,345	0,377	0,402	0,446
А35	0,830	0,336	0,366	0,391	0,435
АС35	0,773				
А50	0,576	0,325	0,355	0,380	0,423
АС50	0,592				
А70	0,412	0,309	0,341	0,366	0,410
АС70	0,420				
А95	0,308	0,300	0,332	0,357	0,401
АС95	0,299				
АС120	0,245	0,292	0,324	0,349	0,393
АС150	0,195	0,287	0,319	0,344	0,388
АС185	0,154	0,280	0,313	0,338	0,382

Порядок расчета:

1. Определяем мощности на участках.

2. Определяем токи на участках: $I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$.

3. Определяем сечение провода на участке: $F_{эк} = \frac{I}{j_{эк}}$.

4. Выбираем стандартное сечение.

5. Проверяем выбранное сечение провода по потере напряжения:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times l \times (r_0 \times \cos \phi + x_0 \times \sin \phi), \text{В},$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U \times 100\%}{U_n} \leq \Delta U_{\text{дон}} = 7,5\%.$$

6. Проверяем выбранное сечение провода по потере мощности:

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times r_0 \times l \times 10^{-3}, \text{ кВт}$$

$$P_n = S \times \cos \phi$$

$$\Delta P\% = \frac{\Delta P \times 100\%}{P_n} \leq \Delta P_{\text{дон}} = 5\%.$$

7. Проверяем выбранное сечение провода по потере электроэнергии:

$$\Delta W = \Delta P \times \tau_{\text{max}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_n = P_n \times T_{\text{max}}$$

$$\Delta W\% = \frac{\Delta W \times 100\%}{W_n} \leq \Delta W_{\text{дон}} = 10\%$$

Если какие – либо потери выходят за пределы нормы, то необходимо увеличить сечение выбранного провода.

Задача: Для воздушной линии (рисунок 7.1) с номинальным напряжением U_n , мощностью и длинами участков в соответствии с исходными данными вашего варианта выбрать марку и сечение провода по экономической плотности тока. Проверить выбранные провода на потери напряжения мощности и энергии.

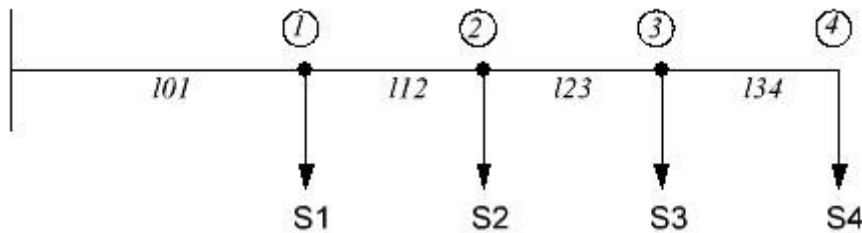


Рисунок 7.1 – Расчетная схема воздушной линии

Контрольные вопросы:

1. Что такое экономическая плотность тока? Как она определяется?
2. Как определяются потери напряжения на участке линии?
3. Как определяются потери напряжения в линии?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему воздушной линии.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Задача: Для воздушной линии с номинальным напряжением $U_n=10$ кВ, $\cos \varphi = 0,8$; $T_{\text{max}} = 3000$ ч, $\tau_{\text{max}} = 1630$ ч, мощностью и длинами участков в соответствии с рисунком 7.2 выбрать марку и сечение провода по экономической плотности тока. Проверить выбранные провода на потери напряжения мощности и энергии.

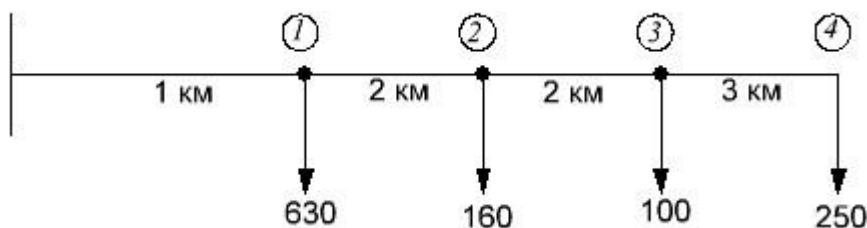


Рисунок 7.2 – Расчетная схема ВЛ – 10 кВ

1. Определяем мощности на участках:

$$S_{34} = 250 \text{ кВА}$$

$$S_{23} = 250 + 100 = 350 \text{ кВА}$$

$$S_{12} = 250 + 100 + 160 = 510 \text{ кВА}$$

$$S_{01} = 250 + 100 + 160 + 630 = 1140 \text{ кВА}$$

2. Определяем токи на участках:

$$I_{34} = \frac{S_{34}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{250}{1,73 \cdot 10} = 14,5 \text{ А}$$

$$I_{23} = \frac{S_{23}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{350}{1,73 \cdot 10} = 20,2 \text{ А}$$

$$I_{12} = \frac{S_{12}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{510}{1,73 \cdot 10} = 29,5 \text{ А}$$

$$I_{01} = \frac{S_{01}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1140}{1,73 \cdot 10} = 65,9 \text{ А}$$

3. Определяем сечение провода на участке: $F_{\text{эк}} = \frac{I}{j_{\text{эк}}} = \frac{65,9}{1,3} = 50,7 \text{ мм}^2$.

По всей длине линии из условий монтажа выбираем провод одинакового сечения, поэтому расчетное сечение определяется только для головного участка.

4. Выбираем стандартное сечение АС50 с $r_0 = 0,592 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,355 \text{ Ом/км}$.

5. Проверяем выбранное сечение провода по потере напряжения:

$$\Delta U_{34} = \sqrt{3} \times I_{34} \times l_{34} \times (r_0 \times \cos \phi + x_0 \times \sin \phi) = 1,73 \cdot 14,5 \cdot 3 \cdot (0,592 \cdot 0,8 + 0,355 \cdot 0,6) = 74 \text{ В},$$

$$\Delta U_{34} \% = \frac{\Delta U_{34} \times 100\%}{U_n} = \frac{74 \times 100}{10000} = 0,74\%$$

$$\Delta U_{23} = 1,73 \cdot 20,2 \cdot 2 \cdot (0,592 \cdot 0,8 + 0,355 \cdot 0,6) = 69 \text{ В},$$

$$\Delta U_{23} \% = \frac{69 \times 100}{10000} = 0,69\%$$

$$\Delta U_{12} = 1,73 \cdot 29,5 \cdot 2 \cdot (0,592 \cdot 0,8 + 0,355 \cdot 0,6) = 101 \text{ В},$$

$$\Delta U_{12} \% = \frac{101 \times 100}{10000} = 1,01\%$$

$$\Delta U_{01} = 1,73 \cdot 65,9 \cdot 1 \cdot (0,592 \cdot 0,8 + 0,355 \cdot 0,6) = 112 \text{ В},$$

$$\Delta U_{01} \% = \frac{112 \times 100}{10000} = 1,12\%.$$

Потери напряжения по всей длине линии составят:

$$\Delta U_{04} \% = \Delta U_{01} \% + \Delta U_{12} \% + \Delta U_{23} \% + \Delta U_{34} \% = 1,12 + 1,01 + 0,69 + 0,74 = 3,56\% < \Delta U_{\text{дон}} \% = 7,5\%$$

условие выполняется, сеть на потери напряжения проходит.

6. Проверяем выбранное сечение провода по потере мощности:

$$\Delta P_{34} = 3 \times I_{34}^2 \times r_0 \times l_{34} \times 10^{-3} = 3 \cdot 14,5^2 \cdot 0,592 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 1,12 \text{ кВт}$$

$$P_{н34} = S_{34} \times \cos \phi = 250 \cdot 0,8 = 200 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{34} \% = \frac{\Delta P_{34} \times 100\%}{P_{н34}} = \frac{1,12 \cdot 100}{200} = 0,56\%.$$

$$\Delta P_{23} = 3 \cdot 20,2^2 \cdot 0,592 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1,449 \text{ кВт}$$

$$P_{н23} = 350 \cdot 0,8 = 280 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{23} \% = \frac{1,449 \cdot 100}{280} = 0,52\%.$$

$$\Delta P_{12} = 3 \cdot 29,5^2 \cdot 0,592 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 3,091 \text{ кВт}$$

$$P_{н12} = 510 \cdot 0,8 = 408 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{12} \% = \frac{3,091 \cdot 100}{408} = 0,76\%.$$

$$\Delta P_{01} = 3 \cdot 65,4^2 \cdot 0,592 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 7,596 \text{ кВт}$$

$$P_{н01} = 1140 \cdot 0,8 = 912 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{01} \% = \frac{7,596 \cdot 100}{912} = 0,83\%.$$

Потери мощности по всей длине линии составят:

$$\Delta P_{04} \% = \Delta P_{01} \% + \Delta P_{12} \% + \Delta P_{23} \% + \Delta P_{34} \% = 0,56 + 0,52 + 0,76 + 0,83 = 2,67\% < \Delta P_{доп} \% = 5\%$$

условие выполняется, сеть на потери мощности проходит.

7. Проверяем выбранное сечение провода по потере электроэнергии:

$$\Delta W_{34} = \Delta P_{34} \times \tau_{\max} = 1,12 \cdot 1630 = 1825,6 \text{ кВтч}$$

$$W_{н34} = P_{н34} \times T_{\max} = 200 \cdot 3000 = 600000 \text{ кВтч}$$

$$\Delta W_{34} \% = \frac{\Delta W_{34} \times 100\%}{W_{н34}} = \frac{1825,6 \cdot 100}{600000} = 0,30\%$$

$$\Delta W_{23} = 1,449 \cdot 1630 = 2361,9 \text{ кВтч}$$

$$W_{н23} = 280 \cdot 3000 = 840000 \text{ кВтч}$$

$$\Delta W_{23} \% = \frac{2361,9 \cdot 100}{840000} = 0,28\%$$

$$\Delta W_{12} = 3,091 \cdot 1630 = 5038,3 \text{ кВтч}$$

$$W_{н12} = 408 \cdot 3000 = 1224000 \text{ кВтч}$$

$$\Delta W_{12} \% = \frac{5038,3 \cdot 100}{1224000} = 0,41\%$$

$$\Delta W_{01} = 7,596 \cdot 1630 = 12381 \text{ кВтч}$$

$$W_{н01} = 912 \cdot 3000 = 2736000 \text{ кВтч}$$

$$\Delta W_{01} \% = \frac{12381 \cdot 100}{2736000} = 0,45\%$$

Потери электроэнергии по всей длине линии составят:

$$\Delta W_{04} \% = \Delta W_{01} \% + \Delta W_{12} \% + \Delta W_{23} \% + \Delta W_{34} \% = 0,45 + 0,41 + 0,28 + 0,30 = 1,44\% < \Delta W_{доп} \% = 10\%$$

условие выполняется, сеть на потери электроэнергии проходит.

Все проверки выполняются, провод АС50 обладает пропускной способностью.

Практическое занятие № 8

ТЕМА: Расчет разомкнутых сетей

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет разветвленной сети напряжением 10 -35 кВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета потерь напряжения в воздушных линиях и трансформаторах.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

Теоретические основы.

Исходными данными для проверочного расчета воздушных линий на потери напряжения являются нагрузка участков, марка провода и длина участков.

Рассчитываются потери напряжения на участках в процентах:

$$\Delta U_o \% = \frac{(P_o \times r_0 + Q_o \times x_0) \times l}{U_{ном}^2} \times 100$$

$$\Delta U_e \% = \frac{(P_e \times r_0 + Q_e \times x_0) \times l}{U_{ном}^2} \times 100$$

где P и Q – мощности, протекающие по участку, Вт и ВАр;

l – длина участка, км;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, В;

r_0 и x_0 – погонное сопротивление 1 км провода, Ом/км (таблица 7.2)

Подсчитываются потери напряжения от шин 10 кВ ГПП до конца расчетного участка путем суммирования потерь напряжения тех участков, по которым протекает мощность рассматриваемого участка.

В потребительских трансформаторах рассчитываются потери напряжения, %:

$$\Delta U_T \% = \frac{P \cdot R_T + Q \cdot X_T}{U_{Тном}^2} \cdot 100$$

где P и Q – активная и реактивная мощности, протекающие через трансформатор (дневные и вечерние), полная мощность которых наибольшая;

$U_{Тном}$ – номинальное напряжение трансформатора (обмотки высшего напряжения);

R_T и X_T – активное и индуктивное сопротивление трансформатора

$$R_T = \frac{\Delta P_k \cdot U_{Тном}^2}{S_{Тном}^2}, \text{ Ом}$$

$$X_T = \frac{U_p \%}{100} \cdot \frac{U_{Тном}^2}{S_{Тном}}, \text{ Ом}$$

где $S_{Тном}$ – номинальная мощность трансформатора, ВА;

$U_p \%$ – составляющая потери напряжения в реактивных сопротивлениях, определяемая через U_k по выражению:

$$U_p \% = \sqrt{(U_k \%)^2 - (U_a \%)^2} = \sqrt{(U_k \%)^2 - \left(\frac{\Delta P_k}{S_{Тном}} \cdot 100 \right)^2}$$

Задача: Определить потери напряжения по участкам ВЛ – 10 кВ, схема которой приведена на рисунке 8.1, оценить потери напряжения от начала и до конца линии, сделать вывод о ее пропускной способности. Нагрузка потребительских подстанций, марка провода и длины участков приведены в таблице с исходными данными. Определить потери напряжения в трансформаторе ТП1, если к установке принят трансформатор марки ТМ, мощность которого $S_{нт}$.

$$P_{01} = 100 + 20 + 250 + 160 = 530 \text{ кВт}; \quad Q_{01} = 90 + 20 + 230 + 80 = 420 \text{ кВАр}$$

3. Определяем потери напряжения по участкам линии:

$$\Delta U_{24} \% = \frac{(P_{24} \times r_0 + Q_{24} \times x_0) \times l_{24}}{U_{ном}^2} \times 100 = \frac{(250000 \cdot 0,42 + 230000 \cdot 0,341) \cdot 4}{10000^2} \cdot 100 = 0,781\%$$

$$\Delta U_{23} \% = \frac{(P_{23} \times r_0 + Q_{23} \times x_0) \times l_{23}}{U_{ном}^2} \times 100 = \frac{(160000 \cdot 0,42 + 80000 \cdot 0,341) \cdot 3}{10000^2} \cdot 100 = 0,296\%$$

$$\Delta U_{12} \% = \frac{(P_{12} \times r_0 + Q_{12} \times x_0) \times l_{12}}{U_{ном}^2} \times 100 = \frac{(430000 \cdot 0,42 + 330000 \cdot 0,341) \cdot 2}{10000^2} \cdot 100 = 0,620\%$$

$$\Delta U_{01} \% = \frac{(P_{01} \times r_0 + Q_{01} \times x_0) \times l_{01}}{U_{ном}^2} \times 100 = \frac{(530000 \cdot 0,42 + 420000 \cdot 0,341) \cdot 1}{10000^2} \cdot 100 = 0,387\%$$

4. Потери напряжения от начала и до конца линии составят:

$$\Delta U_{04} = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} + \Delta U_{24} = 0,387 + 0,620 + 0,781 = 1,788\% < \Delta U_{доп} = 8\%$$

$$\Delta U_{03} = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} + \Delta U_{23} = 0,387 + 0,620 + 0,296 = 1,303\% < \Delta U_{доп} = 8\%.$$

Сеть обладает пропускной способностью.

5. Для заданной марки трансформатора ТМ – 100 принимаем паспортные данные:

$$\Delta P_K = 1970 \text{ Вт}, U_K \% = 4,5\% \text{ (таблица 8.3).}$$

Таблица 8.3 – Паспортные данные трансформаторов

Тип трансформатора	Номинальная мощность $S_{\text{н}}$, кВА	Сочетание напряжений, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, кВт		Напряжение короткого замыкания $u_{\text{к}}$, %	Сопротивления, приведенные к напряжению 0,4 кВ			
		ВН U_1	НН U_2		XX P_0	КЗ $P_{\text{к}}$		прямой последовательности, Ом			При однофазном кз, $\frac{1}{2}Z_{\text{т0}}$, Ом
								$R_{\text{т}}$	$X_{\text{т}}$	$Z_{\text{т}}$	
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

6. Определяем активное и индуктивное сопротивление трансформатора:

$$R_T = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_{\text{Тном}}^2}{S_{\text{Тном}}^2} = \frac{1970 \cdot 10000^2}{100000^2} = 19,7 \text{ Ом}$$

$$X_T = \frac{U_p \%}{100} \cdot \frac{U_{\text{Тном}}^2}{S_{\text{Тном}}} = \frac{4,05}{100} \cdot \frac{10000^2}{100000} = 40,5 \text{ Ом}$$

$$U_p \% = \sqrt{(U_{\kappa} \%)^2 - \left(\frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{\text{Тном}}} \cdot 100 \right)^2} = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{1970}{100000} \cdot 100 \right)^2} = 4,05\%$$

7. В потребительском трансформаторе ТП1 рассчитываются потери напряжения, %:

$$\Delta U_T \% = \frac{P \cdot R_T + Q \cdot X_T}{U_{\text{Тном}}^2} \cdot 100 = \frac{100000 \cdot 19,7 + 90000 \cdot 40,5}{10000^2} \cdot 100 = 5,615\%$$

Практическое занятие № 9

ТЕМА: Расчет разомкнутых сетей

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Определение напряжения у потребителей

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику составления таблиц отклонения напряжения в сельских сетях для оценки качества передаваемой электроэнергии.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

Теоретические основы.

Для оценки качества напряжения у потребителей составляется таблица отклонений напряжения (таблица 9.1), из которой определяется допустимая потеря напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$ в линиях 0,38 кВ. Таблица составляется для ближайшей расчетной и удаленной трансформаторных подстанций. Удаленной считается ТП, потери напряжения до которой от ГПП имеют наибольшую величину. Из таблицы выясняется, есть ли необходимость в применении дополнительных технических средств для поддержания напряжения у потребителей в допустимых пределах.

Отклонение напряжения в любой точке электропередачи:

$$\delta U_{\text{доп}} = \sum_{i=1}^n \delta U_i \pm \sum_{i=1}^m \Delta U_i$$

где $\sum_{i=1}^n \delta U_i$ – сумма надбавок от ГПП до рассматриваемой точки с учетом знака, %;

$\sum_{i=1}^m \Delta U_i$ – сумма потерь напряжения от ГПП до рассматриваемой точки, %.

В качестве минимальной нагрузки рассматривается режим 25-процентной нагрузки, при которой потери напряжения принимаются равными 1/4 части максимальных потерь.

В потребительских трансформаторах рассчитываются потери напряжения, %, согласно методике, описанной в практическом занятии №8.

Регулируемая надбавка ПБВ трансформатора подбирается таким образом, чтобы отклонение напряжения $\delta U_{\text{ш}0,4}^{25}$ на шинах 0,4 кВ не выходило за допустимые пределы: +5 % - для потребителей I и II категорий надежности, и +7,5% для потребителей II и III категорий надежности.

Допустимая потеря напряжения во всей линии 0,38 кВ (по абсолютной величине) определяется как разница между отклонением напряжения на шинах 0,4 кВ в 100%-м режиме и допустимым отклонением напряжения у потребителя

$$\Delta U'_{\text{доп}} = \delta U_{\text{ш}0,4}^{100} - \delta U_{\text{доп}}^{100}$$

Эта потеря разделяется на две части. Одна часть $\Delta U'' = 2,0\%$ оставляется, согласно ПУЭ, на линию внутри помещений, другая – на наружную линию, по которой рассчитываются все наружные линии 0,38 кВ, отходящие от ТП. При этом для каждой линии 0,38 кВ должно соблюдаться условие:

$$\Delta U_{\text{факт}} \leq \Delta U_{\text{доп}}$$

Величина $\Delta U_{\text{доп}}$ влияет на выбор сечения провода ВЛ 0,38 кВ: чем больше $\Delta U_{\text{доп}}$, тем меньше сечение провода.

Рекомендуется устанавливать $\Delta U_{\text{доп}} \geq 6\%$. При невыполнении этого условия предлагаются следующие технические мероприятия:

- уменьшить $\Delta U''$ до 1...0.6 %, если линии внутри помещения небольшой длины (например, к линии подключены жилые дома);
- увеличить сечение проводов на некоторых участках ВЛ 10 кВ;
- установить продольно-емкостную компенсацию реактивного сопротивления;
- предусмотреть замену на ГПП трансформатора с ПБВ на трансформатор с РПН и с помощью последнего создать на шинах 110 (35) кВ режим встречного регулирования напряжения.

В практике принятие технических мероприятий обычно рассматривается в указанной последовательности, окончательное решение принимается после технико-экономического сравнения вариантов.

Таблица 9.1 – Оценка качества напряжения у потребителей

Элемент электропередачи	Величина	Ближайшая ТП 10/0,4кВ		Удаленная ТП 10/0,4кВ	
		Нагрузка, %			
		100	25	100	25
Шины 10 кВ ГПП	$\delta U_{ш10}$				
Линия 10 кВ	ΔU_{10}				
Трансформатор 10/0,4 кВ:					
потери напряжения	ΔU_T				
надбавка конструктивная	δU_{T-}				
надбавка регулируемая	$\delta U_{T\approx}$				
Шины 0,4 кВ	$\delta U_{ш0,4}$				
Линия 0,38 кВ:	$\Delta U'$				
наружная часть	$\Delta U_{доп}$				
внутренняя часть	$\Delta U''$				
Удаленный потребитель	$\delta U_{доп}$				
	$\delta U_{факт}$				

Задача: Путем составления таблицы отклонений напряжений определить фактическое отклонение напряжения у потребителей ближайшей и удаленной трансформаторных подстанций при номинальном напряжении вторичной обмотки трансформатора 10/0,4 кВ и сравнить его с допустимым значением. При необходимости подобрать регулирующую надбавку на трансформаторе, чтобы качество электрической энергии у потребителей соответствовало ГОСТ. Схема сети представлена на рисунке 9.1, потери напряжения по участкам ВЛ – 10 кВ принять в соответствии с исходными данными по варианту.

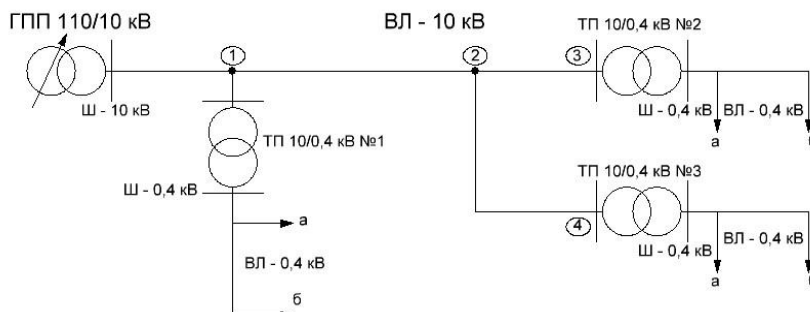


Рисунок 9.1 – Схема сети

Контрольные вопросы:

1. Что такое потери и падение напряжения?
2. Допустимая норма потерь напряжения в нормальном и аварийном режимах.
3. Что такое отклонение напряжения и его норма $\delta U^{100} = ?$ $\delta U^{25} = ?$

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему с указанием потерь напряжения.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Составить таблицу отклонений напряжений.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 10

ТЕМА: Расчет разомкнутых сетей

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет воздушной линии электропередач напряжением 10 кВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета сети по методу приведенных затрат; научиться проверять выбранные провода на потерю напряжения, составлять ТОН.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

Теоретические основы.

Выбрать марку и сечение провода в ВЛ-10 кВ по методу приведенных затрат; проверить выбранный провод на потерю напряжения; составить ТОН, определив $\delta V_{фак}^{100}$ и $\delta V_{фак}^{25}$.

Порядок расчета

Определяем мощности, текущие по участкам ЛЭП:

$$S_n = \sum S_i \times K_0$$

где S_n - мощность по участку,

$\sum S_i$ - сумма мощностей;

K_0 - коэффициент одновременности, зависит от количества ТП (таблица 10.1)

Определяем эквивалентную мощность

$$S_{э.кв.п} = K_\phi \times S_n$$

где $K_\phi = 0,7$ - коэффициент динамики роста.

По наибольшей эквивалентной мощности в зависимости от вида опор выбираем марку провода по таблице 10.2.

Таблица 10.1 – Значение коэффициента одновременности

Количество ТП	1	2	3	4 – 6	7 – 15	16 – 24	25 и более
K_0	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

Проверяем выбранный провод на потери напряжения:

$$\Delta U_{\phi n} = \Delta U_{y\phi} \times S_n \times \ell_n \times 10^{-3}$$

где ℓ_n - длина участка ЛЭП, км

$\Delta U_{y\phi}$ - удельные потери напряжения при заданном значении $\cos \phi$ (таблица 10.3)

Определяем потери напряжения в ЛЭП, сравниваем с допустимым значением и делаем вывод о пропускной способности ЛЭП:

$$\Delta U_{УЛП} = \Delta U_{\phi 01} + \Delta U_{\phi 1-2} + \Delta U_{\phi 2-3} + \Delta U_{\phi 3-4} \leq U_{дон} = 8\%$$

Определяем потери напряжения до ближайшей трансформаторной подстанции:

$$\Delta U_{БП} = \Delta U_{\phi 0-1}$$

Составляем таблицу отклонений напряжения для ближайшей и удаленной трансформаторных подстанций

Определяем по ТОН $\delta V_{фак}^{100}$ и $\delta V_{фак}^{25}$.

Таблица 10.2 – Экономические интервалы нагрузок

Железобетонные опоры		Деревянные опоры	
сечение	нагрузка	сечение	Нагрузка
АС – 25	≤ 320	АС – 25	0 – 300
АС – 35	320 – 550	АС – 35	300 – 470
АС – 50	550 – 675	АС – 50	470 – 560
А – 70	675 – 950	А – 70	560 – 935
А – 95	950 – 1285	А – 95	935 – 1265
А – 120	≥ 1285	А – 120	≥ 1265

Проверяем выбранный провод на потери напряжения:

$$\Delta U_{\phi n} = \Delta U_{уд} \times S_n \times \ell_n \times 10^{-3}$$

где ℓ_n - длина участка ЛЭП, км

$\Delta U_{уд}$ - удельные потери напряжения при заданном значении $\cos \varphi$ (таблица 10.3)

Определяем потери напряжения в ЛЭП, сравниваем с допустимым значением и делаем вывод о пропускной способности ЛЭП:

$$\Delta U_{УП} = \Delta U_{\phi 01} + \Delta U_{\phi 1-2} + \Delta U_{\phi 2-3} + \Delta U_{\phi 3-4} \leq U_{дон} = 8\%$$

Определяем потери напряжения до ближайшей трансформаторной подстанции:

$$\Delta U_{БП} = \Delta U_{\phi 0-1}$$

Составляем таблицу отклонений напряжения для ближайшей и удаленной трансформаторных подстанций

Определяем по ТОН $\delta V_{фак}^{100}$ и $\delta V_{фак}^{25}$.

Таблица 10.3 – Удельные потери напряжения, %/кВА*м

$\cos \varphi$	А – 25	А – 35	А – 50	А – 70	А – 95	АС – 25	АС – 35	АС – 50
1	1,165	0,85	0,588	0,42	0,315	1,176	0,79	0,809
0,98	1,226	0,915	0,655	0,489	0,383	1,235	0,854	0,669
0,96	1,236	0,931	0,676	0,512	0,407	1,246	0,871	0,689
0,94	1,238	0,939	0,689	0,528	0,424	1,248	0,88	0,701
0,92	1,237	0,943	0,697	0,539	0,437	1,245	0,884	0,708
0,9	1,232	0,944	0,703	0,548	0,447	1,24	0,886	0,714
0,88	1,225	0,943	0,706	0,554	0,456	1,233	0,856	0,717
0,84	1,207	0,937	0,71	0,564	0,468	1,214	0,882	0,719
0,8	1,185	0,926	0,709	0,569	0,477	1,176	0,874	0,718
0,76	1,159	0,913	0,706	0,572	0,484	1,148	0,862	0,713
0,74	1,145	0,905	0,703	0,572	0,486	1,134	0,855	0,71
0,72	1,131	0,896	0,699	0,572	0,487	1,119	0,848	0,706
0,7	1,116	0,888	0,696	0,571	0,488	1,103	0,841	0,702

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается технико – экономическое обоснование проекта воздушной линии?
2. Что такое приведенные затраты?
3. Что такое экономические интервалы нагрузок?
4. Каковы допустимые потери напряжения в ЛЭП?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему.
4. Произвести расчет с подробным описанием и составить таблицу отклонений

напряжений.

5. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Исходные данные: мощность (кВА), длина участков (км) приведены на расчетной схеме. Коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,9$.

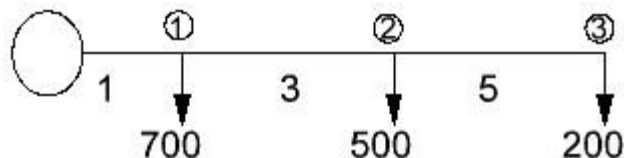


Рисунок 10.1 – Расчет воздушной линии 10 кВ.

1. Определяем мощности, текущие по участкам ЛЭП:

$$S_{23} = 200 \times 1 = 200 \text{ кВА}$$

$$S_{12} = (200 + 500) \times 0,9 = 630 \text{ кВА}$$

$$S_{01} = (200 + 500 + 700) \times 0,85 = 1190 \text{ кВА}$$

2. Определяем эквивалентную мощность на головном участке:

$$S_{\text{экв.0-1}} = K_{\phi} \times S_{0-1} = 0,7 \times 1190 = 833 \text{ кВА}$$

3. По значению эквивалентной мощности для железобетонных опор выбираем марку провода по таблице 10.2: А-70.

4. Проверяем выбранный провод на потери напряжения:

$$\Delta U_{\phi 0-1} = \Delta U_{\text{уд}} \times S_{0-1} \times \ell_{0-1} \times 10^{-3} = 0,548 \times 1190 \times 1 \times 10^{-3} = 0,652 \%$$

$$\Delta U_{\phi 1-2} = \Delta U_{\text{уд}} \times S_{1-2} \times \ell_{1-2} \times 10^{-3} = 0,548 \times 630 \times 3 \times 10^{-3} = 1,036 \%$$

$$\Delta U_{\phi 2-3} = \Delta U_{\text{уд}} \times S_{2-3} \times \ell_{2-3} \times 10^{-3} = 0,548 \times 200 \times 5 \times 10^{-3} = 0,548 \%$$

5. Определяем потери напряжения в ЛЭП:

$$\Delta U_{\text{ЛЭП}} = \Delta U_{\phi 01} + \Delta U_{\phi 1-2} + \Delta U_{\phi 2-3} = 0,652 + 1,036 + 0,548 = 2,236 \% \leq U_{\text{доп}} = 8 \%$$

Условие выполняется, сеть обладает пропускной способностью.

6. Определяем потери напряжения до ближайшей трансформаторной подстанции:

$$\Delta U_{\text{БТП}} = \Delta U_{\phi 0-1} = 0,652 \%$$

7. Составляем таблицу отклонений напряжения для ближайшей и удаленной трансформаторных подстанций (таблица 10.4):

Заносим в таблицу значения потерь напряжения в ВЛ-10кВ в 100% режиме.

Определяем потери напряжения в 25% режиме путем деления потерь в 100% режиме на 4.

Задаемся регулируемой надбавкой 0%.

Определяем отклонение напряжения на шинах 0,38кВ путем алгебраического сложения всех вышестоящих значений.

Определяем фактическое отклонение напряжения путем сложения отклонений напряжения на шинах 0,38кВ и потерь в ВЛ-0,38кВ.

Сравниваем полученное значение фактического отклонения с допустимым значением. Если фактическое отклонение превышает допустимое значение, необходимо изменить регулируемую надбавку на трансформаторе. Необходимо помнить, что на одной ТП 10/0,4кВ регулируемая надбавка является одинаковой как для 100%, так и для 25% режимов.

Аналогично производится расчет для удаленной трансформаторной подстанции.

Если при переборе всех возможных регулируемых надбавок фактическое отклонение напряжения превышает допустимое значение, необходимо вернуться к выбору марки и сечения провода в линии 10кВ. Увеличив сечение провода, можно получить меньшее

значение потерь, что позволит подобрать регулируемую надбавку так, чтобы фактическое отклонение напряжения оказалось в пределах допустимого значения.

Таблица 4 – Таблица отклонений напряжений

Элементы сети	величина	Отклонение напряжения, %			
		БТП		УТП	
		100%	25%	100%	25%
Шины 10 кВ	$\delta U_{ш-10}$	+5	0	+5	0
ВЛ-10 кВ	ΔU_{10}	-0,652	-0,163	-2,236	-0,559
Трансформатор 10/0,4 кВ					
потери	ΔU_m	-4	-1	-4	-1
Конструктивная надбавка	δV_-	+5	+5	+5	+5
Регулируемая надбавка	δV	0	0	0	0
Шины 0,38 кВ	$\delta V_{ш-0,38}$	+5,348	+3,837	+3,764	+3,441
ВЛ-0,38 кВ	$\Delta U'$	-7,5	0	-7,5	0
наружные	$\Delta U_{дон}$	-5,5	0	-5,5	0
внутренние	$\Delta U''$	-2	0	-2	0
Фактическое отклонение напряжения	$\delta V_{фак}$	-2,152	+3,837	-3,736	+3,441
Допустимое отклонение напряжения	$\delta V_{дон}$	-5	+5	-5	+5

8. Определяем по ТОН $\delta V_{фак}^{100}$ и $\delta V_{фак}^{25}$:

для ближайшей трансформаторной подстанции $\delta V_{фак}^{100} = -2,152\%$ и $\delta V_{фак}^{25} = +3,837\%$,

для удаленной трансформаторной подстанции $\delta V_{фак}^{100} = -3,736\%$ и $\delta V_{фак}^{25} = +3,441\%$, что находится в пределах нормы, провод выбран верно.

Практическое занятие № 11

ТЕМА: Расчет замкнутых сетей

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Определение максимальные потери напряжения в нормальном и аварийном режимах осветительной сети 380В

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета определения максимальных потерь напряжения в осветительной сетит380В.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

Теоретические основы. Основная задача расчета сетей сводится к выбору наиболее экономических сечений проводов при условии обеспечения заданных электрических параметров.

Выбор площадей сечений проводов при неравномерной нагрузке фаз принципиально ничем не отличается от рассмотренных ранее методов.

Расчет площади сечения трехфазной линии следует вести по наиболее загруженной фазе и для всех фаз принять одинаковые сечения, это необходимо для

удобства монтажа. Предварительно следует распределить нагрузку между всеми фазами таким образом, чтобы она была примерно одинаковой.

При наличии сетей централизованного наружного освещения четырехпроводная сеть превращается в пятипроводную. Пятый провод, к которому присоединяются фонари уличного освещения, называется фонарным. Для того, чтобы не увеличивать несимметрию в сети, суммарная нагрузка фазы, к которой присоединяется фонарный провод, должна быть примерно одинаковой с нагрузкой в других фазах. Однако площадь сечения провода самой нагруженной фазы выбирают равной площади сечения остальных фаз, хотя она и будет завышенной. Площадь сечения самого фонарного провода определяется расчетом по его нагрузке.

Для двухфазных и однофазных ответвлений от трехфазной сети площади поперечных сечений выбирают отдельно, и они могут отличаться от площадей сечений трехфазных магистралей. Для однофазных ответвлений прямой и обратный провода имеют одинаковые площади сечения.

Задача: Определить максимальную потерю напряжения в четырехпроводной сети 380/220 В, выполненной алюминиевыми проводами указанной марки. Коэффициент мощности однофазных нагрузок $\cos\varphi = 1$. Нагрузка, А и длины участков, м указаны на рисунке.

Контрольные вопросы:

1. Как производится выбор сечения провода в четырехпроводной линии при неравномерной нагрузке по фазам?
2. Как определить нагрузки на головном участке линии по отдельным фазам?
3. Как сделать вывод о целесообразности выбранного сечения провода?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Исходные данные: Определить максимальную потерю напряжения в четырехпроводной сети 380/220 В, выполненной алюминиевыми проводами А25. Коэффициент мощности однофазных нагрузок $\cos\varphi = 1$. Нагрузки фаз в амперах и расстояния участков в метрах показаны на рисунке 11.1а. Буквы на рисунке указывают фазу, на которую включена нагрузка.

1 Изображаем развернутую схему и находим распределение токов по участкам сети (рисунок 11.1,б).

2 Определяем потерю напряжения в фазах, принимая активное сопротивление 1 км. провода А25 равным 1,14 Ом/км.

Так как погонное сопротивление фазных и нулевого проводов на всех участках сети одинаковое, то его значение в формуле можно вынести за знак суммы:

$$\begin{aligned}\Delta U_{A0} &= r_0 \times \left[\sum I_{a1} \times l_1 + \sum \left(I_{a1} - \frac{I_{a2} + I_{a3}}{2} \right) \times l \right] = 1,14 \times [(25 \times 0,2 + 8 \times 0,2 + 8 \times 0,13 + 8 \times 0,2) + \\ &+ \left(25 - \frac{20 + 16}{2} \right) \times 0,2 + \left(8 - \frac{20 + 16}{2} \right) \times 0,2 + \left(8 - \frac{8 + 16}{2} \right) \times 0,13 + \left(8 - \frac{6}{2} \right) \times 0,2] = 10,4В; \\ \Delta U_{B0} &= 1,14 \times [(20 \times 0,2 + 20 \times 0,2 + 8 \times 0,13 + 8 \times 0,1) + \\ &+ \left(20 - \frac{25 + 16}{2} \right) \times 0,2 + \left(20 - \frac{8 + 16}{2} \right) \times 0,2 + \left(8 - \frac{8 + 16}{2} \right) \times 0,13 + 8 \times 0,1] = 13,3В;\end{aligned}$$

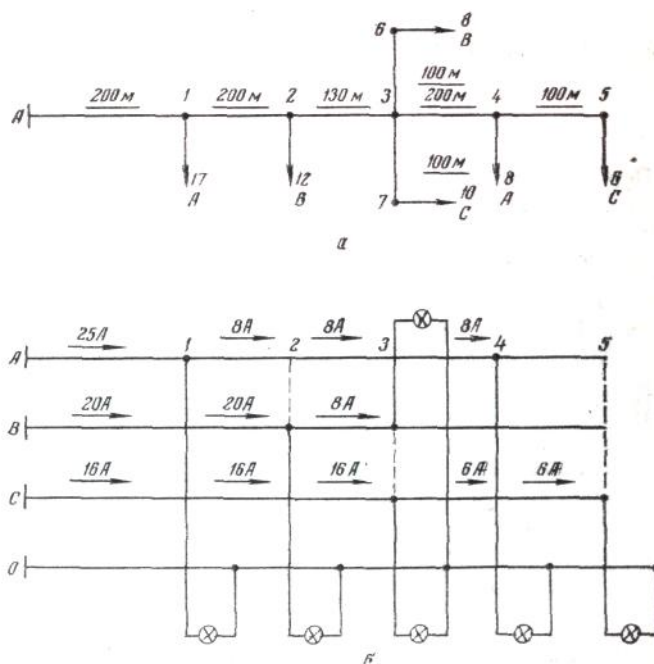


Рисунок 11.1 – Расчет сетей с неравномерной нагрузкой фаз

Потеря напряжения в фазе С до точки 5:

$$\Delta U_{C0} = 1,14 \times [(16 \times 0,2 + 16 \times 0,2 + 16 \times 0,13 + 6 \times 0,2 + 6 \times 0,1) + \\ + \left(16 - \frac{20 + 25}{2}\right) \times 0,2 + \left(16 - \frac{20 + 8}{2}\right) \times 0,2 + \left(16 - \frac{8 + 8}{2}\right) \times 0,13 + \left(6 - \frac{8}{2}\right) \times 0,2 + 6 \times 0,1] = 13В;$$

Потери напряжения в фазе С до точки 7 (с учетом ответвления 3 – 7):

$$\Delta U_{C0} = 1,14 \times (16 \times 0,2 + 16 \times 0,2 + 16 \times 0,13 + 10 \times 0,1) + \\ + \left(16 - \frac{20 + 25}{2}\right) \times 0,2 + \left(16 - \frac{20 + 8}{2}\right) \times 0,2 + \left(16 - \frac{8 + 8}{2}\right) \times 0,13 + 10 \times 0,1] = 12,1В;$$

Максимальное значение потерь напряжения составляет:

$$\Delta U_{\max} \% = \Delta U_{B0} \% = \frac{13,3 \times 100}{220} = 6,05\% \approx 6\%$$

Практическое занятие №12

ТЕМА: Расчет замкнутых сетей

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет замкнутой сети напряжением 35 кВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета замкнутых сетей в нормальном и аварийном режимах

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1090082>

Ход работы:

Теоретические основы. *Замкнутой* называют электрическую сеть, магистральные линии которой получают питание не менее, чем с двух сторон. В этой сети обрыв магистрали в любом месте не нарушает электроснабжения потребителей. Простая замкнутая сеть с двумя источниками питания, называется линией с двухсторонним питанием. В такой линии обрыв проводов и даже выход из строя одного из источников питания не нарушают электроснабжения всех или большей части потребителей. Если точка сети получает питание с двух сторон, она называется *точкой токораздела* и обозначается значком треугольника.

При одинаковом напряжении источников питания и одинаковом сечении проводов для линии с двухсторонним питанием справедливы следующие формулы:

$$\dot{I}_{A-1} = \frac{\sum_{k=1}^n \dot{I}_k \times l_{k-B}}{l_{A-B}}, \quad \dot{S}_{A-1} = \frac{\sum_{k=1}^n \dot{S}_k \times l_{k-B}}{l_{A-B}}.$$

где I_k, S_k – ток нагрузки, мощность нагрузки в узле k соответственно;

l_{A-B} – длина всей линии,

l_{k-B} – длина участка линии от узла k до источника питания В.

Для определения сечения линии с двухсторонним питанием определяют точку токораздела, мысленно разрезают линию в этом месте и находят сечения двух частей линии независимо, как для радиальной линии. Максимальные потери напряжения в линии определяют от источника питания до точки токораздела.

Аварийным для замкнутой сети может стать режим, при котором не поступает напряжение от одного из источников питания. Это может быть как следствием обрыва провода, так и аварийной ситуации на самом источнике. В этом случае вся мощность оказывается присоединена к рабочему источнику, схема принимает вид линии с односторонним питанием и может быть перегружена. При выборе провода необходимо удостовериться в том, что потери напряжения в аварийном режиме от начала и до места обрыва не превышают допустимого значения $\Delta U'_{\text{дон}} = 13\%$.

Задача: Определить сечение замкнутой воздушной линии по экономической плотности тока, если $U_{нА} = U_{нВ}$, сечение провода по всей длине линии постоянно. Проверить выбранный провод на потери напряжения в нормальном режиме, проверить выбранный провод на потери напряжения в аварийном режиме (при отсутствии питания от указанного в задании источника). Нагрузку потребителей, длину участков линии и коэффициент мощности принять в соответствии с исходными данными.

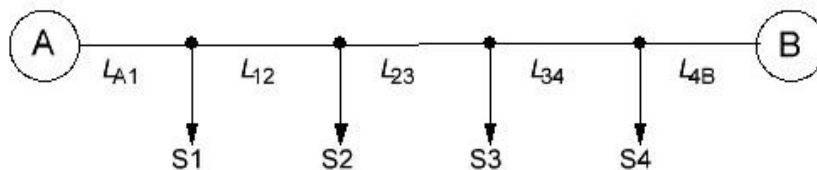


Рисунок 12.1 – Схема линии с двухсторонним питанием

Контрольные вопросы:

1. Что называется замкнутой сетью, линией с двухсторонним питанием?
2. Достоинства и недостатки замкнутых сетей
3. Что называется точкой токораздела мощности?
4. Что такое аварийный режим для замкнутой сети?
5. Как определяются потери в замкнутой сети в нормальном режиме работы, в аварийном режиме работы?
6. Чему равны допустимые значения потерь напряжения в нормальном и аварийном режиме?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.

3. Вычертить расчетную схему сети.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Определить сечение замкнутой воздушной линии по экономической плотности тока, если $U_{нА} = U_{нВ} = 10 \text{ кВ}$, сечение провода по всей длине линии постоянно. Проверить выбранный провод на потери напряжения в нормальном режиме. Проверить выбранный провод на потери напряжения в аварийном режиме, если источник питания В вышел из строя. Нагрузка потребителей, длина участков линии приведены на рисунке 12.2. Коэффициент мощности 0,8.

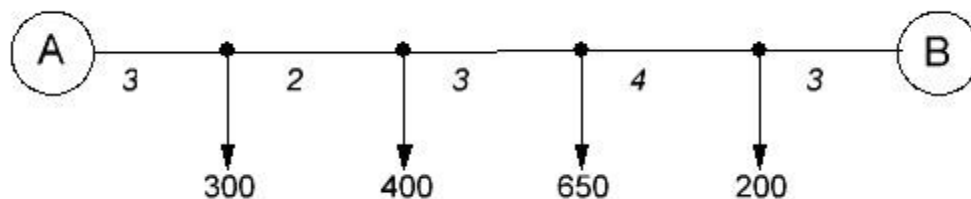


Рисунок 12.2 – Исходная расчетная схема

1. Определить мощности, вытекающие из источников питания:

$$\dot{S}_{A-1} = \frac{\sum_{k=1}^n \dot{S}_k \times l_{k-B}}{l_{A-B}} = \frac{300 \times 12 + 400 \times 10 + 650 \times 7 + 200 \times 3}{15} = 850 \text{ кВА}$$

$$S_{B-4} = \frac{200 \times 12 + 650 \times 8 + 400 \times 5 + 300 \times 3}{15} = 700 \text{ кВА}$$

2. Определить мощности, текущие по участкам, точку токораздела (см.рис.12.3):

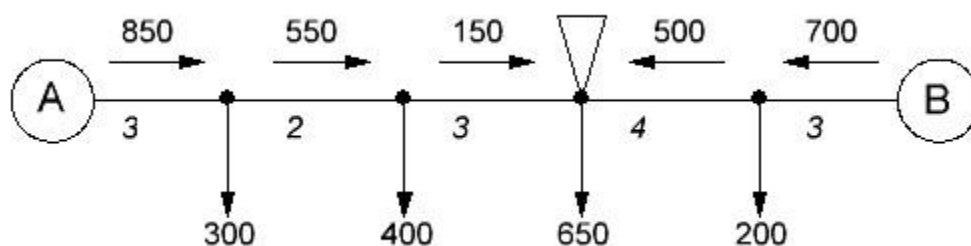


Рисунок 12.3 – Определение точки потокораздела мощности

3. Сделать проверку:

$$S_{A-1} + S_{B-4} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

$$850 + 700 = 1550 \text{ кВА} = 300 + 400 + 650 + 200 = 1550 \text{ кВА}$$

4. Определить токи, текущие по участкам цепи по формуле:

$$I_{A-1} = \frac{S_{A-1}}{\sqrt{3} \times U_{н}}$$

$$I_{A-1} = \frac{850}{17.3} = 49 \text{ А}, I_{1-2} = \frac{550}{17.3} = 32 \text{ А}, I_{2-3} = \frac{150}{17.3} = 9 \text{ А}, I_{3-4} = \frac{500}{17.3} = 29 \text{ А}, I_{4-B} = \frac{700}{17.3} = 40 \text{ А}$$

5. Определить сечение проводов на головных участках ЛЭП:

$$F_{A-1} = I_{A-1} / j_{э\kappa}, F_{B-4} = I_{B-4} / j_{э\kappa}$$

$$F_{A-1} = 49 / 1.1 = 45 \text{ мм}^2, F_{B-4} = 40 / 1.1 = 29 \text{ мм}^2$$

Выбираем стандартное сечение провода АС-50 с $r_0 = 0,592 \text{ Ом/км}$ и $x_0 = 0,355 \text{ Ом/км}$ (для $D_{\text{ср}} = 1000 \text{ мм}$).

6. Определить потери напряжения на каждом участке ЛЭП по формуле:

$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \times I_{\text{раб.уч}} \times l_{\text{уч}} \times (r_0 \times \cos \phi + x_0 \times \sin \phi), B \\ \Delta U_{A-1} &= 1,73 \times 49 \times 3 \times (0,592 \times 0,8 + 0,355 \times 0,6) = 173 B \\ \Delta U_{A-1} \% &= \frac{\Delta U_{A-1} \times 100\%}{U_n} = \frac{173 \times 100}{10000} = 1,73\% \\ \Delta U_{1-2} &= 1,73 \times 32 \times 2 \times (0,592 \times 0,8 + 0,355 \times 0,6) = 75 B \\ \Delta U_{1-2} \% &= \frac{\Delta U_{1-2} \times 100\%}{U_n} = \frac{75 \times 100}{10000} = 0,75\% \\ \Delta U_{2-3} &= 1,73 \times 9 \times 3 \times (0,592 \times 0,8 + 0,355 \times 0,6) = 32 B \\ \Delta U_{2-3} \% &= \frac{\Delta U_{2-3} \times 100\%}{U_n} = \frac{32 \times 100}{10000} = 0,32\% \\ \Delta U_{3-4} &= 1,73 \times 29 \times 4 \times (0,592 \times 0,8 + 0,355 \times 0,6) = 136 B \\ \Delta U_{3-4} \% &= \frac{\Delta U_{3-4} \times 100\%}{U_n} = \frac{136 \times 100}{10000} = 1,36\% \\ \Delta U_{4-B} &= 1,73 \times 40 \times 3 \times (0,592 \times 0,8 + 0,355 \times 0,6) = 141 B \\ \Delta U_{4-B} \% &= \frac{\Delta U_{4-B} \times 100\%}{U_n} = \frac{141 \times 100}{10000} = 1,41\%\end{aligned}$$

7. Определить потери напряжения от источников питания до точки токораздела и сравнить с допустимым значением 8%.

$$\Delta U_{A-3} = \Delta U_{A-1} + \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-3} = 1,73 + 0,75 + 0,32 = 2,8\% < \Delta U_{\text{доп}} = 8\%$$

$$\Delta U_{B-3} = \Delta U_{B-4} + \Delta U_{3-4} = 1,36 + 1,41 = 2,77\% < \Delta U_{\text{доп}} = 8\%$$

Условия выполняются, следовательно провод на потери напряжения проходит.

8. Пусть источник питания В вышел из строя, схема принимает вид линии с односторонним питанием (рисунок 12.4).

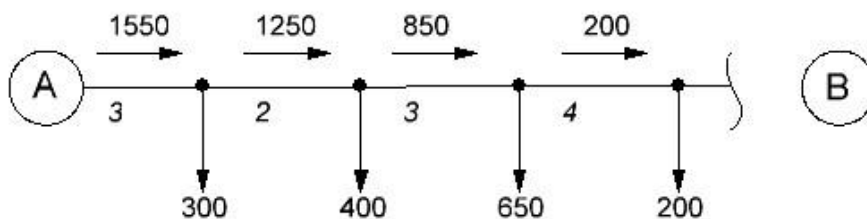


Рисунок 12.4 – Аварийный режим линии

9. Определить мощности, текущие по участкам, суммированием мощностей [коэффициент одновременности равен единице (k_0)]

10. Определить токи, протекающие по участкам:

$$I_{A-1} = \frac{1550}{17,3} = 90 \text{ A}, I_{1-2} = \frac{1250}{17,3} = 72 \text{ A}, I_{2-3} = \frac{850}{17,3} = 49 \text{ A}, I_{3-4} = \frac{200}{17,3} = 12 \text{ A}$$

11. Определить потери напряжения в Вольтах, а затем в процентах:

$$\begin{aligned}\Delta U_{A-1} &= 1,73 \times 90 \times 3 \times (0,592 \times 0,8 + 0,355 \times 0,6) = 318 B \\ \Delta U_{A-1} \% &= \frac{\Delta U_{A-1} \times 100\%}{U_n} = \frac{318 \times 100}{10000} = 3,18\%\end{aligned}$$

$$\Delta U_{1-2} = 1.73 \times 72 \times 2 \times (0.592 \times 0.8 + 0.355 \times 0.6) = 169 \text{ В}$$

$$\Delta U_{1-2} \% = \frac{\Delta U_{1-2} \times 100\%}{U_n} = \frac{169 \times 100}{10000} = 1,69\%$$

$$\Delta U_{2-3} = 1.73 \times 49 \times 3 \times (0.592 \times 0.8 + 0.355 \times 0.6) = 172 \text{ В}$$

$$\Delta U_{2-3} \% = \frac{\Delta U_{2-3} \times 100\%}{U_n} = \frac{172 \times 100}{10000} = 1,72\%$$

$$\Delta U_{3-4} = 1.73 \times 12 \times 4 \times (0.592 \times 0.8 + 0.355 \times 0.6) = 56 \text{ В}$$

$$\Delta U_{3-4} \% = \frac{\Delta U_{3-4} \times 100\%}{U_n} = \frac{56 \times 100}{10000} = 0,56\%$$

12. Определить потери напряжения от источника питания до точки разрыва и сравнить с допустимым в послеаварийном режиме:

$$\Delta U_{A-4} = 3.18 + 1.69 + 1.72 + 0.56 = 7.15\% < \Delta U_{доп} = 13\%.$$

Условие выполняется сеть проходит на потери напряжения в аварийном режиме.

Практическое занятие № 13

ТЕМА: Монтаж воздушных и кабельных линий электропередачи

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Подготовительные работы по монтажу воздушных линий напряжением 0,38 кВ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с технологией сборки и монтажа опор и строительства линий. Научиться комплектовать материалы для строительства воздушных линий по типовым проектам

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория «Электроснабжения сельского хозяйства», электромонтажный полигон.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ВЛ – 0,38 кВ на электромонтажном полигоне.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

1. Не касаться частей, находящихся под напряжением руками.
2. Соблюдать меры безопасности при работе с инструментами электромонтера

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие / Н.В. Грунтович. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. — 271 с.: ил - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/992991>
2. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1771886>

Ход работы:

Теоретические основы:

Основанием для строительства ВЛ служит проектно – сметная документация и проект организации строительства. План трассы ВЛ – 0,38 кВ, чертежи пересечений инженерных сооружений и другие рабочие чертежи должны быть согласованы со всеми заинтересованными организациями. Срок действия согласований 1 год.

Строительство ВЛ делят на два периода: подготовительный – разбивка места установки опор, рубка просек, комплектация материалов, развозка опор по трассе; основной период – развозка конструкций и проводов, сборка опор на пикетах, разработка котлованов, установка опор, монтаж проводов.

Сборка и установка опор ВЛ – 0,38 кВ.

Трасса ВЛ должна расчищаться для проезда транспорта и механизмов на ширину не менее 25 м. Комплектация материалами и инструментом обеспечивается до начала строительства на 100%. В случае выполнения работ в зоне линии связи, автодорог, газопроводов и других инженерных сооружений, при вырубке леса и других зеленых насаждений, а также при потравах посевов – обязательно получить от заказчика письменное разрешение на право выполнения работ в этой зоне с указанием сроков. Котлованы под опоры разрабатывают не раньше, чем за сутки до их установки.

Порядок комплектации опор: сверяют место расположения пикета на местности с его расположением на плане ВЛ; планируют площадку для сборки опоры и установки крана; проверяют комплектность материалов, доставленных на пикет, их качество и соответствие чертежам.

У железобетонных опор и приставок проверяют марку, отсутствие трещин и раковин, наличие и состояние закладных деталей, наличие заземляющих и зануляющих проводников (при необходимости опоры ремонтируют); у деревянных опор – тип, марку и размеры элементов; у изоляторов и колпачков – тип и их число, чистоту и отсутствие на поверхности изоляторов трещин, отколов, наличие резьбы; у металлоконструкций и метизов – их число и соответствие деталей опоре, качество сварки, качество резьбовых соединений (состояние и длина резьбы), наличие метизов (гайки, шайбы) и соответствие их болтам, качество покраски.

Технология сборки железобетонных опор включает: выкладку стойки так, чтобы центр тяжести располагался у пикета; крепление и заземление траверсы; установку колпачков и изоляторов; раскраску и окраску резьбы.

Технология сборки деревянных опор: стойку и приставку выкладывают на деревянные прокладки, одновременно для вязки одевают проволоку; деревянные приставки крепят бандажми из оцинкованной проволоки диаметром 4 мм по 6 витков, например, опоры ПН – 1ДД; железобетонные приставки – хомутами, например опоры ПН – 1ДБ; устанавливают крюки, изоляторы в зависимости от назначения опоры, например, для одинарного или двойного крепления проводов на пересечениях с линиями связи, дорогами и т.д.; присоединяют болтами подкос с последующей раскраской и покраской болтов.

Все конструктивные размеры при сборке выбирают по типовым проектам. Сборку опор поручают звену из двух электромонтеров III и IV разряда.

Бурение котлованов

Работой руководит линейщик 3 разряда. При установке сложных опор разбивают центры котлованов под подкосы: для угловых опор – по биссектрисе угла поворота линии; для концевых – вдоль трассы. Отрезок трассы выбирают произвольно. При работе в зоне расположения инженерных коммуникаций (кабель, газопровод и другое) необходимо получить разрешение на земляные работы и пригласить представителя – владельца сооружения.

При установке машины на пикет проверяют вертикальное положение штанги бура, при бурении котлована под подкос бур устанавливают под углом 15 градусов. Электролинейщик должен находиться не ближе 2-х метров от бура. Котлованы роют в ручную, придают им ступенчатую форму. Центр котлованов для промежуточных опор допускается смещать по оси трассы до 2-х метров.

Установка опор

Звено состоит из 5-ти человек: звеньевой-линейщик IV разряда, два линейщика III разряда, машинист V разряда. Способ закрепления опоры в грунте, ее заложения принимают по проекту. Перед установкой опоры проверяют: комплектность сборки, надежность крепления конструкции, отсутствие посторонних предметов. Наличие состояния стропов, тросов, ухватов. Машинист приводит машину в положение для установки опоры. На опору одевают строп и крепят «удавкой». Линейщики занимают места в безопасной зоне и

выполняют пробный подъем на 0,3 метра над землей. Звеньевой проверяет качество сборки и строповки.

По команде звеньевого опору поднимают и ухватами направляют в котлован. Звеньевой отвесом проверяет вертикальное положение опоры и ее установку в створе, придерживаясь допустимых отклонений от вертикального положения – 0,1 метра на 1 метр высоты опоры, а выхода опоры со створа линии – не более 0,1 метра.

Траверсы и крюки должны быть перпендикулярны оси линии, допускается отклонение траверса от горизонтали не более 0,02 метра на 1 метр длины траверса. Котлован засыпают грунтом с послойным трамбованием через 0,2...0,3 метра. Стропы разрешается снимать после засыпки 2/3 глубины котлована. Подсыпают опору не менее чем на 0,2 метра. На опоры несмываемой краской при помощи трафаретов наносят порядковые номера и год установки.

Заземление опор

На линиях 0,38 кВ с глухозаземленной нейтралью все металлические элементы железобетонных опор и металлические элементы деревянных опор, на которых монтируют повторное или грозозащитное заземление, подлежат заземлению и соединению с нулевым проводом линии.

В качестве заземляющих проводников используют арматуру железобетонных опор или специально проложенные по опоре проводники, к которым присоединяют металлические элементы в процессе сборки. Расстояние между заземлителями должно быть не меньше длины заземлителя. Глубина заложения горизонтального заземлителя в траншее 0,7 метра, а в пахотном слое – 1 метр. Глубина погружения вертикального заземлителя не менее 2,5 метров.

Все соединения соединяющих проводников сваривают, места сварки закрашивают. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 30 Ом.

Монтаж проводов ВЛ 0.38 кВ

Трасса должна быть полностью подготовлена к монтажу проводов: вырублены и расчищены просеки, переустроены пересекаемые линии, установлены защитные устройства через дороги и другие сооружения, проверено качество закрепления опор в грунте. Готовность трассы проверяет мастер.

К монтажу проводов разрешается приступать только после устранения обнаруженных недоделок и получения письменного разрешения от лица, ответственного за установку опор. При монтаже проводов должны соблюдаться установленные ПУЭ расстояния от проводов до ближайших инженерных сооружений, древесных насаждений и земли. Бригаду для монтажа проводов делят на звенья, которые последовательно выполняют операции: первое звено – раскатывает и соединяет провода; второе – поднимает провода на опору; третье – натягивает, регулирует и вяжет провода.

Порядок раскатки проводов

До погрузки барабана с проводом в машину проверяют площадь сечения проводов и исправность барабана. Перевозить барабаны с проводом разрешается только в вертикальном положении с креплением в кузове растяжками. Разгружают барабаны грузоподъемными механизмами и устанавливают: на домкраты или лаги в прямом так, чтобы провод сходил сверху. Запрещается разгружать барабаны сбрасыванием.

Раскатывают провода по трассе одним из способов: по раскаточным роликам, временно устанавливаемым на опорах, автомашиной с раскаточного устройства. Запрещается раскатывать провода волочением по земле.

Соединение проводов

При скручивании в овальных соединителях подбирают соединитель по площади сечения провода, зачищают его внутри стальным ершиком под слоем кварцевазелиновой пасты, обрезают провода, зачищают их под слоем пасты и вводят в соединитель, скручивая приспособлением типа МИ-189 4 раза. Болтовыми зажимами соединяют провода на опорах при отсутствии на них механических нагрузок (например в петлях анкерных опор).

Подъем проводов на опору

Осуществляется механизмами или вручную. Запрещается поднимать провод на плечах или крепить к монтажному поясу при подъеме на опору.

Натяжка и регулирование проводов

После раскатки проводов их, насколько возможно, подтягивают вручную. Затем на провод устанавливают плашечный или клиновой зажим. К зажиму крепят стальной трос, присоединенный к автомашине или к другому механизму, которым натягивают провода.

Звеньевой по проекту определяет длину стрелы провеса провода для конкретных условий монтажа. При выборе стрелы провеса учитывают: климатический район по ветру и гололеду, марку и площадь сечения проводов, длину пролета и температуру воздуха в момент регулирования провеса. Фактическую длину стрелы провеса визирует электромонтер, находящийся на опоре, при помощи двух мерных реек. Сначала провод натягивают так, чтобы стрела провеса оказалась на 20% меньше заданной проектом, а затем отпускают до проектной отметки. Отклонения допускаются $\pm 5\%$.

Стрелу провеса остальных проводов регулируют путем сравнения на глаз со стрелой провеса первого провода. Разрегулирование проводов допускается не более 10% от проектной стрелы провеса.

Крепление проводов к изоляторам

Первоначально провода крепят на концевых и анкерных опорах при помощи плашечных зажимов типа ПАБ или боковой вязки проволокой. Алюминиевые провода вяжут только алюминиевой проволокой диаметром 2,5...3,5 мм. На промежуточных опорах провода крепят вязкой, прочность крепления не должна превышать 1500 Н.

В пролетах пересечений инженерных сооружений выполняют двойное крепление проводов вязкой или зажимами. Включение ВЛ под напряжение проводит эксплуатационный персонал заказчика после получения разрешения в соответствующих органах.

Инструкционные указания:

1. Изучить теоретические основы сборки и установки опор, бурения котлованов.
2. Ознакомиться с технологией монтажа проводов воздушных линий.
3. Ознакомиться с методикой выбора и визирования стрелы провеса.

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляют к качеству опор, конструкций, изоляторов и проводов?
2. Расскажите о порядке установки опор ВЛ и допустимых отклонениях от норм
3. Как устроены заземления и зануления опор ВЛ?
4. Как выбирают и визируют стрелу провеса проводов?
5. Как ведут монтаж проводов при пересечениях инженерных сооружений?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы, цель
2. Вычертить эскиз заземления опор и боковой вязки проводов.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Сделать вывод по работе.

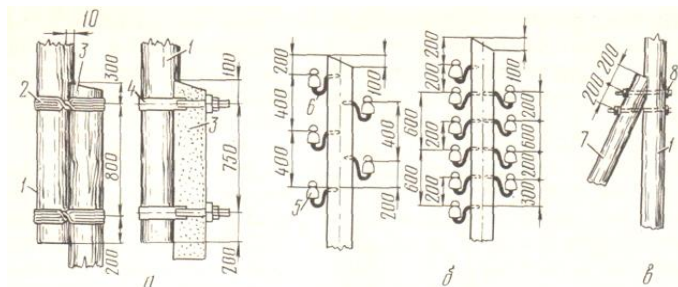


Рисунок 13.1 – Технология сборки деревянных опор: а – крепление деревянной и железобетонной приставок к стойке; б – установка крюков с изоляторами для одинарного и

двойного крепления проводов; в – крепление подкоса к опоре: 1 – стойка; 2 – бандаж; 3 – приставка; 4 – хомут; 5 – изоляторы; 6 – крюки; 7 – подкос; 8 – болты

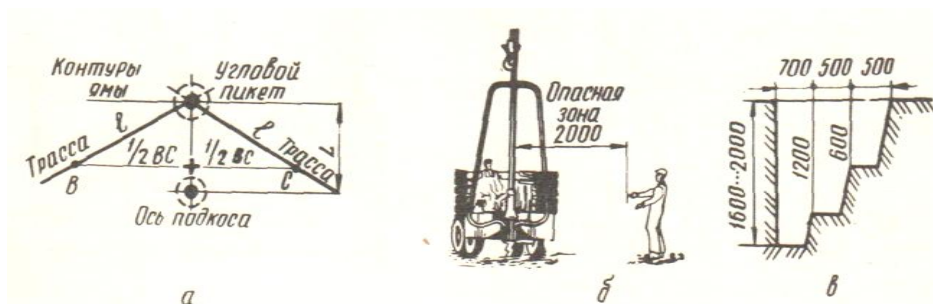


Рисунок 13.2 – Рытье котлована под опоры: а – разбивка центров котлованов для угловой опоры; б – установка машины на пикет; в – размеры котлована для установки опоры

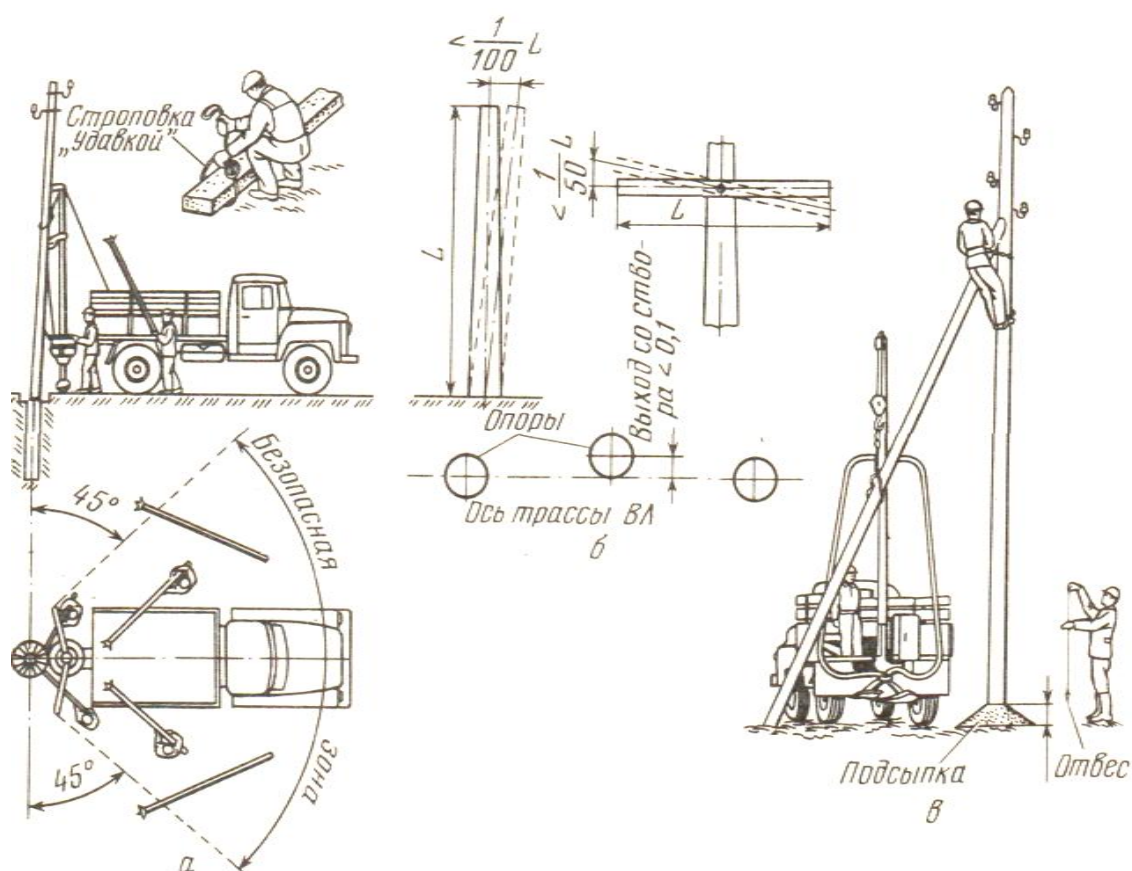


Рисунок 13.3 – Монтаж опор: а – установка опоры; б – допустимые отклонения положения опоры и траверсы; в – установка подкоса

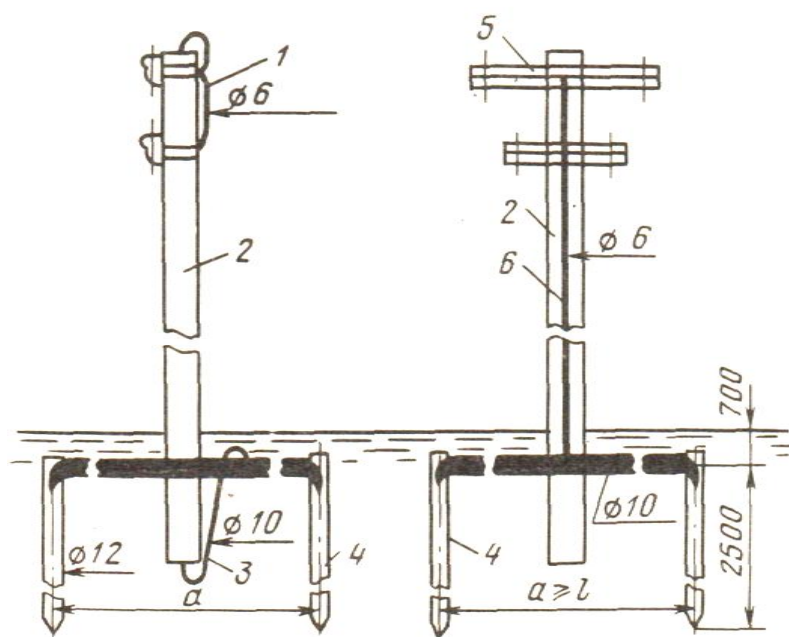


Рисунок 13.4 – Заземление опор: 1,3 – заземляющие проводники соединены с арматурой опоры; 2 – опора; 4 – заземлитель; 5 – траверса; 6 – заземляющий проводник проложен по опоре

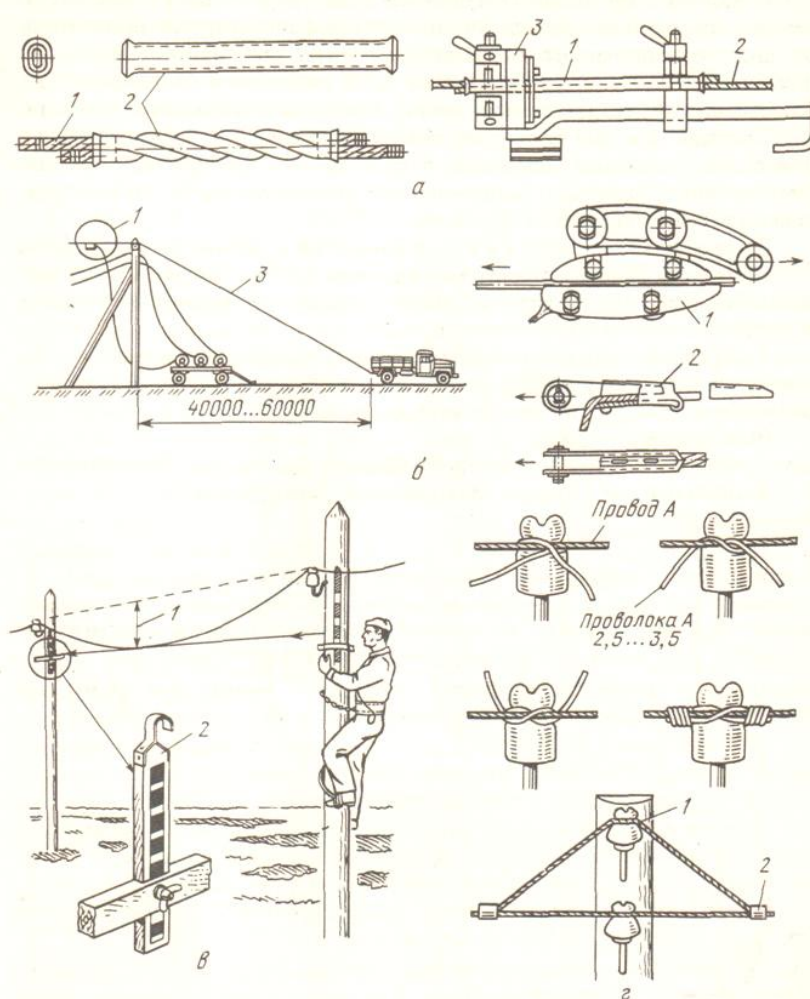


Рисунок 13.5 – Монтаж проводов: а – соединение проводов скручиванием: 1 – провод; 2 – овальный соединитель; 3 – приспособление МИ – 189; б – установка тягового механизма и зажимов на проводе: 1 – плашечного; 2 – клинового; 3 – тяговый трос; в – регулирование стрелы провеса: 1 – стрела провеса; 2 – рейка; г – боковая вязка к изоляторам и двойное крепление проводов на опоре: 1 – вязка; 2 - зажим

Практическое занятие № 14

ТЕМА: Монтаж воздушных и кабельных линий электропередачи

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение воздушных линий с изолированными проводами

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить конструктивные особенности линий с изолированными проводами.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория «Электроснабжения сельского хозяйства», электромонтажный полигон.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ВЛИ – 0,38 кВ на электромонтажном полигоне.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

1. Не касаться частей, находящихся под напряжением руками.
2. Соблюдать меры безопасности при работе с инструментами электромонтера

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие / Н.В. Грунтович. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. — 271 с.: ил - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/992991>
2. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1771886>

Ход работы:

Теоретические основы: Монтаж провода СИП на опорах выполняют с целью распределения между объектами и ввода в дом электроэнергии в сетях напряжением до 1кВ. Он выполняется проводами ВЛИ (воздушных изолированных линий) – СИП-1, 2 или 4. СИП-3 используется для прокладки линий ВЛЗ (воздушных защищённых линий) до 10 кВ.



Рисунок 14.1 – Монтаж СИП на опорах

Самонесущий изолированный провод (СИП) изготовлен из четырёх (или двух) скрученных проводников, изолированных друг от друга и окружающей среды слоем сшитого полиэтилена. Монтаж провода СИП разрешается выполнять путём крепления к специальным опорам и протяжки по фасадам электрифицируемых объектов.

Перед монтажом провода СИП подготавливают трассу путём расчистки площадки под установку опор и раскатку кабеля. В процессе подготовки старая воздушная линия удаляется или прокладывается новая рядом с учётом демонтажа старой. Раскатку выполняют затягиванием провода на опоры с помощью специального троса. Крепление СИП к опоре производят при помощи инструмента и материалов для монтажа СИП кабеля: раскаточное устройство; натяжитель бандажной ленты; крепежные материалы; натяжитель линии; динамометр.

Поэтапный монтаж:

Установка опор.

Крепление на опоры специальных крюков или кронштейнов.

Подвеска трос-лидера при помощи оборудования.

Протяжка СИП на опоры и его натяжение.

Крепление провода на опорах.

Обустройство линейных ответвлений от магистрали.

Подготовка к раскатке провода. На несущие и поддерживающие опоры устанавливают специальные ролики. Для этого на несущих используют ремни, а на поддерживающих крюки. На расстоянии не менее длины опоры ставят барабан с проводом со стороны крайнего несущего столба подготовленного к раскатке пролёта. С другой стороны пролёта устанавливают барабан с трос-лидером, диаметр которого подбирают с учётом способа выполнения раскатки: ручной или механизированной, и используемого провода. Перед установкой опор необходимо закрепить все необходимые кронштейны и крюки, чтобы избавиться от лишней работы на высоте в дальнейшем.



Рисунок 14.2 - Протягивание провода СИП на опоры

Протяжка трос-лидера. Синтетический канат поднимают на каждую опору. Как только трос-лидер будет заправлен в ролики всех опор, его соединяют с СИП кабелем при помощи чулка и вертлюга. Вертлюг не позволит кабелю перекрутиться в процессе заведения провода на опоры.



Рисунок 14.3 - Вертлюг для соединения троса и СИП

Раскатка. Путём медленного сматывания трос-лидера начинают подъём СИП на опоры. По мере движения провод плавно поднимается на первую и последующие опоры, занимая место троса на роликах до тех пор, пока не растянется на весь подготовленный пролёт. В процессе растяжки следят, чтобы провод не касался земли, не тёрся о столбы и крепёжные элементы. Нельзя поднимать СИП с земли, предварительно раскатав его или раскатывая в процессе движения.

Крепление к опорам. Когда провод вместе с трос-лидером минует последнюю опору пролёта, на первой анкерной опоре СИП закрепляют в зажиме, оставив достаточно провода для дальнейшего соединения с другим пролётом, подводом к дому. Далее, трос-лидер отсоединяют и при монтаже закрепляют провод на всех анкерных и промежуточных опорах. Раскаточные ролики в процессе фиксации снимают.



Рисунок 14.4 - Промежуточные зажимы для крепления СИП на опоре

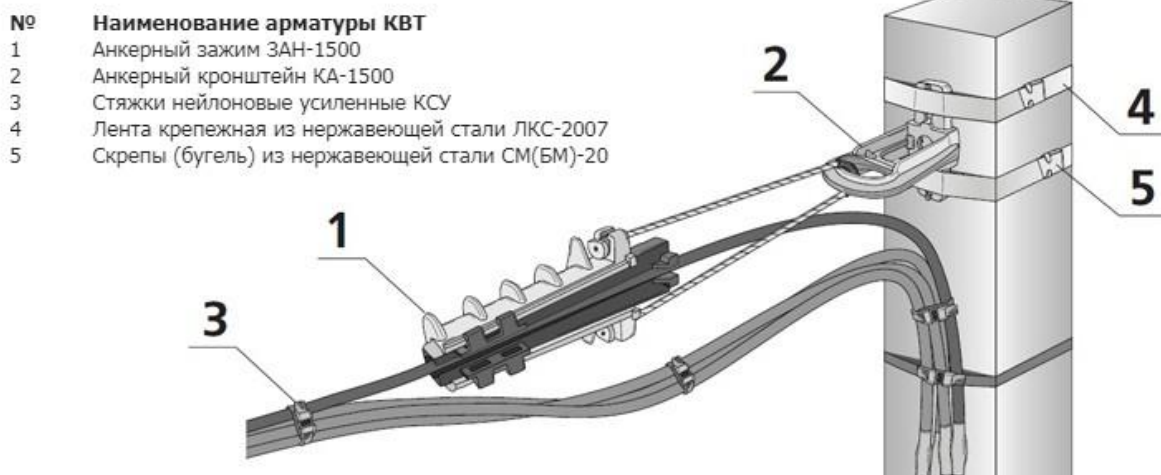


Рисунок 14.5 - Оконечное крепление СИП

Натяжка. Натяжку выполняют при помощи ручной лебёдки. В специальный зажим вставляют конец несущей жилы кабеля, расположенного на первой в пролёте анкерной опоре. Используя ручную лебёдку, провод подтягивают, контролируя силу натяжения при помощи динамометра. Рекомендуемые показания измерительного прибора можно узнать из проекта монтажа СИП или из специальной таблицы. В ней указаны параметры, рассчитанные для проводов определённых марок с учётом длины анкерного пролёта и температуры.

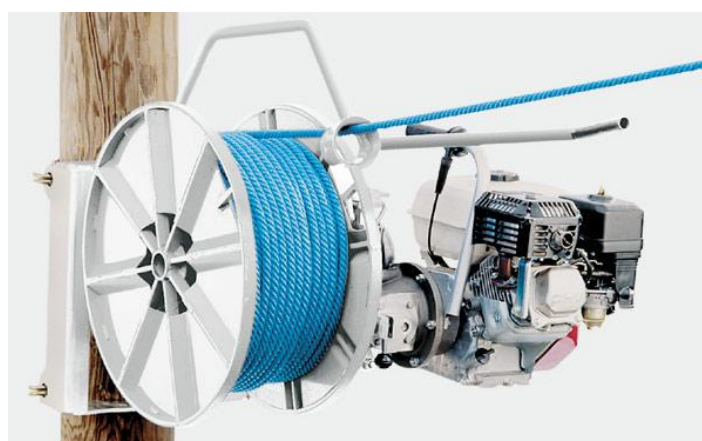


Рисунок 14.6 - Натяжитель самонесущего изолированного провода

Подвод к электрифицируемому объекту. Монтажом СИП от опоры к дому занимается обслуживающий воздушную линию персонал только после того, как все монтажные работы по прокладке СИП по опорам будут завершены. Подключение выполняют от опоры, расположенной вблизи дома. Для крепления провода используют анкерные зажимы, которые устанавливают на опоре воздушной линии и фасаде

подключаемого к источнику электроэнергии объекта. Один конец СИПа зажимают на опоре, оставляя часть для подключения к линии. Другой конец СИП фиксируют в зажиме на доме после ручного натяжения приблизительной силы.



Рисунок 14.7 - Крепление СИП на опоре



Рисунок 14.8 - Крепление для СИП к деревянному дому с переходом на ВВГнг

Особенности монтажа на опоре. Если питающая воздушная линия выполнена с использованием оголённого провода, то кронштейн для фиксации анкерного зажима монтируют под траверсой с изоляторами. Если линия проложена с использованием СИП, то кронштейн фиксируют под линейными креплениями. Для соединения с линией используют специальные зажимы для соединения оголённых проводов или прокалывающие зажимы для СИП в зависимости от типа воздушной линии.

Подключение к приборам учёта. Обычно прибор учёта электроэнергии вместе с автоматическими выключателями устанавливается на наружной стене дома. Подключение выполняют сначала к автоматам защиты, счётчику электроэнергии, только потом вводят провод в помещение. Для прокладки СИП от прибора учёта до места ввода в дом используют цельный провод. На фасаде его фиксируют, используя монтажный крюк или другие специальные крепления.

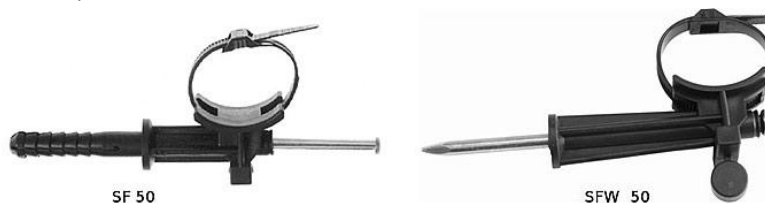


Рисунок 14.9 - Фасадные крепления СИП для кирпичного и деревянного дома

Особенности подключения к прибору учёта или автомату. К прибору учёта СИП подключают обычным способом: зачищают концы провода от изоляции, вставляют их в отверстия с клеммами и зажимают винтами. Подключение к счётчику можно выполнять через автоматические выключатели, которые монтируют перед прибором учёта электроэнергии. В зависимости от типа используемого устройства защиты подключение

выполняют прямым вводом оголённого конца кабеля в отверстие с клеммами или с применением специальных наконечников.



Рисунок 14.10 - Подключение СИП к автомату

Подвод СИП в дом. Если согласно техническим условиям прибор учёта электроэнергии должен быть установлен внутри помещения, то для ввода провода в дом можно использовать два варианта. Первый способ предполагает использование СИП для прокладки по фасаду здания и ввода внутрь. Второй метод предусматривает переход с самонесущего изолированного провода на кабель ВВГнг до ввода в дом. Недостатком первого варианта является относительно низкая огнестойкость изоляционной оболочки СИП, поэтому вводить такой провод в деревянные строения не рекомендуется. Недостатком второго варианта является наличие перехода от провода одного типа к проводу другого вида. Для повышения пожарной безопасности ввод СИП в дом выполняют с использованием специальных гофрированных рукавов, металлических или пластиковых труб, предварительно обработав их поверхность материалом в виде краски или пасты, устойчивой к высоким температурам и открытому огню.

Контрольные вопросы:

1. Какие типы опор применяют при сооружении ВЛ и из каких частей они состоят?
2. Какими способами соединяют провода при монтаже ВЛИ?
3. Как закрепляют провода ВЛИ на опорах?
4. В чем преимущества монтажа ВЛ с помощью СИП?

Задание к отчету:

1. Записать наименование работы и цель
2. Привести перечень необходимых материалов и оборудования для выполнения монтажа ВЛИ
3. Начертить эскизы арматуры для СИП
4. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 15

ТЕМА: Монтаж воздушных и кабельных линий электропередачи

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение видов муфт для соединения и оконцевания кабельных линий

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить способы и методы прокладки кабелей. Изучить способы соединения и оконцевания кабелей.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория «Электроснабжения сельского хозяйства», электромонтажный полигон.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: КЛ – 0,38 кВ на электромонтажном полигоне.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

1. Не касаться частей, находящихся под напряжением руками.
2. Соблюдать меры безопасности при работе с инструментами электромонтера

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие / Н.В. Грунтович. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. — 271 с.: ил - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/992991>
2. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1771886>

Ход работы:

Теоретические основы: В зависимости от назначения и конструкции кабелей им присваивают марку, состоящую из буквенных и цифровых символов. Марку кабеля и способ прокладки указывают в проекте.

К началу монтажа кабельных линий должны быть полностью закончены строительные работы по сооружению каналов, траншей, подготовлены трассы, включая установку закладных деталей, выполнены отверстия и т.д.

Кабельная траншея и здания до начала монтажа кабелей осматривается комиссией и принимается по акту.

Прокладка кабелей в земле

Кабельную трассу выполняют в соответствии с проектом. Расстояние между кабелями и инженерными сооружениями в местах пересечения и сближения должны удовлетворять требованиям ПУЭ. Траншеи, пересечения и вводы в здания выполняются строительными организациями после сооружения всех подземных коммуникаций и планировки площади.

Подготовка трассы

Размеры траншеи должны соответствовать: ширина не менее 500 мм, глубина не менее 800...1000 мм. На дно подсыпают слой мелкой земли 100 мм, не содержащей камней, мусора, шлака. По трассе укладывают защитные трубы и глиняный обыкновенный кирпич (применение силикатного или дырчатого кирпича не допускается).

Раскатка и прокладка кабеля

Кабель до прокладки осматривают и испытывают, доставляют на трассу только при вертикальном положении барабана, сбрасывать барабан с машины запрещается. Кабель раскатывают в траншеи одним из способов: кабелеукладчиком, трубоукладчиком или домкратом.

Не допускается тянуть кабель по земле без раскаточных роликов. Кабель укладывают в траншею с запасом по длине 1...3% (змейкой). При отрицательной температуре кабель прогревают и кладут с запасом 3...4%.

В местах установки соединительных муфт оставляют запас кабеля для повторной разделки и компенсации температурных деформаций. Комиссия проверяет кабель в траншее, составляет акт и дает разрешение на засыпку.

Кабель присыпают мягкой землей 100 мм, в местах защиты укладывают кирпич плотно, без зазоров и полностью засыпают траншею. Оповестительные знаки устанавливают в местах пересечений коммуникаций, на поворотах, на муфтах и на прямых участках трассы через 100 м.

Ввод кабеля в здание выполняется в трубе длиной не менее 0,6 м с уплотнением и гидроизоляцией прохода.

Прокладка кабелей в производственных помещениях

Кабельные линии должны быть доступны для осмотра и ремонта. Кабели должны быть защищены на опасных участках от случайных механических повреждений и агрессивной среды. Прокладываемые кабели не должны иметь горючих защитных покровов. При монтаже необходимо строго соблюдать нормируемые расстояния от кабелей до

строительных оснований, оборудования, проходов. Металлические кабельные конструкции оболочки кабелей зануляют или заземляют и окрашивают.

Способы прокладки кабелей

Кабели прокладывают непосредственно по строительным основаниям с креплением скобами или по кронштейнам с креплением скобами или по кронштейнам с креплением хомутами.

При большом числе кабелей их прокладывают по сборным кабельным конструкциям, которые состоят из кабельных стоек и кабельных полок или закладных подвесок. Потoki кабелей прокладывают в лотках или в коробках, закрепляемых на конструкциях.

Прокладку кабелей по железобетонным перекрытиям и конструкциям выполняют на тросах.

Технология прокладки кабелей

До начала работ проверяют состояние трассы, расстояние до других инженерных конструкций, наличие проемов. Для прокладки используют кабели с несгораемой наружной изоляцией.

Технология монтажа включает: раскатку кабеля с барабана по раскаточным роликам; подъем кабеля при помощи монтажных блоков; укладку кабеля на подвесы или лотки. В лотках и коробках кабели лежат в 1...3 ряда без зазора.

Соединение и оконцевание кабелей напряжением до 1000В

Конструкции соединительных муфт и концевых заделок выбирают с учетом условий работы и окружающей среды согласно указаниям в рабочих чертежах. При этом необходимо строго соблюдать технологию монтажа. Все металлические элементы заделок, броню и металлическую оболочку кабелей зануляют.

У кабельной линии на напряжение до 1000В с заделками и муфтами испытывают сопротивление изоляции всех жил между собой и каждой относительно земли мегомметром на 2500 В. Сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм. Монтаж муфт выполняют только обученные электромонтажники.

Последовательность разделки кабелей: отрезают кабель ножницами НС – 3У1, снимают покров и режут броню специальной ножовкой с ограничителем глубины реза; делают поперечные и продольные надрезы оболочки специальным приспособлением и снимают оболочку; последовательно ступенями снимают изоляцию.

Длину жил кабеля, который присоединяют к контактам оборудования, определяют по замерам. Пластмассовую оболочку кабеля снимают специальным ножом, делая продольные и поперечные надрезы. Жилы разделявают также ступенчато.

Монтаж соединительных муфт

Для соединения кабелей напряжением до 1000В между собой применяют муфты различных конструкций.

Соединительные чугунные муфты типа СЧ. Технология монтажа: кабель разделяют и жилы соединяют гильзами. Между жилами устанавливают изолирующие распорки, разделанный кабель помещают в разъемный чугунный корпус, и после уплотнения вводов муфту заливают разогретой битумной мастикой. Зануляющий проводник припаивают к броне и оболочке кабеля и присоединяют к корпусу муфты.

Соединительные муфты ПСсл. Технология монтажа: кабель разделяют, на жилы надевают термоусаживаемые изоляционные трубки, жилы соединяют гильзами, которые изолируют подмоткой из самосклеивающейся электроизоляционной ленты типа ЛЭТСАР.

Подогретой термоусаживаемой трубкой изолируют жилы. Бронь и оболочку кабелей соединяют медной перемычкой. Смонтированную муфту помещают в стеклопластиковый кожух.

Монтаж концевых заделок внутренней установки

Концевую заделку в стальной воронке типа КВБ применяют в сухих помещениях и монтируют в следующей последовательности: подбирают воронку по площади сечения и одевают на кабель; разделяют кабель обычным способом, обматывают жилы 3...4 слоями поливинилхлоридной ленты; припаивают провод заземления, уплотняют горловину и

устанавливают воронку на место; заливают воронку битумной мастикой, разогретой до 130 градусов.

Концевую заделку типа КВЭн (эпоксидная с защитой жил наиритовыми трубками) и заделку типа ПКВЭ (с подмоткой липкой поливинилхлоридной лентой) применяют для влажных и сырых помещений.

Заделку разделяют по обычной технологии, на жилы для изоляции одевают наиритовые трубки или подматывают липкую ленту. Радиус изгиба жил принимают не менее десятикратного диаметра жилы.

Съемную воронку заливают эпоксидным компаундом с отвердителем

Монтаж концевой мачтовой муфты до 1000 В типа КМА. Применяют для установки на опорах при переходе кабельной линии в воздушную. Муфту после разделки заливают массой битумной марки МБ или МБМ.

Испытания и сдача кабельных линий в эксплуатацию. Кабели напряжением до 1000 В испытывают в течение 1 мин мегомметром на 2500 В, при этом не должно быть пробоя изоляции или нарастания тока утечки между каждой жилой и заземленной оболочкой и между жилами. Все кабели и муфты, заделки снабжают бирками: квадратными – кабели до 1000 В; круглыми – кабели выше 1000 В: треугольными – контрольные кабели.

На бирках указывают марку кабеля, напряжение, число и площадь сечения жил, куда и откуда идет кабель. На бирках заделок пишут дату монтажа, фамилию монтера, назначение и номер кабеля.

Инструкционные указания:

1. Изучить теоретические основы монтажа кабельной линии.
2. Составить заявку на материалы и инструменты для проведения монтажа кабельной муфты (или заделки).

Контрольные вопросы:

1. Как прокладывать кабель в земле?
2. Назовите особенности монтажа кабелей на тросах
3. Как соединяют кабели?
4. Назовите типы концевых кабельных заделок и область их применения
5. Как испытывают кабельные линии напряжением до 1000 В?

Задание для отчета

1. Записать наименование работы, цель
2. Вычертить эскиз монтажа заделок кабелей.
3. Ответить на контрольные вопросы.

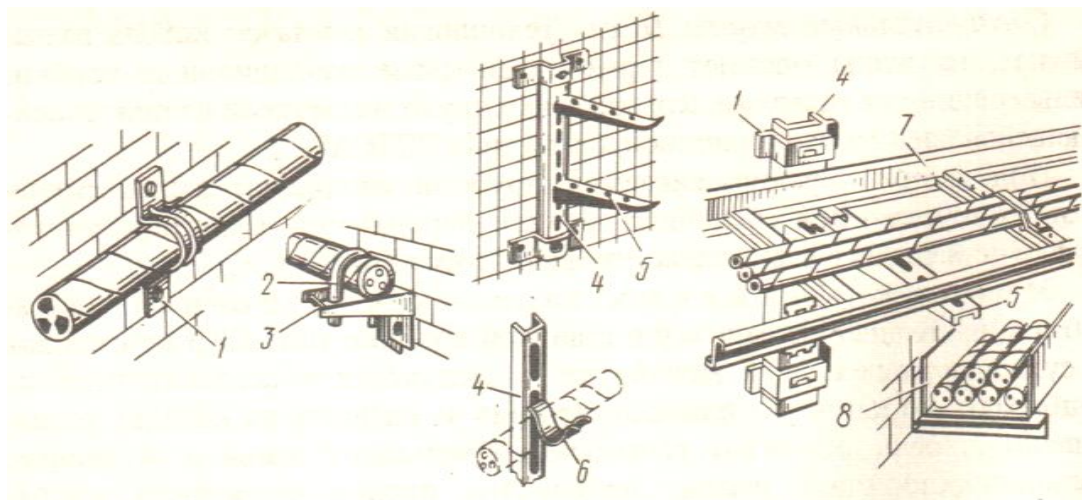


Рисунок 15.1 – Прокладка кабелей в производственных помещениях: 1 – скоба; 2 – хомут; 3 – кронштейн; 4 – кабельная стойка; 5 – кабельная полка; 6 – подвеска кабельная закладная; 7 – лоток; 8 – короб

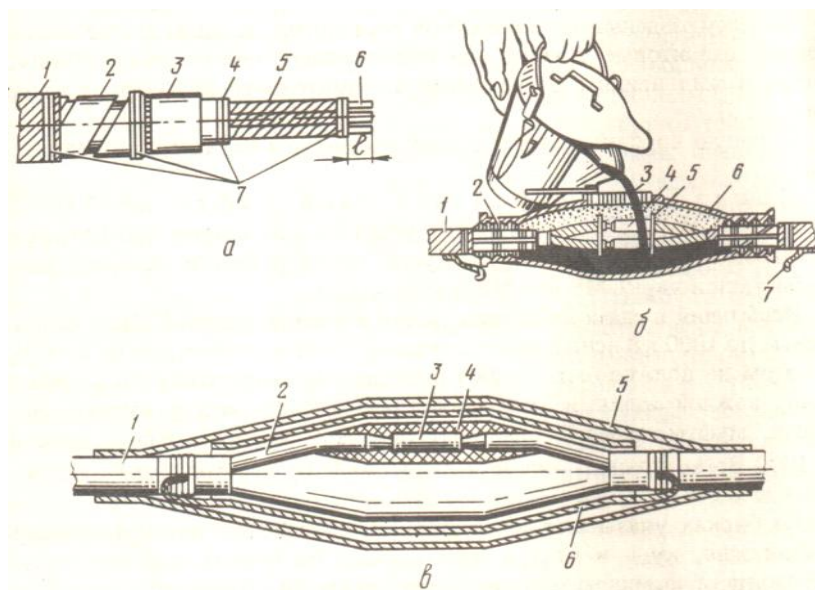


Рисунок 15.2 – Монтаж соединительных муфт: а – разделка кабеля и жил: 1 – защитный покров; 2 – броня; 3 – оболочка; 4 – поясная изоляция; 5 – изоляция жилы; 6 – жила; 7 – бандаж; б – монтаж муфты СЧ: 1- кабель; 2 – уплотнение; 3 – мастика; 4 – гильза; 5 – распорка; 6 – корпус; 7 – зануляющий проводник; в – монтаж муфты ПСсл: 1 – кабель; 2 – трубки; 3 – гильзы; 4 – подмотка; 5 – кожух; 6 – перемычка

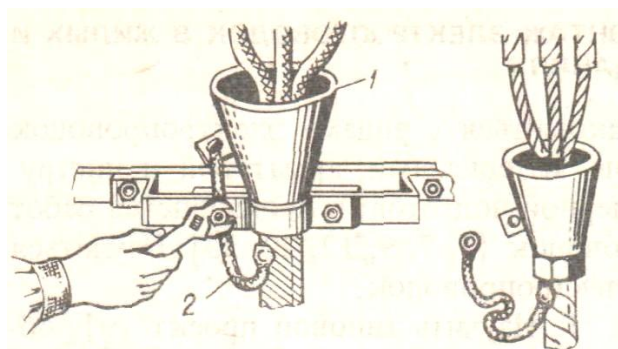


Рисунок 15.3 – Монтаж концевой внутренней битумной (КВБ) заделки: 1 – заделка; 2 – проводник заземления

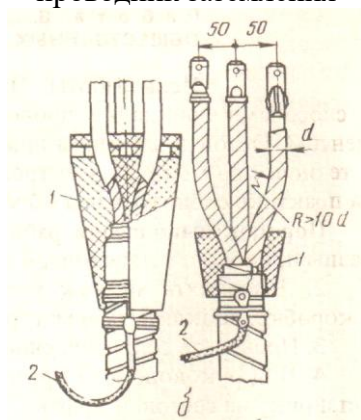


Рисунок 15.4 – Монтаж концевой внутренней эпоксидной с алюминиевой оболочкой (КВЭ) и пластмассовой оболочкой (ПКВЭ) заделок: 1 – заделка; 2 – проводник заземления

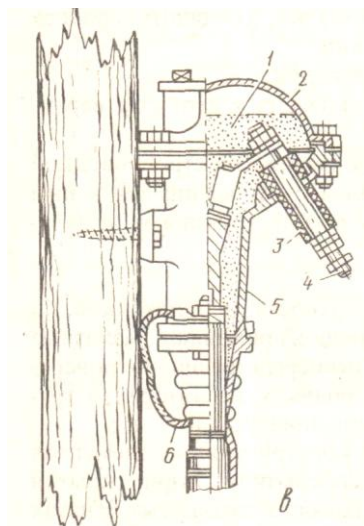


Рисунок 15.5 – Монтаж мачтовой муфты типа КМА: 1 – битумная масса; 2 – крышка; 3 – изолятор; 4 – контактный стержень; 5 – корпус; 6 – провод зануления

Практическое занятие № 16

ТЕМА: Монтаж воздушных и кабельных линий электропередачи

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитом.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить методы определения горизонтальных и вертикальных углов на примере измерения стрелы провеса линии

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория «Электроснабжения сельского хозяйства», электромонтажный полигон.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: ВЛ – 0,38 кВ на электромонтажном полигоне.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

1. Не касаться частей, находящихся под напряжением руками.
2. Соблюдать меры безопасности при работе с инструментами электромонтера

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие / Н.В. Грунтович. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. — 271 с.: ил - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/992991>
2. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1771886>

Ход работы:

Теоретические основы: Различные модели теодолитов, в зависимости от сложности конструкции, предполагаемых для выполнения задач и целей завода-изготовителя, обладают и разным функционалом.

Основными действиями, выполняемыми теодолитами, являются:

проведение угломерных измерений различными способами с общепринятой методологией;
 фиксирование нулевого значения по исходному направлению;
 определение расстояния по горизонтальной нити сетки нитей визирной трубы, эта функция требует использования дополнительного оборудования и ассистирующего персонала;
 определение магнитных азимутов с помощью буссоли;
 автоматическая коррекция вертикального угла наклона прибора – в оптических моделях за счет встроенного автоматического компенсатора, в электронных за счет программно реализованной возможности ручной корректировки;

разбивка на местности осей здания и его частей и определение проектного соответствия смонтированных строительных и архитектурных конструкций.

Измерение горизонтальных углов

Замеры данного типа выполняются двумя методами:

способ приёмов (при образовании в вершинной точке угла более двух направляющих используются круговые приёмы);

способ повторений.

При исполнении любого метода инструмент первоначально устанавливается в рабочее положение (прибор центрирован и горизонтирован с применением системы винтов) в вершинной точке определяемого угла. При выполнении изысканий в полевых наземных условиях плоскости сторон угла обозначаются вехами или другими опорными точками (при подземных работах стороны размечаются отвесами или специализированными метками).

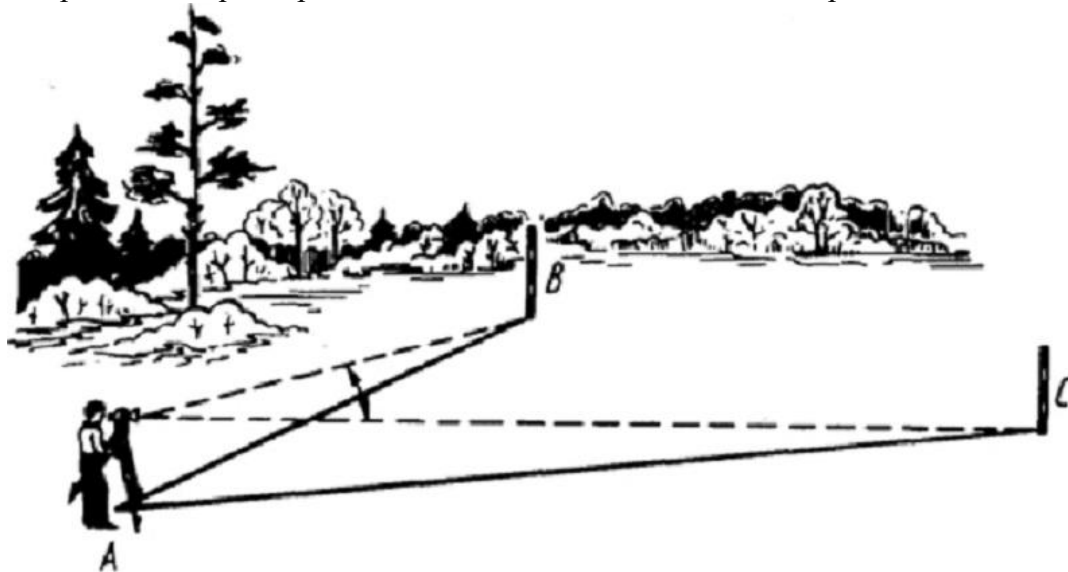


Рисунок 16.1 – Измерение горизонтального угла с помощью теодолита

Способ приёмов состоит в фиксировании координат цели с использованием системы наводящих винтов и алидады и выполнении двух отсчетов с определением их разности двумя полуприемами со сбивкой алидады на 90° . Расхождение результатов выполненных отсчётов не должно превосходить точности отсчётного приспособления.

Измерение вертикальных углов

Последовательность действий по замерам углов наклона проще, нежели горизонтальных вследствие единственного направления угла наклона относительно фиксированной плоскости или линии.

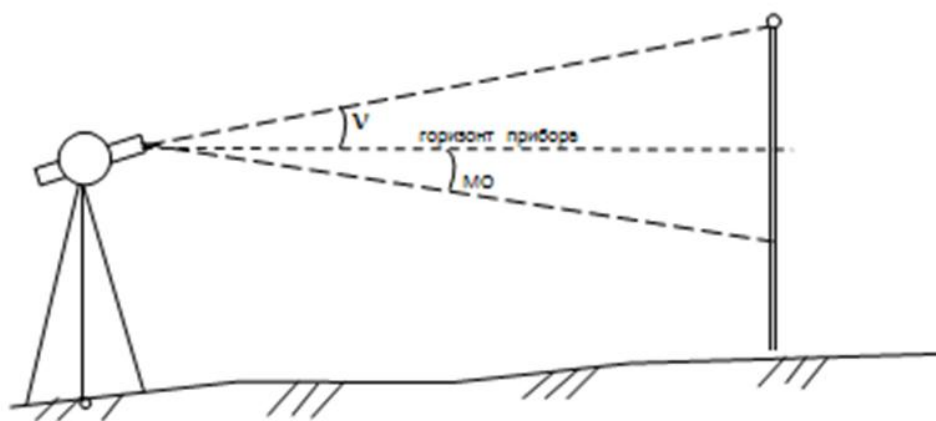


Рисунок 16.2 – Измерение вертикального угла с помощью теодолита

Вертикальное измерение углов теодолитом производится по вертикальному кругу и требуется при выполнении изысканий по определению превышений между высотами местности:

1. Прибор устанавливается в отцентрированное и горизонтированное положение.
2. Центральный крест сетки нитей наводится на опорную визирную точку.
3. Выполняется первый отсчёт по вертикальному кругу «по кругу лево».
4. Зрительная труба переводится через зенит на эту же опорную цель и выполняется второй отсчёт по вертикальному кругу «по кругу право».
5. Оценивается постоянство места нуля вертикального круга.
6. Расчётные выражения по определению места нуля и результирующих показателей углов разработаны производителями и приведены в технической документации прибора, они зависят от центрального положения круга и методов работы с конкретной моделью теодолита.

При вертикальном угломерном замере следует учитывать высоту установки самого инструмента.

Измерение габарита или стрелы провеса провода (троса) приспособлением ПОВЭ. Простым и удобным прибором для измерения стрелы провеса или габарита провода до земли (рисунок 16.3) является приспособление для определения высот элементов ПОВЭ (карманный высотомер).

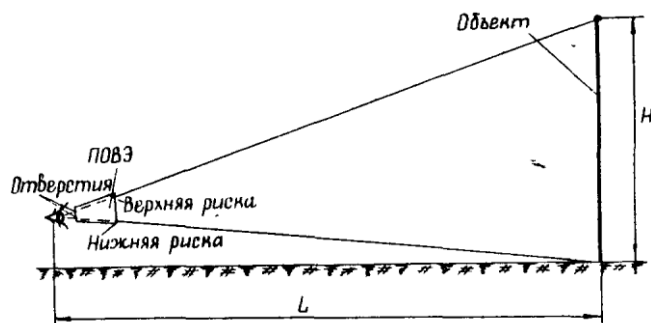


Рисунок 16.3 – Схема измерения высоты объекта с помощью ПОВЭ

Прибор представляет собой плоскую коробку, имеющую форму равнобедренного треугольника. В основание треугольника вставлено стекло, на котором нанесены две риски. В вершине треугольника имеются два отверстия, через которые производится визирование.

Для определения высоты измеряемого объекта (высоты дерева под проводами, высоты опоры или подвески провода на опоре) наблюдатель удаляется от него, держа приспособление отверстиями у глаз, на такое расстояние, при котором риски на стекле совпадают: верхняя — с вершиной объекта, нижняя — с его основанием; затем измеряется рулеткой расстояние от объекта до наблюдателя (L). Искомая высота (H) равняется половине этого расстояния.

Для определения высоты провода над землей под проводом в месте измерения забивается колышек. Затем наблюдатель удаляется от линии в направлении, перпендикулярном к ней, держа приспособление отверстиями у глаз на расстояние, при котором риски совпадают, верхняя — с проводом, нижняя — с основанием колышка. Измеряется расстояние от наблюдателя до колышка. Габарит провода в месте измерения равен половине этого расстояния.

Для определения стрелы провеса провода измеряется сначала высота подвески провода на опоре, как указано выше, затем наименьший габарит над землей и находят их разность.

Погрешность измерений ПОВЭ при высоте объектов или габаритах до 50 м не превышает 4%, что является допустимым.

Измерение стрелы провеса провода (троса) визированием с помощью двух реек. На стойках опор, в пролете между которыми измеряется стрела провеса, от точки подвеса

провода отмеряется расчетное значение стрелы провеса для данной длины пролета и температуры окружающего воздуха, и в этих местах на опорах закрепляются горизонтальные рейки (рисунок 16.4). Расположившись на опоре таким образом, чтобы глаз оказался на уровне одной из реек, монтер смотрит на рейку соседней опоры. При расчетной стреле провеса низшая точка провода должна находиться на прямой линии, соединяющей обе визирные рейки.

При отклонении действительной стрелы провеса провода от расчетной следует перемещать одну из реек вверх или вниз до тех пор, пока низшая точка провода не совпадет с прямой линией, соединяющей обе визирные рейки. В этом случае измеряемое значение стрелы провеса будет равно полусумме расстояний от уровня подвеса провода до реек на соседних опорах.

При горизонтальном расположении проводов на опорах визирование среднего провода удобнее производить, закрепляя рейки на одной опоре на левой стойке, а на другой — на правой.

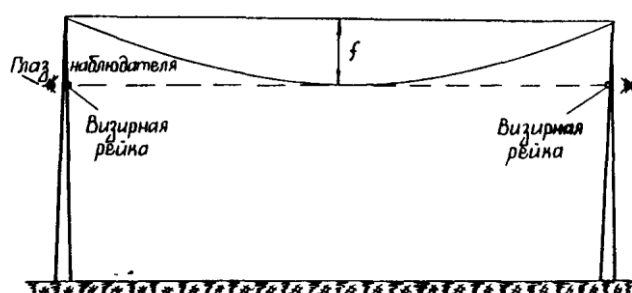


Рисунок 16.4 – Схема измерения стрелы провеса визированием

Измерение стрел провеса теодолитом. Наиболее точно стрелы провеса могут быть измерены с помощью теодолита. Теодолит устанавливается на расстоянии 50-60 м от линии, так чтобы расстояния от прибора до вертикальных проекций низшей точки провода и точки подвеса провода на опоре (R_1 и R_2) были примерно одинаковы (рисунок 16.5). Эти расстояния тщательно измеряются с помощью рулетки или с помощью теодолита и рейки.

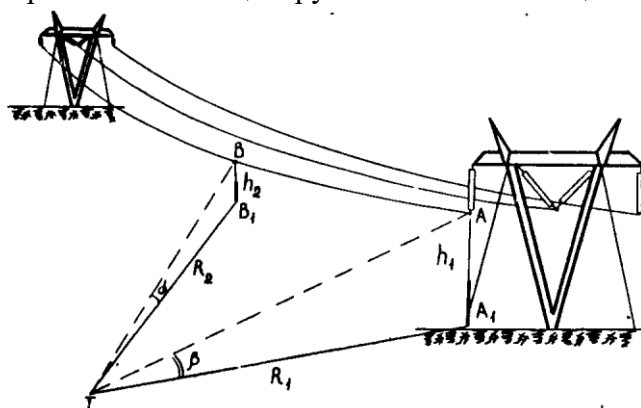


Рисунок 16.5 – Измерение стрел провеса с помощью теодолита:

A – точка подвеса провода на опоре; A1 – проекция точки A на землю; B – низшая точка провода в пролете; B1 – проекция точки B на землю; T – точка установки теодолита;
 R_1 и R_2 – расстояние от теодолита до точек A и B соответственно; h_1 – высота подвеса провода на опоре; h_2 – высота точки B

Вертикальная визирующая ось теодолита направляется на точку подвеса провода на опоре и производится отсчет превышения этой точки над горизонтальной осью прибора (угол β). Аналогично производится отсчет превышения низшей точки провода над горизонтальной осью прибора (угол α). По полученным отсчетам определяется стрела провеса провода как разность подсчитанных значений.

$$h_1 = R_1 \cdot \operatorname{tg} \beta; h_2 = R_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha; f = h_1 - h_2.$$

Стрелы провеса проводов и тросов должны отличаться от проектных значений не более чем на 5%.

Инструкционные указания:

1. Изучить теоретические основы измерения углов.
2. Вычертить эскиз определения стрелы провеса с помощью различных устройств.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью производится измерение углов?
2. Опишите, как с помощью теодолита определить стрелу провеса провода воздушной линии.

Задание для отчета

1. Записать наименование работы, цель
2. Вычертить эскиз определения стрелы провеса с помощью различных устройств.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 17

ТЕМА: Монтаж трансформаторных подстанций

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Определение параметра изоляции катушек токоведущих частей

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться со способами и освоить методику определения степени влажности изоляции обмоток трансформаторов.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория «Электроснабжение сельского хозяйства», электромонтажный полигон.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: приборы для определения степени увлажнения обмоток.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

1. Не касаться частей, находящихся под напряжением, руками.
2. Соблюдать меры безопасности при работе с инструментами электромонтера

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1771886>
2. Хорольский, В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 288 с. — (Среднее профессиональное образование). режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1372885>

Ход работы:

Теоретические основы: В процессе эксплуатации, а также при ремонте происходит увлажнение изоляции электрических машин и трансформаторов. Появление влаги в изоляции приводит к резкому снижению ее электрической прочности. Степень увлажнения изоляции определяется на основании ряда измерений, в том числе сопротивления изоляции обмоток и коэффициента абсорбции, емкостей при постоянной температуре и при разных частотах, угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ и др.

Измерение сопротивления изоляции наиболее простое и распространенное средство проверки состояния изоляции. Сопротивление изоляции измеряют для всех электрических машин и трансформаторов. Причем для машин напряжением до 1000 В мощностью до 100 кВт сопротивление изоляции практически представляет собой единственный критерий ее увлажнения.

Сопротивление изоляции обмоток измеряют мегомметром напряжением 500...1000 В или 2,5 кВ. Снижение сопротивления изоляции указывает на ухудшение ее состояния.

Коэффициент абсорбции представляет собой отношение сопротивлений изоляции, измеренных через 15 (R_{15}) и 60 (R_{60}) секунд после приложения напряжения: $K_{AB} = R_{60} / R_{15}$.

В диэлектриках наблюдается различного рода поляризация; наличие же небольшого количества свободных зарядов приводит к возникновению токов сквозной проводимости. Полный ток через диэлектрик равен сумме токов сквозной проводимости и абсорбции. Время протекания токов абсорбции значительно зависит от влажности изоляции. При увлажненной изоляции значение коэффициента абсорбции приближается к единице. При неувлажненной оно может достигать 2...3 и более. Минимально допустимое значение коэффициента абсорбции для изоляции составляет 1,3.

Степень увлажнения изоляции по методу «емкость - частота» определяется при помощи приборов ПКВ – 13, ПКВ – 7. Для оценки увлажнения изоляции по этому методу сравнивают значения емкости, измеренной при различных частотах и неизменной температуре. Чем больше возрастает емкость при понижении частоты, тем более увлажнена изоляция. Критерием увлажненности изоляции является отношение емкости, измеренной при частоте 2 Гц, к емкости, измеренной при частоте 50 Гц (C_2/C_{50}). Это отношение отсчитывается непосредственно по шкале прибора.

Для измерения значения C_2/C_{50} прибором ПКВ – 13 могут быть использованы только емкости между изолированными и заземленными частями измеряемого объекта.

Для определения степени увлажнения изоляции по методу «емкость - время» используют прибор ЕВ – 3. В основу метода положена известная зависимость измеренного значения емкости изоляции от времени разряда: при разряде увлажненной изоляции измеренная емкость будет тем больше, чем дольше ведется измерение. Для неувлажненной изоляции это явление выражается значительно слабее. Зависимость емкости от времени разряда связана с появлением абсорбции. Емкость изоляции может быть представлена в виде двух составляющих: быстро разряжающейся геометрической емкости C_G , значение которой не зависит от влажности, и медленно разряжающейся абсорбционной емкости C_A , значение которой существенно зависит от влажности изоляции. Отношение этих емкостей C_A/C_G характеризует увлажненность изоляции.

Прибор ЕВ – 3, работающий по методу «емкость - время», позволяет измерить емкость C и прирост емкости ΔC изоляции обмоток относительно корпуса при заземленных остальных обмотках.

C – часть абсорбционной емкости, измеренная за определенное время, ее используют для определения влажности изоляции. Критерием увлажнения изоляции является относительный прирост емкости $\Delta C/C$.

Сушка трансформаторов. Изоляцию обмоток трансформаторов можно сушить различными способами. Распространены наиболее экономичные и удобные из них: сушка индукционным методом, т. е. в результате нагрева от потерь энергии в собственном баке и токами нулевой последовательности.

В обоих случаях сушку проводят на месте установки трансформаторов при любой температуре окружающей среды, сливая масло из баков.

Индукционный метод («сушка потерями в собственном баке») заключается в следующем. На бак наматывают намагничивающую обмотку (рисунок 17.1).

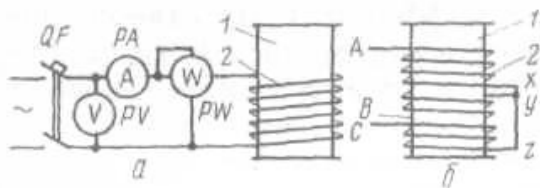


Рисунок 17.1 – Схемы сушки трансформатора индукционным методом с помощью намагничивающих обмоток: а – однофазной; б – трехфазной;
1 – нагреваемый трансформатор; 2 – намагничивающая обмотка

Чтобы температура была распределена внутри бака более равномерно, намагничивающую обмотку наматывают снизу на 40...60% его высоты, причем на нижней части бака витки располагают плотнее, чем на верхней.

Провод для обмотки может быть выбран любой. Температуру нагрева трансформатора регулируют, изменяя подводимое напряжение, число витков намагничивающей обмотки или периодически отключая ее от питания.

Сушка токами нулевой последовательности (ТНП) отличается от предыдущего метода тем, что намагничивающей служит одна из обмоток трансформатора, соединенная по схеме, показанной на рисунке 17.2. У трансформаторов, применяемых в сельском хозяйстве, чаще всего нулевая группа соединения обмоток. В этом случае очень удобно использовать в качестве намагничивающей обмотку низшего напряжения с выведенной нулевой точкой.

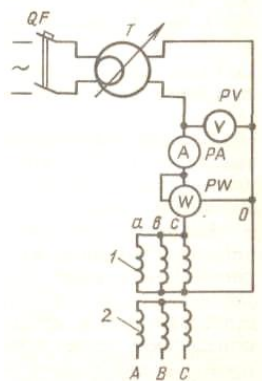


Рисунок 17.2 – Схема сушки трансформатора токами нулевой последовательности:
Т — однофазный индуктивный регулятор; 1 и 2 — обмотки низшего и высшего напряжений

Нагрев происходит за счет потерь мощности в намагничивающей обмотке, стали магнитопровода, его конструктивных деталях и в баке, т. е. от внутренних и внешних источников теплоты. Такая сушка сочетает в себе два способа: током к. з. и потерями в собственном баке.

Благодаря внутреннему источнику теплоты данный метод характеризуется значительно меньшим потреблением мощности (до 40%) и временем сушки (до 40%) по сравнению с индукционным.

Инструкционные указания:

1. Изучить теоретические основы определения степени увлажненности обмоток трансформаторов.
2. Сравнить методы сушки изоляции трансформатора.

Контрольные вопросы:

1. Какие методы определения степени увлажнения изоляции обмоток применяются в настоящее время?
 2. Почему при определении степени увлажнения по методам емкость – частота и емкость – время необходимо заземлять свободные обмотки?
 3. Какой из методов определения степени увлажнения наиболее эффективен и почему?
- Какой из методов определения степени увлажнения изоляции наиболее прост и почему?
5. В каких случаях необходимо определять степень увлажнения изоляции и почему?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы, цель
2. Вычертить схемы сушки изоляции обмоток трансформатора.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Сделать вывод по работе.

Практическое занятие №18

ТЕМА: Короткие замыкания в электрических установках

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет эквивалентного сопротивления для расчета токов короткого замыкания

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику определения эквивалентных сопротивлений для расчета токов короткого замыкания.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в аудитории.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд., испр. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 214 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1231245>

Ход работы:

Теоретические основы: определение эквивалентного сопротивления до места короткого замыкания основывается на расчете полного сопротивления всех элементов цепи, расположенных между точкой короткого замыкания и источником питания, согласно их способу соединения. Методика расчета:

1. Составляется схема замещения; наносятся точки короткого замыкания.

2. Определяем базисные условия:

Базисная мощность: $S_{баз} = 10; 100; 1000 \text{ МВА}$ - число удобное для вычислений.

Базисное напряжение: $U_{баз} = 1,05 \cdot U_n$.

3. Преобразование схемы выполняется в направлении от источника питания к месту к.з. При этом используются правила последовательного и параллельного сложения сопротивлений. Расчетные выражения для определения приведенных значений сопротивлений приведены в таблице 18.1.

Таблица 18.1 – Формулы для определения сопротивлений в относительных единицах

Элемент электроустановки	Исходный параметр	Формула
Система	$S_{кз}$	$X_{c*} = \frac{S_{баз}}{S_{к.з.}}$
Трансформатор	$U_k \%, S_{н.тр.}$	$X_{mp*} = \left(\frac{U_k \%}{100\%} \right) \times \left(\frac{S_{баз}}{S_{ном}} \right)$
Воздушная линия	$\ell; r_0; x_0$	$R_{л*} = r_0 \times l \times \left(\frac{S_{баз}}{U_{баз}^2} \right) \quad X_{л*} = x_0 \times l \times \left(\frac{S_{баз}}{U_{баз}^2} \right)$

4. Результирующее сопротивление короткозамкнутой цепи в относительных единицах:

$$Z_{p*} = \sqrt{(\sum R_*)^2 + (\sum X_*)^2}$$

5. Ток базисный:

$$I_\phi = \frac{S_{баз}}{\sqrt{3} \times U_{баз}}$$

6. Токи короткого замыкания:

Трехфазный:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{p*}}$$

Двухфазный:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \times I_{\kappa}^{(3)}$$

Ударный:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \times K_{y\partial} \times I_{\kappa}^{(3)},$$

где $K_{уд}$ - коэффициент ударный, в сельских сетях принимается в зависимости от номинального напряжения сети: при номинальном напряжении 110кВ – 1,8; при 35кВ – 1,5; при 10кВ – 1,2; при 0,38кВ – 1,0.

Задача: произвести расчет токов короткого замыкания в схеме при питании от системы. Исходные данные для расчета указаны в таблице. Определить $I_{\kappa}^{(3)}$; $I_{\kappa}^{(2)}$; $i_{уд}$ в точках K_1 ; K_2 ; K_3 .

Контрольные вопросы:

1. Какие электроустановки относятся к электроустановкам с изолированной нейтралью, какие с глухозаземленной?
2. Что такое термическая устойчивость электрооборудования?
3. Что такое электродинамическая устойчивость электрооборудования?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему и схему замещения сети.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

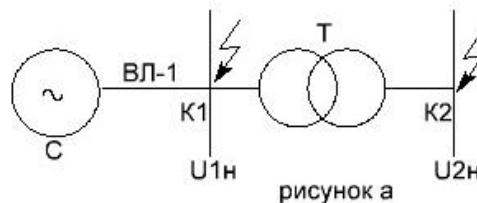


рисунок а

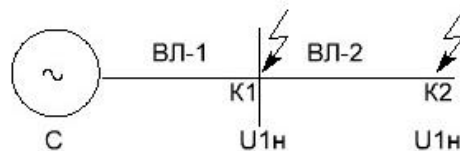


рисунок б

Рисунок 18.1 – Схемы для расчета токов короткого замыкания в относительных единицах

Пример выполнения:

Исходные данные: система: $S_{\kappa 3} = 500 \text{ МВА}$

ВЛ-1: $U_{н1} = 110 \text{ кВ}$, $l = 5 \text{ км}$, марка провода АС – 70

Трансформатор: $S_{н} = 10000 \text{ кВА}$, $u_{\kappa} \% = 10,5\%$, $U_{н1} = 110 \text{ кВ}$, $U_{н2} = 10 \text{ кВ}$

ВЛ-2: $U_{н2} = 10 \text{ кВ}$, $l = 12 \text{ км}$, марка провода АС – 70.

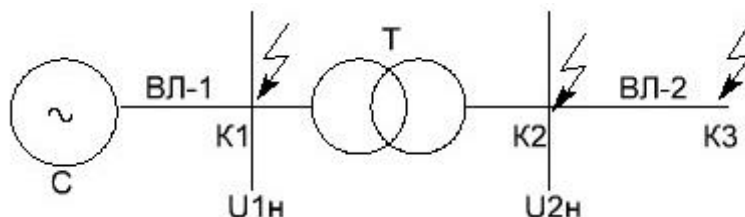


Рисунок 18.2 – Исходная схема к задаче

1. На основании исходной схемы составляется схема замещения, где все элементы сети

заменяются своими сопротивлениями (рисунок 18.3).

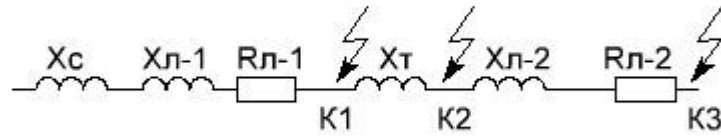


Рисунок 18.3 – Схема замещения

2. Принимаем базисные условия:

$$S_{\text{баз}} = 100 \text{ МВА}, U_{\text{баз1}} = 1,05 \times U_{\text{н1}} = 1,05 \times 110 = 115,5 \text{ кВ},$$

$$U_{\text{баз2}} = 1,05 \times U_{\text{н2}} = 1,05 \times 10 = 10,5 \text{ кВ}$$

3. Сопротивления элементов сети в относительных единицах:

$$X_{c*} = \frac{S_{\text{баз}}}{S_{\text{К.З.}}} = \frac{100}{500} = 0,2$$

$$R_{\text{л1}*} = r_0 \times l \times \left(\frac{S_{\text{баз}}}{U_{\text{баз}}^2} \right) = 0,420 \times 5 \times \left(\frac{100}{115,5^2} \right) = 0,0157$$

$$X_{\text{л1}*} = x_0 \times l \times \left(\frac{S_{\text{баз}}}{U_{\text{баз}}^2} \right) = 0,410 \times 5 \times \left(\frac{100}{115,5^2} \right) = 0,0154$$

$$X_{\text{мп}*} = \left(\frac{U_{\text{к}} \%}{100\%} \right) \times \left(\frac{S_{\text{баз}}}{S_{\text{ном}}} \right) = \left(\frac{10,5}{100} \right) \times \left(\frac{100}{10} \right) = 1,05$$

$$R_{\text{л2}*} = r_0 \times l \times \left(\frac{S_{\text{баз}}}{U_{\text{баз}}^2} \right) = 0,420 \times 12 \times \left(\frac{100}{10,5^2} \right) = 4,57$$

$$X_{\text{л2}*} = x_0 \times l \times \left(\frac{S_{\text{баз}}}{U_{\text{баз}}^2} \right) = 0,341 \times 12 \times \left(\frac{100}{10,5^2} \right) = 3,71$$

4. Результирующие сопротивления до точек короткого замыкания:

$$Z_{\text{рез1}*} = \sqrt{R_{\text{л1}*}^2 + (X_{c*} + X_{\text{л1}*})^2} = \sqrt{0,0157^2 + (0,2 + 0,0154)^2} = 0,215$$

$$Z_{\text{рез2}*} = \sqrt{R_{\text{л1}*}^2 + (X_{c*} + X_{\text{л1}*} + X_{\text{мп}*})^2} = \sqrt{0,0157^2 + (0,2 + 0,0154 + 1,05)^2} = 1,265$$

$$Z_{\text{рез3}*} = \sqrt{(R_{\text{л1}*} + R_{\text{л2}*})^2 + (X_{c*} + X_{\text{л1}*} + X_{\text{мп}*} + X_{\text{л2}*})^2} = \\ = \sqrt{(0,0157 + 4,57)^2 + (0,2 + 0,0154 + 1,05 + 3,71)^2} = 6,766$$

5. Базисные токи (в схеме с трансформатором определяется два значения):

$$I_{\text{б1}} = \frac{S_{\text{баз}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{баз1}}} = \frac{100}{1,73 \times 115,5} = 0,5 \text{ кА}$$

$$I_{\text{б2}} = \frac{S_{\text{баз}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{баз2}}} = \frac{100}{1,73 \times 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

6. Токи короткого замыкания:

Точка К1

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{I_{\text{б1}}}{Z_{\text{п1}*}} = \frac{0,5}{0,215} = 2,326 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к1}}^{(2)} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \times I_{\text{к1}}^{(3)} = 0,87 \times 2,326 = 2,024 \text{ кА}$$

$$i_{\text{yд1}} = \sqrt{2} \times K_{\text{yд}} \times I_{\text{к1}}^{(3)} = 1,41 \times 1,8 \times 2,326 = 5,903 \text{ кА}$$

Точка К2

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{I_{\delta 2}}{Z_{p2*}} = \frac{5,5}{1,265} = 4,348 \text{ кА}$$

$$I_{\kappa 2}^{(2)} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \times I_{\kappa 2}^{(3)} = 0,87 \times 4,348 = 3,783 \text{ кА}$$

$$i_{y\delta 2} = \sqrt{2} \times K_{y\delta} \times I_{\kappa 2}^{(3)} = 1,41 \times 1,2 \times 4,348 = 7,357 \text{ кА}$$

Точка К3

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{I_{\delta 3}}{Z_{p3*}} = \frac{5,5}{6,766} = 0,813 \text{ кА}$$

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \times I_{\kappa 3}^{(3)} = 0,87 \times 0,813 = 0,707 \text{ кА}$$

$$i_{y\delta 3} = \sqrt{2} \times K_{y\delta} \times I_{\kappa 3}^{(3)} = 1,41 \times 1,2 \times 0,813 = 1,376 \text{ кА}$$

Практическое занятие №19

ТЕМА: Короткие замыкания в электрических установках

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет составляющих тока короткого замыкания

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета токов короткого замыкания в именованных единицах.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд., испр. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 214 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1231245>

Ход работы:

Теоретические основы: Одна из основных причин нарушения нормальной работы электроустановок – короткие замыкания в них.

Коротким замыканием называется всякое не предусмотренное нормальными условиями работы замыкание между фазами, а в системах с заземленной нейтралью (или четырехпроводных) также замыкание одной или нескольких фаз на землю (или на нулевой провод).

В системах с изолированной нейтралью замыкание на землю одной из фаз не является коротким замыканием. Однако одновременное замыкание на землю двух разных фаз и в системах с изолированной нейтралью есть двухфазное короткое замыкание через землю. Вследствие короткого замыкания резко повышается сила тока в сети.

Наибольшее мгновенное значение тока к.з. называют *ударным током*.

Простейшее для рассмотрения симметричное трехфазное к.з., т.к. при нем сопротивление всех трех фаз до точки к.з. одинаково. Сокращенно этот вид к.з. обозначается $K^{(3)}$. К несимметричным коротким замыканиям относят двухфазное [$K^{(2)}$], двухфазное на землю [$K^{(1,1)}$] и однофазное [$K^{(1)}$]. Последнее может возникать только в системах с заземленной нейтралью. В сетях с заземленной нейтралью наибольшее число (65%) составляют однофазные к.з., 20% - двухфазные на землю, 10% - двухфазные

и только 5% - трехфазные. В воздушных сетях с изолированной нейтралью более двух третей к.з. приходится на двухфазные и остальные – на трехфазные.

Методика расчета токов короткого замыкания:

1. Составляется схема замещения, наносятся точки короткого замыкания.
2. Выбирается сопротивление прямой последовательности и при однофазном коротком замыкании трансформатора ТМ – 10/0,4 по его паспортным данным.
3. Определяются активное и индуктивное сопротивления ЛЭП:

$$r_{БЛ} = r_0 \times \ell \quad x_{БЛ} = x_0 \times \ell$$

где $r_0; x_0$ - удельное сопротивление активное и индуктивное, Ом/км.

4. Определяется полное сопротивление ВЛ - 0,38кВ:

$$Z_{БЛ} = \sqrt{r_{БЛ}^2 + x_{БЛ}^2}$$

5. Определяется трехфазные и двухфазные токи короткого замыкания:

Трехфазный

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{\text{л}}}{(\sqrt{3} \times Z_{\text{рез}})}$$

Двухфазный

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{\kappa}^{(3)}$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение, В

$Z_{\text{рез}}$ – результирующее сопротивление короткозамкнутой цепи, Ом

6. Для проверки защиты на чувствительность рассчитываются минимальные токи КЗ. Это, чаще всего, токи однофазного КЗ, которые определяются по упрощенной формуле, рекомендуемой ПУЭ:

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

где $U_{\phi \min}$ – минимальное фазное напряжение на шинах 0,4 кВ ТП:

$$U_{\phi \min} = 220 \cdot \left(1 \pm \frac{\Delta U_{\text{ш}0,4}}{100} \right),$$

где $Z_m^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус; для трансформаторов 10/0,4 кВ со схемой соединения обмотки «звезда – звезда с нулем» значения приведены в таблице 19.1;

Z_n – полное сопротивление петли «фаза-нуль» от шин 0,4 кВ ТП до конца линии 0,38 кВ:

$$Z_n = L \cdot \sqrt{(r_{0\phi} + r_{0N})^2 + x_{н0}^2},$$

где $r_{0\phi}$ r_{0N} - активные сопротивления фазного и нулевого проводов,

L – длина линии;

$x_{н0}=0,6$ Ом/км – индуктивное сопротивление току нулевой последовательности.

Таблица 19.1 – Сопротивления трансформаторов току замыкания на корпус

$S_{\text{ТН}}, \text{кВА}$	25	40	63	100	160	250	400	630
$\frac{1}{3} Z_m^{(1)}, \text{Ом}$	1,040	0,650	0,410	0,260	0,160	0,100	0,065	0,042

Контрольные вопросы:

1. Что такое короткое замыкание?
2. Виды коротких замыканий и чем они сопровождаются?
3. От чего зависит ток короткого замыкания?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.

2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему и схему замещения сети.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задача: Произвести расчет токов короткого замыкания в схеме, изображенной на рисунке 19.1 в точках K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_4 . Найти $I_K^{(3)}$; $I_K^{(2)}$; и в конце ВЛ – $I_K^{(1)}$.

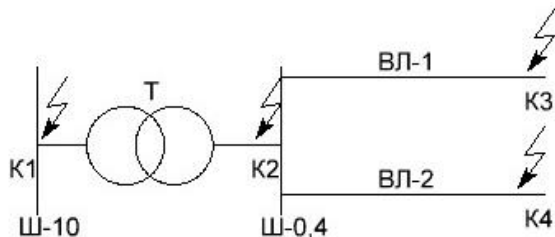


Рисунок 19.1 – Схемы для расчета токов короткого замыкания в именованных единицах

Пример выполнения:

Исходные данные: трансформатор ТМ – 160/10, ВЛ-1 выполнена проводом 3А-35+А-35 длиной 150 м, ВЛ-2 выполнена проводом 3А-50+А-25 длиной 100м.

1. Составляем схему замещения и наносим на ней точки короткого замыкания (рисунок 19.2).

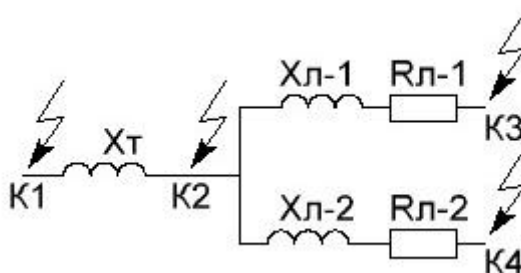


Рисунок 19.2 – Схема замещения

2. Согласно техническим данным для трансформатора ТМ-160/10 сопротивления прямой последовательности и при однофазном коротком замыкании составят:

$$Z_m = 0,045 \text{ Ом}, \quad \frac{1}{3} Z_m^{(1)} = 0,16 \text{ Ом}.$$

3. Определяем активное и индуктивное сопротивление воздушных линий:

$$r_{БЛ1} = r_0 \times \ell = 0,830 \times 0,15 = 0,125 \text{ Ом}$$

$$x_{БЛ1} = x_0 \times \ell = 0,308 \times 0,15 = 0,046 \text{ Ом}$$

$$r_{БЛ2} = r_0 \times \ell = 0,576 \times 0,1 = 0,058 \text{ Ом}$$

$$x_{БЛ2} = x_0 \times \ell = 0,297 \times 0,1 = 0,030 \text{ Ом}$$

4. Определяем полное сопротивление воздушных линий:

$$Z_{БЛ1} = \sqrt{r_{БЛ1}^2 + x_{БЛ1}^2} = \sqrt{0,125^2 + 0,046^2} = 0,133 \text{ Ом}$$

$$Z_{БЛ2} = \sqrt{r_{БЛ2}^2 + x_{БЛ2}^2} = \sqrt{0,058^2 + 0,030^2} = 0,065 \text{ Ом}$$

5. Определяем результирующие сопротивления до точек короткого замыкания:

$$Z_{рез2} = Z_m = 0,045 \text{ Ом}$$

$$Z_{рез3} = Z_m + Z_{БЛ1} = 0,045 + 0,133 = 0,178 \text{ Ом}$$

$$Z_{рез4} = Z_m + Z_{БЛ2} = 0,045 + 0,065 = 0,110 \text{ Ом}$$

6. Определяем токи короткого замыкания:

Точка К2

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{U_{\text{л}}}{(\sqrt{3} \times Z_{\text{рез2}})} = \frac{380}{1,73 \times 0,045} = 4881 \text{ A}$$

$$I_{\kappa 2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{\kappa 2}^{(3)} = 0,87 \times 4881 = 4247 \text{ A}$$

Точка К3

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{U_{\text{л}}}{(\sqrt{3} \times Z_{\text{рез3}})} = \frac{380}{1,73 \times 0,178} = 1236 \text{ A}$$

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{\kappa 3}^{(3)} = 0,87 \times 1236 = 1075 \text{ A}$$

Точка К4

$$I_{\kappa 4}^{(3)} = \frac{U_{\text{л}}}{(\sqrt{3} \times Z_{\text{рез4}})} = \frac{380}{1,73 \times 0,110} = 2000 \text{ A}$$

$$I_{\kappa 4}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{\kappa 4}^{(3)} = 0,87 \times 2000 = 1740 \text{ A}$$

7. Определяем однофазные токи короткого замыкания в конце воздушных линий (точки К3 и К4):

$$I_{\kappa 3}^{(1)} = \frac{U_{\text{фаз}}}{\left(\left(\frac{Z_{\text{мп}}^{(1)}}{3} \right) + Z_{\text{ф-0}} \right)} = \frac{220}{(0,16 + 0,265)} = 514 \text{ A}$$

$$Z_n = L \cdot \sqrt{(r_{0\phi} + r_{0N})^2 + x_{no}^2} = 0,15 \cdot \sqrt{(0,83 + 0,83)^2 + 0,6^2} = 0,265 \text{ Ом}$$

$$I_{\kappa 4}^{(1)} = \frac{U_{\text{фаз}}}{\left(\left(\frac{Z_{\text{мп}}^{(1)}}{3} \right) + Z_{\text{ф-0}} \right)} = \frac{220}{(0,16 + 0,13)} = 759 \text{ A}$$

$$Z_n = L \cdot \sqrt{(r_{0\phi} + r_{0N})^2 + x_{no}^2} = 0,1 \cdot \sqrt{(0,576 + 0,576)^2 + 0,6^2} = 0,130 \text{ Ом}$$

8. Расчет точки К1

Трехфазный ток короткого замыкания:

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{I_{\kappa 2}^{(3)}}{N} = \frac{4881}{25} = 195 \text{ A},$$

где $N = \frac{U_{1н}}{U_{2н}} = \frac{10}{0,4} = 25$ - коэффициент трансформации силового трансформатора.

Двухфазный ток короткого замыкания:

$$I_{\kappa 1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{\kappa 1}^{(3)} = 0,87 \times 195 = 170 \text{ A}.$$

Практическое занятие № 20

ТЕМА: Короткие замыкания в электрических установках

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Устройство и выбор автоматических выключателей

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство автоматических выключателей и освоить методику их выбора и проверки на чувствительность к токам короткого замыкания.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд., испр. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 214 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1231245>

Ход работы:

Теоретические основы: Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для защиты электрических установок от недопустимых перегрузок и токов короткого замыкания, а также для нечастой коммутации при нормальных условиях работы.

По принципу действия автоматический воздушный выключатель (автомат) представляет собой первичное реле прямого действия. За счет усилия F_n , создаваемого пружиной 2 (рисунок 20.1), автомат удерживается во включенном состоянии защелкой 1. Ток защищаемого участка, протекая по обмотке электромагнита 4, создает усилие F_3 , которое стремится притянуть якорь 3 к электромагниту. Если токов обмотке электромагнита достигает значения, при котором усилие F_3 становится больше силы F_n , то якорь 3, притянувшись к электромагниту, повернет защелку и освободит рычаг 5. Под действием пружины 6 произойдет размыкание контактов.

Устройство, воздействующее на защелку автомата, называется расцепителем. В зависимости от исполнения автомат может быть укомплектован одним или несколькими типами расцепителей: электромагнитными, тепловыми, дистанционными, нулевыми или комбинированными (тепловой с электромагнитным).

Контактная система автоматов снабжена дугогасительными камерами и рассчитана на отключение достаточно больших токов. Поэтому автоматы используются не только для коммутации электрической цепи в нормальных режимах, но и для защиты электроустановок при перегрузках и коротких замыканиях.

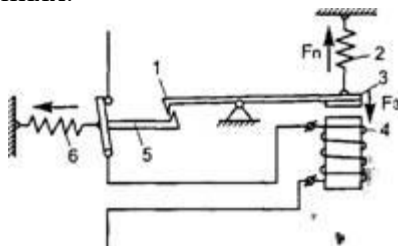


Рисунок 20.1 – Принципиальная схема работы автомата: 1 — защелка; 2 — пружина; 3 — якорь; 4 — обмотка электромагнита; 5 — рычаг; 6 — отключающая пружина

Применение автоматических выключателей вместо плавких предохранителей дает следующие преимущества. Во-первых, устраняется возможность работы электродвигателя в неполнофазном режиме, так как при перегрузках и коротких замыканиях отключаются сразу три фазы. Во-вторых, значительно снижаются простои электрооборудования, так как на включение сработавшего автомата требуется меньше времени, чем на замену перегоревшего предохранителя. И, наконец, в третьих, время-токовые характеристики защиты от перегрузок автоматов более соответствуют защищаемому электрооборудованию, чем время-токовые характеристики предохранителей.

Автоматический выключатель АВ25

Однополюсные установочные автоматические выключатели марки АВ25 предназначены для автоматического отключения электрических цепей или отдельных приемников при перегрузках и коротких замыканиях.

Устройство представлено на рисунке 20.2. В пластмассовом корпусе 1 неподвижно закреплена металлическая скоба 2 с контактом и винтовым зажимом для подключения провода. Подвижный контакт 4 смонтирован на латунном рычаге 5, который в центре отжимается пружиной 6, а концом упирается в биметаллическую пластинку 7. Эта пластинка приварена к выводу 9 с закрепленным на ней винтовым зажимом для

подключения второго провода. Для создания надежного контакта биметаллическая пластинка и рычаг соединены гибким медным проводником 8.

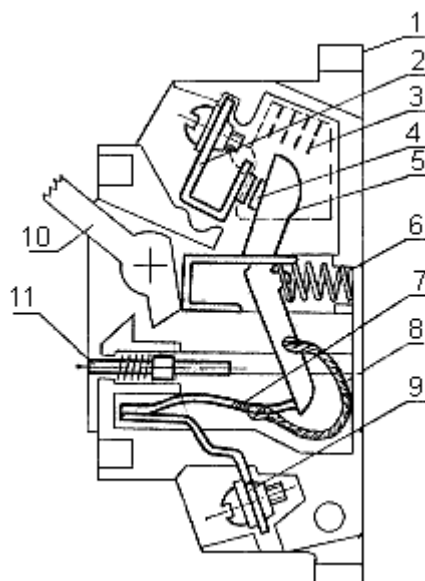


Рисунок 20.2 – Автоматический выключатель АВ – 25

При включении автомата рукоятку 10 устанавливают в верхнее положение и ее выступ освобождает рычаг, который под действием пружины поворачивается и замыкает контакты.

Отключение. Когда происходит короткое замыкание или перегрузка, автомат отключается следующим образом. Ток нагревает биметаллическую пластинку и она, отгибаясь книзу, высвобождает конец рычага, который под действием пружины поворачивается и размыкает контакты. Возникающая при этом между контактами искра гасится в дугогасительной камере 3.

Повторное включение. При автоматическом отключении АВ25 рукоятка остается в положении "включено", поэтому для повторного включения автомата необходимо сначала опустить ее в положение "отключено", а затем снова перевести в верхнее положение. В связи с такой конструкцией привода автомат снабжен указателем срабатывания 11 (пластмассовый стерженец с пружинкой). При включенном автомате, а также при выключении вручную указатель утоплен в корпусе. При автоматическом отключении концом рычага он выталкивается из гнезда и становится хорошо заметным.

Выбор автоматических выключателей производится по рабочему току защищаемой линии, проверяются автоматические выключатели на чувствительность к токам короткого замыкания: тепловой расцепитель к минимальным (однофазным токам короткого замыкания в конце защищаемой зоны), электромагнитный к максимальным (трехфазным токам короткого замыкания в начале защищаемой зоны).

Расчет защиты начинается с выбора автоматического выключателя, установленного у потребителя (АВ1).

Условия выбора следующие:

$$U_{ном АВ1} \geq U_{номсети}$$

$$I_{ном АВ1} \geq I_{рабтах}$$

$$I_{тр АВ1} \geq 1,2 \cdot I_{рабтах}$$

$$I_{элр АВ1} \geq I_{пускдв}$$

где $I_{пуск дв}$ – пусковой ток электродвигателя, установленного в линии.

Затем производится выбор выключателя, установленного на подстанции, для защиты линии 0,38кВ (АВ2).

Чувствительность защиты оценивается по выражению:

$$K_{чпр} = \frac{I_{\kappa \min}^{(1)}}{I_{mp}} \geq 3,$$

где $I_{\kappa \min}^{(1)}$ – минимальный ток однофазного короткого замыкания (ток в конце линии);

I_{mp} – ток срабатывания теплового (полупроводникового) расцепителя.

Чувствительность защиты с электромагнитным расцепителем АВ2 оценивается по выражению:

$$K_{чэр} = \frac{I_{\kappa \max}^{(3)}}{I_{эр}} \geq 1,2,$$

где $I_{\kappa \max}^{(3)}$ – ток трехфазного короткого замыкания на шинах подстанции;

$I_{эр}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя.

Если тепловой (полупроводниковый) расцепитель автоматического выключателя, установленного на подстанции, оказывается нечувствителен к токам короткого замыкания, то он заменяется более чувствительной защитой, в качестве которой в последнее время применяется защита ЗТ-0,4 (или ЗТИ), в виде приставки к АВ2.

Если нечувствительным оказывается электромагнитный расцепитель, то он не устанавливается и линия 0,38 кВ защищается только тепловым расцепителем АВ2.

Контрольные вопросы:

1. Каково основное назначение автоматических выключателей?
2. Как происходит процесс автоматического отключения при увеличении тока в защищаемой линии?
3. Как проверить правильность выбора автоматического выключателя?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Вычертить расчетную схему сети.
4. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Задача: Выбрать автоматические выключатели для защиты отходящих от шин 0,4кВ ТП 10/0,4 и проверить их на чувствительность к токам короткого замыкания (значения токов короткого замыкания принять из решения практического занятия №19).

Пример выполнения:

Исходные данные: К линии Л1 (рисунок 19.1) подключен один потребитель с током 53,7А с крупным асинхронным двигателем АИРР200S6 с номинальной мощностью 30 кВт, $I_{ном} = 50,4$ А; $k_i = 6$. В линии Л2 протекает ток 73,8А, самый крупный потребитель в линии имеет активную мощность 15кВт и реактивную мощность 10кВАр. Выбрать для защиты линий автоматические выключатели серии АЗ700.

Защита линии (Л-1)

Расчет защиты начинается с выбора автоматического выключателя, установленного у потребителя (АВ1).

Выбираем АВ (автоматический выключатель) серии ВА 57-31 с параметрами:

$$U_{ном АВ1} = 660 В \geq U_{номсети} = 380 В$$

$$I_{ном АВ1} = 100 А \geq I_{раб\max} = 50,4 А$$

$$I_{тр АВ1} = 63 А \geq 1,2 \cdot I_{раб\max} = 1,2 \cdot 50,4 = 60,5 А$$

$$I_{элр АВ1} = 400 А \geq I_{пуск\delta в} = 6 \cdot 50,4 = 302,4 А$$

Выбор автоматического выключателя, установленного на подстанции в Л1 (АВ2)
Выбираем выключатель серии АЗ716Б по параметрам сети:

$$U_{ном АВ2} = 660 В \geq U_{номсети} = 380 В$$

$$I_{ном АВ2} = 160 А \geq I_{рабmax} = 53,7 А$$

по условию селективности:

$$I_{тр АВ2} = 80 А > I_{тр АВ1} = 63 А$$

$$I_{элр АВ2} = 630 А > I_{элр АВ1} = 400 А$$

Оценка чувствительности защиты Л1

$$K_{чтр} = \frac{I_{кmin K3}^{(1)}}{I_{тр АВ2}} = \frac{514}{80} = 6,43 \geq 3$$

$$K_{чэр} = \frac{I_{кmax K2}^{(3)}}{I_{эр АВ2}} = \frac{4881}{630} = 7,75 \geq 1,2$$

Таким образом, защита линии Л-1 автоматическим выключателем А3716Б чувствительна к токам перегрузки и обладает требуемой селективностью действия.

Защита линии (Л2)

Рабочий ток самого крупного потребителя в линии:

$$I_{рабпотреб} = \frac{S_{раб}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{15^2 + 10^2}}{1,73 \cdot 0,38} = 27,4 А$$

Выбираем автоматический выключатель (АВ1).

Условия выбора

$$U_{ном АВ1} = 660 В \geq U_{номсети} = 380 В$$

$$I_{ном АВ1} = 100 А \geq I_{рабmax} = 27,4 А$$

$$I_{тр АВ1} = 40 А \geq 1,2 \cdot I_{рабmax(номр2)} = 1,2 \cdot 27,4 = 32,9 А$$

$$I_{элр АВ1} = 400 А$$

Принимаем к установке автоматический выключатель АВ1, серии ВА 57-31 с номинальным током автоматического выключателя 100 А, током тепллового расцепителя 40А, током электромагнитного расцепителя 400 А.

Выбираем автоматический выключатель (АВ2), который устанавливается в Л2 на подстанции. Выбираем выключатель серии А3716Б по параметрам сети:

$$U_{ном АВ2} = 660 В \geq U_{номсети} = 380 В$$

$$I_{ном АВ2} = 160 А \geq I_{рабmax} = 73,8 А$$

по условию селективности:

$$I_{рабmax} = 73,8 А < I_{тр АВ2} = 80 А > I_{тр АВ1} = 40 А$$

$$I_{элр АВ2} = 630 А > I_{элр АВ1} = 400 А$$

Оценка чувствительности защиты Л2

$$K_{чтр} = \frac{I_{кmin K4}^{(1)}}{I_{тр АВ2}} = \frac{759}{80} = 9,49 \geq 3$$

$$K_{чэр} = \frac{I_{кmax K4}^{(3)}}{I_{эр АВ2}} = \frac{4881}{630} = 7,75 \geq 1,2$$

Таким образом, защита линии Л-2 автоматическим выключателем А3716Б чувствительна к токам перегрузки и обладает требуемой селективностью действия.

Практическое занятие № 21

ТЕМА: Основы релейной защиты и автоматики

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Схемы соединения трансформаторов тока

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить устройство измерительных трансформаторов тока и схемы соединения обмоток трансформаторов и реле.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Куксин, А. В. Релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / А. В. Куксин. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 200 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836538>

Немировский, А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций: учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. - 4-е изд., доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. - 174 с. – режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1168656>

Ход работы:

Теоретические основы: Измерительным трансформатором тока (ТТ) называется аппарат, предназначенный для преобразования тока до значения, удобного для измерения (5 А, реже 1 или 2,5 А), и выполненный таким образом, что вторичный ток, умноженный на номинальный коэффициент трансформации, соответствует с требуемой точностью первичному току как по модулю, так и по фазе.

Первичная обмотка ТТ включается в цепь последовательно (в рассечку токопровода), а вторичная обмотка замыкается на некоторую нагрузку (измерительные приборы и реле), обеспечивая прохождение по ней тока, пропорционального току в первичной обмотке, рисунок 21.1. В ТТ высокого напряжения первичная обмотка изолирована от вторичной обмотки (земли) на полное рабочее напряжение. Один конец вторичной обмотки обычно заземляется. Поэтому она имеет потенциал, близкий к потенциалу земли.

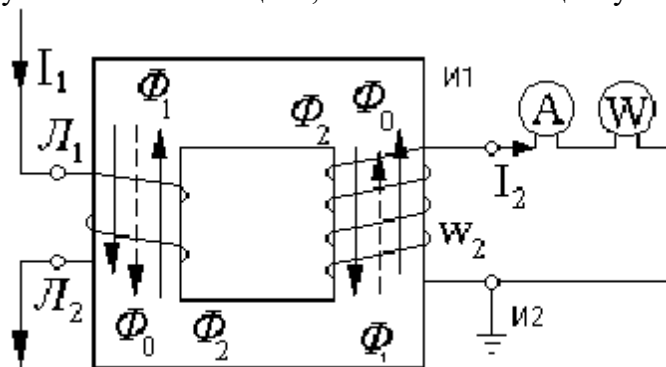


Рисунок 21.1 – Принципиальная схема трансформатора тока

Трансформатор тока осуществляет:

- преобразование переменного тока любого значения в переменный ток, приемлемый по значению для непосредственного измерения с помощью стандартных измерительных приборов или для работы реле защиты и автоматики;
- изоляцию измерительных приборов, а также реле защиты и автоматики, к которым имеет доступ обслуживающий персонал, от цепи высокого напряжения.

Все ТТ классифицируются по следующим основным признакам:

- по роду установки: ТТ для работы на открытом воздухе, для работы в закрытых помещениях, для встраивания во внутренние полости электрооборудования, для специальных установок;
- по способу установки: проходные ТТ, предназначенные для использования в качестве вводов и устанавливаемые в проемах стен, потолков или в металлических конструкциях;

опорные, предназначенные для установки на опорной плоскости; встраиваемые, т.е. предназначенные для установки во внутренние полости электрооборудования;

- по числу коэффициентов трансформации: с одним коэффициентом трансформации, с несколькими коэффициентами трансформации, получаемыми изменением числа витков первичной или вторичной обмотки, или обеих обмоток, или применением нескольких вторичных обмоток с различным числом витков, соответствующих различным значениям номинального вторичного тока;

- по числу ступеней трансформации: одноступенчатые, каскадные (многоступенчатые), т.е. с несколькими ступенями трансформации тока;

- по выполнению первичной обмотки: одновитковые, многовитковые.

Принципиальная схема одноступенчатого ТТ приведена на рисунке 21.1. Как видно из схемы, основными элементами трансформатора тока, участвующими в преобразовании тока, являются первичная W_1 и вторичная W_2 обмотки, намотанные на один и тот же магнитопровод. Первичная и вторичная обмотки изолированы друг от друга на полное рабочее напряжение. Это позволяет осуществлять непосредственное присоединение измерительных приборов или реле защиты и автоматики к вторичной обмотке и, тем самым, исключить воздействие высокого напряжения, приложенного к первичной обмотке, на обслуживающий персонал. Так как обе обмотки намотаны на один и тот же магнитопровод, то они являются магнитосвязанными.

Первичный ток I_1 , проходя по первичной обмотке, создает в магнитопроводе переменный магнитный поток Φ_1 , который, пересекая витки вторичной обмотки, индуцирует в ней ЭДС. Если к вторичной обмотке присоединена нагрузка, то во вторичной обмотке и во вторичной цепи будет проходить вторичный ток I_2 , имеющий направление, обратное направлению тока I_1 . Вторичный ток I_2 создает магнитный поток Φ_2 , направленный встречно потоку Φ_1 . В результате сложения магнитных потоков Φ_1 и Φ_2 в магнитопроводе устанавливается результирующий магнитный поток Φ_0 , составляющий несколько процентов потока Φ_1 .

Трансформаторами тока для внутренней установки называются трансформаторы тока, предназначенные для работы в отапливаемых или не отапливаемых помещениях при определенных характеристиках окружающей среды.

Для основной изоляции трансформатора тока внутренней установки используется фарфор или эпоксидный компаунд. В последние годы изоляция из эпоксидного компаунда получает все более широкое распространение, вытесняя фарфоровую изоляцию.

Условное обозначение трансформатора тока внутренней установки состоит из двух частей: буквенной и цифровой. Буквенная часть состоит из нескольких букв, имеющих следующие значения: Т – трансформатор тока, П – проходной, О – одновитковый стержневой, Ш – одновитковый шинный, В – с воздушной изоляцией, встроенный или с водяным охлаждением магнитопровода, Г – для генераторных токопроводов, К – катушечный, Л – с литой изоляцией, М – модернизированные или малогабаритный, Ч – для повышенной частоты, С – специальный.

Буквы и обозначения типа трансформатора тока располагаются в определенной последовательности. Цифровая часть условного обозначения, стоящая за буквенной частью, соответствует номинальному напряжению трансформатора тока в киловольтах.

Пример условного обозначения типа трансформатора тока: трансформатор тока проходной одновитковый с литой изоляцией на номинальное напряжение 10 кВ обозначается ТПОЛ-10.

Трансформаторы тока наружной установки предназначены для работы в открытых распределительных устройствах. Характеристики среды, окружающей распределительные устройства, значительно различаются между собой. Это обусловлено различными климатическими условиями, загрязнением атмосферы промышленными уносами и т.п.

Трансформаторы тока наружной установки изготавливаются на номинальные напряжения от 35 до 1150 кВ и номинальные токи до 4000 А. В трансформаторах тока наружной установки преимущественное применение получила бумажно-масляная изоляция.

Первичная обмотка трансформатора тока наружной установки в большинстве случаев состоит из двух секций, которые могут соединяться параллельно или последовательно. Это позволяет иметь два коэффициента трансформации. Число вторичных обмоток в трансформаторах тока наружной установки бывает от двух до пяти. Одна из них предназначена для измерений, а остальные – для релейной защиты.

Обозначение типа трансформатора тока наружной установки состоит из двух частей: буквенной и цифровой. Буквенная часть содержит несколько букв, имеющих следующие значения: Т – трансформатор тока; Ф – с фарфоровой изоляцией; Н – наружной установки; К – с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией или каскадный; М – модернизированный; Д – для дифференциальной защиты; Р – для релейной защиты с изоляцией рымовидной формы.

Пример обозначения типа трансформатора тока: ТФЗМ-35 – трансформатор тока наружной установки с первичной обмоткой звеньев типа расположенной в фарфоровом изоляторе, модернизированный, на номинальное напряжение 35 кВ.

Питание устройств релейной защиты током сети производится по рассмотренным ниже типовым схемам соединений трансформаторов тока и обмоток реле. Поведение и работа реле в каждой из этих схем зависят от характера распределения токов в ее вторичных цепях в нормальных и аварийных условиях. Для каждой схемы соединений можно определить отношение тока в реле I_p к току в фазе I_ϕ . Это отношение называется коэффициентом схемы: $k_{cx} = \frac{I_p}{I_\phi}$. Коэффициент схемы учитывается при расчете уставок и оценке чувствительности защиты.

Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в полную звезду. Трансформаторы тока устанавливаются во всех фазах. Вторичные обмотки трансформаторов тока и обмотки реле соединяются в звезду и их нулевые точки связываются одним проводом, называемым нулевым. В нулевую точку объединяются одноименные зажимы обмоток трансформаторов тока

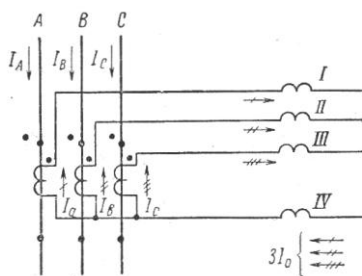


Рисунок 21.2 – Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в звезду

Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду. Трансформаторы тока устанавливаются в двух фазах и соединяются так же, как и в схеме звезды. При замыкании на землю фазы В, в которой трансформатор тока не установлен, токи в схеме защиты не появляются; следовательно, схема неполной звезды реагирует не на все случаи однофазного к.з. и поэтому применяется только для защит, действующих при междофазных повреждениях.

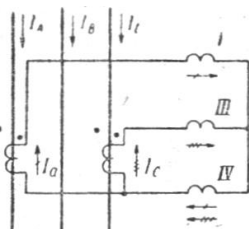


Рисунок 21.3 – Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду

Схема соединений с двумя трансформаторами тока и одним реле, включенным на разность токов двух фаз. Трансформаторы тока устанавливаются в двух фазах (например, А и С на рисунке 21.4); их вторичные обмотки соединяются разноименными зажимами, к которым (параллельно вторичным обмоткам) подключается обмотка реле.

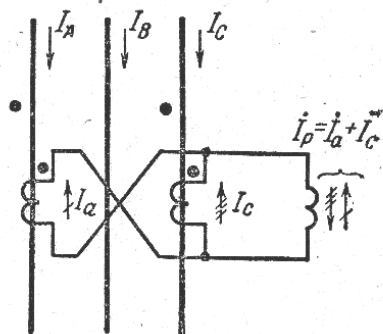


Рисунок 21.4 – Схема соединения трансформаторов тока на разность токов двух фаз

Контрольные вопросы:

1. Что такое измерительные трансформаторы тока? Для чего они предназначены?
2. Из каких основных элементов состоят ТТ?
3. Как различаются конструкции ТТ с точки зрения исполнения их изоляции?
4. Каковы особенности каскадных ТТ? Для чего их используют?
5. Какова конструкция ТТ, предназначенных для земляной защиты? В чем заключается особенность их работы?
6. Что такое номинальная нагрузка ТТ?
7. Для измерения каких параметров электрической энергии используют ТТ?
8. Каковы схемы включения ТТ?
9. Почему вторичные обмотки ТТ обязательно должны быть заземлены?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Вычертить схемы соединения трансформаторов тока и реле.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Практическое занятие № 22

ТЕМА: Основы релейной защиты и автоматики

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Устройство реле тока, реле напряжения, реле времени.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить конструкцию реле тока, напряжения и времени, научиться их испытывать. **НОРМА ВРЕМЕНИ:** 90 минут

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория «Электроснабжение сельского хозяйства».

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Реле РТ-40/20, реле РТ-85/10, реостат, амперметр, сигнальная лампа, тумблер, реле напряжения, реле времени

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ:

1. Не касаться частей, находящихся под напряжением, руками.
2. Соблюдать меры безопасности при работе с инструментами электромонтера
3. Изменять значение тока уставки реле при отключенном стенде

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Куксин, А. В. Релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / А. В. Куксин. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 200 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836538>

Ход работы:

Теоретические основы: Устройства релейной защиты состоят из нескольких элементов – реле, соединенных между собой по определенной схеме. Реле представляют собой

автоматический аппарат, который приходит в действие (срабатывает) при определенном значении воздействующей на него входной величины и вызывает скачкообразные изменения выходной величины в управляемых цепях.

Реле можно классифицировать по различным признакам.

По назначению все реле можно разделить на две группы – основные (измерительные – реле тока, напряжения, мощности, сопротивления и т.д.), непосредственно реагирующие на повреждения, и вспомогательные, действующие по команде первых и обеспечивающие различные логические и другие операции. К вспомогательным относятся реле времени, обеспечивающие создание выдержек времени, промежуточные, используемые для усиления и размножения контактов, указательные – для фиксации и сигнализации действия защит.

Большинство реле, используемых для защиты сельских электроустановок, реагируют на электрические воздействующие величины и называются электрическими. В зависимости от воздействующих (контролируемых) параметров различают реле тока, напряжения, мощности, сопротивления, частоты и др. Используются также реле, реагирующие на неэлектрические величины, например газовые.

Реле, действующие при возрастании контролируемой величины, называются максимальными, а при ее снижении – минимальными.

По способу включения реле делятся на первичные, включаемые непосредственно в цепь защищаемого элемента, и вторичные, включаемые через измерительные трансформаторы тока и напряжения.

По способу воздействия на выключатель защищаемого элемента различают реле прямого действия, воздействующие непосредственно на привод выключателя, и косвенного действия, подключающие электромагнит отключения выключателя к источнику оперативного тока.

По принципу действия (выполнения) реле защиты подразделяются на электромагнитные, индукционные, магнитоэлектрические, тепловые, полупроводниковые и др. В схемах защиты сельских электрических сетей наиболее широко используются электромагнитные и индукционные реле.

Все реле характеризуются следующими основными параметрами. Параметр срабатывания пороговое (граничное) – наименьшее для максимальных, наибольшее для минимальных реле значение воздействующей величины, при котором реле срабатывает; параметр возврата – наибольшее для максимальных, наименьшее для минимальных реле значение воздействующей величины, при котором реле возвращается в начальное состояние; коэффициент возврата k_v – отношение параметра возврата к параметру срабатывания ($k_v < 1$ – для максимальных реле, $k_v > 1$ – для минимальных); время срабатывания реле – время с момента появления воздействующей величины определенной кратности по отношению к параметру срабатывания до воздействия реле на управляемую систему, например до замыкания контактов. Замедление при передаче указанного воздействия называется выдержкой времени. Различают независимые, зависимые и ограниченно зависимые от тока характеристики выдержек времени $t_{c.p.} = f(I)$. Первые обеспечиваются специальными реле времени, вторые характерны для предохранителей, третьи характеристики, состоящие из двух частей – зависимой (при относительно малых токах) и независимой (при больших токах), имеют индукционные и некоторые другие реле.

Работа *электромагнитных реле* основана на взаимодействии магнитного поля обтекаемой током катушки с ферромагнитным якорем. Обмотка реле располагается на ферромагнитном сердечнике, образующем вместе с якорем магнитопровод реле. Возможность перемещения якоря обеспечивается воздушным зазором между ним и сердечником. Реле типа РТ – 40 (рис.13) имеет систему с поперечным движением якоря. Обмотка реле состоит из двух секций, параллельное и последовательное включение которых позволяет ступенчато изменять уставки тока срабатывания (в 2

раза). Плавное регулирование тока срабатывания в пределах каждой ступени обеспечивается изменением натяжения спиральной пружины при помощи специального поводка, перемещаемого по шкале. Для уменьшения вибрации контактов предусмотрен гаситель вибрации – полый барабанчик с радиальными перегородками, заполненный кварцевым песком.

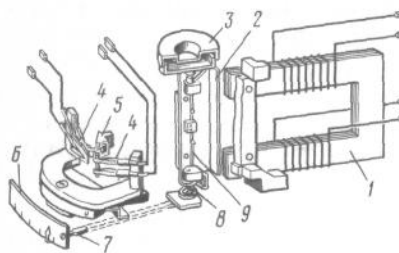


Рисунок 22.1 – Электромагнитное реле тока РТ – 40:

1 – электромагнит; 2 – якорь; 3 – гаситель колебаний; 4 – неподвижный контакт; 5 – подвижный контактный мостик; 6 – шкала уставок тока срабатывания; 7 – поводок для регулирования тока срабатывания; 8 – пружина; 9 – ось якоря.

Работа индукционных реле основана на использовании сил, возникающих при взаимодействии между переменными магнитными потоками и индуцированными ими токами в подвижной системе. Поэтому на индукционном принципе можно выполнять только реле переменного тока. Обязательное условие получения вращающего момента на подвижном элементе реле – наличие не менее двух магнитных потоков, сдвинутых в пространстве и времени (по фазе).

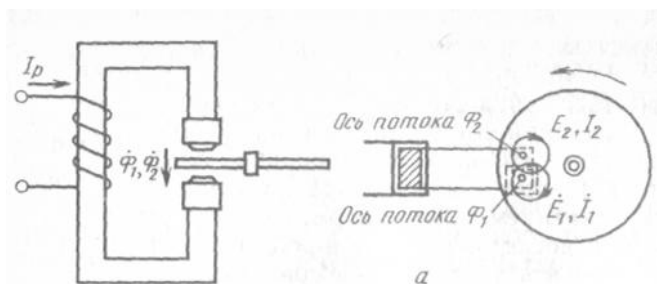


Рисунок 22.2 – Принцип действия индукционного реле

При использовании индукционной системы для выполнения реле тока с одной входной величиной (ток) два магнитных потока, смещенных в пространстве и времени, могут быть получены при помощи короткозамкнутого витка, охватывающего часть магнитопровода (рис. 22.2), аналогично рассмотренному выше случаю гашения вибрации якоря электромагнитных реле. На базе такой схемы выполнены широко используемые в сельских электрических сетях реле тока серии РТ – 80, РТ – 90. Это комбинированное реле, состоящее из трех элементов: индукционного с вращающимся диском (с ограниченно зависимой от тока характеристикой выдержки времени) и электромагнитного с поворотным якорем (мгновенного действия), имеющих общий магнитопровод, а также указательного элемента, сигнализирующего о срабатывании реле. Скорость вращения диска зависит от протекающего по обмотке тока, поэтому реле имеет зависимую часть характеристики. При протекании значительных токов (6...8 – кратных току срабатывания) наступает насыщение магнитопровода, что обеспечивает независимую часть характеристики. Электромагнитный элемент выполняет функции промежуточного реле, срабатывая в результате уменьшения его воздушного зазора в конце хода индукционного элемента. Электромагнитный элемент также может выполнять функцию токовой отсечки без выдержки времени, если значение подводимого к реле тока сразу будет достаточно для притягивания этого элемента к

магнитопроводу. Реле имеет три регулируемые уставки: тока срабатывания индукционного элемента (изменением числа витков), кратности отсечки (изменением воздушного зазора электромагнитного элемента) и выдержки времени (изменением положения рычагов механизма индукционного элемента).

При работе схем защиты и автоматики часто требуется создать выдержку времени между срабатыванием двух или нескольких аппаратов. При автоматизации технологических процессов также может возникнуть необходимость производить операции в определенной временной последовательности.

Для создания выдержки времени служат аппараты, называемые реле времени.

Требования, предъявляемые к реле времени

Общими требованиями для реле времени являются:

- а) стабильность выдержки времени вне зависимости от колебаний питающего напряжения, частоты, температуры окружающей среды и других факторов;
- б) малые потребляемая мощность, масса и габариты;
- в) достаточная мощность контактной системы.



Возврат реле времени в исходное положение происходит, как правило, при его обесточивании. Поэтому к коэффициенту возврата не предъявляется особых требований, и он может быть очень низким.

В зависимости от назначения реле к ним предъявляются специфические требования.

Для схем автоматического управления приводом при большой частоте включений в час требуются реле времени с высокой механической износостойкостью. Требуемые выдержки времени находятся в пределах 0,25 — 10 с. К этим реле не предъявляются высокие требования относительно точности работы. Разброс времени срабатывания может достигать 10%. Реле времени должны работать в условиях производственных цехов, при вибрации и тряске.

Реле времени для защиты энергосистем должны иметь большую точность выдержки времени. Эти реле работают относительно редко, поэтому к ним не предъявляются особые требования по износостойкости. Выдержки времени таких реле составляют 0,1 — 20 с.

Реле времени с электромагнитным замедлением

Конструкция реле времени с электромагнитным замедлением типа РЭВ-800. Магнитная цепь реле состоит из магнитопровода 1, якоря 2 и немагнитной прокладки 3. Магнитопровод укрепляется на плите 4 с помощью литого алюминиевого цоколя 5. Этот же цоколь служит для крепления контактной системы 6.

На ярме прямоугольного сечения магнитопровода устанавливается короткозамкнутая обмотка в виде сплюснутой гильзы 8. Намагничивающая обмотка 7 устанавливается на цилиндрическом сердечнике. Якорь вращается относительно стержня 1 на призме. Усилие, развиваемое пружиной 9, изменяется с помощью корончатой гайки 10, которая фиксируется после регулировки с помощью шплинта. Магнитопровод реле выполняется из стали ЭАА. Сердечник катушки имеет круглое сечение, что позволяет применять катушку цилиндрической формы, удобную в производстве. Стержень 1 имеет сечение вытянутого прямоугольника, что увеличивает длину линии касания якоря с торцом ярма и повышает механическую износостойкость реле.

Для получения большого времени при отпуске необходимо иметь высокую магнитную проводимость рабочего и паразитного зазоров в замкнутом состоянии магнитной системы. С этой целью торцы ярма и сердечника и прилегающая к ним поверхность якоря тщательно шлифуются.

Литое основание из алюминия создает дополнительный короткозамкнутый виток, увеличивающий выдержку времени (в схеме замещения все короткозамкнутые обмотки заменяются одним витком с суммарной электрической проводимостью).

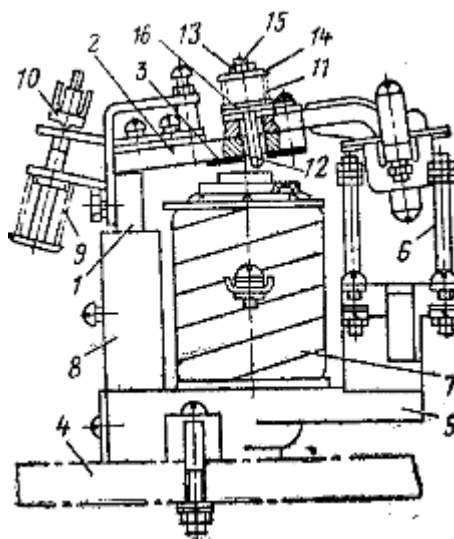


Рисунок 22.3 – Реле времени с электромагнитным замедлением

У реальных магнитных материалов после отключения намагничивающей обмотки поток спадает до $F_{ост}$, который определяется свойствами материала магнитопровода и геометрическими размерами магнитной цепи. Чем меньше коэрцитивная сила магнитного материала при заданных размерах магнитной цепи, тем ниже величина остаточной индукции, а, следовательно, остаточного потока. При этом возрастает наибольшая выдержка времени, которая может быть получена от реле. Применение стали ЭАА позволяет увеличить выдержку времени реле.

Для получения большой выдержки времени желательно иметь высокую магнитную проницаемость на ненасыщенном участке кривой намагничивания. Этому требованию сталь ЭАА также удовлетворяет.

Выдержка времени при прочих равных условиях определяется начальным потоком F_0 уравнения. Этот поток определяется кривой намагничивания магнитной системы в замкнутом состоянии. Поскольку напряжение и ток в обмотке пропорциональны друг другу, то зависимость $F(U)$ повторяет, только в другом масштабе, зависимость $F(Iw)$. Если система при номинальном напряжении не будет насыщена, то поток F_0 будет в сильной степени зависеть от питающего напряжения. При этом выдержка времени также будет зависеть от напряжения, приложенного к обмотке.



В схемах привода на обмотку реле времени часто подается напряжение ниже номинального, при этом реле будет иметь пониженные выдержки времени. Для того чтобы сделать выдержку времени реле независимой от питающего напряжения, магнитная цепь делается сильно насыщенной. В некоторых типах реле времени снижение напряжения на 50% не вызывает заметного изменения выдержки времени.

В схемах автоматики напряжение на питающую катушку реле времени может подаваться кратковременно. Для того чтобы выдержка времени при отпуске была стабильной, необходимо, чтобы длительность приложения напряжения к питающей катушке была достаточная для достижения потоком установившегося значения. Это время называется временем подготовки или зарядки реле. Если длительность приложения напряжения меньше времени подготовки, то выдержка времени уменьшается.

На выдержку времени реле большое влияние оказывает температура короткозамкнутой обмотки. В среднем можно считать, что изменение температуры на 10°C ведет к изменению времени выдержки на 4%. Зависимость выдержки времени от температуры является одним из основных недостатков этого реле.

Реле РЭВ811...РЭВ818 обеспечивают выдержку времени от 0,25 до 5,5 с. Изготавливаются с катушками на напряжение постоянного тока 12, 24, 48, 110 и 220 В.

Инструкционные указания:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия реле РТ-40, реле РТ-85.
2. Собрать схему (рисунок 22.4).
3. Установить минимальный ток уставки ($I_{уст}$) по шкале реле РТ-40.
4. Включить тумблер и передвигая движок реостата, плавно увеличить ток в реле до тех пор, пока оно не замкнёт свои контакты, т.е. загорится лампа «HLR». Минимальный ток, замеренный прибором (РА), при котором реле срабатывает, называется током срабатывания ($I_{ср}$).
5. Плавно уменьшаем ток в реле до тех пор, пока подвижная система реле вернётся в исходное положение (погаснет лампа HLR). Наибольший ток, при котором реле возвращается в исходное положение, называется током возврата ($I_{вр}$).
6. Определить коэффициент возврата: $K_{воз} = \frac{I_{вр}}{I_{ср}}$
7. Опыт проделать несколько раз, занести результаты измерений и расчетов в таблицу 22.1.

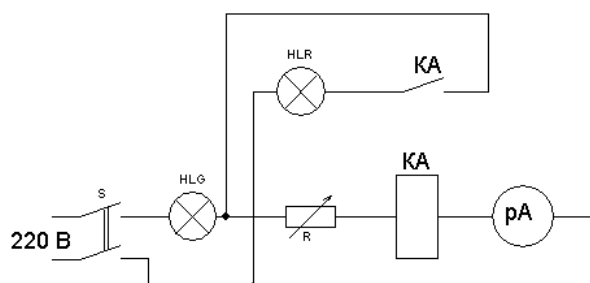


Рисунок 22.4 – Схема опыта

Таблица 22.1 – Токовременная характеристика реле РТ-40

$I_{уст}, A$					
$I_{ср}, A$					
$I_{вр}, A$					
$K_{воз}$					

Контрольные вопросы:

1. Что называется током срабатывания, током возврата, коэффициентом возврата реле?
2. Принцип работы реле РТ-40, РТ-85.
3. Объясните: почему у реле РТ-40 при параллельном включении обмоток ток срабатывания увеличивается?
4. Чем объясняется вращающий и тормозной момент реле РТ-40?
5. Из каких элементов состоит реле РТ-40?
6. Требования, предъявляемые к релейной защите.
7. Классификация реле.
8. Что такое токовая отсечка и на какие короткие замыкания она реагирует, из каких реле состоит?
9. За счёт чего обеспечивается селективность токовой отсечки и максимальной токовой защиты?
10. Какие реле относятся к вспомогательным? Почему?

11. Назначение и виды реле времени?
12. Как устанавливается выдержка времени у реле времени?

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы, цель
2. Вычертить схему опыта и заполнить таблицу.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Сделать вывод по работе.

Практическое занятие № 23

ТЕМА: Заземляющие устройства

НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет заземления трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить методику расчета заземляющих устройств.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 90 минут.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: Лаборатория электроснабжения сельского хозяйства

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Индивидуальное задание, микрокалькулятор.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ: Соблюдать правила поведения в лаборатории

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Ход работы:

Задача: Рассчитать заземляющее устройство ТП 10/0,4кВ, от которого отходит 3 ВЛ - 0,38 кВ, на которых выполнено «п_{п.з.}» - повторных заземлений. Удельное сопротивление грунта, измеренное при нормальной влажности ($\rho_{изм.}$). Заземляющий контур выполнен из стальных уголков длиной « ℓ », и размерами $a * b * c$, соединенных между собой полосовой сталью размером $b * h$, глубина заложения уголков h , м. Размер заземляющего контура $S = A * B$.

Порядок расчета

1. Определяем сопротивление растеканию тока вертикального электрода по формуле:

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

где $\rho_{pac} = K_c \times K_z \times \rho_{изм.}$ - расчетное удельное сопротивление грунта, Ом · м,

где $\rho_{изм.}$ - измеренное удельное сопротивление грунта, Ом · м,

K_c - коэффициент сезона (таблица 23.1),

K_z - коэффициент, учитывающий состояние грунта при измерении (таблица 23.2),

K_1 - при значительной влажности, K_2 - при средней влажности; K_3 - при сухом грунте,

ℓ - длина электрода, м,

K - числовой коэффициент, $K = 2$ - для стержней и труб, $K = 2,1$ - для уголков,

d - внешний диаметр трубы или стержня, а для уголка - ширина полки, м,

$h_{cp} = \frac{l}{2} + h$ - средняя глубина заложения электрода, равная расстоянию от поверхности

земли до середины стержня или уголка.

2. Сопротивление повторного заземления $R'_{пз}$ не должно превышать 30 Ом при $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и ниже, при $\rho > 100 \text{ Ом}$ допускается принимать:

$$R'_{пз} = 30 \times \frac{\rho}{100}.$$

3. Общее сопротивление всех «п» повторных заземлений:

$$R_{ПЗ} = \frac{R_{\theta}}{n_{пз}}$$

Таблица 23.1 - Коэффициенты сезонности для электродов в зависимости от климатической зоны

Климатическая зона	Климатический признак зон		Коэффициент сезонности для электродов k_c для электродов				
	средняя многолетняя температура, °С		продолжительность заморозания вод, дней	вертикальных длиной 2,5...3 м	вертикальных длиной 5 м	горизонтальных длиной 10 м	горизонтальных длиной 50 м
	низшая (январь)	высшая (июль)					
Архангельская и Кировская области, Карелия	от -20 до -15	от 15 до 18	170...190	1,65	1,35	5,5	4,4
Ленинградская, Московская, Вологодская области	от -15 до -10	от 18 до 22	150	1,45	1,25	3,5	3,0
Смоленская и Курская области	от -10 до 0	от 22 до 24	100	1,3	1,15	2,5	2,0
Ставропольский и Краснодарский край	от 0 до 5	от 24 до 26	0	1,1	1,1	1,5	1,4

Таблица 23.2 - Коэффициенты, учитывающие состояние грунта при измерении

Тип электрода	Коэффициенты к значениям удельного сопротивления земли, учитывающие ее состояние во время измерения		
	k_1	k_2	k_3
Вертикальный:			
длиной 3м	1,15	1	0,92
длиной 5м	1,1	1	0,95
Горизонтальный:			
длиной 10м	1,7	1	0,75
длиной 50м	1,6	1	0,8

4. Расчетное сопротивление заземления нейтрали трансформатора с учетом повторных заземлений:

$$R_{иск} = \frac{R_3 \times R_{ПЗ}}{R_3 - R_{ПЗ}},$$

где $R_3 = 4$ Ом - нормированное сопротивление заземляющего контура с учетом повторных заземлений.

Согласно ПУЭ « $R_{иск}$ » не должно быть больше 10 Ом, если по расчету получится, что $R_{иск} > 10$ Ом, то необходимо в расчетах брать: $R'_{иск} = 10$ Ом.

5. Теоретическое число стержней (уголков):

$$n_m = \frac{R_{\theta}}{R'_{иск}}.$$

6. Длина полосы связи: $\ell_{пол} = (2 \times A) + (2 \times B)$

7. Сопротивление полосы связи:

$$R_{сop} = \frac{0,366 \times \rho_{рас}}{\ell_{пол}} \times \lg \frac{k \times \ell_{пол}^2}{d \times h_{пол}},$$

где $\rho_{рас} = K_c \times K_{\ell} \times \rho_{изм}$ - расчетное удельное сопротивление грунта,

K_c - коэффициент сезона (таблица 23.1),

K_ϵ - коэффициент, учитывающий состояние грунта (таблица 23.2),

K - коэффициент формы заземлителя: $K = 1$ - для круглого сечения, $K = 2$ - для прямоугольного сечения

d - диаметр круглой стали, или ширина полосы прямоугольного сечения.

8. Расстояние между стержнями (уголками): $a = A$.

9. Находим отношение: a/l .

10. Определяем коэффициент экранирования вертикального ($\eta_{\text{эв}}$) и горизонтального ($\eta_{\text{гор}}$) заземлителей (рисунок 23.1)

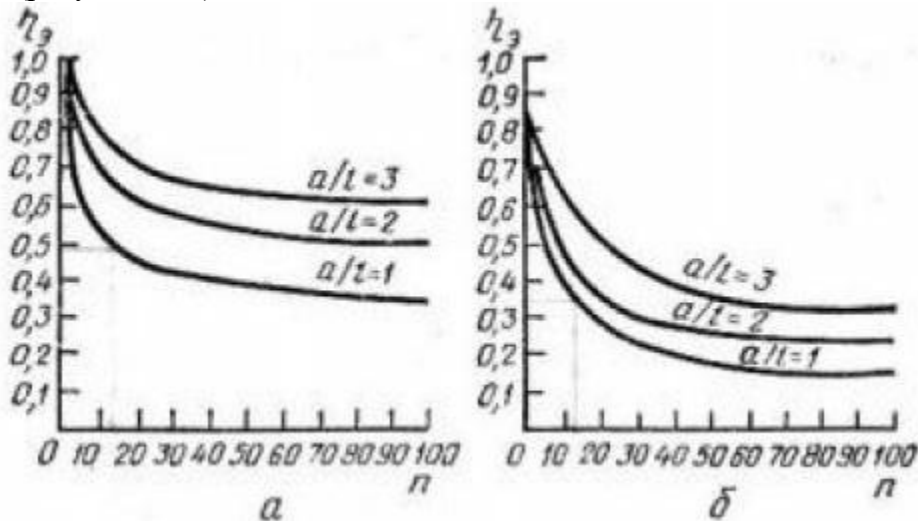


Рисунок 23.1 - Графики для определения коэффициентов экранирования стержневых заземлителей (а) и полосы связи (б)

11. Определяем действительное число стержней (уголков):

$$n_\phi = \frac{R_\phi \times \eta_{\text{гор}}}{\eta_{\text{эв}}} \times \left(\frac{1}{R'_{\text{иск}}} - \frac{1}{R_{\text{гор}}} \right).$$

12. Фактическое сопротивление искусственного заземлителя:

$$R_{\text{иск.дейс}} = \frac{R_\phi \times R_{\text{гор}}}{R_{\text{гор}} \times n_\phi \times \eta_{\text{эв}} + R_\phi \times \eta_{\text{гор}}}.$$

Сопротивление искусственного заземлителя не должно превышать 10 Ом.

13. Сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода:

$$R_{\text{рас}} = \frac{R_{\text{иск.дейс}} \times R_{\text{ПЗ}}}{R_{\text{иск.дейс}} + R_{\text{ПЗ}}}.$$

Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и виды заземления
2. Допустимые сопротивления заземляющих устройств в установках напряжением до 1000 В
3. Конструкция контура заземления ТП 10/0,4 кВ

Задание для отчета:

1. Записать наименование работы и цель.
2. Выписать из таблицы исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Произвести расчет с подробным описанием.
5. Сделать вывод о допустимости полученных значений сопротивлений заземляющего устройства.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Пример выполнения:

Исходные данные: $S = 6 \times 6 \text{ м}^2$, $\rho_{изм} = 130 \text{ Ом} \times \text{м}$, $n_{пз} = 9 \text{ шт}$, климатическая зона Ленинградская область, уголок размерами $50 \times 50 \times 4 \text{ мм}$, $l = 4 \text{ м}$, полоса связи размерами $40 \times 4 \text{ мм}$, $h = 0,8 \text{ м}$.

1. Определяем сопротивление растеканию тока вертикального электрода по формуле:

$$R_6 = \frac{0,366}{l} \times \rho_{рас} \times \left(\lg \frac{k \times l}{d} + 0,5 \times \lg \frac{4 \times h_{cp} + l}{4 \times h_{cp} - l} \right) = \frac{0,366}{4} \times 154 \times \left(\lg \frac{2,1 \times 4}{0,05} + 0,5 \times \lg \frac{4 \times 2,8 + 4}{4 \times 2,8 - 4} \right) = 46,2 \text{ Ом}$$

где $\rho_{рас} = K_c \times K_z \times \rho_{изм} = 1,25 \times 0,95 \times 130 = 154 \text{ Ом} \times \text{м}$ - расчетное удельное сопротивление грунта

$$h_{cp} = \frac{l}{2} + h = \frac{4}{2} + 0,8 = 2,8 \text{ м} - \text{средняя глубина заложения электрода, равная расстоянию от}$$

поверхности земли до середины уголка.

2. Сопротивление повторного заземления $R'_{пз}$ при $\rho > 100 \text{ Ом}$ допускается принимать:

$$R'_{пз} = 30 \times \frac{\rho}{100} = 30 \times \frac{154}{100} = 46,2 \text{ Ом}.$$

Сопротивление вертикального заземлителя в норме.

3. Общее сопротивление всех «п» повторных заземлений:

$$R_{пз} = \frac{R_6}{n_{пз}} = \frac{46,2}{9} = 5,1 \text{ Ом}$$

4. Расчетное сопротивление заземления нейтрали трансформатора с учетом повторных заземлений:

$$R_{иск} = \frac{R_z \times R_{пз}}{R_z - R_{пз}} = \frac{4 \times 5,1}{4 - 5,1} = -18,54$$

Согласно ПУЭ « $R_{иск}$ » не должно быть больше 10 Ом, если по расчету получится, что $R_{иск}$ больше 10 Ом, то необходимо в расчетах брать: $R'_{иск} = 10 \text{ Ом}$.

5. Теоретическое число стержней (уголков):

$$n_m = \frac{R_6}{R'_{иск}} = \frac{46,2}{10} = 5 \text{ шт}.$$

6. Длина полосы связи: $\ell_{пол} = (2 \times A) + (2 \times B) = 2 \times 6 + 2 \times 6 = 24 \text{ м}$

7. Сопротивление полосы связи:

$$R_{зоп} = \frac{0,366 \times \rho_{рас}}{l_{пол}} \times \lg \frac{k \times l_{пол}^2}{d \times h_{пол}} = \frac{0,366 \times 312}{24} \times \lg \frac{2 \times 24^2}{0,04 \times 0,004} = 32,6 \text{ Ом},$$

где $\rho_{рас} = K_c \times K_\ell \times \rho_{изм} = 3,0 \times 0,8 \times 130 = 312 \text{ Ом} \times \text{м}$ - расчетное удельное сопротивление грунта.

8. Расстояние между стержнями (уголками): $a = A = 6 \text{ м}$.

9. Находим отношение: $\frac{a}{l} = \frac{6}{4} = 1,5$.

10. Определяем коэффициент экранирования вертикального $\eta_{эв} = 0,8$ и горизонтального $\eta_{зоп} = 0,3$

11. Определяем действительное число стержней (уголков):

$$n_o = \frac{R_6 \times \eta_{зоп}}{\eta_{эв}} \times \left(\frac{1}{R'_{иск}} - \frac{1}{R_{зоп}} \right) = \frac{46,2 \times 0,3}{0,8} \times \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{32,6} \right) = 6 \text{ шт}.$$

12. Фактическое сопротивление искусственного заземлителя:

$$R_{иск.дейс} = \frac{R_{\theta} \times R_{\text{зоп}}}{R_{\text{зоп}} \times n_{\theta} \times \eta_{\text{эв}} + R_{\theta} \times \eta_{\text{зоп}}} = \frac{46,2 \times 32,6}{32,6 \times 6 \times 0,8 + 46,2 \times 0,3} = 8,84 \text{ Ом} \leq 10 \text{ Ом}.$$

13. Сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода:

$$R_{\text{рас}} = \frac{R_{иск.дейс} \times R_{ПЗ}}{R_{иск.дейс} + R_{ПЗ}} = \frac{8,84 \times 5,1}{8,84 + 5,1} = 3,23 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}.$$

Расчетные значения сопротивлений заземляющих устройств находятся в пределах норм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники

1. Бобров, А. В. Основы эксплуатации электрооборудования: учебное пособие / А. В. Бобров, В. П. Возовик. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. - 168 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1818926>
2. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие / Н.В. Грунтович. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. — 271 с.: ил - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/992991>
3. Немировский, А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций: учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. - 4-е изд., доп. - Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. - 174 с. – режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1168656>
4. Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учебник / Ю.Д. Сибикин. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 405 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1080542>
5. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1771886>
6. Хорольский, В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 288 с. — (Среднее профессиональное образование).режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1372885>
7. Хорольский, В. Я. Организация и управление деятельностью электросетевых предприятий: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, В.Г. Жданов. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 143 с. — (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1096997>
8. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 495 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1001315>

Дополнительные источники

1. Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 415 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1045619>
2. Башкатов, А. М. Компьютерные программы в электроэнергетике: практикум: учебное пособие / А.М. Башкатов, Е.А. Сумеркин, Р.С. Заседателев. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 455 с.— (Среднее профессиональное образование). —Режим длступа: <https://znanium.com/catalog/product/1048798>
3. Вантеев, А. И. Обслуживание электрических подстанций: теория и практика: учебное пособие / А. И. Вантеев. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 368 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836540>
4. Горемыкин, С. А. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие / С.А. Горемыкин. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 191 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1839650>
5. Дубинский, Г. Н. Наладка устройств электроснабжения напряжением выше 1000 В: учебное пособие / Г. Н. Дубинский, Л. Г. Левин. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: СОЛОН-Пресс, 2020. - 538 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1227715>
6. Куксин, А. В. Релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие / А. В. Куксин. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 200 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1836538>

7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. — 2-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 436 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1833418>
8. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА - М, 2022. — 144с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1860810>
9. Сибикин Ю.Д. Технология энергосбережения: учебник / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 336 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1045618>
10. Хорольский, В. Я. Техничко-экономические расчеты распределительных электрических сетей: учеб. пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, Д.В. Петров. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1040241>
11. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения: учеб. пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. — 127 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1013429>
12. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд., испр. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 214 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1231245>
13. Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 136 с. — Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1090082>
14. Электробезопасность работников электрических сетей: Учебное пособие / Привалов Е.Е., Ефанов А.В., Ястребов С.С. - Ставрополь:СтГАУ - "Параграф", 2018. - 296 с.: - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/976990>
15. Электроэнергетика: учебное пособие / Ю.В. Шаров, В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, В.Н. Шемякин. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 384 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1026876>
16. Энергосберегающие технологии в промышленности: учебное пособие / А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев, А. М. Петрова, С. А. Петрова. — 2-е изд. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. — 271 с. — (Среднее профессиональное образование). — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1220768>

Интернет – ресурсы

1. Все об электростанциях [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – Режим доступа: <http://www.gigavat.com/index.php> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
2. Испытательное оборудование, электроизмерительные приборы и электротехническое оборудование [Электронный ресурс] // [сайт] / Проект компании Тес – group Передовые технологии – Режим доступа: <http://www.tec-electro.ru> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
3. Новости электротехники. Информационно – справочное издание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
4. Новости электроэнергетики. Оборудование. Документация. [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – Режим доступа: <http://electric-zone.ru> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
5. Персональный сайт преподавателя Бутенко Е.В. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://students45.ru/> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
6. Сайт ООО «Элкомэлектро» - Электролаборатория для вас [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.megaomm.ru/uchebnik-elektromontazhnika.html> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
7. Справочник электрика и энергетика [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – Режим доступа: www.elecab.ru (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
8. Учебно-образовательный сайт «Монтаж и эксплуатация электрических сетей» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elektro-montagnik.ru/> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)

9. Школа для электрика все секреты мастерства [Электронный ресурс] / Источник информации: [Школа для электрика: электротехника и электроника](http://electricalschool.info). Статьи, советы, полезная информация. – Режим доступа: <http://electricalschool.info> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)
10. Электронная электротехническая библиотека [Электронный ресурс] // [сайт] – Режим доступа: <http://electrolibrary.info> (Дата последнего доступа: 02.08.2023)

Исходные данные к практическому занятию №2

вариант	производственный объект			двигатель М1			двигатель М2			K ₀
	наименование	P _{max} , кВт	Cosφ	номер в таблице 2	условия пуска	K _з	номер в таблице 2	условия пуска	K _з	
1	мастерская	15	0,7	9	легкие	0,95	2	легкие	1	0,95
2	гараж	20	0,7	10	легкие	1	2	легкие	0,9	0,9
3	зерноток	25	0,7	8	тяжелые	0,95	4	легкие	1	0,95
4	мастерская	15	0,7	9	легкие	1	2	легкие	0,9	0,9
5	гараж	20	0,7	10	легкие	0,95	8	легкие	1	0,95
6	зерноток	25	0,7	8	тяжелые	1	5	легкие	0,9	0,9
7	птичник	25	0,75	7	легкие	0,95	1	легкие	1	0,95
8	птичник	10	0,75	7	легкие	1	3	легкие	0,9	0,9
9	коровник	10	0,75	7	легкие	0,95	5	легкие	1	0,95
10	коровник	9	0,75	7	легкие	1	1	легкие	0,9	0,9
11	мастерская	15	0,7	9	легкие	0,95	2	легкие	1	0,95
12	гараж	20	0,7	10	легкие	1	2	легкие	0,9	0,9
13	зерноток	25	0,7	8	тяжелые	0,95	4	легкие	1	0,95
14	мастерская	15	0,7	9	легкие	1	2	легкие	0,9	0,9
15	гараж	20	0,7	10	легкие	0,95	8	легкие	1	0,95
16	зерноток	25	0,7	8	тяжелые	1	5	легкие	0,9	0,9
17	птичник	25	0,75	7	легкие	0,95	1	легкие	1	0,95
18	птичник	10	0,75	7	легкие	1	3	легкие	0,9	0,9
19	коровник	10	0,75	7	легкие	0,95	5	легкие	1	0,95
20	коровник	9	0,75	7	легкие	1	1	легкие	0,9	0,9
21	мастерская	15	0,7	9	легкие	1	2	легкие	0,9	0,9
22	гараж	20	0,7	10	легкие	0,95	8	легкие	1	0,95
23	зерноток	25	0,7	8	тяжелые	1	5	легкие	0,9	0,9
24	птичник	25	0,75	7	легкие	0,95	1	легкие	1	0,95
25	птичник	10	0,75	7	легкие	1	3	легкие	0,9	0,9

Технические данные двигателей

номер двигателя	типоразмер	номинальная мощность P _н , кВт	энергетические показатели		механические характеристики		кратность пускового тока K _i
			КПД, %	Cosφ	m _п	m _м	
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	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

Исходные данные к практическому занятию № 3 и 4

вариант	первый двигатель		второй двигатель		освещение, кВт	
	марка	Кз	марка	Кз	Р _{осв1}	Р _{осв2}
1	АИР71А4У3	0,9	АИР80А4У3	0,8	2	6
2	АИР71В4У3	0,75	АИР90Л4У3	0,9	3	7
3	АИР80А4У3	0,85	АИР100С4У3	0,86	4	5
4	АИР80В4У3	0,92	АИР71В4У3	0,95	2,5	3,5
5	АИР90Л4У3	0,7	АИР80В4У3	0,8	4,5	1,5
6	АИР100С4У3	0,93	АИР112М4У3	0,85	1,8	2,3
7	АИР100Л4У3	0,96	АИР132С4У3	0,98	1,7	4,6
8	АИР112М4У3	0,95	АИР132М4У3	0,95	2,4	5,2
9	АИР132С4У3	0,9	АИР71А4У3	0,9	3,5	5
10	АИР132М4У3	0,8	АИР180М4У3	0,95	4,2	3,2
11	АИР160С4У3	0,78	АИР100Л4У3	0,8	10	1,5
12	АИР160М4У3	0,85	АИР180С4У3	0,86	12	6
13	АИР180С4У3	0,98	АИР160М4У3	0,85	1	15
14	АИР180М4У3	0,87	АИР160С4У3	0,89	4,7	16
15	АИР100С4У3	0,76	АИР71А4У3	0,89	5,3	12,5
16	АИР80В4У3	0,8	АИР71В4У3	0,9	0,6	12,4
17	АИР71А4У3	0,88	АИР80А4У3	0,94	0,8	1,2
18	АИР112М4У3	0,96	АИР80В4У3	0,8	3,6	5
19	АИР132С4У3	0,92	АИР90Л4У3	0,75	3,2	6,5
20	АИР160С4У3	0,95	АИР100С4У3	0,95	4,4	9
21	АИР80А4У3	0,8	АИР100Л4У3	0,96	5,5	6,6
22	АИР180М4У3	0,9	АИР112М4У3	0,83	12	4,8
23	АИР180С4У3	0,92	АИР132С4У3	0,89	10,5	3,5
24	АИР160М4У3	0,94	АИР132М4У3	0,8	1,6	4,9
25	АИР71В4У3	0,85	АИР160С4У3	0,6	2,2	4

Технические данные электродвигателей

марка	мощность, кВт	КПД, %	Cosφ	Ki
АИР71А4У3	0,55	70,5	0,70	5,0
АИР71В4У3	0,75	73	0,73	5,0
АИР80А4У3	1,1	75	0,81	5,5
АИР80В4У3	1,5	78	0,83	5,5
АИР90Л4У3	2,2	81	0,83	6,5
АИР100С4У3	3,0	82	0,83	7,0
АИР100Л4У3	4,0	85	0,83	7,0
АИР112М4У3	5,5	85,5	0,86	7,0
АИР132С4У3	7,5	87,5	0,86	7,5
АИР132М4У3	11	87,5	0,87	7,5
АИР160С4У3	15	90	0,87	7,0
АИР160М4У3	18,5	90,5	0,89	7,0
АИР180С4У3	22	90,5	0,89	7,0
АИР180М4У3	30	92	0,87	7,0

Исходные данные к практическому занятию №5

Вариант	Количество / номер потребителя согласно таблице 5.2 в точках (рис.5.1)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	2/7
2	1/11	1/9	1/10	1/8	1/12	1/13	3/14
3	1/1	1/15	1/16	1/17	1/18	1/19	3/20
4	1/11	1/21	1/22	1/23	1/24	1/25	3/2
5	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	5/8
6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12	2/13
7	1/14	1/15	1/16	1/17	1/18	1/19	3/20
8	1/21	1/22	1/23	1/24	1/25	1/1	2/14
9	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	3/10
10	1/11	1/12	1/13	1/14	1/15	1/16	3/17
11	1/18	1/19	1/20	1/21	1/22	1/23	1/24
12	1/25	1/1	1/1	1/2	1/3	1/4	2/5
13	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	3/12
14	1/13	1/14	1/15	1/16	1/17	1/18	3/19
15	1/20	1/21	1/22	1/23	1/24	1/24	3/25
16	1/25	1/24	1/23	1/22	1/21	1/20	2/18
17	1/17	1/16	1/15	1/14	1/13	1/12	1/11
18	1/10	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	3/4
19	1/3	1/2	1/1	1/1	1/2	1/3	5/4
20	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	3/11
21	1/12	1/13	1/14	1/15	1/16	1/17	3/18
22	1/19	1/20	1/21	1/22	1/23	1/24	2/25
23	1/2	1/4	1/16	1/8	1/10	1/12	3/14
24	1/16	1/18	1/20	1/22	1/24	1/24	4/1
25	1/25	1/23	1/21	1/19	1/17	1/15	3/13

Исходные данные к практическому занятию №6

вариант	Задача 1					Задача 2											
	Номер потребителя в соответствии с таблицей 5.2					Мощности отходящих линий											
						Дневной максимум						Вечерний максимум					
						активная			реактивная			активная			реактивная		
	1	2	3	4	5	Л1	Л2	Л3	Л1	Л2	Л3	Л1	Л2	Л3	Л1	Л2	Л3
1	1	2	3	4	5	25	36	27	16	9	5	23	51	62	6	10	15
2	6	7	8	9	10	28	39	30	19	5	14	27	54	66	4	1	2
3	1	11	12	13	14	30	41	23	10	6	3	12	42	89	5	6	2
4	2	3	15	16	17	55	45	27	2	3	2	56	45	25	6	6	3
5	3	4	18	19	20	100	52	23	6	10	13	80	40	20	5	4	3
6	5	6	21	22	23	5	62	12	8	12	10	42	74	32	10	6	5
7	7	8	24	25	1	10	73	56	2	14	4	51	52	62	4	5	6
8	9	10	11	4	5	15	84	33	6	5	5	85	12	12	20	4	2
9	12	13	6	7	1	20	92	20	3	6	2	26	48	52	3	8	7
10	14	15	8	9	2	25	103	13	5	9	7	54	59	45	6	7	8
11	16	17	10	3	4	30	55	62	9	7	10	84	62	85	5	4	1
12	18	19	5	6	20	35	61	85	4	1	8	74	41	74	9	6	4
13	20	21	7	8	17	40	29	22	5	5	5	51	75	84	2	5	5
14	22	23	9	10	18	45	56	61	1	8	6	45	41	95	8	4	2
15	24	25	12	13	16	50	30	42	2	2	4	26	20	62	1	5	3
16	17	18	14	15	13	55	45	16	8	6	17	28	36	23	7	14	12
17	2	4	6	8	10	60	32	36	7	4	2	54	25	12	5	2	36
18	12	14	16	18	20	65	20	20	5	8	5	36	62	22	4	5	2
19	3	6	9	12	15	70	45	18	0	5	9	39	42	32	6	1	1
20	1	5	10	15	20	75	18	41	1	2	6	58	15	32	2	4	14
21	5	9	13	17	21	80	20	52	2	4	2	21	23	12	1	7	15
22	6	10	14	18	22	85	20	62	12	5	4	54	28	15	2	8	26
23	25	19	15	10	3	90	36	14	3	6	5	96	29	45	3	5	13
24	5	6	9	8	2	95	42	27	2	2	3	23	21	62	8	1	1
25	11	1	5	6	10	105	12	51	9	8	6	25	24	42	5	6	4
26	3	9	11	12	12	110	15	84	8	4	2	12	51	82	2	3	20
27	12	6	18	6	13	115	18	66	4	5	12	16	65	51	4	2	1

Исходные данные к практическому занятию №7

Вариант	Параметры линии				Мощности, кВА				Длины участков, км			
	U_H , кВ	$\cos \varphi$	$T_{\max}$, ч	$\tau_{\max}$, ч	S1	S2	S3	S4	l_{01}	l_{12}	l_{23}	l_{34}
1	10	0,8	2800	1500	160	100	250	160	1	2	3	5
2	35	0,9	3200	2000	630	400	1000	630	10	12	5	6
3	110	0,86	3400	2100	2500	4000	2500	4000	12	13	7	4
4	10	0,85	3450	2120	40	630	250	100	2	3	2	8
5	35	0,9	3500	2150	400	630	400	400	11	13	5	2
6	110	0,91	3600	2200	4000	6300	2500	6300	10	12	4	1
7	10	0,8	2800	1500	25	160	400	250	1,2	2	6	7
8	35	0,85	3200	2000	1000	2500	1000	1000	13	15	2	5
9	110	0,84	3400	2100	4000	10000	6300	6300	14	16	1	2
10	10	0,87	3450	2120	250	400	400	250	1,3	2	8	3
11	35	0,9	3500	2150	630	630	1000	2500	15	16	5	1
12	110	0,8	3600	2200	2500	6300	2500	6300	16	18	9	2
13	10	0,85	2800	1500	400	400	250	160	1,4	2	6	4
14	35	0,9	3200	2000	1000	1000	2500	1600	16	18	2	6
15	110	0,8	3400	2100	4000	4000	4000	6300	20	22	4	9
16	10	0,85	3450	2120	630	400	250	100	1,5	2	5	2
17	35	0,8	3500	2150	2500	1000	1000	1000	17	18	1	5
18	110	0,85	3600	2200	4000	4000	1000	6300	22	20	7	7
19	10	0,87	2800	1500	63	100	250	400	1,6	2	2	1
20	35	0,9	3200	2000	630	1000	2500	4000	12	14	1	6
21	110	0,85	3400	2100	6300	6300	6300	6300	16	14	4	3
22	10	0,86	3450	2120	250	250	250	400	1,7	2	2	5
23	35	0,9	3500	2150	2500	1000	4000	1000	20	22	1	4
24	110	0,85	3600	2200	1000	4000	1000	4000	12	14	2	7
25	10	0,8	2800	1500	630	100	100	250	1,7	2	1	5

Исходные данные к практическому занятию №8

Вариант	ТП1			ТП2		ТП3		ТП4		Марка про вода	Длины участков, км			
	P, кВт	Q, кВАр	S _н , кВА	P, кВт	Q, кВАр	P, кВт	Q, кВАр	P, кВт	Q, кВАр		0-1	1-2	2-3	2-4
1	120	20	100	100	60	230	50	240	100	АС50	1	2	3	1
2	56	23	63	12	6	100	100	260	150	АС70	1,2	2	1,1	2
3	25	12	25	25	25	120	120	230	140	АС95	1,3	2,1	1,2	3
4	62	62	63	26	26	114	110	250	120	АС50	1,4	2,2	1,3	4
5	51	21	40	32	30	115	100	230	130	АС35	1,5	2,3	1,4	5
6	33	33	25	54	20	100	62	260	140	АС50	1,6	2,4	1,5	2
7	100	25	100	55	23	120	52	250	150	АС50	1,7	2,5	1,6	3
8	20	12	25	26	23	140	54	240	160	АС70	1,8	2,4	1,7	4
9	16	5	25	69	69	160	110	230	170	АС95	1,9	2,3	1,8	5
10	35	35	40	12	12	150	140	210	180	АС50	1	2,2	1,9	1
11	96	62	100	45	10	140	120	230	190	АС70	2	2,1	1,1	2
12	54	41	63	85	52	123	56	240	200	АС95	2,1	2	1,2	3
13	58	41	63	75	52	145	45	250	130	АС35	2,2	1,9	1,3	4
14	96	63	100	45	32	128	120	260	120	АС50	2,3	1,8	1,4	5
15	25	14	40	95	60	126	120	270	110	АС70	2,4	1,7	1,5	1
16	48	25	63	36	20	127	120	280	140	АС50	2,5	1,6	1,6	2
17	75	41	100	25	20	142	120	290	150	АС35	2	1,5	1,7	5
18	15	12	25	36	20	145	120	210	160	АС50	2,4	1,4	1,8	4
19	24	20	25	12	6	146	120	200	140	АС50	2,3	1,3	1,9	1
20	85	56	100	24	14	148	120	220	120	АС70	2,2	1,2	1,1	2
21	32	23	40	36	24	152	132	230	150	АС70	2,1	1,1	1,9	3
22	26	12	25	95	80	146	120	240	140	АС50	2	1	1,8	2
23	45	23	40	85	80	129	120	250	170	АС95	1,9	1,1	1,7	4
24	26	12	25	41	40	152	120	260	180	АС95	1,8	1,2	1,6	5
25	32	24	40	75	65	136	120	220	190	АС70	1,7	1,3	1,5	1

Исходные данные к практическому занятию №9

Вариант	Уровень напряжения на шинах 10 кВ ГПП, %		Потери напряжения по участкам ВЛ – 10 кВ, %			
	при 100% нагрузке	при 25% нагрузке	участок ГПП – 1	участок 1 – 2	участок 2 – 3	участок 2 – 4
1	+10	+5	1	2	1	1
2	+9	+5	0	5	1,5	1
3	+8	+4	1	3	1	1
4	+7	+3	0	4	1,5	1
5	+6	+2	1	2	1	1
6	+5	+1	0	1	1,5	1
7	+4	+2	1	0,5	1	1
8	+3	+2	0	0,2	2	1
9	+2	+1	1	0,2	1	1
10	+1	0	0	0,5	2	1
11	+10	+7	1	3	1	1
12	+9	+6	0	2	2	1
13	+8	+5	1	4	1	1
14	+7	+4	0	2	3	1
15	+6	+3	1	3	2	1
16	+5	+2	0	2	1	1
17	+4	+1	1	1	1	1
18	+3	+1	0	0,5	1	1
19	+2	0	1	0,5	1	1
20	+4	0	0	0,2	1	1
21	+10	+6	1	3	3	1
22	+9	+7	0	5	2	1
23	+8	+4	1	3	2	1
24	+7	+5	0	2	1	1
25	+6	+5	1	2	2	1

Исходные данные к практическому занятию №10

№ п/п	Участок 0 - 1		Участок 1 - 2		Участок 2 - 3		Участок 3 - 4		Cosφ
	S,кВА	ℓ,км	S,кВА	ℓ,км	S,кВА	ℓ,км	S,кВА	ℓ,км	
1	400	2	300	3	100	2	200	5	0,9
2	400	8	400	5	150	3	-	-	0,9
3	100	3	300	4	200	5	400	2	0,9
4	100	2,5	150	4	300	2	-	-	0,85
5	600	6	500	5	400	2	-	-	0,8
6	120	2	800	5	400	10	-	-	0,92
7	160	3	200	2	100	5	300	6	0,9
8	200	2	100	3	180	5	120	6	0,8
9	100	5	120	2,5	180	1,5	300	2	0,9
10	500	2	70	3	30	5	100	1,8	0,9
11	100	1,5	200	3	50	2	-	-	0,85
12	150	4	200	2	300	1,5	250	4	0,9
13	100	2	300	3	200	1,5	-	-	0,8
14	200	3	400	4	600	6	-	-	0,9
15	200	4	100	3	300	5	200	6	0,9
16	100	2	400	5	200	6	200	1	0,7
17	600	5	800	6	400	8	-	-	0,8
18	100	2	100	4	150	1	300	2	0,9
19	800	2	400	4	200	8	-	-	0,78
20	100	2	250	2	150	3	200	3	0,8
21	200	2	80	3	50	4	100	5	0,9
22	100	5	800	4	400	3	300	2	0,8
23	150	4	800	3	300	2	100	6	0,9
24	200	3	130	2	150	4	-	-	0,78
25	120	2	280	3	300	6	400	4	0,8

Исходные данные к практическому занятию №12

Вариант	U_H , кВ	$\cos \varphi$	Нагрузка, кВА				Длины участков, км					Место обрыва
			S_1	S_2	S_3	S_4	l_{A1}	l_{12}	l_{23}	l_{34}	l_{4B}	
1	10	0,8	100	40	40	100	1	2	3	1	2	А
2	35	0,9	1000	400	400	1000	2	3	2	3	5	В
3	10	0,85	250	63	63	250	1	2	3	1	2	А
4	35	0,9	2500	630	630	2500	2	3	2	3	5	В
5	10	0,8	400	100	100	400	1	2	3	1	2	А
6	35	0,85	4000	1000	1000	4000	2	3	2	3	5	В
7	10	0,9	630	250	250	40	1	2	3	1	2	А
8	35	0,87	6300	2500	2500	400	2	3	2	3	5	В
9	10	0,85	40	400	400	63	1	2	3	1	2	А
10	35	0,86	400	4000	4000	630	2	3	2	3	5	В
11	10	0,84	63	630	630	100	1	2	3	1	2	А
12	35	0,89	630	6300	6300	1000	2	3	2	3	5	В
13	10	0,85	100	40	40	250	1	2	3	1	2	А
14	35	0,9	1000	400	400	2500	2	3	2	3	5	В
15	10	0,91	250	63	40	400	1	2	3	1	2	А
16	35	0,95	2500	630	400	4000	2	3	2	3	5	В
17	10	0,8	400	40	63	630	1	2	3	1	2	А
18	35	0,9	4000	400	630	6300	2	3	2	3	5	В
19	10	0,95	630	63	100	40	1	2	3	1	2	А
20	35	0,85	6300	630	1000	400	2	3	2	3	5	В
21	10	0,84	40	100	250	63	1	2	3	1	2	А
22	35	0,8	400	1000	2500	630	2	3	2	3	5	В
23	10	0,85	63	250	400	100	1	2	3	1	2	А
24	35	0,82	630	2500	4000	1000	2	3	2	3	5	В
25	10	0,87	100	400	630	40	1	2	3	1	2	А

Исходные данные к практическому занятию №18

вариант	Система	ВЛ – 1			Трансформатор				ВЛ - 2			Рис.
	S _{к.з.} МВА	U _н , кВ	Марка провода	Длина км	U _{1н} , кВ	U ₂ н, кВ	U _к , %	S _н , кВА	U _н , кВ	Марка провода	Длина км	
1	400	35	АС-70	4	35	10	10,5	6300	-	-	-	а
2	540	110	АС-70	50	110	10	10,5	10000	-	-	-	а
3	540	110	АС-70	50	110	35	10,5	10000	-	-	-	а
4	500	35	А – 35	2	35	10	5	6300	-	-	-	а
5	840	35	А – 50	4	35	10	7,5	6300	-	-	-	а
6	640	110	АС-70	20	110	35	5,5	10000	-	-	-	а
7	840	35	АС – 50	5	35	10	10,5	10000	-	-	-	а
8	500	110	АС-70	2	110	35	10,5	10000	-	-	-	а
9	500	110	АС-70	2	110	35	10,5	10000	-	-	-	а
10	800	35	АС – 50	2	35	10	5	6300	-	-	-	а
11	800	110	АС-70	2	110	35	10,5	25000	-	-	-	а
12	400	35	АС – 35	4	35	10	5	6300	-	-	-	а
13	420	10	А – 70	13	-	-	-	-	10	АС – 25	4	б
14	540	110	АС-70	50	110	35	10,5	10000	-	-	-	а
15	500	35	АС – 35	15	35	10	10,5	6300	-	-	-	а
16	420	10	А – 70	18	-	-	-	-	10	АС – 25	8	б
17	840	10	АС-70	10	-	-	-	-	10	АС – 50	12	б
18	420	10	А – 70	10	-	-	-	-	10	АС – 25	2	б
19	540	35	АС – 50	5	-	-	-	-	35	АС – 50	12	б
20	420	10	А – 70	15	-	-	-	-	10	АС – 25	2	б
21	420	10	А – 70	13	-	-	-	-	10	АС – 25	3	б
22	840	10	АС-70	4	-	-	-	-	10	АС – 50	12	б
23	840	10	АС-70	4	-	-	-	-	10	АС – 50	8	б
24	420	10	А – 70	14	-	-	-	-	10	АС – 25	4	б
25	420	10	А – 70	8	-	-	-	-	10	АС – 25	6	б

Исходные данные к практическому занятию №19

Вариант	Трансформатор	ВЛ - 1		ВЛ - 2	
		Марка провода	Длина, м	Марка провода	Длина, м
1	ТМ – 63 / 10	3А – 25 + 1А – 25	200	3А – 35 + 1А – 35	300
2	ТМ – 100 / 10	3А – 25 + 1А – 25	100	3А – 50 + 1А – 50	150
3	ТМ – 160 / 10	3А – 35 + 1А – 35	200	3А – 70 + 1А – 70	250
4	ТМ – 250 / 10	3А – 50 + 1А – 50	350	3А – 25 + 1А – 25	100
5	ТМ – 63 / 10	3А – 35 + 1А – 35	120	3А – 25 + 1А – 25	100
6	ТМ – 100 / 10	3А – 25 + 1А – 25	120	3А – 35 + 1А – 35	150
7	ТМ – 160 / 10	3А – 25 + 1А – 25	100	3А – 35 + 1А – 35	200
8	ТМ – 250 / 10	3А – 35 + 1А – 35	200	3А – 70 + 1А – 70	250
9	ТМ – 63 / 10	3А – 50 + 1А – 50	350	3А – 25 + 1А – 25	100
10	ТМ – 100 / 10	3А – 50 + 1А – 50	130	3А – 35 + 1А – 35	200
11	ТМ – 160 / 10	3А – 25 + 1А – 25	200	3А – 35 + 1А – 35	300
12	ТМ – 250 / 10	3А – 25 + 1А – 25	125	3А – 50 + 1А – 50	150
13	ТМ – 63 / 10	3А – 35 + 1А – 35	200	3А – 70 + 1А – 70	250
14	ТМ – 100 / 10	3А – 50 + 1А – 50	300	3А – 25 + 1А – 25	200
15	ТМ – 160 / 10	3А – 70 + 1А – 70	150	3А – 25 + 1А – 25	100
16	ТМ – 250 / 10	3А – 25 + 1А – 25	250	3А – 35 + 1А – 35	300
17	ТМ – 63 / 10	3А – 25 + 1А – 25	100	3А – 50 + 1А – 50	250
18	ТМ – 100 / 10	3А – 35 + 1А – 35	150	3А – 70 + 1А – 70	250
19	ТМ – 160 / 10	3А – 50 + 1А – 50	320	3А – 25 + 1А – 25	100
20	ТМ – 250 / 10	3А – 25 + 1А – 25	150	3А – 25 + 1А – 16	200
21	ТМ – 63 / 10	3А – 25 + 1А – 16	120	3А – 35 + 1А – 35	300
22	ТМ – 100 / 10	3А – 35 + 1А – 35	150	3А – 50 + 1А – 50	120
23	ТМ – 160 / 10	3А – 50 + 1А – 50	230	3А – 70 + 1А – 70	320
24	ТМ – 250 / 10	3А – 50 + 1А – 50	300	3А – 25 + 1А – 25	200
25	ТМ – 63 / 10	3А – 35 + 1А – 35	400	3А – 25 + 1А – 25	150

Исходные данные к практическому занятию №20

Вариант	Линия Л1			Линия Л2		
	I _{раб} , А	Крупный двигатель		I _{раб} , А	Крупный потребитель	
		I _{ном} , А	K _i		P, кВт	Q, кВАр
1	35	10,7	7,5	65	18	10
2	48	14,8	7,5	93	30	30
3	45	34,5	7,0	112	45	15
4	52	41,5	7,0	156	45	45
5	30	21,0	7,5	56	25	25
6	50	28,5	7,0	75	20	20
7	78	55,5	7,5	63	22	15
8	102	70,6	7,0	55	10	10
9	28	21,0	7,5	65	18	18
10	88	59,6	6,5	45	10	10
11	115	72,7	6,5	48	12	12
12	69	22,9	6,5	108	35	35
13	35	10,7	7,5	65	18	10
14	48	14,8	7,5	93	30	30
15	45	34,5	7,0	112	45	15
16	52	41,5	7,0	156	45	45
17	30	21,0	7,5	56	25	25
18	50	28,5	7,0	75	20	20
19	78	55,5	7,5	63	22	15
20	102	70,6	7,0	55	10	10
21	28	21,0	7,5	65	18	18
22	88	59,6	6,5	45	10	10
23	115	72,7	6,5	48	12	12
24	69	22,9	6,5	108	35	35
25	30	21,0	7,5	56	25	25

Исходные данные к практическому занятию №23

Вариант	S, м ²	Размеры уголка, мм	Климатическая зона (область)	ℓ, м	Полоса связи, мм	Глубина заземле ния, м	ρ _{изм} , Ом*м	Кол-во повтор ных заземле ний
1	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,5	40 * 4	0,85	120	10
2	5,5* 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,4	40 * 4	0,89	110	8
3	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,52	40 * 4	0,85	140	10
4	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	4,2	40 * 4	0,98	118	8
5	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,55	40 * 4	0,85	138	10
6	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	4,1	40 * 4	0,96	110	8
7	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,55	40 * 4	0,85	128	10
8	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,46	40 * 4	0,98	136	8
9	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,25	40 * 4	0,85	126	10
10	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,82	40 * 4	0,96	146	8
11	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,15	40 * 4	0,85	126	10
12	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,26	40 * 4	0,96	138	8
13	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,25	40 * 4	0,85	128	10
14	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,56	40 * 4	0,98	140	8
15	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,57	40 * 4	0,85	146	10
16	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,46	40 * 4	0,92	126	8
17	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,75	40 * 4	0,85	128	10
18	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,42	40 * 4	0,98	111	8
19	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,25	40 * 4	0,85	140	10
20	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,46	40 * 4	0,98	112	8
21	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,45	40 * 4	0,92	108	10
22	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,45	40 * 4	0,92	108	8
23	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,75	40 * 4	0,85	130	10
24	5,5 * 5,5	50 * 50 * 4	Московская	3,4	40 * 4	0,92	110	8
25	6 * 6	50 * 50 * 4	Ленинградская	3,25	40 * 4	0,85	128	10