

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) образовательной программы Электроэнергетика

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ Н.В. Савина

« ____ » _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Реконструкция подстанции Базовая напряжением 35/10 кВ в городе
Свободный

Исполнитель

студент группы 942-об1

подпись, дата

В.А. Смагин

Руководитель

профессор, канд.техн.наук

подпись, дата

Ю.В. Мясоедов

Консультант по безопасно-

сти и экологичности

доцент, канд.техн.наук

подпись, дата

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

старший преподаватель

подпись, дата

Л.А. Мясоедова

Благовещенск 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра энергетики

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

 Н.В. Савина

« 03 » 04 20 23 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Смагин Валерий Андреевич

1. Тема выпускной квалификационной работы: : Реконструкция подстанции Базовая напряжением 35/10 кВ в городе Свободный

(утверждено приказом от 03.04.2023 № 794 – Уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 11.06.2023

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: : электрическая схема подстанции, однолинейные схемы подстанций, контрольные замеры

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): общая характеристика района проектирования, разработка вариантов сети, расчет токов короткого замыкания, расчет и анализ электрических нагрузок, проектирование подстанции и защит.

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.) 13 рисунков, 25 таблиц, 25 источников.

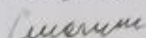
6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) Безопасность и экологичность – Андрей Борисович Булгаков, доцент, канд.техн.наук

7. Дата выдачи задания 03.04.2023 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Мясоедов Юрий Викторович, профессор, канд.техн.наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 03.04.2023



(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 141 с., 13 рисунков, 25 таблиц, 162 формулы, 25 источников.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ,ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРА ,ТОКИ КОРОТОКОГО ЗАМЫКАНИЯ,ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ,ЗАЗЕМЛЕНИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ.

Целью данной бакалаврской работы является реконструкция подстанции Базовая 35 кВ. с заменой двух силовых трансформаторов в связи увеличением мощности из-за строительства микрорайона Южный в городе Свободный

Актуальность работы заключается в том, что из-за повышения нагрузки, в следствии строительства новых жилых домов, подстанция перестанет справляться с электроснабжением города и тем самым будут неизбежные денежные потери.

В работе помимо замены двух трансформаторов, будет выбрано новое оборудование подстанции, рассчитано заземление и молниезащита, затронут вопрос безопасности и экологичности, рассчитана релейная защита, и показана оценка надежности реконструированной подстанции.

Результат данной выпускной квалификационной работы позволит показать возможный вариант реконструкции подстанции Базовая.

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений и условных обозначений	5
Введение	6
1 Географическая и климатическая характеристика района проектируемой подстанции	7
2 Характеристика города Свободный	10
3 Прогнозирование нагрузки	12
4 Разработка реконструируемой ПС Базовая	19
4.1 Выбор трансформатора на ПС Базовая	20
5 Расчет токов короткого замыкания	21
5.1 Определение параметров схемы замещения	22
5.2 Расчет токов КЗ	25
6 Реконструкция подстанции базовая	29
6.1. Вид существующей на данный момент ПС Базовая .	29
6.2 Выбор и проверка выключателей	30
6.3 Выбор разъединителей	32
6.4 Выбор трансформаторов тока	33
6.5 Выбор трансформаторов напряжения	41
6.6. Выбор и проверка токоведущих частей	44
6.7 Выбор и проверка изоляторов	50
6.8 Выбор трансформатора собственных нужд	52
6.9 Выбор ячеек КРУ на ПС Базовая	53
7 Заземление и молниезащита подстанции Базовая	70
7.1 Заземление подстанции Базовая	70
7.2 Защита от прямых ударов молнии	76
8 Релейная защита, автоматика и сигнализация	81
8.1 Защита трансформатора	83
8.2 Выбор рабочих ответвлений токовых входов терминала	84

8.3	Выбор установок дифференциальной защиты трансформатора	86
8.4	Выбор уставок дифференциальной токовой отсечки	91
8.5	Выбор уставок максимальной токовой защиты	92
8.6	Автоматика на подстанции Базовая	94
8.7	Сигнализация на подстанции Базовая	96
9	Оценка надежности сети	97
10	Безопасность и экологичность	104
10.1	Безопасность	104
10.2	Экологичность	120
10.3	Чрезвычайные ситуации	131
11	Технико- экономические показатели проекта	135
	Заключение	139
	Библиографический список	140

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ВЛ – воздушная линия;

ВН – высокое напряжение;

КВЛ – кабельно-воздушная линия;

КЗ – короткое замыкание;

КРУ – комплектное распределительное устройство;

ОПН – ограничитель перенапряжения нелинейный;

ОРУ – открытое распределительное устройство;

ОЭС – объединенная энергетическая система.

ПВК – программно-вычислительный комплекс;

ПС – подстанция;

РЗА – релейная защита и автоматика;

СН – собственные нужды;

ТН – трансформатор напряжения;

ТТ – трансформатор тока;

ЭС – энергетическая система;

ВВЕДЕНИЕ

Тему данного ВКР мне предложили энергетики компании АО «ДРСК».

Актуальность данной темы заключается в том, что из плана стратегии устойчивого развития компании следует развитие городских зданий, которые нуждаются в обеспечении электроэнергией и с нынешним оборудованием подстанции, электроснабжения будет малоэффективна.

Электросеть постоянно развивается и нуждается в постоянной нагрузке из-за растущего числа потребителей, улучшения условий жизни и других факторов. В Свободненском районе ведутся активные работы по реконструкции и строительству новых сетей для удовлетворения потребностей развивающейся промышленности и новых потребителей.

Целью работы является реконструкция подстанции "Базовая" для обеспечения электроснабжения новостроек в южной части. Для этого необходимо разработать несколько вариантов реконструкции, подготовить технико-экономическое обоснование и выбрать наилучший вариант. В ходе реконструкции были решены задачи расчета токов короткого замыкания, подбора оборудования, повышения надежности, подбора устройств релейной защиты и расчета молниезащиты подстанции.

Задачи данной ВКР являются: выбор и проверка оборудования, расчет заземления и грозоупорности, расчет релейных защит, и проверка надежности подстанции. После выполнения всех этих задач подстанция участка должна обеспечить бесперебойную работу в течении нормативного срока в 20 лет. При выполнении выпускной квалификационной работы использовались программно-вычислительные комплексы,

При выполнении выпускной квалификационной работы использовались программно-вычислительные комплексы Microsoft Office Visio, Microsoft Office Word, MathType.

1 ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПОДСТАНЦИИ

Реконструкция подстанции Базовая имеет целью обеспечить электроснабжение микрорайона Южный, который является одним из крупнейших по территории в городе Свободный Амурской области. Климат в данном населенном пункте является резко континентальным с муссонными чертами, что характеризуется большими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха (до 45-50° и 20° соответственно) и преобладанием летних осадков. Материковая часть не оказывает прямого влияния на Амурскую область, но ее географическое положение, граничащее с Китаем и Северной Кореей, определяет важность этой территории для экономики, политики и безопасности России. Через регион также проходит большая река Амур, что открывает возможности для развития речного транспорта и рыболовства.

Климат Амурской области холодный и сухой, резко континентальный. Зимы здесь долгие и холодные, с температурой до -40°С, летом жарко и влажно. Значительные колебания температуры заметны весной и осенью.

Среднегодовая температура в регионе колеблется от -3,8°С до +3,6°С. Зимой температура может опускаться до минус 50 градусов, а летом подниматься до плюс 35 градусов.

Зимой регион покрыт снегом, а река Амур и многие ее притоки замерзают на несколько месяцев. Весной и летом, когда тает снежный покров, реки образуют многочисленные водопады и пороги, привлекающие туристов и любителей экстремального отдыха.

В целом климат Амурской области типичен для континентальных регионов, где температура сильно колеблется в течение года и возможны серьезные Строительство Зейской ГЭС, расположенной на реке Зeya в Бурятии и Амурской области, оказало определенное влияние на Амурскую область.

Во-первых, Зейская ГЭС обеспечивает регион электроэнергией. Благодаря этому регион получил технологические возможности для развития промышленности и инфраструктуры.

Во-вторых, строительство гидроэлектростанции сопровождалось созданием новых железных и автомобильных дорог, соединяющих различные регионы России. Это ускорило развитие транспортной инфраструктуры в Амурской области и способствовало улучшению жизни местного населения.

Однако в то же время строительство гидроэлектростанции Зeya создало определенные экологические и социальные проблемы. Резкое изменение водного режима реки Зeya и создание искусственного водохранилища повлияли на экосистему реки, вынудив местное население адаптироваться к новому водному режиму. Также строительство Согласно фактическим материалам наблюдений, температура образования льда составляет минус 10 градусов. Диапазон влажности - второй, нормальный.

Грозовая активность начинается в апреле и заканчивается в ноябре.

Таблица 1 содержит информацию об условиях окружающей среды на территории трассы воздушной линии и местонахождении подстанции с учетом действующих нормативных требований (последовательность повторения катастрофических событий - 1 раз в 25 лет) и результатов многолетних мобильных метеорологических наблюдений на метеостанциях.

Таблица 1 – Климатические условия

Климатические условия	Расчетные величины
1	2
Район по гололеду 25 летней повторяемости	II
Нормативная стенка гололеда, мм	25
Район по ветру 25 летней повторяемости	I
Нормативное ветровое давление, м/сек	29 м/сек
Годовое количество осадков, мм	575
Низшая температура воздуха, °С	-39

Продолжение таблицы 1

1	2
Средняя из абсолютных минимумов температура воздуха, °С	-39
Расчетная температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С	-39
Среднегодовая температура воздуха, °С	0,0
Высшая температура воздуха, °С	41
Число грозочасов в год	20
Высота снежного покрова, макс/средняя, см	60/20
Температура гололедообразования, °С	-10
Преобладающее направление ветра	СЗ
Продолжительность отопительного периода, сутки	270
Сейсмичность района, баллы (группа В)	6
Среднегодовая скорость ветра, м/с	2,6

Разрезы, образовавшиеся в результате бурения, включают слой рыхлого песка, слой коричневой огнеупорной глины и слой глины линзовидной формы толщиной до 1 метра. На основании разреза были обнаружены мелкие зерна средней плотности, толщиной до 4 метров. Подземных вод в колодцах обнаружено не было, но при интенсивных осадках они могут залегать на глубине 1-2,5 метра. Зимой полы имеют среднюю толщину и устойчивы к коррозии по сравнению с металлическими полами.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДА СВОБОДНЫЙ

Город Свободный расположен в Амурской области на берегу реки Зеи. Население города составляет около 60 тыс. человек. Город был основан в 1954 году на месте строительства Амурского гидроузла.

Одним из основных преимуществ города является его расположение рядом с Китайской Народной Республикой, что обеспечивает благоприятные условия для развития экономических связей между двумя государствами.

В Свободном проходят крупные транспортные магистрали, что способствует развитию транспортной инфраструктуры города. В городе находятся железнодорожный вокзал, автовокзал и аэропорт.

Одним из наиболее крупных предприятий города является Зейская ТЭЦ, которая является крупнейшим потребителем угля в России. Также в городе развиты машиностроительные, деревообрабатывающие, пищевые и строительные отрасли.

В Свободном развиты сферы культуры и спорта. В городе есть многочисленные культурные и образовательные учреждения: театры, музеи, библиотеки, школы, колледжи и техникумы. Также в городе находятся спортивные комплексы, стадионы и бассейны.

Одной из достопримечательностей города является Зейский крейсер – памятник истории гидроэнергетического строительства. Также в городе можно увидеть памятники архитектуры, такие как Свободненская церковь.

Свободный – это промышленный город с развитой инфраструктурой, благоприятным географическим положением и множеством возможностей для инвестирования.

Энергетика является одним из важнейших секторов экономики города Свободный. Одним из крупнейших предприятий в городе является Зейская ГЭС, которая производит около 8 млрд кВт-ч электроэнергии в год. Это одна

из крупнейших ГЭС на Дальнем Востоке России и важный источник электроэнергии для окрестных регионов.

В городе также находится Зейская ТЭЦ – крупнейшее предприятие в стране по производству тепла и электроэнергии на угле. Согласно данным на 2021 год, производственная мощность Зейской ТЭЦ составляет более 3600 МВт, что позволяет обеспечить электроэнергией не только Свободный, но и окрестные города и населенные пункты в Амурской области.

Энергетический комплекс города значительно снижает зависимость региона от энергетических ресурсов других регионов России и способствует экономическому развитию города и области в целом.

В городе Свободный находится филиал акционерного общества "Дальневосточная распределительная компания" (АО ДРСК). Функциональность компании заключается в распределении электроэнергии и управлении электрическими сетями на территории Дальневосточного региона России, а также выполнении ряда работ по строительству электросетей.

Филиал АО ДРСК в Свободном занимается обслуживанием и ремонтом высоковольтных линий электропередачи и распределительных устройств, а также управлением электросетями. Благодаря этому, жители города и его окрестностей могут рассчитывать на качественное и надежное электроснабжение.

АО ДРСК в Свободном является одним из ключевых элементов энергетической системы региона. Она обеспечивает надежную работу насосно-нагнетательных станций, лифтов, эскалаторов, освещения на улицах и в зданиях, а также многих других объектов города. Деятельность АО ДРСК в Свободном направлена на обеспечение стабильной энергосистемы в регионе и удовлетворение потребностей жителей в комфорте и безопасности.

3 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ

Для разработки эффективной схемы электроснабжения необходимо учитывать не только текущие потребности, но и возможное увеличение нагрузок в будущем. Для этих целей используются различные методы прогнозирования динамики нагрузки.

Точные данные необходимы для прогнозирования дальнейших изменений нагрузки. Эти данные обычно хранятся в специальных таблицах измерений. После анализа и обработки этих данных вы можете рассчитать расчетную потребность в активной и реактивной мощности с использованием определенных формул.

$$P = \frac{Wh_i - Wh_n}{t_{i-n} \cdot 1000} \cdot k_p; \text{ МВт}; \quad (1)$$

$$Q = \frac{Varh_i - Varh_n}{t_{i-n} \cdot 1000} \cdot k_p; \text{ МВар}. \quad (2)$$

где Wh- показания счетчика активной электроэнергии, кВт · ч;

Varh - показания счетчика реактивной электроэнергии, кВар · ч

k_p - расчетный коэффициент

t_{i-n} - интервал времени за который определяется пропуск электроэнергии, ч.

Эффективным методом прогнозирования потребления электроэнергии отдельными узлами является метод простой экстраполяции. Он основан на точной статистической информации за предыдущие годы, которая позволяет рассчитать среднегодовой прирост потребления электроэнергии на 2,2%.

Наиболее часто используемая формула сложных процентов, которая позволяет рассчитать расчетный спрос на электроэнергию в отчетном году t :

$$P_{cpt} = P_{cp} \cdot \left(1 + \frac{n}{100}\right)^{t-t_0}; \quad (3)$$

где P_{cpt} - средняя нагрузка расчетного года;

P_{cp} - известная средняя нагрузка;

n – среднегодовой прирост нагрузки;

t_0 - базисный год, в котором наблюдалась данная нагрузка.

Произведем прогноз нагрузки на 5 лет, т.е. на 2020 г.

Прогнозирование нагрузки осуществляется следующим образом:

1) измеряя нагрузку на шины, мы можем определить количество активной и реактивной энергии, которое выделяется в час, и рассчитать их среднее значение.

$$P_{cp} = P_{cp} \cdot \frac{\sum_{i=1}^3 P_i}{3}; \text{ МВт}; \quad (4)$$

где P_i – пропуск активной мощности за i час.

2) приводим данные по нагрузкам в относительных единицах, измеренных относительно среднего значения, которое мы ранее вычислили:

$$P_{i.o.e.} = \frac{P_i}{P_{cp}}, \text{ o.e.} \quad (5)$$

3) прогнозируем среднюю нагрузку по формуле сложных процентов;

4) умножая нагрузки в о.е. на спрогнозированную среднюю, определяем нагрузку на расчетный год.

$$P_{i.пр.} = P_{io.e.} \cdot P_{ср.пр.}, \text{ МВт}; \quad (6)$$

где $P_{ср.пр}$ – спрогнозированная средняя нагрузка.

Таблица 2 с результатами расчета.

Таблица 2 – Прогнозирование и данные контрольных часов суточной нагрузки трансформатора 1 и 2 ПС Базовая

Время, ч	Трансформаторы	Прогноз		Пропуск	
		P, МВт	Q, о.е.	P, МВт	Q, Мвар
03-00	Т-1 ввод 35кВ	5,1	3,77	3,21	0,82
	Т-2 ввод 35кВ	5,1	3,77	3,21	0,82
10-00	Т-1 ввод 35кВ	5,95	2,74	4,35	0,9
	Т-2 ввод 35кВ	5,95	2,74	4,35	0,9
18-00	Т-1 ввод 35кВ	6,46	2,76	4,61	0,95
	Т-2 ввод 35кВ	6,46	2,76	4,61	0,95
03-00	Т-1 ввод 10кВ	5,09	2,77	3,2	0,8
	Т-2 ввод 10кВ	5,09	2,77	3,2	0,8
10-00	Т-1 ввод 10кВ	5,95	2,73	4,34	0,88
	Т-2 ввод 10кВ	5,95	2,73	4,34	0,88
18-00	Т-1 ввод 10кВ	6,6	2,75	4,6	0,93
	Т-2 ввод 10кВ	6,6	2,75	4,6	0,93

Определим вероятностные характеристики нагрузки:

- среднеквадратичная мощность $P_{эф}$:

$$P_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T_n} \cdot \sum_1^3 P_{t_i}^2}, \text{ МВт} \quad (7)$$

где T_n - период наблюдения, 3;

P_{t_i} - значение нагрузки i -го часа (табл.).

- коэффициент формы, показывающий неравномерность графика нагрузки k_ϕ :

$$k_\phi = \frac{P_{эф}}{P_{cp}} \quad (8)$$

- расчет среднюю мощность в период, когда наблюдается максимальная нагрузка в течение получас P_{max} :

$$P_{max} = P_{cp} \cdot (1 + t_\beta \cdot \sqrt{k_\phi^2 - 1}), \text{ МВт} \quad (9)$$

где t_β - коэффициент Стьюдента, $t_\beta = 1.96$;

k_ϕ - коэффициент формы.

$$P_{\max} = P_{\text{ср}} \cdot (1 + t_{\beta} \cdot \sqrt{k_{\phi}^2 - 1}) \text{ МВт} \quad (10)$$

-коэффициент летнего снижения максимальной нагрузки $k_{л}$

$$k_{л} = \frac{P_{\max.л}}{P_{\max.год}} \quad (11)$$

где $P_{\max.л}$ –летняя максимальная нагрузка, согласно 16.12.2020г. нагрузка ПС Базовая составляет 4,7 МВт;

$P_{\max.год}$ - максимальная годовая нагрузка в соответствии с зимним контрольным измерением 17.06.2020г. составляет 2,6 МВт.

$$k_{л} = \frac{P_{\max.л}}{P_{\max.год}} = 0,47 - \text{коэффициент заполнения графика } k_3$$

$$k_{л} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\max}} ; \quad (12)$$

Представлены вероятностные характеристики действующей прогнозной нагрузки в таблице 3:

Таблица 3 – Вероятностные характеристики нагрузки ПС Базовая

Вероятностные характеристики	16 декабря 2020г.	Прогнозируемые
1	2	3
$P_{\text{ср}}$	1,34	1,64
$P_{\text{эф}}$	1,35	1,65
P_{\max}	1,44	1,95
P_{\min}	1,17	1,35
k_{ϕ}	1,004	1,004
$k_{л}$	0,47	0,47
k_3	0,84	0,84

На рисунках 1.2.3.4 отмечены суточные нагрузки без и с учетом прогнозирования

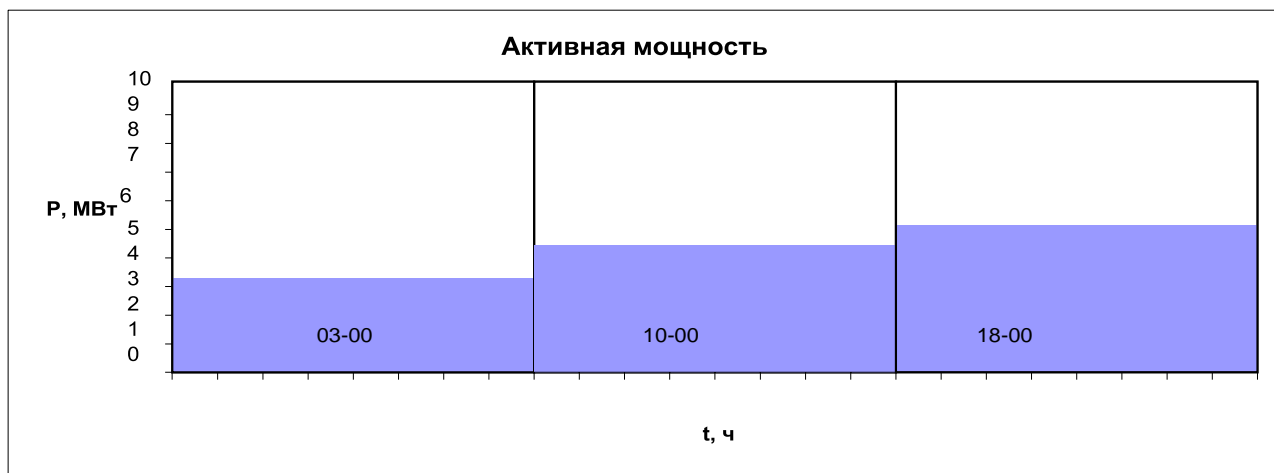


Рисунок 1 – Суточный график активной нагрузки ПС Базовая

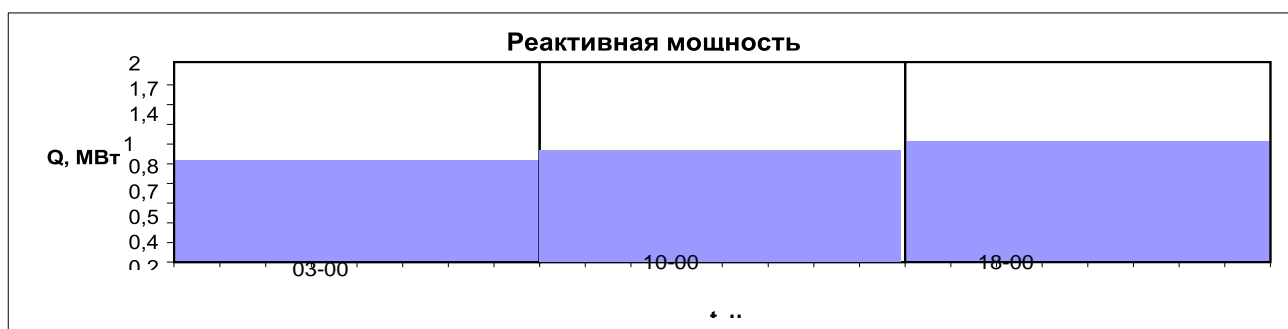


Рисунок 2 – Суточный график реактивной нагрузки ПС Базовая

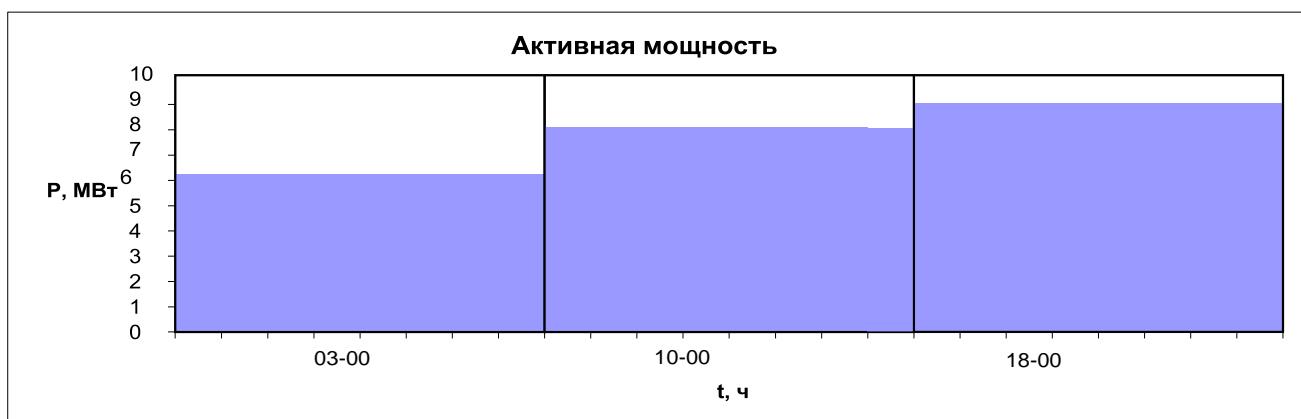


Рисунок 3 – Спрогнозированный суточный график активной нагрузки ПС Базовая

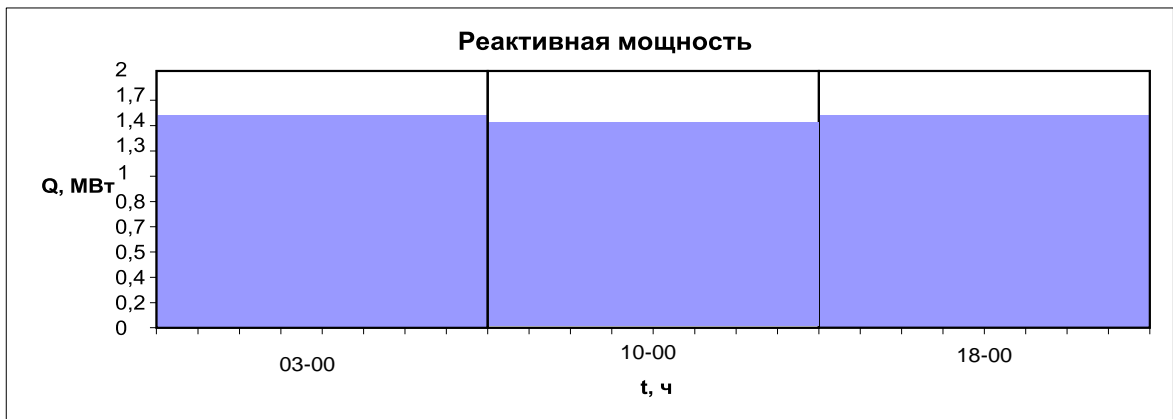


Рисунок 4 – Спрогнозированный суточный график реактивной нагрузки ПС Базовая

4 РАЗРАБОТКА РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ПС БАЗОВАЯ

4.1 Выбор трансформатора на ПС Базовая

Чтобы выбрать подходящие трансформаторы для базового блока питания, необходимо учитывать ожидаемую мощность. Поскольку к источнику питания подключаются потребители электроэнергии категорий 1, 2 и 3, потребуется 2 трансформатора. Для того, чтобы определить необходимый тип и мощность трансформаторов, нужно провести расчетную мощность, используя соответствующую формулу.:

$$S_{трасч} = \frac{\sqrt{P_{ср}^2 + Q_{неск}^2}}{n_T \cdot k_{зонт}} \quad (13)$$

где $S_{трасч}$ - расчётная мощность трансформатора, МВА;

$P_{ср}$ - средняя зимняя активная мощность, МВт;

$Q_{неск}$ - значение максимальной не скомпенсированной реактивной мощности, Мвар;

n_T - число трансформаторов;

$k_{зонт}$ - оптимальный коэффициент загрузки.

$Q_{неск} = Q_{мах}$.

Расчетная мощность трансформатора на ПС Базовая

$$S_{трасч} = \frac{\sqrt{7,6^2 + 0,75^2}}{2 \cdot 0,7} = 6,05 \text{ МВА.}$$

Сейчас на подстанции установлены 2 трансформатора ТМН мощностью

6.3 МВА. Проверим загрузку трансформаторов в послеаварийном режиме.

Подбор в целях экономии и правильности подхода трансформатор ТДНС-10000/35

При проектировании системы электроснабжения необходимо учитывать возможность обеспечения электроэнергией в случае отключения одного из трансформатора..

$$k_{3n/a} = \frac{\sqrt{P_{cp}^2 + Q_{неск}^2}}{(n_T - 1) \cdot S_{трасч}} \quad (14)$$

При этом должно выполняться условие $k_{3n/a} \geq 1.4$

$$k_{3n/a} = \frac{\sqrt{7,6^2 + 2,75^2}}{(2 - 1) \cdot 6,05} = 1,4;$$

Итак, мы выяснили, что трансформаторы, который используется в настоящее время, не обеспечивает необходимый уровень мощности. Чтобы решить эту проблему, необходимо заменить его на трансформатор, который способен обеспечить большую мощность. Таким образом, замена трансформатора соответствующей мощности может решить проблему и обеспечить более эффективную работу системы.

5 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

5.1 Определение параметров схемы замещения

Короткое замыкание - это случайное событие, которое может произойти, когда фазы цепи соединены вместе. Если в системе есть заземленные нейтральные провода, также может произойти короткое замыкание, если фазы подключены к земле. Короткое замыкание приводит к уменьшению сопротивления цепи и увеличению тока в системе, что может привести к снижению напряжения в узлах, расположенных вблизи места короткого замыкания. Это важный фактор, который необходимо учитывать при проектировании системы электроснабжения.

Когда необходимо выбрать и проверить электрическое оборудование, важным фактором является точность расчета тока короткого замыкания. Однако при проектировании системы электроснабжения можно использовать упрощенные методы расчета с использованием относительных единиц измерения и доводить параметры элементов сети до уровня напряжения. Предположения, которые не допускают существенных ошибок и упрощают расчеты, также могут быть использованы в этом дипломном проекте. В любом случае, при выборе подходящих методов необходимо учитывать особенности конкретной системы электроснабжения и требования к точности расчетов.

Этот метод расчета электрической схемы позволяет не учитывать эффект насыщения магнитных систем, что позволяет считать индуктивные сопротивления всех элементов схемы постоянными и не зависящими от тока. Кроме того, он не учитывает токи намагничивания силовых трансформаторов и емкостную проводимость элементов замкнутой цепи относительно земли за исключением некоторых случаев. Этот метод предполагает, что трехфазная система является симметричной, и некоторые влияния нагрузок на ток короткого замыкания учитываются примерно. Когда отношение x/r больше трех,

расчет тока короткого замыкания часто игнорируются активные сопротивления цепи.

При выборе электрооборудования параметры для режимов непрерывной работы и перегрузки выбираются заранее, а затем проверяются на соответствие условиям кратковременной эксплуатации, включая режим короткого замыкания

При проверке электрооборудования на стабильность и невоспламеняемость в режиме короткого замыкания необходимо учитывать электродинамические и тепловые свойства. Распределительные устройства проверяются на переключаемость и износостойкость. Чтобы правильно рассчитать короткое замыкание, необходимо учитывать электрические параметры, выбрать подходящую модель для расчета токов короткого замыкания и выбрать соответствующее электрооборудование. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания также должны быть оценены.

При проведении испытаний электрического оборудования и проводников на электродинамическую устойчивость необходимо учитывать рассчитанный тип короткого замыкания. В случае жестких проводников и соответствующих опорных конструкций, тип короткого замыкания будет трехфазным. Однако, при испытании гибких проводников, тип короткого замыкания будет двухфазным, так как необходимо учитывать сильное, опасное сближение и столкновение проводников.

Кроме того, при расчете столкновения гибких проводников, необходимо учитывать конструкцию проводной системы, величину тока короткого замыкания и равномерную продолжительность режима короткого замыкания. Важно отметить, что при испытаниях жестких проводников, допускается не учитывать механические вибрации шинных конструкций. Однако, это не относится к гибким проводникам, так как они более подвержены вибрациям и могут не выдержать испытание, если не учесть этот фактор.

При проверке проводников и электрооборудования на термостойкость

номинальный тип короткого замыкания обычно представляет собой трехфазное короткое замыкание. Проверка термостойкости проводников и оборудования в цепях генератора включает проверку напряжения

Для проверки коммутационной способности электрических устройств проводится расчетный тип короткого замыкания. Этот тип может быть трехфазным или однофазным, в зависимости от того, при каком типе короткого замыкания ток достигает своего максимального значения. Чтобы выбрать и проверить электрические устройства, удобнее проводить расчет токов короткого замыкания в системе относительных единиц. Параметры различных элементов приводятся к основному каскаду напряжения по средним коэффициентам преобразования.

Чтобы рассчитать сопротивления в относительных единицах, необходимо задать основные условия для мощности и напряжения. В настоящее время разрабатывается схема замены сети для прямой последовательности на рисунке 5 и 6.

:

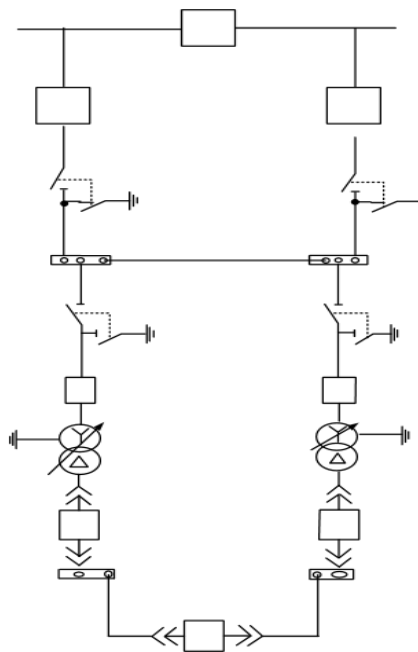


Рисунок 5 – Исходная схема электрической цепи

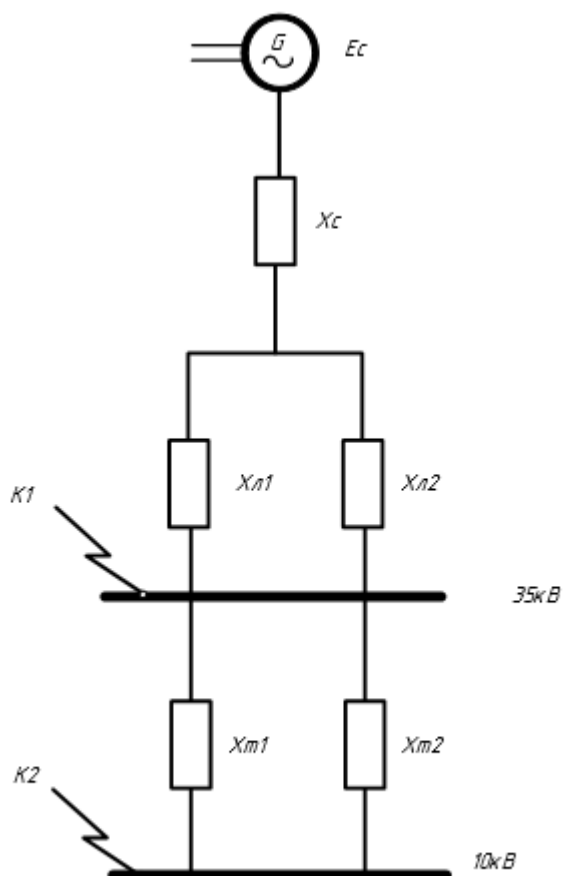


Рисунок 6 – Схема замещения

$$X_C = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} I_{\Pi 0}^{(3)} U_{\text{Ср.ном.}}} \text{ о.е.} \quad (17)$$

$I_{\Pi 0}^{(3)}$ - периодическая составляющая тока трехфазного КЗ для момента начала КЗ.

$$X_C = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 1,6 \cdot 35} = 1,03 \text{ о.е.}$$

$I_{\Pi 0}^{(3)}$ - переодическая составляющая тока трехфазного КЗ на шинах 35

кВ ПС Базовая.

Базисный ток найдем по формуле:

$$I_C = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}}} ; \quad (18)$$

$$I_{\bar{o}35} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 35} = 1,65 \text{ А.};$$

$$I_{\bar{o}35} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,77 \text{ А.}$$

Определение сопротивления прямой (обратной) последовательности линии электропередачи, приведенное к базисным условиям, мы применяем соответствующую формулу.:

$$X_{3ATB} = \frac{U_{KB\%}}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{TB}} \quad (19)$$

$$X_{3ATB} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 1,05 \text{ о.е.}$$

Сопротивление ЛЭП:

$$X_{Л1} = X'_{Л1} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}^2}$$

$$X_{Л1} = 0,65 \cdot \frac{100}{35^2} = 0,005 \text{ о.е.}$$

где $X'_{Л1}$ - сопротивление линии.

Для $X_{Л4}$ сопротивление равно:

5.2 Расчет токов короткого замыкания

Чтобы рассчитать ток короткого замыкания, вам необходимо преобразовать исходную схему замены в рассчитанную радиальную схему, выполнив соответствующие преобразования последовательно. Это упрощает и повышает точность определения тока короткого замыкания в системе. Одним из таких преобразований является преобразование, показанное на рисунках 7 и 8.

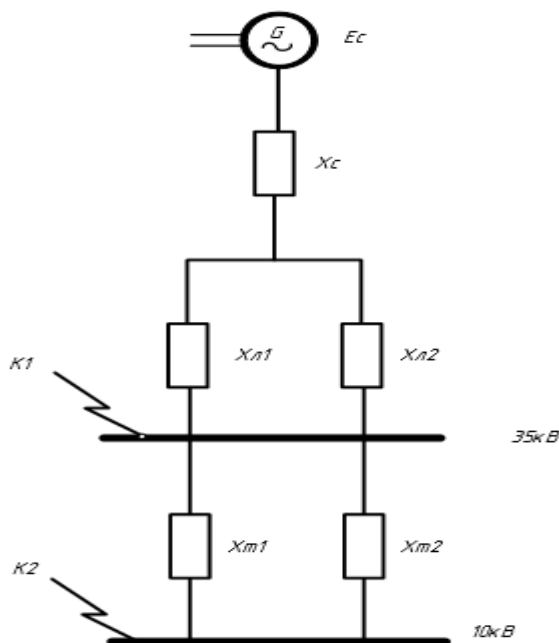


Рисунок 7 – Преобразование № 1

После первого преобразования получим:

$$X_1 = X_c + \frac{X_{Л1} \cdot X_{Л2}}{X_{Л1} + X_{Л2}}; \quad (20)$$

$$X_1 = 1,03 + \frac{0,005 \cdot 0,005}{0,005 + 0,005} = 1,03 \text{ Ом.}$$

$$X_2 = \frac{X_T \cdot X_T}{X_T + X_T} \quad (21)$$

$$X_2 = \frac{1,05 \cdot 1,05}{1,05 + 1,05} = 0,525 \text{ o.e.}$$

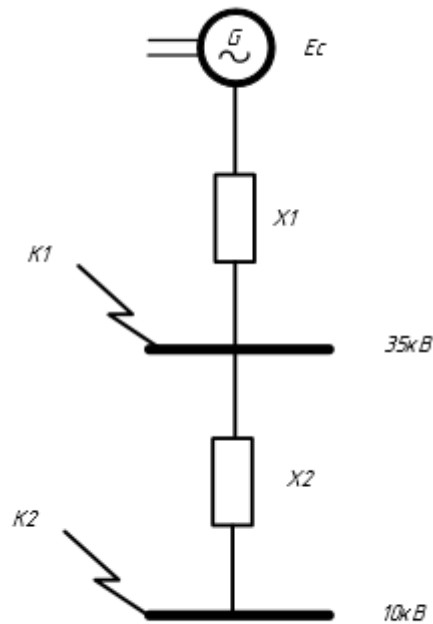


Рисунок 8 – Преобразование № 2

Необходимость рассчитать токи в режиме максимальной нагрузки КЗ на сторонах НН и ВН

КЗ в начальный момент:

$$I_{\text{пол}}^{(3)} = \frac{E_3}{X_1} \cdot I_6 \quad (22)$$

$$I_{\text{пол}}^{(3)} = \frac{1}{1,03} \cdot 1,6 = 1,54 \text{ кА.}$$

2 точка КЗ:

$$I_{\text{по2}}^{(3)} = \frac{E_3}{X_2 + X_1} \cdot I_6; \quad (23)$$

$$I_{\text{по2}}^{(3)} = \frac{1}{0,525 + 1,03} \cdot 1,6 = 1,029 \text{ кА.}$$

Расчет ударного ток короткого замыкания:

$$I_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{по}}^{(3)}. \quad (24)$$

При $K_{\text{уд1}} = 1,8$ и $K_{\text{уд2}} = 1,6$.

$$I_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,54 = 3,92 \text{ кА};$$

$$I_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 1,03 = 2,33 \text{ кА}.$$

6 РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОДСТАНЦИИ БАЗОВАЯ

6.1. Вид существующей на данный момент ПС Базовая .

Для составления подробной однострочной схемы подстанции "Седанка" необходимо произвести определение установленного на ней основного электрооборудования, учитывая класс напряжения и максимальный рабочий ток, такие как высоковольтные выключатели, разъединители, измерительные трансформаторы тока и напряжения, ОПН и гибкие шины. Также важным этапом является проверка оборудования на термическую и динамическую устойчивость. Подробная однострочная схема подстанции "Седанка" представлена на соответствующем листе графической части дипломного проекта.

Кроме того, необходимо учитывать внешние условия эксплуатации РУ, такие как влажность, загрязнение воздуха, температура окружающей среды, высота над уровнем моря и другие, поскольку для них может потребоваться специализированное оборудование с дополнительной надежностью.

При выборе элементов для распределительного устройства (РУ) электрической станции или подстанции, необходимо учитывать их работоспособность в условиях длительной эксплуатации и высокую термическую и динамическую стойкость при возможных коротких замыканиях. Критически важно проверить соответствие параметров устройств, кабелей, шин и других элементов РУ как в длительном эксплуатационном, так и в кратковременных аварийных режимах, которые могут возникнуть в процессе работы. Только таким образом можно обеспечить оптимальную работу всех элементов РУ.

Основными характеристиками, на которые должно соответствовать оборудование, предназначенное для длительной эксплуатации, являются номинальный ток и напряжение. Эти параметры крайне важны для правильной работы оборудования на протяжении продолжительного времени.

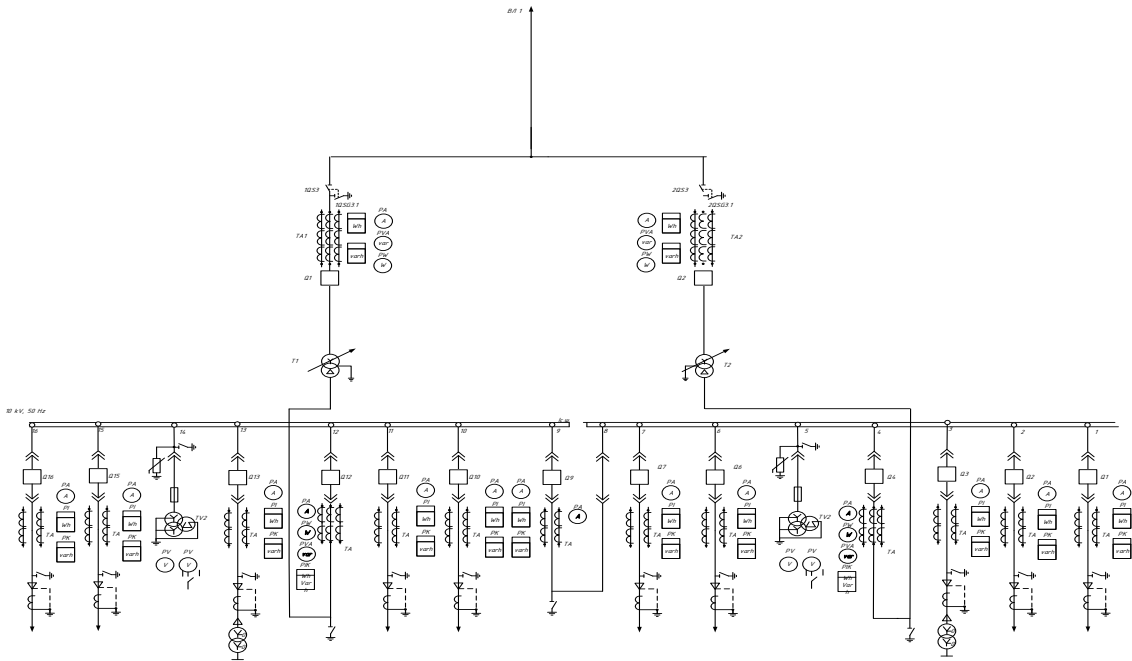


Рисунок 9 – Подстанция Базовая

Р

Выбираем схему подстанции Базовая – одна рабочая секционированная разьединителем система шин. Такая схема применяется для тупиковой подстанции рисунок 9.

6.2 Выбор и проверка выключателей

Перед тем, как выбрать переключатель, необходимо учесть несколько критериев. Важно определить род установки - наружный или внутренний, тип - предварительный, а также номинальное напряжение и ток. Однако, выбор переключателя не заканчивается на этих параметрах. Важно также проверить его на возможность отключения и продолжительность тока короткого замыкания.

При выборе выключателя следует учитывать максимальные рабочие токи. Но это еще не все. После определения всех параметров, выбранный выключатель нужно проверить на отключающую способность, а также на динамическую и термическую стойкость токам КЗ.

В итоге, выбор переключателя должен быть основан на нескольких критериях, которые включают в себя не только его тип, номинальное напряжение и ток, но и отключающую способность, продолжительность тока короткого замыкания, а также динамическую и термическую стойкость.

Рабочие токи могут достигать максимальных значений:

$$I_{p\max.BH} = \frac{S_{HH}}{\sqrt{3} \cdot U_{BH}} \text{ А}; \quad (25)$$

$$I_{\max.BH} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 165 \text{ А.}$$

$$I_{p\max.HH} = \frac{S_{HH}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} \text{ А.} \quad (26)$$

$$I_{p\max.HH} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 577 \text{ А.}$$

Для выбора секционных выключателей РУ 35 кВ и на выходе трансформаторов 35 кВ необходимо учитывать максимальные рабочие токи и установленные напряжения. Результаты расчетов приведены в табличку 4.

Таблица 4– Выключатель ВВН-СЭЦ-3-35-25/1000

Данные из каталога	Расчет	Выбор
1	2	3
$U_H = 35,3 \text{ кВ}$	$U_p = 35,3 \text{ кВ}$	$U_p \leq U_H$
$I_H = 61 \text{ А}$	$I_{p\max} = 431 \text{ А}$	$I_p \leq I_H$
$i_{СКВ} = 10 \text{ кА}$	$I_{уд} = 5,91 \text{ кА}$	$I_{уд} \leq i_{СКВ}$
$B_K = 1000 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_K = 0,372 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{кр} \leq B_{KH}$
$I_{ВКЛ} = 8 \text{ кА}$	$I_{ПО} = 2,13 \text{ кА}$	$I_{ПО} \leq I_{ВКЛ}$
$I_{ОТКЛ} = 8 \text{ кА}$	$I_{Пт} = 2,13 \text{ кА}$	$I_{Пт} \leq I_{ОТКЛH}$

Марка К-59 наружной установки 10 кВ была выбрана для установки на низкой стороне. В ней установлены выключатели марки ВВУ-СЭЦ-ПЗ-10-20/1000 У2 с электромагнитным приводом.

Проведем проверку по термической устойчивости выключателя:

$$B_k = I^2 \cdot (t_{защ} + T_a) \quad (27)$$

$$B_k = 10,67 \text{ кА}^2\text{с}$$

Для времени номинальное допустимое значение апериодической составляющей в отключаемом токе. Т.

$$i_{а.ном.} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{откл} \quad (28)$$

Определить значение параметра β_n в случае отсутствия информации о нем в исходных данных выключателей можно с помощью формулы.:

$$\beta_n = I_a (\sqrt{2} I_{po}) \quad (29)$$

$$\beta_n = 0,6$$

Тогда: $i_{аном} = 16,97 \text{ кА}$

Данные расчетов сведены в таблицу 5

Таблица 5 – Сопоставление каталожных и расчетных данных для КРУ

Данные начальные	Расчет	Условия выбора
1	2	3
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_p = 10 \text{ кВ}$	$U_p \leq U_H$
$I_{H,MAX} = 201 \text{ А}$	$I_{pMAX} = 1,53 \text{ кА}$	$I_{pMAX} \leq I_{HMAX}$
$I_{СКВ} = 51 \text{ кА}$	$I_{уд} = 25,33 \text{ кА}$	$I_{уд} \leq i_{СКВ}$
$B_K = 192 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_K = 10,67 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{KP} \leq B_{KH}$
$I_{ВКЛ} = 51 \text{ кА}$	$I_{по} = 9,56 \text{ кА}$	$I_{по} \leq I_{ВКЛ}$
$I_{откл} = 20 \text{ кА}$	$I_{пт} = 9,56 \text{ кА}$	$I_{пт} \leq I_{отклном}$
$i_{аном} = 16,97 \text{ кА}$	$I_{At} = 12,8 \text{ кА}$	$I_{At} \leq i_{аном}$

6.3 Выбор разъединителей

Коммутационные устройства, предназначенные для напряжения, превышающего 1 кВ, называются разъединителями., которые в основном используются для создания видимого зазора и изоляции различных частей электроустановок, систем и оборудования, находящихся под напряжением, для обеспечения безопасности при проведении ремонтных работ. При выборе разъединителей необходимо учитывать конструкцию, тип оборудования и различные номинальные характеристики: напряжение, большой ток и устойчивость к короткому замыканию.

На стороне высокого напряжения мы выберем разъединители марок РНД316-35/1000. При выборе выключателей не проводится проверка на возможность отключения, поскольку они не предназначены для включения электрических цепей. Данные разъединителя сведены в таблицу 6

Таблица 6 - Сопоставление каталожных и расчетных данных

Каталог	Расчет	Условия выбора
1	2	3
$U_H=35$ кВ	$U_H = 35$ кВ	$U_p \leq U_H$
$I_H=60$ А	$I_p = 422$ А	$I_p \leq I_H$
$B_{к.ГН} = 4800$ кА ² с	$B_k = 0,372$ кА ² с	$B_{кр} \leq B_{кн.ГН}$
$B_{к.ЗН} = 1600$ кА ² с	$B_k = 0,372$ кА ² с	$B_{кр} \leq B_{кн.ЗН}$
$I_{СКВ ГН} = 64$ кА	$I_{уд} = 5,91$ кА	$I_{уд} \leq i_{СКВ}$

6.4 Выбор трансформаторов тока

Для использования в измерительных приборах и релейной защите трансформатор тока выполняет важную функцию снижения первичного тока до более благоприятных значений. Это электрическое устройство также позволяет обеспечить безопасную эксплуатацию, отсоединяя измерительные и защитные цепи от высоковольтных первичных цепей. Трансформаторы тока могут быть подключены в одну, две или три фазы в зависимости от напряжения и назначения цепи. В цепях генераторов и при напряжении выше 110 кВ они подключаются в три фазы по схеме звезда.

Для обеспечения безопасности в электрических цепях необходимо устанавливать комплекты трансформаторов тока (ТТ). Они должны быть установлены в каждой цепи, где есть выключатели, а также в цепи генератора, даже если нет генераторного выключателя. Количество комплектов ТТ, которые нужно установить в генераторной цепи, зависит от мощности генератора.

Выбор трансформаторов тока осуществляется с учетом ряда параметров. Важным фактором является номинальное напряжение, первичные и вторичные токи, тип установки - внутренняя или внешняя, конструкция и класс точности. Не менее важно проверить трансформаторы тока на электродинамическое тепловое сопротивление и в случае короткого замыкания, чтобы гарантировать их безопасность и надежность.

Кроме того, важно учитывать, что установка трансформаторов тока не является единственным методом обеспечения безопасности в электрических цепях. Необходимо следить за правильным подключением и эксплуатацией электрического оборудования, регулярно проводить проверку и обслуживание оборудования, а также соблюдать все необходимые меры предосторожности при работе с электричеством.

Трансформаторы тока определяют:

-через напряжение:

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (30)$$

-по току

$$I_{ном} \leq I_{ном} \quad (31)$$

$$I_{мах} \leq I_{ном} \quad (32)$$

Для того, чтобы избежать ошибок, необходимо учитывать множество

факторов, связанных с трансформатором тока. В первую очередь, номинальный ток трансформатора должен быть как можно ближе к рабочему току установки. Однако, это зависит не только от рабочего тока, но и от конструкции и класса точности трансформатора.

Важно также учитывать электродинамическую стойкость трансформатора. Это показатель, который определяет способность трансформатора сохранять свои характеристики при воздействии электродинамических нагрузок. Чем выше этот показатель, тем более надежным будет трансформатор в работе.

Кроме того, необходимо учитывать, что номинальный ток трансформатора должен быть достаточно высоким, чтобы избежать искажения измеряемого тока. Низкий номинальный ток может привести к снижению точности измерений и появлению ошибок.

Таким образом, правильный выбор номинального тока трансформатора является важным шагом для обеспечения точности измерений и надежности работы системы.

$$i_{y\partial} = K_{\text{эд}} \sqrt{2} \cdot I_{1\text{ном}}, \quad (33)$$

где $K_{\text{эд}}$ – справочная величина - кратность электродинамической стойкости.

$I_{1\text{ном}}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока;

- по термической стойкости:

$$B_k \leq (K_T \cdot I_{1\text{ном}})^2 t_m, \quad (34)$$

где K_T – кратность термической стойкости, величина справочная,

t_m – время термической стойкости, величина справочная;

- по вторичной нагрузке:

$$Z_2 \leq Z_{2\text{НОМ}}, \quad (35)$$

где Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока,

$Z_{2НОМ}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Индукционное сопротивление токовых цепей мало, поэтому:

$$Z_2 \approx R_2. \quad (36)$$

$$R_2 = R_{ПРИБ} + R_{ПР} + R_K \quad (37)$$

Прежде чем выбрать трансформатор тока, необходимо определить типы и количество измерительных приборов, которые будут подключены к вторичной цепи. Также необходимо учитывать длину соединительных проводов и минимальное поперечное сечение линии, которые составляют 2,5 мм² для медных проводов и 4 мм² для алюминиевых проводов. Максимальное поперечное сечение может составлять 6 мм² и 10 мм² соответственно. Затем необходимо определить сопротивление наиболее нагруженной фазы в соответствии со схемой подключения контрольно-измерительных приборов с учетом того, где они будут подключаться.:

$$Z_{ПРОВ} = R_{ПРОВ} \quad (38)$$

Данные вторичной нагрузки трансформаторов тока сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока

Цепь	Имя	Прибор	Нагрузка, ВА, фазы		
			А	В	С
1	2	3	4	5	6
Ввод 10 кВ	Амперметр	СА3020	4	–	4
	Ваттметр	СР3020-ВАТТ	5	–	5
	Варметр	СР3020-ВАР	5	–	5
	Счетчик АЭ Счетчик РЭ	Ртутный 236 АРТ	4,5	–	4,5
	Итого:		18,5	–	18,5

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
Секционный выключатель НН	Амперметр	СА3020	4	–	4
	Итого:		4	–	4
Отходной линии	Амперметр	СА3020	4	–	4
	Счетчик АЭ Счетчик РЭ	Меркурий 236 ART	4,5	–	4,5
	Итого:		8,5	–	8,5

Для обеспечения заданного класса точности должно соблюдаться условие:

$$Z_{2ДОП} \geq \sum (Z_{ПРИБ} + Z_{ПР} + Z_K) \quad (39)$$

$$R_{НАГ.Р} = R \sum R_{ПРИБ} + R_{ПР} + R_K \quad (40)$$

$$R_{ПР} = R_{2ДОП} - \sum R_{ПРИБ} - R_K \quad (41)$$

где $R_{ПР}$ - сопротивление проводов;

$R_{2ДОП}$ - приемлимое сопротивление нагрузки на ТТ.

$$(R_{2ДОП} = 0,4 \text{ Ом});$$

$\sum R_{ПРИБ}$ на стороне высокого напряжения трансформаторов тока рассчитывается суммарное сопротивление, учитывающее подключенные приборы.

$$\sum R_{ПРИБ} = S_{ПРИБ} / I_2^2 \quad (42)$$

где $S_{ПРИБ}$ – приборы потребляют определенную мощность., $S_{ПРИБ} = 6,5 \text{ ВА}$,

I_2 – вторичный номинальный ток прибора, $I_2 = 5 \text{ А}$;

$$\sum R_{\text{ПРИБ}} = 0,26 \text{ Ом}$$

R_K - сопротивление контактов ($R_K = 0,1 \text{ Ом}$)

$$R_{\text{ПР}} = 0,84 \text{ Ом.}$$

Определим сечение проводов по формуле:

$$S = \frac{\rho \cdot e}{R_{\text{пр}}}, \quad (43)$$

где l – длина соединительных проводов ($l = 60 \text{ м}$);

Таблица 8 зависимости длины соединительных проводов будет иметь вид.

Таблица 8 - Зависимость длины соединительных проводов от напряжения

$U_H, \text{ кВ}$	$l, \text{ м}$
1	2
10	5-6
35	60- 80
220	100- 120

ρ - удельное сопротивление материала провода, для алюминия:

$$\text{В результате получим } S = 2,02 \text{ мм}^2$$

Для выбора провода сопротивления мы рассматриваем АПРФ 3-х жильный провод имеющее сечением 4 мм^2 , где значение сопротивления провода будет определяться в соответствии со следующими условиями:

$$R_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot e}{S} \quad (44)$$

$$R_{\text{ПР}} = 0,106 \text{ Ом}$$

Тогда сопротивление нагрузки будет равно:

$$R_{\text{НАГР}} = Z_{\text{НАГР}} = 0,425 \text{ Ом} \quad (45)$$

Выберем трансформатор тока на стороне высокого напряжения таблица 9.

Таблица 9 - Сопоставление каталожных и расчетных данных

Каталог	Расчет	Условия выбора
1	2	3
$U_H = 35 \text{ кВ}$	$U_H = 35 \text{ кВ}$	$U_P \leq U_H$
$I_H = 1400 \text{ А}$	$I_P = 422 \text{ А}$	$I_P \leq I_H$
$B_K = 5043 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_K = 0,372 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{KP} \leq B_{KH}$
$I_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$	$I_{\text{уд}} = 5,91 \text{ кА}$	$k_{\text{дин}} * 2I_H \geq i_{\text{уд}}$
$S_{\text{доп}} = 4 \text{ мм}^2$	$S = 2 \text{ мм}^2$	$S \leq S_{\text{доп}}$

Выберем трансформатор тока на стороне низкого напряжения таблица 10.

Таблица 10 - Вторичная нагрузка трансформаторов тока

Прибор	Тип	Нагрузка, В·А по фазам		
		А	В	С
1	2	3	4	5
Амперметр	Э-335	0,5		
Ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5

1	2	3	4	5
Варметр	Д-304	0,5	-	0,5
Счетчик АЭ	ПСЧ-4ТМ.05	2,5	2,5	2,5
Счетчик РЭ	ПСЧ-4ТМ.05	2,5	2,5	2,5
ИТОГО		6,5	5,0	6,0

Выберем марку трансформатора тока ТОЛ-10-1-У3 300/5.

Определим сечение проводов по формуле (25), для $l = 5$ м:

$$S = \frac{\rho \cdot e}{R_{np}} \quad (46)$$

$R_{ПР}$ определяется по выражению, для $R_{2ДОП} = 0,6$

$$R_{ПР} = R_{2ДОП} - \sum R_{ПРИБ} - R_K \quad (47)$$

$$R_{ПР} = 0,28$$

В результате получим:

$$S = 0,516 \text{ мм}^2$$

Выберем провод марки АКП 3-х жильный с сечением $2,5 \text{ мм}^2$. Сопротивление проводов будет иметь следующее значение:

$$R_{np} = \frac{\rho \cdot e}{S}$$

$$R_{ПР} = 0,0578 \text{ Ом}$$

Тогда сопротивление нагрузки будет равно:

$$R_{НАГР} = Z_{НАГР} = 0,3778 \text{ Ом}$$

Сопоставим каталожные данные таблица 11

Таблица 11 - Сопоставление каталожных и расчетных данных

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
1	2	3
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_P \leq U_H$
$I_H = 1500 \text{ А}$	$I_P = 1,49 \text{ А}$	$I_P \leq I_H$
$Z_H = 0,6 \text{ Ом}$	$Z_H = 0,3778 \text{ Ом}$	$Z_H \leq Z_H$
$B_K = 94,09 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_K = 10,67 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{KP} \leq B_{KH}$
$I_{дин} = 100 \text{ кА}$	$I_{уд} = 17,68 \text{ кА}$	$k_{дин} * 2I_H \geq i_{уд}$
$S_{доп} = 2,5 \text{ мм}^2$	$S = 0,516 \text{ мм}^2$	$S \leq S_{доп}$

6.5 Выбор трансформаторов напряжения

Преобразователи напряжения выполняют две основные функции: снижают высокое напряжение до уровня, подходящего для измерения и использования в цепях для обеспечения безопасности и надежности системы используются схемы, которые разделяют измерительную и защитную цепи от первичных цепей высокого напряжения, а также обеспечивают работу релейной защиты.

При выборе преобразователей напряжения учитываются конструкция, электрическая схема обмотки, номинальное напряжение и класс точности трансформаторов напряжения (ТН). Кроме того, для обеспечения надежной работы в системе, трансформаторы проверяются на соответствие вторичной нагрузке.

Трансформаторы напряжения выбираются:

- по напряжению установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (48)$$

- Через соединения и конструкции;
- Через точности классификации;
- Через вторичной нагрузке.

$$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{НОМ}}, \quad (49)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность в выбранном классе точности;

$S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, В*А.

Для упрощения расчетов нагрузку приборов можно не разделять по фазам, тогда:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{\left(\sum S_{\text{приб}} \cdot \cos \varphi_{\text{приб}}\right)^2 + \left(P_{\text{приб}}^2 \cdot \sin^2 \varphi_{\text{приб}}\right)} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2} \quad (50)$$

В распределительных устройствах подстанций, которые отвечают за надежную работу энергетических систем, устанавливаются преобразователи напряжения. Они имеют важное значение для питания обмоток вольтметра измерительного и управляющего оборудования, а также устройств релейной защиты и автоматизации подстанций. Преобразователи напряжения, которые используются в распределительных устройствах, обеспечивают точную и стабильную подачу электроэнергии к приборам и устройствам, работающим на различных уровнях напряжения.

они также выполняют функцию защиты оборудования от перенапряжения, что позволяет избежать непредвиденных поломок и снизить риск аварийных ситуаций. Применение преобразователей напряжения в распределительных устройствах является необходимым условием для обеспечения надежной работы энергетических систем и безопасности персонала, занятого на подстанциях.. Для проверки класса точности необходимо определить обмотки напряжения измерительных приборов и номинальную нагрузку во вторичной цепи. Расчетная нагрузка может быть определена по формуле без учета схемы переключения устройств. Для измерения линейных напряжений могут быть установлены два однофазных преобразователя напряжения НАМИ, а для измере-

ния напряжения и контроля фазной изоляции - пятипроводные преобразователи напряжения НАМИ без обмотки с нулевым заземлением.

Должно при этом соблюдаться условие:

$$S_{2 \Sigma} \leq S_{\text{доп}} \quad (51)$$

При расчете допустимой мощности для трехфазного трансформатора важно учитывать мощность каждой из трех фаз, которая обычно указана в паспортных данных и соответствует классу точности. Если же речь идет о схеме двух НАМИ, то необходимо удваивать мощность одного НАМИ. Интересно заметить, что в таблицах 13 и 12 можно найти информацию о вторичной нагрузке трансформатора. Это может быть полезно при выборе оптимальной конфигурации для выполнения задачи электроснабжения. Например, если известна ориентировочная потребность в электроэнергии, можно использовать данные таблиц для определения подходящего трансформатора. Кроме того, при помощи этой информации можно рассчитать эффективность работы трансформатора и оценить его надежность в конкретных условиях эксплуатации.

Таблица 12 - Вторичная нагрузка трансформатора напряжения

Категория Прибор	Устройство	Количество приборов	Число обмоток прибора	Потребляемая мощность, В·А
1	2	3	4	5
Вольтметр	Э-335	1	-	2
Вольтметр регистрирующий	Н-394	1	-	10
Варметр	Д-335	3	2	1,5
Ваттметр	Д-335	3	2	1,5
Счетчик АЭ	ПСЧ-4ТМ.05	3	2	3
Счетчик РЭ	ПСЧ-4ТМ.05	3	2	3
Частотомер	Н-397	1		7
Сумма				73

Вторичная нагрузка на преобразователь напряжения на высокое напряжение будет равна вторичной нагрузке преобразователя напряжения с учетом описанной выше величины.: $P_2\Sigma = 36 \text{ Вт}$; $Q_2\Sigma = 48,4 \text{ В*Ар}$

Следовательно, вторичная нагрузка трансформатора напряжения составит:

$$S_2\Sigma = 60 \text{ В*А}$$

Берем для стороны не низкого напряжения два трансформатора напряжения типа НАМИ-10-95 УХЛ2.

Таблица 13 - Сопоставление каталожных и расчетных данных

Каталог	Расчет	Условия выбора
1	2	3
$U_{HT} = 10,3 \text{ кВ}$	$U_H = 10,3 \text{ кВ}$	$U_{HT} \geq U_H$
$S_H = 74 \text{ В*А}$	$S_P = 61 \text{ В*А}$	$S_H \geq S_P$

6.6. Выбор и проверка токоведущих частей

Генераторы и трансформаторы с 10 кВ, используемые в распределительных устройствах, соединяются при помощи пучков кабелей, закрепленных по кругу в зажимных кольцах. Но какие провода из стали и алюминиевого сплава составляют два провода из пучка? Они выдерживают механическую нагрузку, вызванную ветром, льдом и собственным весом проводов. АС остальные провода, изготовленные из алюминия, являются только проводящими.

Для передачи электроэнергии с 35 кВ и выше, применяются гибкие шины, выполненные проводами АС, которые способны выдерживать большие электрические нагрузки. Однако при выборе сечения и тока проводов необходимо учитывать ряд условий. Например, важно учитывать климатические условия, чтобы провода были устойчивы к ветру, снегу и дождю. Также необходимо учитывать длину провода и его сопротивление, чтобы минимизировать потери энергии в процессе передачи. Кроме того, следует учитывать нагрузку

на сеть и ее потребности в электроэнергии, чтобы выбрать оптимальный вариант проводов и снизить затраты на электроэнергию.

Длительно допустимый ток - это показатель, который имеет значение при оценке электрических устройств.

$$I_{доп} \geq I_{раб.мах} \quad (52)$$

по термическому действию тока КЗ:

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} \quad (53)$$

где q_{min} – минимальное сечение провода,

C – рассчитывается по формуле:

$$C = \sqrt{A_K - A_H} = const, \quad (54)$$

Для медных шин и кабелей можно принять специальные меры. – $C = 164$;

Алюминиевые шины и кабели – это изделия, которые используются в различных сферах. – $C = 87$;

Для стальных шин – $C = 71$;

A - ох зависимости $Q = f(j;t; \text{материал шин})$,

Здесь Q - температура нагрева шин,

t – время процесса нагрева;

- КЗ вызывает электродинамическое действие тока..

Гибкие шины и линии электропередач, например, при напряжении 35 кВ - 1,5 метра крепятся к гирляндам подвесных изоляторов, расположенных на достаточном расстоянии друг от друга. В этом случае межфазные взаимодействия невелики, поэтому электродинамический эффект для гибких шин

обычно не рассчитывается.

При высоких токах короткого замыкания провода могут столкнуться между фазами из-за их сближения. В случае двухфазного короткого замыкания между соседними фазами наблюдается фазовое пересечение, при котором провода отбрасываются в противоположных направлениях и перемещаются в противоположных направлениях после отключения тока короткого замыкания.

Маленькое расстояние между фазами зависит от ближнего расположения провода, что приводит к увеличению провеса и продолжительности тока КЗ стрелы в соответствии с соответствующими параметрами..

Для проверки термостойкости шин,:

$$Q_{к.расч} \leq Q_{к.доп} \quad (55)$$

Для определения допустимой температуры нагревательных проводов при токах короткого замыкания установлены соответствующие стандарты. Механический расчет изгиба многорычажных балок, закрепленных на нескольких несущих опорах, используется для проверки динамической устойчивости шин.

На стороне высокого напряжения выбираем гибкие шины марки АС - 120/19 .

$$d = 15,2 \text{ мм,}$$

$$I_{доп} = 309 \text{ А}$$

Нет необходимости проверять шины на герметичность, так как начальная составляющая тока короткого замыкания в трехфазной сети составляет менее 20 кА. Термический контроль шин не проводится, так как шины остаются

голыми даже на дороге. В закрытых экранах напряжением 10 кВ вместо дорогих медных шин используются жесткие алюминиевые шины.

Одноколейные или двухколейные шины используются при небольшой мощности, а коробчатое сечение - при очень большой.

$$I_{\max}=1490 \text{ A}$$

Выбираем сечение алюминиевых шин по допустимому току, так как шинный мост, соединяющий трансформатор с КРУ, небольшой длины и находится в пределах подстанции.

Принимаем двухполосные шины 2х(60х8) :

$$I_{\text{доп}}=1580 \text{ A.}$$

По формуле можно определить минимальное допустимое сечение, мм² :

$$q_{\text{бит}} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C} \quad (56)$$

$$B_{\kappa}=10,67 \text{ (кА)}^2\text{с ;}$$

$$C=91$$

$$q_{\min}=35,9 < 2 \times 480 \text{ мм}^2$$

Определяя момент инерции, можно использовать формулу, если шины расположены на изоляторах плашмя.:

$$J=b \cdot h^3/6, \text{ см}^4 \quad (57)$$

J=288

$$l_2 = \frac{173.2}{200} \cdot \left(\sqrt{\frac{J}{q}} \right), \text{ м} \quad (58)$$

$l_2=2,45$

Среди прокладок определяем расстояние, м:

$$l_{II} = 0,216 \cdot \sqrt{\frac{a_{II}}{i_{y0}}} \cdot \sqrt{\frac{(E * J)}{K_{\phi}}} \quad (59)$$

$l_{II}=1,53$

$a_{II}=2*b=1,6;$

$K_{\phi}=0,25$

$$l_{II} = 0,133 \cdot \sqrt{\frac{(E * J)}{m_{II}}} \quad (60)$$

$l_{II}=0,46 \text{ м}$

где $m_{II}=1,3 \text{ кг/м}$ – масса полосы

Окончательно принимаем:

$l_{II}=0,46 \text{ м.}$

Тогда число прокладок в пролете можно определить по формуле:

$$N = \left(\frac{1}{1_{II}}\right) - 1 \quad (61)$$

$$N=5.56$$

Окончательно принимаем $N=5$.

При наличии шести прокладок в пролете расчетный пролет равен:

$$L_{II} = \frac{1}{(N + 1)} \quad (62)$$

$$L_{II}=0,429 \text{ м}$$

Определяем силу взаимодействия между полосами:

$$F_{II} = \frac{(K_{\phi} \cdot i_{y\phi}^2 \cdot 10^{-7})}{4b} \quad (63)$$

где $b=0.005 \text{ м}$

$$F_{II}=473,5 \text{ Н/м}$$

По формуле можно определить напряжение в материале полос:

$$\sigma_{II} = \frac{(f_n \cdot l_{II}^2)}{12 \cdot W_{II}} \quad (64)$$

$$W_{II} = \frac{(b^2 h)}{6} \quad (65)$$

$$\sigma_{II} = 1,35 \text{ МПа} \quad (66)$$

Напряжение в материале шин от взаимодействия фаз определяется по формуле:

$$\sigma_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{(l_2 \cdot i_{yd}^2)}{a \cdot W_{\phi}} \quad (67)$$

$$W_{\phi} = \frac{(b \cdot h^2)}{3} \quad (68)$$

$$\sigma_{\phi} = 0,244 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{расч}} = \sigma_{\phi} + \sigma_{II} \quad (69)$$

$$\sigma_{\text{расч}} = 1,6 < 75 \text{ МПа}$$

Вердикт, шины нерушимы.

6.7 Выбор и проверка изоляторов

При выборе опорных изоляторов учитываются такие факторы, как напряжение, тип установки и максимально допустимая механическая нагрузка.

При выборе изоляторов для системы необходимо учитывать множество условий эксплуатации, таких как климатические условия, частота подачи питания и другие факторы. Определяются допустимые значения рабочего напряжения, радиусы и углы поворота, а также расстояние между изоляторами для каждой системы и каждого типа изоляторов. Необходимо учитывать также

расчетную нагрузку на изолятор $F_{расч}$ в многопролетной шинной конструкции, которая определяется расчетной нагрузкой шин на один пролет. Согласно ПУЭ, при выборе изоляторов необходимо соблюдать следующие условия: номинальная нагрузка не должна превышать 60% от коррозионной нагрузки $F_{расч}$, указанной в паспортных данных на изоляторы. Важно также учитывать климатические условия, так как они могут оказывать значительное влияние на работу изоляторов. Например, при эксплуатации в условиях высокой влажности необходимо выбирать изоляторы с повышенной устойчивостью к коррозии. Кроме того, при работе в условиях сильных ветров или механических нагрузок необходимо выбирать изоляторы с более высокой механической прочностью. Важно помнить, что правильный выбор изоляторов является одним из ключевых факторов для обеспечения стабильной работы системы. Неправильный выбор изоляторов может привести к сбоям и авариям, которые могут иметь серьезные последствия. Поэтому при выборе изоляторов необходимо учитывать все факторы и тщательно подбирать наиболее подходящий вариант.

$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (70)$$

$$F_{расч} = 0,6F_{разр} = F_{доп}. \quad (71)$$

Выбираем опорные изоляторы ИОСПК-2-6,3/75-II-УХЛ1 с допустимой силой на изгиб (Н):

$$F_{доп} = 0,6 \cdot 2000 = 1200. \quad (72)$$

Высота изолятора равна:

$$H_{из} = 215 \text{ мм}. \quad (73)$$

Оценивание прочности изолятора в процессе изгиба необходимо определить наибольшую силу, которую он может выдержать без разрушения.. (Н):

$$F_{расч}=f*L \quad (74)$$

$$F_{расч}=210 * 1,2= 251,386$$

Если расчетная сила изолятора меньше допустимой, то такой изолятор можно использовать и устанавливать в системе.

Выбор опорных изоляторов:

$$U_{уст} \leq U_{ном} ;$$

$$F_{расч} = 0,6F_{разр} = F_{доп}. \quad (75)$$

где $F_{разр}$ – разрушающая нагрузка на изгиб .

6.8 Выбор трансформатора собственных нужд

Таблица 14 содержит информацию о потребителях, которые используют подстанции для своих собственных нужд.

Таблица 14 – Потребители собственных нужд

Потребитель	Мощность		tg φ	Нагрузка	
	ед. кВт × кол	всего, кВт		P _{уст} , кВт	Q _{уст} , кВар
1	2	3	4	5	6
Охлаждение трансформатора ТМН -5600/35	1×1	2	0,62	3,46	1,24
Охладители трансформатора ТМН -10000/35	1×1	2	0,62	6,46	2,64

1	2	3	4	5	6
ОПУ	1×60	60	0	60	
Подогрев выключателей	3×15,8	47,4	0	4,64	
Подогрев приводов разъединителей	1×8	8	0	8	
Позарядно-зарядный агрегат	2×32	64	0	64	
Подогрев шкафов КРУ	1×10	18	0	18	
Итого				206,4	2,17

Найдем мощность трансформатора собственных нужд по формуле::

$$S_{ТСН} = 0.8 \cdot \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2}; \quad (76)$$

$$S_{ТСН} = 0.8 \cdot \sqrt{6,46^2 + 2,64^2} = 5,5 \text{ кВт.}$$

Два трансформатора ТМГ – 250 – 10У1 были приняты с коэффициентом загрузки при отключении одного, равным 1,133.

6.9 Выбор ячеек КРУ на ПС Базовая

Для распределения трехфазного тока с номинальным напряжением 10 кВ, мы предлагаем использовать установку распределительных устройств серии К-59 и конфигурацию таких устройств на подстанциях. К тому же, мы можем также поставлять распределительные шкафы серии К-59 для расширения уже существующих распределительных устройств других производителей.

В шкафах КРУ К-59 можно устанавливать различные аппараты в зави-

симости от схемы главных цепей и требований заказчика. Мы предлагаем следующее электрооборудование: силовые трансформаторы, выключатели вакуумные, трансформаторы напряжения, трансформаторы тока опорные и шинные (по заказу) на ток до 2500 А, разъединители и заземлители высоковольтные на 630, 1000 А, 10 кВ с приводами, ограничители перенапряжений, а также предохранители типа ПКТ и ПКН.

Для того, чтобы избежать шума, мы используем вакуумные выключатели вместо масляных. Кроме того, эти выключатели оборудованы разъединителями.

Малогабаритные микропроцессорные блоки от ведущих зарубежных производителей, таких как «SIEMENS», «AREVA», «SCHNEIDER ELECTRIC», «ABB», обеспечивают многофункциональную защиту присоединений к шкафам КРУ с высокой надежностью.

При выборе и проверке выключателей, встроенных в КРУ К-59, основными параметрами являются напряжение и следующие критерии:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}}; \quad (80)$$

по длительному току:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм.расч}};$$

$$k_{\text{пг}} I_{\text{ном}} \geq I_{\text{прод.расч.}}$$

Проверка выключателей следует проводить на симметричный ток отключения по условию $I_{\text{откл.ном}} \geq I_{\text{пт}}$.

Затем проверяется возможность отключения апериодической составляющей тока КЗ:

$$i_{a.ном.} = \frac{\sqrt{2} * \beta_{норм} \cdot I_{откл}}{100} \geq i_{ат} \quad (81)$$

где $i_{a.ном.}$ – для определенного времени существует номинальное допускаемое значение апериодической составляющей в отключаемом токе. τ ;

$\beta_{норм}$ – нормированное значение содержания апериодической составляющей в отключаемом токе, %;

$i_{ат}$ – в момент расхождения контактов происходит апериодическая составляющая тока КЗ. τ ;

τ – момент расхождения дугогасительных контактов должен быть достигнут в наименьшее время после начала КЗ.

$$\tau = t_{з \text{ min}} + t_{с.в} \quad (82)$$

где $t_{з \text{ min}}$ – минимальное время действия релейной защиты;

$t_{с.в}$ – собственное время отключения выключателя.

Проверка производится по условию, которое определяет включающую способность:

$$i_{вкл} \geq i_{уд} , \quad (83)$$

$$I_{вкл} \geq I_{п0} , \quad (84)$$

где $i_{вкл}$ – наибольший пик тока включения (по каталогу);

$i_{уд}$ – ударный ток КЗ в цепи выключателя;

$I_{\text{вкл}}$ – номинальный ток включения (действующее значение периодической составляющей);

$I_{\text{п0}}$ – в цепи выключателя начальное значение периодической составляющей тока КЗ.

Для проверки выключателя на электродинамическую стабильность проводится предварительное измерение сквозных токов КЗ.

$$i_{\text{пр.скв}} \geq i_{\text{уд}} ; \quad (85)$$

$$I_{\text{пр.скв}} \geq I_{\text{у0}}$$

где $i_{\text{пр.скв}}$ – самый высокий пик (ток электродинамического сопротивления) согласно каталогу;

$I_{\text{пр.скв}}$ – согласно каталогу, периодическая составляющая предельного сквозного тока короткого замыкания имеет эффективное значение.

Для проверки термической стабильности выключателя используется тепловой импульс тока короткого замыкания:

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}} \quad (86)$$

где $I_{\text{тер}}$ – ток термической стойкости по каталогу;

$t_{\text{тер}}$ – длительность протекания тока термической стойкости по каталогу, с;

$B_{\text{к}}$ – тепловой импульс тока короткого замыкания по расчету:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{п0}}^2 (t_{\text{откл}} + T_a) , \text{кА}^2 \cdot \text{с} \quad (87)$$

где $t_{\text{откл}}$ – расчетная продолжительность КЗ

T_a – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания.

Мы выберем выключатель на фидер, который будет соответствовать образцу 1 ПС Базовая.

В нормальном режиме фидером проходит ток силой 95А. При питании от фидера.1 Подстанции Базовая в послеаварийном режиме, максимальное значение тока составляет 181,7А. Тепловой импульс тока КЗ равен:

$$B_k = I_{\text{п0}}^2 (t_{\text{отк}} + T_a) \quad (88)$$

$$B_k = 4,38^2 (1 + 0,01) = 4,42 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Для выбора типа вакуумного выключателя ВВЭ-СЭЩ-ПЗ-10-20/1000 У2 необходимо учитывать наименьшее время, за которое происходит расхождение дугогасительных контактов от начала КЗ.

$$\tau = 0,01 + t_{\text{с.в}} \text{ с.} \quad (89)$$

$$\tau = 1 + 0,015 = 1,015 \text{ с.}$$

Аperiodическая составляющая тока КЗ равна:

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} * I_{\text{п0}} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} \text{ кА} \quad (90)$$

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} * 4,38 \cdot e^{\frac{-1,015}{0,01}} = 0,51 \text{ кА}$$

Эффективное значение периодического тока короткого замыкания трехфазной системы короткого замыкания можно считать равным для любого момента времени.

$$I_{пт} = I_{п0}. \quad (91)$$

Требуется установить максимально допустимое значение апериодической составляющей тока, которая может присутствовать при выключении выключателя.:

$$i_{a.ном.} = \frac{\sqrt{2} * \beta_{ном.} * I_{откл.ном.}}{100} \text{ кА}. \quad (92)$$

$$i_{a.ном.} = \frac{\sqrt{2} * 57 * 12,5}{100} = 10,08 \text{ кА}.$$

Термическая стойкость:

$$I_{тер}^2 = t_{тер};$$

$$I_{тер}^2 = t_{тер} = 156 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Результаты выбора выключателя ф.1 на ПС Базовая сведены в таблице 15.

Таблица 15 – Каталожные и расчетные данные по выбору выключателя

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
1	2	3
$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{сет.ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} \geq U_{сет.ном}$
$I_{ном} = 630 \text{ А}$	$I_{max} = 182,8 \text{ А}$	$I_{ном} \geq I_{max}$
$I_{откл.ном} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{пт} = 4,38 \text{ кА}$	$I_{откл.ном} \geq I_{пт}$

Продолжение таблицы 15

1	2	3
$i_{a.ном} = 10,08 \text{ кА}$	$i_{ат} = 0,51 \text{ кА}$	$i_{a.ном} \geq i_{ат}$
$I_{пр.скв} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{п0} = 4,38 \text{ кА}$	$I_{пр.скв} \geq I_{п0}$
$i_{дин} = 32 \text{ кА}$	$i_{уд} = 9,96 \text{ кА}$	$i_{дин} \geq i_{уд}$
$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 156 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = 19,38 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$

Выбор трансформатора тока.

Для защиты контрольно-измерительных приборов от высоковольтных первичных цепей и снижения первичного тока до приемлемых значений используется трансформатор тока. Этот прибор также используется для отключения измерительных цепей. Необходимо определить допустимое номинальное значение аperiodического состава в токе отключения. - по напряжению установки:

$$U_{ном} \geq U_{сет.ном};$$

- по току

$$I_{ном} \geq I_{расч}; \tag{93}$$

Чтобы избежать неисправностей, необходимо подобрать номинальный ток таким образом, чтобы он соответствовал рабочему току установки. В противном случае, если первичная обмотка не будет нагружена достаточно, возможно появление большего количества неисправностей. - по конструкции и классу точности;

- по электродинамической стойкости

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}} ; \quad (94)$$

- по термической стойкости:

$$I_{\text{мер}}^2 \cdot t_{\text{мер}} = B_k ; \quad (95)$$

$$Z_2 \leq Z_{2 \text{ ном}} \quad (96)$$

где Z_2 допустимая номинальная нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Если вы планируете использовать трансформаторы тока в своей электрической системе, первым шагом будет определение количества и типа измерительных приборов, которые будут установлены во вторичной электрической цепи ТТ. Это поможет вам выбрать подходящие трансформаторы тока, адаптированные к особенностям вашей системы. Кроме того, необходимо учитывать факторы, влияющие на выбор трансформаторов, такие как тип и характеристики измеряемого тока, а также условия эксплуатации. Например, если трансформаторы предназначены для использования во влажной среде, вам необходимо выбирать оборудование с высокой степенью защиты от влаги и коррозии. Вам также необходимо учитывать общие характеристики вашей электрической системы. Если ваша система работает при высоком напряжении, вам необходимо выбрать трансформаторы, которые могут выдерживать это напряжение без повреждений.

В целом, выбор трансформаторов тока - это ответственный процесс, который требует комплексного подхода и учета всех факторов, влияющих на работу вашей электрической системы.

Щитовидный цифровой амперметр СА3020 представляет собой инновационное устройство, которое позволяет измерять действующее значение переменного тока. Это происходит благодаря его способности передавать данные

через интерфейс RS485 и подключаться непосредственно к ИТТ. Вторичная обмотка амперметра обеспечивает точное измерение действующего значения тока, который проходит через нее. Использование данного амперметра обладает высокой мощностью, которая составляет $S_{номА}=4 \text{ В}\cdot\text{А}$. Однако, кроме основных функций, СА3020 может выполнять и другие задачи, такие как контроль и защита электрических цепей. Это позволяет эффективно использовать амперметр в различных областях, включая промышленность, строительство и бытовую электронику. Более того, амперметр СА3020 обладает компактным размером, что облегчает его транспортировку и установку в различных устройствах и оборудовании. За счет своей надежности и точности измерений, он является незаменимым инструментом для специалистов в области электротехники и электроники.

Щитовой цифровой вольтметр СВ3020 - это современное устройство, предназначенное для измерения действующего значения напряжения переменного тока и передачи данных через интерфейс RS485. Этот вольтметр удобен тем, что в нем объединены измерительный преобразователь и цифровой прибор, а для подключения к измерительным трансформаторам напряжения (ИТН) не требуется дополнительных устройств. Важно отметить, что использование СВ3020 позволяет существенно снизить потребляемую мощность в электрической сети. При этом потребляемая мощность составляет всего $5 \text{ В}\cdot\text{А}$, что гораздо меньше, чем у других аналогичных устройств. Данный вольтметр отличается высокой точностью измерений и широким диапазоном измеряемых значений. Он может использоваться в различных отраслях промышленности, например, в энергетике или в производственных предприятиях, где необходимо контролировать напряжение в электрических сетях. Благодаря своим компактным размерам и удобной конструкции, СВ3020 легко монтируется в щитовых шкафах и не занимает много места. Кроме того, он имеет защиту от перегрузок и коротких замыканий, что обеспечивает безопасность работы устройства и предотвращает повреждения электрических сетей. В общем, СВ3020 - это надежный и удобный в использовании вольтметр, который

может быть полезен в любой отрасли, где требуется точный и надежный контроль напряжения в электрических сетях.

Для измерения активной и тепловой мощности в цепях переменного тока, используемых на электростанциях и подстанциях, используются специальные приборы, предназначенные для работы как в трехфазных, так и в четырехпроводных трехпроводных электрических сетях, предназначены СР3020 - ваттметр с цифровой панелью или тепловой счетчик. Результаты измерений можно передавать через интерфейс RS485. Стоит отметить, что потребляемая мощность данного устройства 5

Щитовой цифровой частотометр СС3020 предназначен для измерения значения частоты переменного тока и передачи его значения по интерфейсу RS485, при этом потребляемая мощность составляет 5 В·А. Меркурий 236 ART является многотарифным счетчиком, который может работать автономно или в составе автоматизированных систем мониторинга и учета (АСКУЭ) и диспетчерского. Он был разработан для ком-Для мерческого или технического учета электроэнергии в трех- и четырехпроводных сетях переменного тока. В связи с подключением почти всех ТТ к расчетным счетчикам, мы принимаем для всех измерительных приборов класс точности 0,5.

Таблица 16 предоставляет информацию о нагрузке, которая подключена к приборам, работающим на трансформаторах тока. Для установки на входе мы выбрали трансформатор тока марки ТОЛ-10-1-У2, в котором первичная обмотка выполнена в виде шины распределительного устройства.

Таблица 16 – Нагрузка приборов ТТ на низкой стороне подстанции Базовая

Цепь	Наименование прибора	Тип Прибора	Нагрузка, ВА, фазы		
			А	В	С
1	2	3	4	5	6
Ввод 10 кВ	Амперметр	СА3020	4	–	4
	Ваттметр	СР3020-ВАТТ	5	–	5
	Варметр	СР3020-ВАР	5	–	5

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6
	Счетчик АЭ Счетчик РЭ	Меркурий 236 ART	4,4	–	4,4
	Итого:		18,4	–	18,4
Секционный выключатель 10 кВ	Амперметр	СА3020	4	–	4
	Итого:		4	–	4
На отходящих линиях	Амперметр	СА3020	4	–	4
	Счетчик АЭ Счетчик РЭ	Меркурий 236 ART	4,4	–	4,4
	Итого:		8,4		8,4

Проверяем трансформатор тока на электродинамическую термическую стойкость:

$$i_{дин} = 52 \text{ кА} \geq i_{уд} = 9,96 \text{ кА},$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = B_k = 12,5^2 * 1 = 156,25 \geq B_k = 4,42 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Общее электрическое сопротивление, которое обусловлено различными факторами, такими как сопротивление оборудования, соединительных проводов и контактов, называется вторичной нагрузкой. Эта нагрузка увеличивает общее сопротивление измерительной цепи, что, в свою очередь, может привести к ошибкам измерений.

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k \quad (97)$$

Сопротивление приборов определяется по выражению:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} \quad (98)$$

где S – мощность, потребляемая приборами;
 I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} \text{ Ом}; \quad (99)$$

$$r_{\text{приб}} = \frac{8,5}{5^2} = 0,34 \text{ Ом}.$$

Во вторичные цепи трансформатора тока применяют провод с медными проводниками ρ равен 0,0165. При этом сопротивление контактное 0,05 Ом.

Следовательно, можно рассчитать сопротивление проводов:

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} = \frac{S_{2\text{ном}}}{I_2^2} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} \text{ Ом}. \quad (100)$$

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} = \frac{20}{5^2} - 0,34 - 0,05 = 0,41 \text{ Ом}.$$

Сечение провода:

$$S = \frac{\rho * l}{r_{\text{пр}}}; \quad (101)$$

$$S = \frac{0,0175 * 40}{0,41} = 1,7 \text{ мм}^2.$$

Принимаем стандартное сечение 2,5 мм², тогда сопротивление провода равно:

$$r_{np} = \frac{\rho * l}{S} \text{ Ом. ;} \quad (102)$$

$$r_{np} = \frac{0,0175 * 40}{1,7} = 0,3 \text{ Ом.} \quad (103)$$

Далее находим сопротивление нагрузки

$$r_2 = 0,34 + 0,3 + 0,05 = 0,67 \text{ Ом.}$$

Информация касательно ТОЛ-10-1-У2 можно посмотреть в таблицах 17, 18, 19, где представлены как расчетные, так и каталожные данные.

Таблица 17 – Проверка трансформатора тока на вводе 10 кВ

Каталог	РАсчет	Условия выбора
1	2	3
$U_{\text{НОМ}}=10,3 \text{ кВ}$	$U_{\text{сет.ном}}=10,3 \text{ кВ}$	$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{сет.ном}}$
$I_{\text{НОМ}}=600 \text{ А}$	$I_{\text{расч}}=461 \text{ А}$	$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{расч}}$
$i_{\text{дин}}=52 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}}=9,96$	$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$
$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 992 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}}=4,42 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$
$Z_{2\text{НОМ}}=0,8$	$Z_2=0,67$	$Z_2 \leq Z_{2\text{НОМ}}$

Фирменный трансформатор тока ТОЛ-10-1-У3 был выбран нами для секционного выключателя. Для удобства представления мы свели расчетные и каталожные данные в таблицу 18.

Таблица 18 – Проверка ТТ на секционном выключателе

Каталог	Расчет	Условия выбора
1	2	3
$U_{НОМ}=10,3$ кВ	$U_{сет.ном}=10,3$ кВ	$U_{НОМ} \geq U_{сет.ном}$
$I_{НОМ}=300$ А	$I_{расч}=230$ А	$I_{НОМ} \geq I_{расч}$
$i_{дин}=100$ кА	$i_{уд}=9,96$	$i_{дин} \geq i_{уд}$
$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 992$ кА ² · с	$B_k = 4,42$ кА ² · с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
$Z_{2НОМ}=0,8$	$Z_2=0,67$	$Z_2 \leq Z_{2НОМ}$

Трансформаторы тока марки ТОЛ-10-1-У2 мы выбираем также для исходящих соединений.

Сопоставление расчетных и каталожных данных сводим в таблицу 19.

Таблица 19– Проверка ТТ на отходящих присоединениях

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
1	2	3
$U_{НОМ}=10$ кВ	$U_{сет.ном}=10$ кВ	$U_{НОМ} \geq U_{сет.ном}$
$I_{НОМ}=200$ А	$I_{расч}=182,8$ А	$I_{НОМ} \geq I_{расч}$
$i_{дин}=52$ кА	$i_{уд}=9,96$	$i_{дин} \geq i_{уд}$
$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 306,25$ кА ² · с	$B_k = 4,42$ кА ² · с	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k$
$Z_{2НОМ}=0,8$	$Z_2=0,67$	$Z_2 \leq Z_{2НОМ}$

Для отделения первичных высоковольтных цепей от цепей измерения и релейной защиты и для снижения напряжения до стандартного значения 100/корень3 или 100 В выбор трансформатора напряжения необходим. Данный прибор предназначен для осуществления этого процесса.

Трансформаторы напряжения выбираются:

- по напряжению установки

$$U_{НОМ} \geq U_{сет.ном}; \quad (104)$$

- конструкции и схеме соединения обмоток;
- классу точности;
- вторичной нагрузке :

$$S_{\text{НОМ}} \geq S_2 \Sigma \quad (105)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – Номинальная мощность в выбранном классе точности;

S – нагрузка всех измерительных приборов и реле, подключенных к трансформатору напряжения формула:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{\text{приб}} * \cos\varphi_{\text{приб}}) + (\sum S_{\text{приб}} * \sin\varphi_{\text{приб}})^2} \quad (106)$$

В таблице 20 указаны параметры вторичной нагрузки трансформатора напряжения.

Таблица 20 – Нагрузка на трансформатор напряжения на 10 кВ является вторичной.

Прибор	Тип	Мощность прибора, В·А	Количество приборов	cosφ	sinφ	Суммарная мощность, В·А
1	2	3	4	5	6	7
Вольтметр	СВ 3020	4	1	1	0	8
Ваттметр	СР3020-ВАТТ	5	2	1	0	10
Варметр	СР3020-ВАР	5	2	1	0	10
Счетчик АЭ	Меркурий 236 ART	9	9	0,38	0,925	81
Счетчик РЭ						
Итого						109

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(4 + 5 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 9 \cdot 9 \cdot 0,38) + (9 \cdot 9 \cdot 0,925)^2} = 92,82 \text{ ВА}$$

Перед тем, как приступить к выбору трансформатора напряжения, необходимо понимать, какую мощность и точность измерений вам требуется. В этом случае мы выбрали трансформатор напряжения НАМИ-10-95-УХЛ(2) с номинальной мощностью 200 ВА.

Этот антирезонансный трансформатор имеет литую изоляцию, которая обеспечивает высокую надежность и безопасность в эксплуатации. Он подходит для измерений в различных областях, таких как электротехническая промышленность или промышленное производство. Номинальное напряжение составляет 10 кВ, что позволяет использовать его в широком диапазоне напряжений. Кроме того, этот трансформатор обладает высокой точностью измерения и длительным сроком службы.

Таблица 21 – Каталожные и расчетные данные выбора ТН

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
1	2	3
$U_{\text{НОМ}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{сет.НОМ}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{сет.НОМ}}$
$s_{\text{НОМ}}=400 \text{ В}\cdot\text{А}$	$s_{2\Sigma}=92,82 \text{ ВА}$	$s_{\text{НОМ}} \geq s_{2\Sigma}$

Этот антирезонансный трансформатор имеет литую изоляцию, которая обеспечивает высокую надежность и безопасность в эксплуатации. Он подходит для измерений в различных областях, таких как электротехническая промышленность или промышленное производство. Номинальное напряжение составляет 10 кВ, что позволяет использовать его в широком диапазоне напряжений. Кроме того, этот трансформатор обладает высокой точностью измерения и длительным сроком службы. Надежность всей электрической системы зависит от надежности этих распределительных устройств, поэтому к ним должны быть предъявлены строгие требования. Одним из таких требований

является наличие в воздухе видимого зазора, электрическая прочность которого равна максимальному импульсному напряжению. Как показывают результаты исследований, разъем TN полностью соответствует этим требованиям и может быть рекомендован к установке. Однако подумайте о п

Для внутренней установки и с заземляющими ножами выбираем разъединитель марки РВЗ-10/400УХЛ2, соответствующий напряжению установки ($U_{уст} = 10$ кВ) и току продолжительного режима ($I_{max} = 182,8$ А). Данный разъединитель представлен в таблице 22

.Таблица 22 – Каталожные и расчетные данные выбранного разъединителя

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
1	2	3
$U_H = 10$ кВ	$U_P = 10$ кВ	$U_P \leq U_H$
$I_H = 400$ А	$I_P = 182,8$ А	$I_P \leq I_H$
$I_{дин} = 41$ кА	$i_{уд} = 21,921$ кА	$I_{уд} \leq I_{дин}$
Главные ножи		
$I^2_T \cdot t_T = 1024$ кА ² с	$V_K = 22,71$ кА ² с	$V_K \leq I^2_T \cdot t_T$
Заземляющие ножи		
$I^2_T \cdot t_T = 256$ кА ² с	$V_K = 22,71$ кА ² с	$V_K \leq I^2_T \cdot t_T$

7 ЗАЗЕМЛЕНИЕ И МОЛНИЕЗАЩИТА ПОДСТАНЦИИ БАЗОВАЯ

7.1 Заземление подстанции Базовая

Для обеспечения безопасной эксплуатации электроустановок необходимо использовать заземляющие устройства, которые выполняют ряд функций, таких как: отвод импульсных токов от молниеотводов и искрогасителей в землю, создание короткого замыкания при срабатывании защиты от замыкания на землю, а также обеспечение безопасности работников в рабочей зоне вокруг электроустановки и за ее пределами.

Конструкция заземляющих устройств зависит от конфигурации электрооборудования и может быть представлена различными формами, такими как сетка из ячеек или прямоугольная форма. Вертикальные электроды молниеотводов могут быть подсоединены к сетке и размещены по ее периметру. Это необходимо для соответствия требованиям стандарта сопротивления заземляющего провода.

Одним из основных элементов заземляющего устройства является заземляющий проводник. Он должен иметь достаточно низкое сопротивление, чтобы обеспечить эффективное заземление устройства. Для этого проводник может быть выполнен из медной проволоки, которая имеет высокую электропроводность и хорошо подходит для использования в заземляющих устройствах

.Важно отметить, что правильно спроектированное и установленное заземляющее устройство является неотъемлемой частью безопасной эксплуатации электроустановок. Поэтому, при проектировании и монтаже заземляющих устройств необходимо учитывать все требования и стандарты, чтобы обеспечить безопасность работников и сохранность оборудования.

Для того, чтобы электроустановки с напряжением выше 1 кВ и сети, где применяется изолированная нейтраль, работали безопасно, необходимо уделять внимание заземлению. Важно обеспечить определенное сопротивление

заземляющего устройства, чтобы передавать расчетный ток замыкания на землю в любое время года. Это необходимо в соответствии с требованиями, чтобы обеспечить безопасную работу электроустановок и сетей.

Одним из основных требований для электроустановок с напряжением выше 1 кВ и сетей, где применяется изолированная нейтраль, является обязательное наличие заземляющего устройства. Однако, важно понимать, что для обеспечения безопасности работ электроустановок необходимо обеспечить определенное сопротивление заземляющего устройства.

Наличие достаточного сопротивления заземляющего устройства позволяет передавать расчетный ток замыкания на землю в любое время года, что является важным аспектом для обеспечения безопасной работы электроустановок и сетей. Поэтому, необходимо уделять внимание заземлению, чтобы обеспечить безопасность и надежность работы электроустановок. [20].

$$R \leq \frac{250}{I} , \quad (107)$$

где I – расчетный ток замыкания на землю, А.

Для сетей с изолированной нейтралью рекомендуется определять величину емкостного тока по следующему методу, чтобы сопротивление заземляющего устройства не превышало 10 Ом, формула:

$$I_c = \frac{U_{ном} \cdot L_{\Sigma}}{350} \quad (108)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

Суммарная длина смежных линий 35 кВ составляет 87,3км.

Для всех гальванически связанных линий сети суммируются составляющие, описанные выше, чтобы определить суммарный емкостный ток сети..

Сумма емкостного тока в сети 35кВ равен:

$$I_{c35} = \frac{35 \cdot 89.4}{350} = 9 \text{ А.}$$

Сопротивление заземляющего устройства :

$$R \leq \frac{250}{9} = 28 \text{ Ом.}$$

Для выполнения требований Правил электромонтажа (ПУЭ) необходимо, чтобы сопротивление заземляющего устройства не превышало 10 Ом. В нашем случае мы можем предположить, что сопротивление R заземляющего устройства не превышает данное значение. Это предположение будет использовано при дальнейших расчетах.

Для определения необходимой площади S подстанции используемого заземления, можно обратиться к плану ПС Базовая, представленному на 2 листе графической части.

$$S = (38 + 2 \cdot 1,5) \cdot (55,4 + 2 \cdot 1,5) = 2394,4 \text{ м}^2$$

Принимается диаметр и длина прутка для заземлителя:

$$d = 10 \text{ мм.}$$

$$L_B = 5 \text{ м.}$$

Сечение данного прутка составляет $S_{\text{пр.в}} = 78,5 \text{ мм}^2$

Согласно формуле, проводится проверка выбранного поперечного сечения на коррозионную стойкость.

$$F_{кор} = \pi \cdot \delta_{cp} \cdot (d_{np} + \delta_{cp}), \quad (109)$$

где δ_{cp} – средняя глубина коррозии, в зависимости от поперечного сечения проводника, определяется формуле:

$$\delta_{cp} = a_k \cdot \ln(T)^3 b_k \cdot \ln(T)^3 + \ln(T)^3 d_k \text{ мм.}, \quad (110)$$

где T – расчетный срок службы заземлителя, 240 месяцев;

a_k , b_k , c_k , d_k – коэффициенты, зависящие от грунтовых условий.

$$\begin{aligned} \delta_{cp} &= 0,0026 \cdot \ln(240)^3 0,00915 \cdot \ln(240)^3 + 0,0104 \ln(240)^3 0,0224 \text{ мм.}, = \\ &= 0,782 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$F_{кор} = 3,14 \cdot 0,78 (10 + 0,78) = 26,49 \text{ мм}^2.$$

Правильность выбора поперечного сечения стержней для заземления подстанции подтверждается в соответствии с условием:

$$S_{пр.в.} \geq F_{кор}$$

$$78,5 \text{ мм}^2 > 26,49 \text{ мм}^2$$

Для определения места и длины горизонтальных заземлителей на подстанции необходимо учитывать расположение оборудования, зданий и соору-

жений, а также размеры ячеек сети заземления, особенно в местах, где подключены нейтрали силовых трансформаторов. В частности, размеры ячеек не должны превышать 6 на 6 метров. При производстве конструктивного выполнения заземляющей сетки сторона d условно делится на целое число с шагом $a_d = 6$ м. Глубина залегания горизонтальных элементов заземлителя принимается в размере 0,8 метров.

Формула определяет суммарную длину горизонтальных заземлителей.

$$L = (S / a_d) \cdot 2 \text{ м.} \quad (111)$$

$$L = (2394,4 / 6) \cdot 2 = 800 \text{ м.}$$

Представим площадь подстанции квадратичной моделью со сторонами a , тогда $a = \sqrt{2394,4} = 48,93 \text{ м.}$

Число ячеек в этом случае определяется как:

$$m = \frac{L}{2 \cdot a} - 1; \quad (112)$$

$$m = \frac{798,13}{2 \cdot 48,93} - 1 = 7,16$$

принимаем значение – 8 штук

$$\text{Длина ячейки } a_m = a / m = 48,93 / 8 = 6,1 \text{ м.}$$

Длина горизонтальных полос в этой модели определяется по формуле:

$$L = 2 \cdot a \cdot (m + 1) \text{ м.} \quad (113)$$

$$L = 2 \cdot 49 \cdot (8 + 1) = 880,8 \text{ м.}$$

Количество вертикальных электродов находится из выражения :

$$n_e = \frac{4 \cdot a}{\frac{a_q}{l_e} \cdot I_e}; \quad (114)$$

$$n_e = \frac{4 \cdot 48,93}{\frac{6}{l_e} \cdot I_e} = 33,62.$$

где a_q – расстояние между вертикальными электродами, равная 6 м;

l_e – длина вертикальных электродов, м.

Округляем до ближайшего целого значения $n_e = 34$ шт.

Определение стационарного сопротивления заземлителя, выполненного в виде сетки:

$$R_{cm} = \rho \left(\frac{A}{\sqrt{S}} + \frac{1}{L + n_e \cdot I_e} \right); \quad (115)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта;

A – параметр зависящий от соотношения $\frac{I_e}{\sqrt{S}}$ равный 0,05.

$$R_{cm} = 100 \left(\frac{0,05}{48,93} + \frac{1}{798,13 + 34 \cdot 5} \right); = 0,32 \text{ Ом.}$$

Импульсное сопротивление $R_{и}$ определяется умножением сопротивления при стационарном режиме $R_{ст}$ на импульсный коэффициент $\alpha_{и}$ и окончательное значение сопротивления заземления зависит от ряда факторов, таких как:

свойств грунта, характеристики импульса тока молнии и типа используемого заземлителя.

$$R_u = R_{cm} * a_u; \quad (116)$$

$$a_u = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{S}}{(\rho + 320) \cdot (I_{мол} + 45)}}. \quad (117)$$

где $I_{мол}$ – ток молнии, принимается равным 60 кА.

$$a_u = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{48,93}}{(100 + 320) \cdot (60 + 45)}} = 1,26;$$

$$R_u = 0,32 \cdot 1,26 = 0,4 \leq 10 \text{ Ом.}$$

Сопrotивление заземлителя подстанции Базовая было измерено, и оно оказалось меньше 10 Ом, что удовлетворяет требованиям ПУЭ. Схема заземления данной подстанции приведена на графическом листе дипломного проекта.

7.2 Защита от прямых ударов молнии

Чтобы определить наилучшее расположение и количество громоотводов на территории подстанции, необходимо учитывать зоны защиты, которые они создают. Зона защиты - это часть пространства непосредственно вблизи громоотвода, в которой вероятность попадания молнии в объект защиты снижена до значения, не превышающего 0,05 или 0,005 по сравнению с вероятностью попадания молнии при отсутствии громоотвода. Расчет производится для защиты объектов подстанции Базовая, находящиеся на высоте h_x от уровня земли:

– 8 м для порталов 35 кВ .

Мы приняли высоту первого молниеотвода равной 21 метру, а высоту второго - 19 метров. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода имеет форму конуса с вершиной на высоте h , которая меньше чем $h_{эф}$, а ее основание имеет круглую форму с радиусом r_0 на уровне земли.

$$h_{эф1} = 0,85 \cdot h_M; \quad (118)$$

$$h_{эф1} = 0,85 \cdot 21 = 17,8 \text{ м};$$

$$h_{эф2} = 0,85 \cdot 19 = 16,1 \text{ м};$$

$$r_{0,1} = (1,1 - 0,002 \cdot h_1) \cdot h_1 \text{ м}; \quad (119)$$

$$r_{0,1} = (1,1 - 0,002 \cdot 21) \cdot 21 = 22,2 \text{ м};$$

$$r_{0,2} = (1,1 - 0,002 \cdot h_2) \cdot h_2 ; \quad (120)$$

$$r_{0,2} = (1,1 - 0,002 \cdot 19) \cdot 19 .$$

Устанавливаем два отдельностоящих молниеотвода (лист графической части).

Границы внутренней области зоны защиты рассчитываются по формуле:

$$r_{ci} = r_{c0} \cdot \frac{h_{cr} - h_i}{h_{cr}} ; \quad (121)$$

где h_{cr} – высота внутренней зоны защиты на уровне земли в середине между совместно действующими молниеотводами;

Для определения высоты внутренней зоны защиты между молниеотводами одинаковой высоты можно использовать формулу, в которую входит параметр r_{co} - половина ширины этой зоны на уровне земли:

$$h_{cp} = h_{эф} - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h) \cdot (L - h) \quad (122)$$

Для молниеотвода определим:

$$h_{cp1} = 17h_{эф} - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} 21h) \cdot (28 - 21h) = 16,6 \text{ м.}$$

Для 2 молниеотвода:

$$h_{cp2} = 16,15 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} 19)(28 - h) = 14,6 \text{ м.}$$

В середине между 1 и 2 молниеотводом высота внутренней зоны защиты составляет:

$$h_{cr12} = \frac{h_{cr} - h_{cr2}}{2} ; \quad (123)$$

$$h_{cr12} = \frac{16,6 - 14,6}{2} = 15,6 \text{ м.}$$

На высоте h защищаемых порталов 35кВ радиус зоны защиты молниеотвода:

$$r_{1.1} = r_{0.1} \cdot \left(1 - \frac{h_{оо1}}{h_{эф1}}\right) \text{ м,} \quad (124)$$

$$r_{1.1} = 22,2 \cdot \left(1 - \frac{8}{17,8}\right) = 12,3 \text{ м},$$

$$r_{2.1} = r_{0.2} \cdot \left(1 - \frac{h_{o\phi 1}}{h_{\phi 2}}\right) \quad (125)$$

$$r_{2.1} = 20,2 \cdot \left(1 - \frac{8}{16,1}\right) = 10,2 \text{ м}.$$

При расстояниях между молниеотводами $h < L_{M-M} \leq 2h$ половина ширины внутренней зоны защиты на уровне земли равна: $r_{c0} = r_0$.

Границы внутренней зоны защитной зоны на высоте порталов напряжением 35 кВ определяются следующим образом:

$$r_{c1} = r_{c01} \cdot \left(\frac{h_{cr1} - h_{o\phi 1}}{h_{cr1}}\right) \text{ м}; \quad (126)$$

$$r_{c1} = 22,2 \cdot \left(\frac{16,6 - 8}{16,6}\right) = 11,5 \text{ м};$$

$$r_{c2} = 20,2 \cdot \left(\frac{14,6 - 8}{14,6}\right) = 9,1 \text{ м};$$

$$r_{c12} = \left(\frac{r_{c1} - r_2}{2}\right) \text{ м}; \quad (127)$$

$$r_{c12} = \left(\frac{11,5 - 9,1}{2}\right) = 10,3 \text{ м}.$$

На 4 листе графической части дипломного проекта представлены зоны защиты молниеотводов от прямых ударов молнии. Однако, не стоит забывать, что молния может ударить не только по прямой линии, но и боковыми разветвлениями. Поэтому, важно также учитывать боковые зоны защиты и правильно располагать молниеотводы на объекте. Кроме того, следует помнить, что правильное подключение молниеотводов к заземлению также играет важную роль в эффективной защите от молнии. Все эти моменты необходимо учитывать при проектировании и монтаже молниезащиты на объекте.

8 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Релейная защита - это сложная система, которая состоит из трех компонентов: измерительной, логической и выходной защиты. Она необходима для обеспечения безопасности работы электрических устройств и предотвращения аварийных ситуаций.

Измерительная часть релейной защиты включает в себя устройства, которые измеряют электрические параметры, такие как ток, напряжение, мощность и сопротивление. При отклонении от установленных значений, они влияют на логическую часть системы.

Логическая часть релейной защиты состоит из переключающих элементов и органов временной задержки. Они реагируют на действия измерительных и пусковых устройств и в соответствии с программой, запускают выходную часть системы.

Выходная защита - это механизм, который выполняет функцию отключения электрической системы при возникновении опасных ситуаций. Она обеспечивает безопасность работников и сохранность оборудования.

Без релейной защиты не обойтись в современных электроустановках. Она является надежной системой, которая защищает от аварий и непредвиденных ситуаций, обеспечивая безопасность и надежность работы электрических устройств.

Устройства защиты выхода играют важную роль в связи и телемеханике, соединяя релейную защиту с цепями для устройств связи и передачи команд. Они имеют переключающие элементы, которые обеспечивают работу цепей управления. Но до недавнего времени все устройства релейной защиты оснащались только электромеханическими реле, которые требуют замены.

Эти устройства устарели и не могут обеспечить высокую точность, скорость и сложные характеристики, необходимые для надежной защиты. Кроме

того, для поддержания защитных функций в идеальном состоянии требуется значительное техническое обслуживание.

В связи с этим, разработаны новые технологии и устройства, которые позволяют заменить устаревшие реле на более современные и эффективные. Например, сейчас широко используются защитные модули, которые основаны на принципе работы полупроводниковых приборов. Они обеспечивают высокую точность и скорость реакции, а также требуют минимального технического обслуживания.

Также стоит отметить, что современные устройства защиты выхода могут работать не только с коммутаторами и каналами связи, но и с другими устройствами, такими как контроллеры и датчики. Это позволяет создавать более сложные системы защиты и автоматизации процессов в промышленности и энергетике.

В целом, замена устаревших реле на современные устройства защиты выхода является необходимой мерой для обеспечения надежной защиты и эффективной работы систем связи, телемеханики и автоматизации.

Новые модели защит на основе микропроцессоров имеют ряд преимуществ по сравнению со старыми. Они занимают меньше места и требуют меньше материалов для изготовления, что делает их более экономичными. Эти защиты работают с мощными источниками питания и потребляют меньше энергии, что является еще одним преимуществом. Однако важным фактором является высокая производительность измерительных преобразователей тока и напряжения, которые используют эти защиты. Мощность, потребляемая от измерительных трансформаторов, составляет всего 0,1-0,5 ВА, аппаратная погрешность находится в пределах 2-5%, а коэффициент возврата измерительных органов составляет 0,95-0,96.

Но не всегда новые требования к релейной защите могут быть выполнены с помощью микропроцессорных защит. Возможно, потребуется более сложное оборудование и большее количество материалов. Однако, если воз-

можно использовать микропроцессорные защиты, то это будет более эффективным и экономически выгодным решением.

Цифровые устройства РЗ - это неотъемлемая часть оборудования электроэнергетики, которое используется для защиты электроприборов от аварийных ситуаций. Европейские концерны ALSTOM, ABB и SIEMENS являются мировыми лидерами в производстве РЗ. Они все больше переходят на цифровую технику, так как это значительно увеличивает эффективность работы.

Высокая стоимость цифровых средств защиты, производимых этими компаниями, окупается благодаря их высоким техническим характеристикам и универсальности. Структурные схемы цифровых устройств РЗ различного назначения очень похожи, и центральным узлом каждого цифрового устройства является микрокомпьютер. Микрокомпьютер обменивается информацией с периферийными узлами через свои устройства ввода-вывода, а дополнительные узлы позволяют ему взаимодействовать с внешней средой, такой как информационные датчики, объекты управления и операторы. Благодаря этому можно эффективно контролировать электроприборы и управлять ими, предотвращая аварийные ситуации.

8.1 Защита трансформатора

В ходе работы трансформаторов могут возникать непредвиденные ситуации, например, короткое замыкание между фазами или между фазой и землей. Также возможны короткое замыкание между катушками одной фазы и между катушками различных напряжений. Дополнительно могут происходить короткие замыкания на входах трансформатора, в проводке и системе шин. В результате таких ситуаций ток может пройти через трансформаторы, повредить другие элементы системы, вызвать перегрузку, выделять горючие газы из масла, а также понизить уровень масла и повысить температуру.

Для безопасной работы трансформаторов в соответствии с ПУЭ необходимо принять соответствующие меры защиты. Для трансформаторов мощностью менее 4 МВА рекомендуется максимальная защита и отключение пита-

ния, в то время как для трансформаторов большей мощности наиболее подходящей является дифференциальная защита, которая обеспечивает защиту от внутренних повреждений. Для предотвращения коротких замыканий на сторонах трансформатора, происходящих в одной фазе, необходимо обеспечить наличие глухозаземленной нейтрали. Для защиты на подстанции Базовая 35/10 кВ будет использоваться устройство типа "Сириус-Т". Кроме того, на этой подстанции будут установлены трансформаторы мощностью 6300 кВА и 10000 кВА.

8.2 Выбор рабочих ответвлений токовых входов терминала

Номинальные токи для трансформатора определяются по формуле:

$$I_{ном.N} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.N}} \quad (128)$$

Равны номинальные токи трансформатора.:

где $S_{ном.тр}$ – номинальная мощность трансформатора;

$U_{ном.N}$ – сторона N имеет номинальное напряжение.

$$I_{ном.ВН} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.ВН}} \text{ А,}$$

$$I_{ном.ВН} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 35} = 103,92 \text{ А;}$$

$$I_{ном.ВН} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 164,95 \text{ А;}$$

$$I_{ном.НН} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.НН}} ;$$

$$I_{\text{ном.НН}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 11} = 330,66 \text{ A},$$

$$I_{\text{ном.НН}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 524 \text{ A}.$$

При протекании в обмотках силового трансформатора номинального тока на входе терминала наблюдается вторичный ток в номинальном режиме:

$$I_{\text{ном.втор.Н}} = \frac{I_{\text{ном.Н}} \cdot I_{\text{н.ТТ.В}}}{I_{\text{н.ТТ.П}}} = \frac{I_{\text{ном.Н}}}{K_{\text{ТР.ТТ.Н}}}, \quad (129)$$

где $K_{\text{ТР.ТТ.Н}} = I_{\text{н.ТТ.П}} / I_{\text{н.ТТ.В}}$ - коэффициент трансформации изме измерительного трансформатора тока стороны N;

Коэффициент трансформации трансформатора тока:

$$K_{\text{ТР.ТТ.НН}} = \frac{600}{5} = 120,$$

$$K_{\text{ТР.ТТ.ВН}} = \frac{200}{5} = 40,$$

$$I_{\text{ном.втор.ВН}} = \frac{65,98}{40} = 1,65 \text{ A},$$

$$I_{\text{ном.втор.НН}} = \frac{209,95}{120} = 0,55 \text{ A},$$

При выборе клеммы, к которой подключаются вторичные цепи трансформатора тока, необходимо учитывать максимальный коэффициент цифрового выравнивания. Этот коэффициент должен быть меньше 5 и больше 0,5 для

выбранной рабочей ветви текущего входа.

$$0,5 \leq K_{\text{ТР.ТТН}} \geq 5$$

$$I_{\text{ном.ВН}} = 1,65 \text{ А, выбираем } 5 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном.НН}} = 0,55 \text{ А, выбираем } 1 \text{ А}$$

8.3 Выбор установок дифференциальной защиты трансформатора

Для надежной защиты трансформатора от внутренних повреждений и повреждения клемм необходима продольная дифференциальная защита, которая является основной и должна функционировать без срабатывания при скачках тока намагничивания.

Для реализации дифференциальной защиты трансформатора используются два типа защиты: быстродействующее дифференциальное отключение по току (ДЗТ-1) и чувствительная дифференциальная защита по току (ДЗТ-2). ДЗТ-2 имеет дополнительные функции, такие как защита от скачков тока намагничивания (ВНТ) и торможение сквозного тока.

Применение продольной дифференциальной защиты трансформатора особенно важно в случае использования его в энергетических системах. При возникновении неисправностей в работе трансформатора, защита должна быстро сработать, чтобы избежать дальнейших повреждений и аварий. Однако, чтобы избежать ложных срабатываний, необходимо правильно настроить параметры защиты и регулярно проводить проверки ее работоспособности.

Для эффективной защиты трансформатора от перегрузок и коротких замыканий необходимо использовать дифференциальную защиту. Она включает в себя дифференциальную токовую отсечку (ДТО) и дифференциальный орган

с торможением. Однако, чтобы эта защита работала правильно, необходимо настроить ее исходя из максимального тока дисбаланса и скачков тока намагничивания.

Чтобы обеспечить отстройку от скачка тока намагничивания, используется торможение от блокировки второй гармоникой и блокировки формой тока. Это позволяет достичь оптимальной настройки защиты и предотвратить ложное срабатывание. На рисунке представлена тормозная характеристика чувствительной ступени ДЗТ-2. Она рассчитана в относительных единицах, где токи приведены к базовому току на стороне ВН. Также, для более удобной работы с защитой, можно использовать таблицы 10, в которых указаны соответствующие значения токов и настроек. Важно понимать, что правильная настройка дифференциальной защиты трансформатора является критически важным фактором для обеспечения безопасности работы электроустановок и предотвращения аварийных ситуаций. Поэтому, при проектировании и эксплуатации трансформаторов необходимо уделить должное внимание настройке и проверке работоспособности дифференциальной защиты.

Дифференциальная защита трансформатора должна быть настроена исходя из максимального тока дисбаланса и скачков тока намагничивания.

Отстройка от скачка тока намагничивания с помощью торможения достигается блокировкой второй гармоникой и формой тока. В таблице 10 указаны токи, приведенные к базовому току на стороне ВН. Рисунок демонстрирует тормозную характеристику чувствительной ступени ДЗТ-2, выраженной

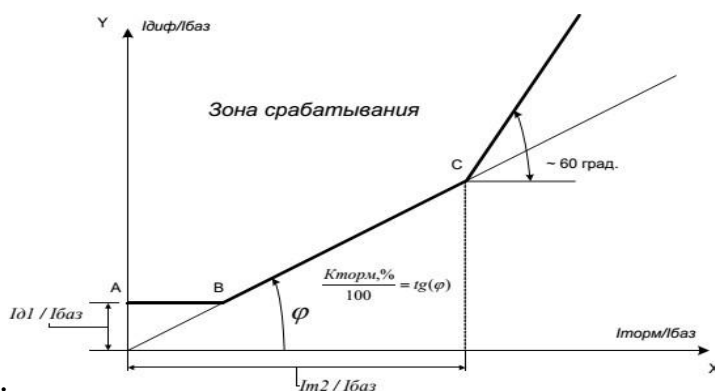


Рисунок 10 – Тормозная характеристика ступени ДЗТ)

Тормозная характеристика определяется уставками:

$I_{д1}/I_{ном.ВН}$ – минимальный дифференциальный ток (отнесенный к $I_{баз}$) срабатывания;

$K_{торм}$, % – коэффициент торможения второго участка характеристики;

$I_{т2}/I_{ном.ВН}$ – точка второго излома характеристики.

В качестве базисного тока в устройстве принято значение уставки $I_{ном.ВН}$.

Характеристика имеет три участка:

На участке отрезка А-В, точка В (точка первого излома характеристики) находится на пересечении прямой, проходящей через начало координат и точку С, с уставкой ДЗТ-2 – $I_{д1}/I_{ном.ВН}$. На этом участке дифференциальный ток, необходимый для отключения, постоянный. Участок между точками В и С определяется двумя уставками: наклоном прямой ДЗТ-2 – $K_{торм}$, % и ДЗТ-2 – $I_{т2}/I_{ном.ВН}$. Начало участка правее точки С находится в точке С, а наклон участка равен 60 градусам и постоянен..

Значение $I_{д1}/I_{ном.ВН}$ выбирается по условию отстройки от тока небаланса при протекании номинального тока трансформатора:

$$\frac{I_{диф}}{I_{баз}} \geq K_{отс} \cdot I_{нб.расч.}, \quad (130)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибки расчета и необходимый запас, принимается равным 1,2.

Сумма трех составляющих определяет относительный ток небаланса, который обусловлен погрешностями трансформаторов тока.

$$I_{нб.расч.} = I'_{нб.расч.} + I''_{нб.расч.} + I'''_{нб.расч.}, \quad (131)$$

$$I'_{нб.расч.} = k_{пер} \cdot k_{оди} \cdot \varepsilon * I'_{расч.}, \quad (132)$$

$$I''_{\text{нб.расч.}} = \Delta U \cdot I'_{\text{расч.}} ; \quad (133)$$

$$I'''_{\text{нб.расч.}} = f_{\text{выр}} \cdot I'_{\text{расч.}} ; \quad (134)$$

$k_{\text{пер}}$ коэффициент, учитывающий переходной режим (наличие апериодической составляющей), рекомендуется принимать 1,0 согласно /4/;

$k_{\text{одн}}$ – коэффициент однотипности трансформаторов тока. Для защиты Бреслер рекомендуется во всех режимах с запасом принимать коэффициент однотипности равным 1,0;

ε – относительное значение полной погрешности трансформаторов тока. Рекомендуется принимать равной 0,05;

$I''_{\text{нб.расч}}$ – составляющая тока небаланса, обусловленная регулированием защищаемого трансформатора;

ΔU – погрешность, обусловленная регулированием напряжения под нагрузкой на сторонах защищаемого трансформатора и принимаемая равной половине используемого диапазона регулирования;

$I''_{\text{нб.расч}}$ – составляющая тока небаланса, обусловленная погрешностью выравнивания токов плеч в терминале защиты;

$I_{\text{расч.}}^*$ относительное значение периодической составляющей тока, проходящего через защищаемую зону при трехфазном КЗ.

$$I_{\text{нб.расч}} = (1 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot 0,16 + 0,03) \cdot 12,91 = 0,49 \text{ о.е.}$$

Относительный начальный дифференциальный ток срабатывания равен:

$$I_{\text{диф}} / I_{\text{баз}} \geq K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб.расч}} = 1,2 \cdot 0,24 = 0,59 \text{ о.е.}$$

Для того чтобы защита не срабатывала при возникновении сквозных токов, соответствующих второму разделу характеристики торможения, необходимо правильно выбрать коэффициент торможения $K_{\text{торм}}$. Важно учитывать, что при использовании устройств автоматического ввода резерва для трансформаторов или автоматической защиты линий питания могут возникать такие токи.

Коэффициент снижения тормозного тока равен:

$$K_{\text{сн.т.}} = 1 - 0,5 \cdot I_{\text{нб.расч}} ; \quad (135)$$

$$K_{\text{сн.т.}} = 1 - 0,5 \cdot 0,49 = 0,76.$$

Коэффициент торможения определяется по выражению:

$$K_{\text{торм}} \geq 100 \cdot K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб.расч}} / K_{\text{сн.т.}} ; \quad (136)$$

$$K_{\text{торм}} = 100 \cdot 1,2 \cdot 0,49 / 0,76 = 77\%.$$

Учитывая вторую точку излома тормозной характеристики, можно определить размер второго участка, где происходит торможение. $I_{\text{т2}}/I_{\text{баз}}$. Для обеспечения высокой чувствительности к коротким замыканиям обмотки важно, чтобы режим номинальной нагрузки был во второй секции. В нагрузочном и аналоговом режимах ток торможения соответствует сквозному току, поэтому короткое замыкание обмотки не оказывает значительного влияния на первичные токи и, соответственно, на ток торможения. ($I_{\text{т}}/I_{\text{баз}}$) и режим допустимых длительных перегрузок ($I_{\text{т}}/I_{\text{баз}}$). Кроме того, желательно, чтобы во второй участок попадали режимы возможных кратковременных перегрузок,

Рекомендуется установить уставку, равную таковой, как самозапуск двигателей после АВР и пусковые токи мощных двигателей, если такие имеются.

$$I_{T2}/I_{баз} = -0,5$$

8.4 Выбор уставок дифференциальной токовой отсечки

Дифференциальная токовая отсечка (ДТО) используется для быстрого выключения высоких токов повреждения в защищаемой зоне. Уставка ДТО настраивается на основе двух факторов: максимального тока небаланса при КЗ и бросков тока намагничивания.

$$I_{ДТО} \geq 6$$

$$I_{ДТО} \geq k_{отс} \cdot I_{нб.расч*}$$

где $k_{отс} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$I_{нб.расч*}$ – расчетный ток небаланса при максимальном токе КЗ.

Рекомендуется принимать коэффициент переходного режима равным $\frac{3}{4}$ при расчете $I_{нб.расч}$. Для определения величины $I_{расч}$ необходимо учесть ток, При расчетном трехфазном коротком замыкании на стороне, где происходит повреждение, ток проходит через защищаемую зону. Этот ток определяется при работе трансформатора на расчетном ответвлении, которое, как правило, соответствует минимальному значению напряжения регулируемой обмотки.

$$I_{нб.расч} = (3,5 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,03) \cdot 12,91 = 2,65 \text{ о.е.};$$

$$I_{ДТО} = 1,25 \cdot 2,65 = 3,20 \text{ о.е.};$$

Выбирае $I_{ДТО} = 3,4 \text{ о.е.}$

8.5 Выбор уставок максимальной токовой защиты

Для настройки первичного тока срабатывания МТЗ без включения по напряжению необходимо учитывать максимальный ток нагрузки и самозапуск двигателя. Для этого применяется выражение.

$$I_{с.з} = \frac{K_{отс} \cdot K_{зап}}{K_{в}} \cdot I_{раб.макс.}; \quad (136)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, равный 1,2;

Для учета увеличения тока при самозапуске заторможенных двигателей нагрузок используется коэффициент $K_{зап}$. Для предварительных расчетов и в случае отсутствия информации, данный коэффициент можно принять из диапазона от 1,5 до 2,5. Согласно источнику [18], для городских сетей общего назначения, коэффициент $K_{зап}$ равен 2,5.

$K_{в}$ – коэффициент возврата, который принимается равным 0,9 (для релемаксимального тока);

$I_{раб,макс}$ – первичный максимальный рабочий ток в месте установки защиты.

Первая ступень используется в качестве токовой отсечки без пуска по напряжению и без органа направления мощности.

Ток срабатывания на стороне ВН:

$$I_{с.з} = \frac{1,2 \cdot 2,5}{0,9} \cdot 92,38 = 307,92 \text{ А};$$

Ток срабатывания на стороне НН:

$$I_{с.з} = \frac{1,2 \cdot 2,5}{0,9} \cdot 293,92 = 979,75 \text{ А.}$$

Для проверки коэффициента чувствительности используется металлическое короткое замыкание расчетного типа в расчетной точке. В этом режиме определяется наименьшее значение тока согласно выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз.мин.}}}{I_{\text{уст}}} \quad (137)$$

где $I_{\text{кз,мин}}$ – минимальное значение тока в месте установки защиты, при расчетном виде КЗ;

$I_{\text{уст}}$ – принятое значение тока срабатывания.

В качестве расчетного вида принимается междуфазное КЗ.

При выборе защитного реле, одним из наиболее важных параметров является коэффициент чувствительности. В соответствии с ПУЭ, МТЗ, установленная на стороне НН трансформатора, должна иметь значение этого коэффициента не менее 1,5. Однако, требуется не только это, но также значение коэффициента чувствительности не должно быть менее 1,2 для МТЗ, установленной на стороне ВН. Это связано с необходимостью обеспечения надежной защиты электрооборудования и снижения рисков аварийной ситуации в энергосистеме. Важно отметить, что при выборе защитного реле необходимо учитывать множество факторов, таких как тип и характеристики трансформатора, а также условия эксплуатации оборудования. Правильный выбор защитного реле и определение коэффициента чувствительности - это залог безопасной и эффективной работы энергосистемы.

$$K_{\text{ч}} = \frac{4,25 \cdot 10^3}{308} = 13,87 > 1,2;$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{3,79 \cdot 10^3}{979,75} = 3,87 > 1,5.$$

8.6 Автоматика на подстанции Базовая

Для предотвращения каскадных аварийных ситуаций, аварийная автоматика должна работать избирательно. Алгоритм функционирования устройств и комплексов противоаварийной автоматики должен быть соответствующим условиям эксплуатации энергосистемы и ограничивать количество управляющих воздействий. В случае поступления команд на выполнение одной и той же функции от режимной и аварийной автоматики на объекте электроэнергетики в течение установленного интервала времени, команда аварийной автоматики должна быть выполнена в первую очередь.

Для реализации разных видов УВ на одном и том же оборудовании в определенный промежуток времени, необходима команда противоаварийной автоматики. Субъекты электроэнергетики и потребители электрической энергии должны передавать телесигналы о срабатывании устройств и комплексов противоаварийной автоматики в диспетчерский центр. Такие устройства и комплексы являются объектами диспетчеризации в оперативно-диспетчерском управлении в электроэнергетике.

Для обеспечения надежной работы системы автоматизации аварийных ситуаций необходимо, чтобы ее функции выполнялись независимо и независимо от другого оборудования, не связанного с аварийными ситуациями, требующими вмешательства системы. Система автоматики аварийных ситуаций предназначена для контроля статической и динамической устойчивости генераторов электростанций, нагрузки потребителей электроэнергии, а также для

предотвращения недопустимых перегрузок линий электропередачи, оборудования и мониторинга зоны энергоснабжения.

Рекомендуется использовать локальные системы автоматизации на объектах производства электроэнергии, чтобы избежать нарушений стабильности и обеспечить надежную работу системы. Следует предусмотреть возможность работы этих комплексов в автономном режиме или в качестве низкоуровневого устройства в централизованной системе противоаварийной автоматики. Выборочная аварийная автоматизация не должна вызывать каскадных аварийных ситуаций. Если на одном и том же оборудовании требуется выполнение различных функций при получении команд от аварийной и режимной автоматики в течение заданного времени, аварийная автоматика должна иметь приоритет.

Для обеспечения безопасности в электроэнергетике, субъекты и потребители электрической энергии должны передавать информацию о срабатывании устройств противоаварийной автоматики в диспетчерский центр. Чтобы избежать нарушений стабильности на объектах электроэнергетики, локальные комплексы автоматики должны быть установлены. Они обеспечивают выбор НС на основе таблицы НС, установленной субъектом оперативно-диспетчерского управления, или функциональных зависимостей объема НС от параметров режима электроснабжения. Аварийная автоматика должна продолжать работать даже если одно из устройств выходит из строя, которое не связано с аварией.

Для обеспечения надежности локальных систем автоматизации они должны быть автономными и работоспособными даже в случае возможных сбоях, таких как отключение электроэнергии, одновременное отключение двух линий электропередачи, отключение автобусной системы, отключение электропитания, отключение трансформатора или автотрансформатора, а также в случае близости автобусов электростанции или в случае длительного/короткого замыкания, чтобы обеспечить бесперебойную работу системы.

Обеспечивать надежность локальных систем автоматизации. Важно учитывать возможность превышения активной мощности над контролируемым диапазоном и, при необходимости, другие факторы.

8.7 Сигнализация на подстанции Базовая

Возможно использование устройства Сириус ЦС для построения центральных сигнализационных систем (ЦС) на подстанциях. Оно способно обрабатывать сигналы от защитных микропроцессорных или электромеханических устройств по шинам сигнализации, регистрировать время появления и исчезновения сигналов от конкретных защитных устройств, подключенных к оптико-электронным входам. Кроме того, данное устройство генерирует обобщенные сигналы тревоги. Его размеры не превышают 305x190x215 мм, а диапазон рабочих температур составляет от -20°C до $+55^{\circ}\text{C}$.

Для организации сигнализации крупной подстанции используются несколько блоков "Сириус ЦС", включающих один центральный блок и несколько участковых блоков. Центральный блок отвечает за формирование световых и звуковых сигналов, а также сигналов телемеханики состояния подстанции. Участковые блоки генерируют сигналы для центрального блока и телемеханики, передающие состояние участка. Светодиоды на блоках отображают наличие сигнализации и состояние блинкеров на участках, а светодиоды на участковых блоках показывают, какое устройство выдало сигнал.

Устройство Сириус-ЦС выполняет функции накопления, обработки и оперативного отображения информации о текущем состоянии объекта, а также передачу данных на верхний уровень по запросу. Для каждого входа ЦС имеется возможность подключения четырех шин сигнализации.

9 ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СЕТИ

Надежность объекта определяется его способностью выполнять требуемые функции и поддерживать заданные показатели в условиях эксплуатации. Сбой системы происходит из-за сбоев в работе элементов, ошибок персонала, неполадок в релейной защите и противоаварийной автоматике.

В инженерных расчетах используются показатели надежности отдельных элементов и систем, такие как работоспособность, безотказность, ремонтпригодность и долговечность, которые определяются расчетными методами, основанными на приближенных функциональных зависимостях параметров .

Для определения надежности электрической сети после реконструкции необходимо провести расчет надежности электроснабжения подстанции. Перед началом расчетов составляется схема расчета замены, которая учитывает особенности системы с точки зрения надежности.

Она может отличаться от базовой электрической схемы, поскольку учитывает функциональные взаимосвязи между элементами системы и их возможные отказы, а также учитывает влияние факторов, которые могут увеличить риск отказов и снизить надежность системы.

В течение определенного интервала времени сменил следующие характеристики: вероятность отказа или средний коэффициент в принципе q остановки; параметр потока Отто, который определяется средним количеством за время Джейн. ω ,, 1/год; среднее время восстановления t_v , ч; недоотпуск электроэнергии $W_{нед}$, МВт·ч. Следовательно, расчеты, основанные на рассчитанной схеме замещения, более точно отражают реальную надежность системы рисунок 11:

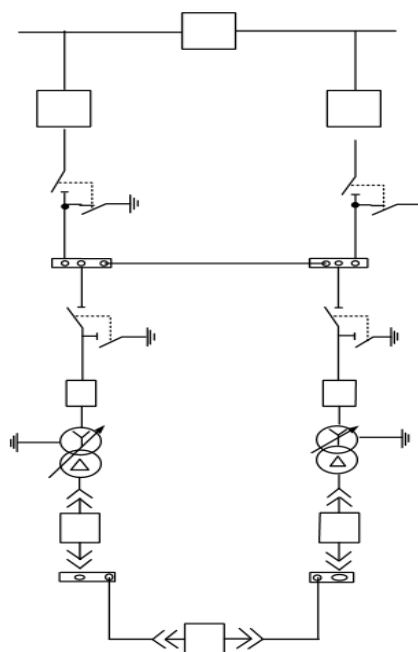


Рисунок 11 Расчетная схема сети для оценки надежности

Следующие показатели надежности определяются для каждого элемента расчетной схемы на основе справочных или эксплуатационных данных..

- параметр потока отказов, ω ;
- среднее время восстановления, $t_{в}$;
- частота плановых отключений, μ ;
- время плановых отключений, $t_{пл}$.

Показатели надежности элементов в таблице 23.

Таблица 23 – Показатели надежности элементов

Название оборудования	ω , 1/год	$T_{в}$, ч	μ , 1/год	$t_{пл}$, ч
ВЛ Амурская – Базовая – 1	0.03	14 .5	2.1	18.7
Секция шин 35 кВ	0.02	7	0.166	5
Секция шин 10 кВ	0.03	7	0.166	4
Трансформатор ТМН-10000/35	0.01	59	0.75	26
Выключатель вакуумный 35 кВ	0.02	21	0.2	15
Выключатель вакуумный 10 кВ	0.004	8	0.2	15

Для выключателей дополнительно определяются:

- относительная частота отказов при автоматическом отключении поврежденного смежного элемента, для выключателя 35 кВ $\alpha_{кз} = 0,012$, для выключателя 10 кВ $\alpha_{кз} = 0,027$;

- относительная частота отказов при оперативных переключениях, для выключателя 35 кВ $\alpha_{i1} = 0,013$, для выключателя 10 кВ $\alpha_{i1} = 0,002$;

– коэффициент неуспешного действия АПВ, $K_{АПВ} = 1/10$;

– число оперативных переключений, $N_{оп}$;

– длительность оперативных переключений, $T_{оп}$.

На основе единичных показателей надежности вычисляется комплексный показатель - вероятность возникновения отказа.:

Для воздушной линии

$$q_{вл} = \frac{\omega_{вл} \cdot T_{г}}{8760} \cdot 1 \cdot \frac{1}{100} ; \quad (138)$$

$$q_{вл} = \frac{0,3 \cdot 14,5}{8760} = 0,0005$$

где $T_{г}$ - число часов в году, равное 8760 часам;

1- длина линии.

Для шин 10 кВ:

$$q_{шин} = \frac{\omega_{шин} \cdot T_{г}}{8760} ; \quad (139)$$

$$q_{шин} = \frac{0,03 \cdot 7}{8760} = 0,0002.$$

Для трансформаторов:

$$q_{\text{тр}} = \frac{\omega_{\text{тр}} \cdot t_{\text{в}}}{T_{\text{г}}}; \quad (140)$$

$$q_{\text{тр}} = \frac{0,01 \cdot 59}{8760} = 0,0007$$

При расчете коммутаторов и шин в системе учитывается взаимосвязь соседних элементов. В случае автоматического выключателя напряжением 35 кВ такими элементами являются воздушная линия и трансформатор. В случае выключателей с напряжением 10 кВ это трансформатор и шины 10 кВ. Смежные элементы для шин 10 кВ - это все элементы системы.

Для выключателей 35 кВ:

$$q_{\text{в}} = \frac{\omega_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}}}{T_{\text{г}}} + a_{\text{кз}} \cdot (\sum q_{\text{смеж}}) + a_{\text{оп}} \cdot N_{\text{оп}}; \quad (141)$$

$$q_{\text{в}10} = \frac{0,02 \cdot 21}{8760} + 0,005 \cdot (0,0005 + 0,0007) + 0,003 \cdot 2 = 6 \cdot 10^{-3}.$$

Для выключателей 10 кВ:

$$q_{\text{в}10} = \frac{0,004 \cdot 8}{8760} + 0,005 \cdot (0,0005 + 0,0007) + 0,003 \cdot 2 = 6 \cdot 10^{-3}.$$

Требуется провести детальный расчет надежности шин напряжением 10 кВ в ситуации, когда передача мощности производится только по одной цепи.

Случайность отказа цепи определяется:

$$q_{\text{цепи}} = \sum q_{\text{смеж}} + \frac{\omega_{\text{прмакс}} \cdot t_{\text{пр}}}{T_{\Gamma}}; \quad (142)$$

где $\omega_{\text{прмакс}}$ - макс. частота отключений:

$$q_{\text{цепи}} = (0,0005 + 2 \cdot 0,006 + 0,0007) + \frac{0,2 \cdot 7}{8760} = 0,013 \quad (143)$$

Конструкция поток отказа:

$$\omega_{\mu} = \sum \omega_i + \omega_{\text{прмакс}} ;$$

$$\omega_{\mu} = 0,3 + 0,86 = 1,16$$

ω_i - возможность поток отказа элементов

Время на восстановление системы одной цепи:

$$t_{\text{вс}} = \frac{q_{\text{цепи}} \cdot T_{\Gamma}}{\omega_{\mu} - \omega_{\text{прмакс}}}; \quad (144)$$

$$t_{\text{вс}} = \frac{0,013 \cdot 8760}{1,16 - 0,86} = 380.$$

Среднее время безотказной работы системы:

$$T_c = \frac{1}{\omega_c} \text{ лет.} \quad (145)$$

$$T_c = \frac{1}{0,0009} = 110 \text{ лет.}$$

Вероятность отказа системы из двух цепей определим по формуле:

$$q_{2\text{цеп}} = q_{\text{цепи}}^2 + 2 \cdot K_{\text{пл}} \cdot \left(\frac{\lambda_{\text{прмакс}} \cdot t_{\text{пр}}}{T_r} \right) \dots \quad (146)$$

где $K_{\text{пл}}$ - определим вспомогательный коэффициент, используя данную формулу:

$$K_{\text{пл}} = 1 - e^{\left(\frac{-t_{\text{пр}}}{t_{\text{вс}}} \right)} ; \quad (147)$$

$$K_{\text{пл}} = 0,02 ;$$

$$q_{2\text{цеп}} = 0,13^2 + 2 \cdot 0,02 \cdot \left(\frac{0,86 \cdot 8}{8760} \right) = 0,0002.$$

Для вычисления параметра отказоустойчивости системы, состоящей из двух цепей, мы будем использовать данную формулу:

$$\lambda_{2\text{цеп}} = 2 \cdot \lambda_{\mu} \cdot q_{\mu} + 2 \cdot (\lambda_{\mu} - \lambda_{\text{прмакс}}) \cdot \frac{\lambda_{\text{прмакс}} \cdot t_{\text{пр}}}{T_r} ; \quad (148)$$

$$\lambda_{2\text{цеп}} = 2 \cdot 1,16 \cdot 0,013 + 2 \cdot (0,013 - 8760) \cdot \frac{0,13 \cdot 8}{8760} ;$$

$$\lambda_{2\text{цеп}} = 0,0009$$

Чтобы вычислить ожидаемое время, в течение которого система будет функционировать без ошибок, мы воспользуемся данной формулой:

$$T_p = \frac{0.105}{\lambda_{2цеп}}; \quad (149)$$

$$T_p = \frac{0.105}{0,0009} = 12 \text{ (лет)}.$$

10 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

10.1 Безопасность

Охрана труда и техники безопасности:

- Для обеспечения безопасности на строительном производстве необходимо провести разработку и выполнение ряда организационно-технических мероприятий [10].

Для обеспечения безопасности труда на строительных объектах необходимо принимать следующие меры: проводить предварительные и периодические медосмотры, максимально механизировать и автоматизировать работы, обеспечивать персонал средствами защиты, повышать электробезопасность и улучшать санитарно-бытовое обслуживание рабочих, правильно организовывать труд и управление производством. Для этого можно приглашать подрядные организации, в которых работают высококвалифицированные рабочие, обладающие прочными знаниями о безопасности труда в строительстве.

При производстве работ по строительству подстанции должны соблюдаться требования СНиП 12-03-2001[5] и СНиП 12-04-2002[16] «Безопасность труда в строительстве», часть 1, 2.

Согласно СНиП 12-03-2001, закон устанавливает дополнительные требования безопасности, которые должны соответствовать работникам и сотрудникам, занятым в условиях, связанных с опасными производственными факторами. Организация должна создать перечень профессий и видов работ, при выполнении которых необходимо соблюдать особые требования безопасности, учитывая все применимые законы и нормативные акты, регулирующие данные условия. Эти требования направлены на обеспечение максимальной безопасности сотрудников и предотвращение возможных несчастных случаев на производстве.

Сотрудники, работающие на работах, требующих дополнительной охраны труда, должны соответствовать определенным критериям, таким как

возраст, пол, медицинское обследование и обучение безопасному выполнению служебных обязанностей. Вам также необходимо пройти обучение по охране труда, стажировку и проверить свои знания в соответствии с требованиями по охране труда и технике безопасности. Руководители, специалисты и другие лица, ответственные за надзор и обучение работников на строительных площадках, полигонах и в мастерских, должны быть проверены на предмет знания правил охраны труда, соответствующих их обязанностям и характеру выполняемой работы. [10].

Сотрудники должны пройти обучение по охране труда и технике безопасности в соответствии с процедурой, утвержденной соответствующими департаментами, и проверить свои знания. Тестирование знаний и обучение должны проводиться регулярно. Работодатели с более чем 50 сотрудниками должны создать Службу охраны труда или назначить специалиста с соответствующей подготовкой или опытом работы в этой области для обеспечения соблюдения и контроля требований безопасности и гигиены труда. Кроме того, за соблюдением требований охраны труда в организациях следят Государственная инспекция труда Ростока, технические инспекции труда профсоюзов субъектов Российской Федерации и специалисты Роспотребнадзора.

В соответствии с федеральным и региональным законодательством проверки могут проводиться федеральными, региональными и местными органами исполнительной власти. Технологические меры являются важным аспектом безопасности строительной продукции. Для этого им необходимо разработать безопасные методы работы и выбрать подходящее монтажное оборудование и приспособления, обеспечивающие безопасность при эксплуатации ручных машин. Эти меры направлены на предотвращение несчастных случаев.

При участии нескольких организаций в строительстве объекта необходимо обеспечить безопасность труда. Для этого требуется разработать мероприятия, которые исключают опасность поражения рабочих электрическим током. Оборудование и механизмы, используемые при строительстве (включая

импортное производство), должны иметь сертификаты соответствия и разрешения Ростехнадзора на применение.

В пределах порученных участков работ назначаются лица, ответственные за обеспечение охраны труда, в том числе:

- в целом по организации (руководитель, заместитель руководителя, главный инженер);

- в структурных подразделениях (руководитель подразделения, заместитель руководителя);

- на производственных территориях (начальник участка, ответственный производитель работ по строительному объекту);

- при эксплуатации машин и оборудования (руководитель службы главного механика, энергетика и т.п.);

- при выполнении конкретных работ и на рабочих местах (мастер). Безопасность работников на рабочем месте обеспечивается:

- проведением обучения по охране труда и инструктажей по охране труда на рабочем месте;

- максимальной механизацией и автоматизацией работ;

- вывешиванием запрещающих плакатов;

- размещение оборудования с учетом свободного доступа к оборудованию во время установки

- нанесением знаков опасности на лицевой стороне незаблокированных, но закрытых дверей и крышек, закрывающих доступ к токоведущим частям оборудования;

- Необходимо выполнить устройство заземления и установить заземляющие провода в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ 464-79. [3];

- Согласно ГОСТ Р50571.3-2009 и ПУЭ, необходимо обеспечить автоматическое отключение питания цепи или электрооборудования в случае короткого замыкания токоведущей части с напряжением 380/220 В на защитный проводник или корпус электрооборудования за время, не более 0,4 секунд.;

- использованием инструментов и осветительных переносных ламп на пониженное напряжение;

использованием инструмента с изолирующими ручками;

- обеспечение рабочих спецодеждой, обувью и другими средствами индивидуальной защиты, прошедшими обязательную сертификацию или декларирование соответствия, по установленным нормам;

- выполнением монтажа и других работ только при обесточенной аппаратуре.

Подрядчик должен разработать инструкции по охране труда по профессиям и видам работ и ознакомить с ними под роспись работников.

Эффективной мерой по снижению электротравмы является информирование сотрудников о требованиях электробезопасности и назначение им квалификационных групп по электробезопасности. Лица, которые только начали и не проверяли конструкцию, работники, убирающие помещения с помощью электроприборов, а также лица, которым ранее были присвоены квалификационные категории со II по IV, но которые не сдали квалификационный экзамен вовремя, и сотрудники, которые не являются электриками, имеют право претендовать на получение первой квалификационной группы для обеспечения электробезопасности. Крановщики категории II-IV отнесены ко второй квалификационной группе.

Третья группа включает электриков и электромонтажников IV-V категорий со стажем работы не менее шести месяцев, старших электриков, обслуживающий и ремонтный персонал электроустановок, которые работают под руководством

Электротехнический и электротехнологический персонал с группой по электробезопасности 2 и выше проходит не реже одного раза в год практическое обучение на реанимационном тренажере.

Строительная организация обязана разработать в составе проекта производства работ решения по охране труда, обеспечивающие безопасность производства работ.

Инженерно-технические работники строительной организации несут ответственность за выполнение требований по охране труда и производственной санитарии в процессе строительно-монтажных работ. Для начала основных работ необходимо завершить подготовительные мероприятия, включающие ограждение опасных зон, размещение площадок для хранения конструкций и изделий, выбор системы освещения для места строительства, проходов, проездов и рабочих мест, обеспечение питьевой водой для рабочих и организацию санитарно-технического и бытового обслуживания. Это создаст безопасные условия для работы.

Для завершения подготовительных работ на строительной площадке необходимо подписать акт о выполнении мероприятий по безопасности труда в соответствии с приложением «И» к СНиП 12-03-2001. Этот акт подтверждает, что выполненные внешние и внутренние работы соответствуют требованиям безопасности труда и объект готов к началу строительства. [3].

В целях обеспечения безопасности и/или безвредности вредного воздействия на человека и среду обитания при строительстве организация-подрядчик обязана обеспечить соблюдение санитарных правил, санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, а также организацию и контроль за их соблюдением на всех этапах строительных работ в соответствии с СанПиН 1.1.1058-01 "Организация и проведение эксплуатационных мероприятий по охране окружающей среды". Обеспечивать контроль за соблюдением санитарных норм и проведением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий"[17].

Сварочные работы:

При производстве электросварных и пламенных работ необходимо соблюдать требования главы 9 СНиП "Охрана труда в строительстве". Часть1[15].

Общие требования", Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент требований пожарной безопасности"; ГОСТ 12.3.003-86*ССБТ [5].

"Электросварочные работы..

Для размещения деталей и заготовок необходимо использовать устойчивые подкладки и стеллажи. Высота штабелей не должна превышать полтора ширины или диаметра основания штабеля и должна быть не более 1 м в любом случае.

Зона сварки должна быть защищена от посторонних людей и персонала, не связанного с проведением работ. Если возможно, зона сварки должна быть закрыта защитными экранами.

Только электромонтеры и электрослесари имеют право ремонтировать вышедшую из строя электрическую часть сварочных агрегатов. Сварщикам данная работа запрещена. Исправление повреждений, наладка и ремонт механической части установок сварки разрешены только при выключении электроэнергии. Необходимо следить за исправностью изоляции токоведущих проводов, рукоятки электрододержателя и пусковых устройств в процессе работы.

Невозможно выполнять электросварочные работы во время дождя или снегопада, если нет навесов над оборудованием и рабочим местом электросварщика. Для освещения рабочего места в ночное время необходимо использовать стационарные светильники, которые должны быть подвешены на высоте не менее 2,5 м и иметь напряжение 127 или 220 В. Если высота подвески меньше, то лампы должны быть рассчитаны на напряжение не выше 42 В. Напряжение переносных ламп не должно превышать 12 В. [10]

Необходимо избегать размещения сварочных кабелей вблизи газосварочных шлангов и трубопроводов, находящихся под давлением, а также в помещениях с высокой температурой. Вам также следует избегать размещения кабелей вблизи кислородных баллонов и ацетиленовых генераторов.

Ручная электродуговая сварка характеризуется наличием источника возможного травмирования электросварщика в виде зоны сварки, которая включает в себя сварочную дугу и расплавленный металл. Излучение и высокая температура сварочной дуги, а также брызги расплавленного металла могут привести к повреждению глаз, лица, волосистой части головы и шеи сварщика.

Защитные экраны предназначены для защиты сварщика от этих факторов, а также частичной защиты органов дыхания от паров металла, шлака и аэрозолей, которые выделяются во время сварки. Щиты бывают двух типов: головные и ручные. Защитные накладки на голову более удобны, так как позволяют сварщику освободить руки от удержания за них.

Чтобы обеспечить надежную защиту открытых частей головы и шеи сварщика, щитки выполнены углубленной формы. Чтобы осмотреть конструкцию во время работы со щитом, нет необходимости натягивать щит обратно на голову - достаточно приподнять крышу рамы, на которой установлен фонарь

Для защиты от вредного излучения дуги в экраны вставлены фильтры из темно-зеленого стекла, которые не допускают разрушительного разрушения, но позволяют видеть дугу, расплавленный металл и манипулировать электродом, чтобы обеспечить лучшее образование шва. Пожалуйста, обратите внимание, что излучение дуги может повредить глаза рабочих, которые находились рядом с работающим сварщиком.

Для безопасности рабочих, которые находятся в зоне сварки, необходимо предоставить им очки и светофильтры, аналогичные тем, что используются для подсобных рабочих. Излучение дуги на расстоянии до 20 метров опасно для глаз и требует дополнительной защиты. Сварщики должны использовать защитные каски на строительной площадке, которые защищают голову от падающих предметов, а также предотвращают травмы от электрического тока и атмосферных воздействий.

Для обеспечения безопасности сварщика необходимо использовать средства индивидуальной защиты. Одним из таких средств является специальный головной убор - балаклава, которую следует надевать под шлем. Кроме того, специальная одежда и обувь являются важными компонентами индивидуальной защиты. Куртки и брюки сварщика изготовлены из материалов, защищающих от радиации, и имеют противоискровые нашивки. Для работы на стационарных стойках сварщик использует фартук, защищающий от брызг,

особенно опасных при дуговой резке. Обувь сварщика, работающего на месте монтажа, должна иметь нескользящую подошву. Средства индивидуальной защиты также включают резиновые коврики, перчатки и галоши, которые используются при работе в особо опасных местах.

Чтобы предотвратить облучение и повреждение открытых участков тела лучами, сварщик должен застегивать куртку во время работы. Кроме того, необходимо застегнуть клапаны куртки и надеть брюки так, чтобы они закрывали обувь и не допускали

Провода, подключенные к сварочному оборудованию и источникам питания, а также сварочные кабели, шланги и шланги, подключенные к рабочему месту, должны быть защищены от возможных механических повреждений, воздействия активных веществ и высоких температур.

При одновременной работе на разной высоте необходимо предусмотреть защитные устройства (экраны, настилы и т. Д.) Для защиты работников на более низких высотах от брызг металла и случайного падения кусков проволоки, электродов или инструментов. Сварщик должен использовать специальную сумку для инструментов, отделение для электродов и огнеупорный контейнер для сбора электродных соломинок. Не выбрасывайте лампы накаливания.

Перед тем, как начать сварочные работы, каждый сварщик обязан пройти инструктаж по технике безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.003-75, который включает в себя вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте. Во время сварочных работ металлические части основного и дополнительного электросварочного оборудования, такие как сварочные трансформаторы, выпрямители, преобразователи, агрегаты, сварочные полуавтоматы и т. д., которые не подключены к источнику электропитания, а также свариваемые изделия или конструкции, следует заземлить. Кроме того, необходимо заземлить клемму вторичной обмотки трансформатора, на которую подключен обратный провод, подключив ее прямо к заземляющему винту корпуса сварочного трансформатора.

(провод, соединяющий свариваемое изделие с источником питания.)

Для обеспечения безопасности сварочные кабели должны быть подсоединены с помощью специальных муфт, а подключение к сварочному оборудованию должно осуществляться через наконечники проводов.

Для соединения отдельных элементов, таких как стальные направляющие и гибкие сварные тросы, которые используются в качестве обратных тросов, необходимо использовать специальные муфты, винты, зажимы или сварку. Использование таких соединительных элементов поможет обеспечить надежность и безопасность соединения.

Использование контуров заземления или зарядки, водопроводных труб (водопроводных, газовых и т. Д.), Металлических конструкций зданий и перерабатывающих предприятий в качестве обратной линии запрещено. [10]

Электробезопасность:

Сотрудники, нанятые для работы на электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку в соответствии с типом работы, которую они выполняют. При отсутствии профессиональной подготовки эти сотрудники должны пройти обучение в специализированных учебных центрах (до того, как они начнут работать не по найму) [10].

Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации охраны труда и безопасной работе персонала.

Проверка состояния здоровья работника проводится до приема его на работу, а также периодически, в порядке, предусмотренном Минздравом России.

Электротехнический персонал до допуска к самостоятельной работе должен быть обучен приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой помощи при несчастных случаях.

Электротехнический (электротехнический) персонал должен пройти проверку в рамках требований к соответствующей должности или профессии

на знание нормативно-технических документов (правил и инструкций по технической эксплуатации, пожарной безопасности, использованию защитных средств, устройству электроустановок) в рамках требований, предъявляемых к соответствующей должности или профессии, и иметь соответствующую группу по электробезопасности [10].

Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдается удостоверение установленной формы, в которое вносятся результаты проверки знаний.

Работники, обладающие правом проведения специальных работ, должны иметь об этом запись в удостоверении. Под специальными работами, право на проведение которых отражается в удостоверении после проверки знаний работника, следует понимать [10]:

- верхолазные работы;
- работы под напряжением на токоведущих частях: чистка, обмыв и замена изоляторов, ремонт проводов, контроль измерительной штангой изоляторов и соединительных зажимов, смазка тросов;
- испытания оборудования повышенным напряжением (за исключением работ с мегаомметром).

Список специальных работ может быть дополнен указаниями работодателя, которые учитывают местные условия работы.

Во время стажировки новый сотрудник должен находиться под руководством опытного сотрудника, чтобы овладеть профессиональными навыками. Допуск к самостоятельной работе должен быть обусловлен соответствующим приказом руководителя организации. [10].

Кроме того, каждый сотрудник, независимо от его профессии и опыта работы, обязан знать и соблюдать правила техники безопасности в электроустановках. К ним относятся использование защитных средств, техническое обслуживание устройства в соответствии с инструкциями и правилами, а также соблюдение допустимых расстояний между токоведущими частями, находящимися под напряжением. При необходимости каждый сотрудник

должен иметь доступ к защитным средствам и пройти обучение их правильному использованию. В целом, все сотрудники должны работать вместе, чтобы обеспечить безопасные условия труда и снизить риск несчастных случаев, связанных с электричеством.

Добавим, что эти расстояния зависят от напряжения, которое присутствует на токоведущих частях, а также от класса напряжения электроустановки. Для обеспечения безопасной работы необходимо использовать соответствующую индивидуальную защиту, такую как изоляционные перчатки, комбинезоны и другие средства защиты. Также важно следить за состоянием оборудования и его правильной эксплуатацией, а при обнаружении каких-либо нарушений немедленно принимать меры к устранению проблем.

Таблица 24 – Допустимые расстояния до токоведущих частей, находящихся под напряжением

Напряжение, кВ		Расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояния от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении, от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
	На ВЛ	0,6	1,0
До 1	В остальных	без прикосновения	1,0
	1-35	0,6	1,0
	60*, 110	1,0	1,5
	150	1,5	2,0
	220	2,0	2,5
	330	2,5	3,5
	400*, 500	3,5	4,5
	750	5,0	6,0
	800*	3,5	4,5

Работы в действующих электроустановках должны проводиться по наряду- допуску.

Вы не можете самостоятельно изменять объем работ, расширять задания или изменять задачу, которая была определена в заказе, распоряжении или утвержденном перечне работ. Если работа выполняется в зоне действия другого заказа на выполнение работ, необходимо получить разрешение от сотрудника, выдавшего первый заказ на выполнение работ (ответственного руководителя или производителя работ). Согласование должно быть оформлено до начала работы над вторым документом вместе с записью "Согласовано" и подписями сотрудников, утверждающих документ.

При работе в электроустановках с напряжением до 1000 В под напряжением необходимо соблюдать следующие меры предосторожности: ограничивать доступ к другим находящимся под напряжением деталям, расположенным рядом с рабочим местом, к которым вы можете случайно прикоснуться; работать в диэлектрических галошах или стоять на изолирующей подставке или на резиновом диэлектрическом коврик; не допускать попадания в помещение посторонних предметов, к которым вы можете случайно прикоснуться; надевать диэлектрические галоши или стоять на изолирующей подставке или резиновом диэлектрическом коврик; Используйте изолированный инструмент (отвертки также должны иметь изолированный стержень) или используйте диэлектрические перчатки. По соображениям безопасности запрещается использовать пилы, напильники, металлорежущие станки и т. Д. Также следует избегать одежды с короткими или закатанными рукавами.

При выравнивании электроустановок запрещается работать в согнутом положении, если расстояние между частями, находящимися под напряжением, меньше допустимого значения, указанного в таблице Н2. Также не разрешается находиться вблизи незащищенных частей, находящихся под напряжением, которые могут находиться за спиной сотрудника.

Работа с высоким уровнем риска:

Организация, выполняющая строительно-монтажные работы, должна разработать и утвердить перечень работ повышенной опасности.

К работам повышенной опасности относятся: работы вблизи линий электропередач, монтажные работы (работы на высоте), демонтажные работы - это работы, в которых существует или может возникнуть опасность, не связанная с характером выполняемых работ. В этих работах, помимо

Работа с повышенным риском должна выполняться только при наличии разрешения на работу и при условии, что вы обучаетесь непосредственно на рабочем месте.

В каждой подрядной организации с учетом конкретных условий и особенностей технологии должен быть составлен перечень работ повышенной опасности и утвержден руководителем подрядной организации (главным инженером, техническим директором и т.д.).

Руководители организации, подрядчика и существующей компании несут ответственность за выполнение действий, предусмотренных сертификатом соответствия, без риска. Руководитель соответствующего предприятия несет ответственность за возникновение источников опасности, не связанных с характером выполняемых работ (допуск в опасную зону, подача напряжения, горячей воды, пара, газов и т.д.). Руководитель подрядной организации несет ответственность за организацию и неопасное производство продукции, которую он производит.

Ответственными за организацию и производство работ повышенной опасности являются [10]:

- лица, выдающие наряд-допуск;
- ответственные руководители работ;
- производители работ;
- допускающие лица.

Выдача разрешений на работу осуществляется профессионалами, упол-

номоченными на это руководителем организации, в соответствующем порядке. Если работы проводятся в охраняемых зонах сооружений или коммуникаций, разрешение на выполнение работ должно быть получено на основании письменного разрешения организации-владельца оборудования или коммуникаций.

Разрешение на работу выдается непосредственному производителю работ за смену. Перед допуском к работе непосредственный руководитель работ (прораб, прораб) знакомит работников с мерами по безопасному производству работ, проводит целенаправленный инструктаж с записью в приказе о допуске.

Ответственное лицо, выдавшее разрешение на работу, контролирует выполнение мер, предусмотренных в разрешении на работу, для обеспечения безопасной работы.

Ответственные руководители (уполномоченные лица, ответственные руководители, ответственные руководители, утвержденные Работы на высоте:

Работы на высоте должны вестись по разработанному специализированной организацией проекту производства работ [10].

Работы на высоте относятся к категории работ с повышенной опасностью, и они входят в перечень профессий работников и видов работ, к которым предъявляются повышенные требования по соблюдению правил техники безопасности в процессе их выполнения.

Для выполнения работ на высоте необходимо соответствовать определенным требованиям, включая возраст не менее 18 лет, прохождение медицинского осмотра без предварительной записи, наличие действительных профессиональных навыков, приобретенных в ходе обучения безопасным методам и примерам работы, а также наличие соответствующего сертификата об образовании.

Работники, впервые допускаемые к работам на высоте, в течение одного года должны работать под непосредственным надзором опытных работников, назначенных приказом по организации.

При производстве работ необходимо соблюдать следующие требования:

- все рабочие должны пройти общий инструктаж по охране труда непосредственно на рабочем месте;

Все такелажные и грузоподъемные средства перед эксплуатацией, а также периодически в процессе работы должны проверяться и испытываться согласно требованиям Ростехнадзора;

- к управлению механизмами допускаются лица, прошедшие специальное обучение;

- все работы должны выполняться под руководством опытного мастера или бригадира;

- запрещается производить работы на высоте без предохранительного пояса.

- Работа на большой высоте включает в себя работу, при которой работник находится на расстоянии менее 2 м от нерегулируемых перепадов высот 1,3 м и более. - Работа на большой высоте включает в себя работу, при которой работник находится на расстоянии менее 2 м от нерегулируемого перепада высот 1,3 м и более. Если установка ограждений невозможна, работы необходимо выполнять с помощью ремня безопасности и страховочного троса.

- Альпинистскими работами считаются работы, выполняемые на высоте более 5 м от поверхности земли, пола или рабочего покрытия, где работы выполняются непосредственно конструкциями или оборудованием во время их монтажа или ремонта, при этом ремень безопасности является основным средством защиты рабочих от падения.

- Средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасную работу на высоте, включают ремни безопасности и сетки, а также страховочные тросы. Эти инструменты должны обладать достаточной прочностью, поэтому они подвергаются систематическим осмотрам и периодическим испытаниям. На строительной площадке должны быть установлены дорожные знаки

- границы опасных зон в местах перемещения грузов подъемным оборудованием принимаются конечной точкой горизонтальной проекции внеш-

него наибольшего размера движущегося (падающего) объекта или стены здания с наибольшим общим размером перевозимых грузов и минимальным расстоянием отправления грузов при падении грузов;

- границы опасной зоны в местах, куда могут упасть предметы при проведении работ на зданиях, определяются путем расчета контура горизонтальной проекции размера падающего предмета на стену и фундамент здания, который получается путем сложения значения выхода объекта из здания и его вертикальный размер при падении.;

- если в паспорте или инструкциях производителя не предусмотрены другие повышенные требования, границы опасной зоны вблизи движущихся частей машин и оборудования определяются в пределах 5 метров.;

Средства индивидуальной защиты:

Строительная организация обязана разработать в рамках рабочего проекта решения по охране труда, обеспечивающие безопасность труда.

Для обеспечения охраны труда администрация должна обеспечить сотрудников необходимыми средствами индивидуальной защиты, такими как специальная одежда, обувь и т. Д., А также принять меры коллективной защиты, такие как установка ограждений, освещения, защитных устройств и оборудования.

Кроме того, сотрудники должны быть обеспечены условиями труда, соответствующими стандартам и нормам, включая эргономические принципы, санитарные и защитные приспособления, соответствующие требованиям охраны труда и техники безопасности. Рацион питания и режим отдыха сотрудников также должны соответствовать стандартам и обеспечивать надлежащее функционирование организма. Это поможет повысить производительность, предотвратить травмы и другие несчастные случаи, а также добиться лучших результатов на работе. Все лица, находящиеся на строительной площадке, должны быть в защитных шлемах. Работникам, не имеющим защитных шлемов и других необходимых средств индивидуальной защиты, запрещается выполнять какие-либо работы.

Выбор средств индивидуальной защиты зависит от типа вредного воздействия согласно таблице 25

Таблица 25 – СИЗ

Факторы	Изолирующие костюмы	Спец одежда	Спец обувь	Средства защиты					Приспособления
				рук	головы	лица	глаз	органов слуха	
Механические воздействия	-	+	+	+	+	+	+	-	+
Термические воздействия	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Шум	+	-	-	-	+	-	-	+	-
Электрические токи, электрические поля	-	+	+	+	+	-	-	-	+
Слепящий свет	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Вредные вещества, вода		+	+	+	+	+	+	-	-

10.2 Экологичность

При проведении строительно-монтажных работ необходимо соблюдать требования охраны окружающей среды, поддерживать экологический баланс и не нарушать законодательство об охране природы и землепользовании. Также необходимо соблюдать Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.99 "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" и № 7-ФЗ от 10.01.02 "Об охране окружающей среды". Важно принимать меры по предотвращению загрязнения окружающей среды и снижению негативного воздействия на живой мир и людей. Охрана окружающей среды - это общее дело, и все участники производственного процесса должны работать сообща в этом направлении.

Проектная документация содержит технические решения, которые удовлетворяют экологическим, санитарно-гигиеническим и противопожарным нормам, действующим на территории Российской Федерации, и гарантируют безопасное использование объекта с соблюдением мероприятий, предусмотренных в проектной документации, для сохранения жизни и здоровья людей.

В период строительства ПС 35 кВ «Базовая» в атмосферный воздух выделяются загрязняющие вещества:

- при работе двигателей транспортной, строительной-монтажной техники;
- при использовании сварочного оборудования.

Проведение природоохранных мероприятий должно гарантировать, что существующее загрязнение сохраняется до начала строительства и что загрязнение, достижимое во время строительства (которое не превышает фоновое состояние), возможно..

Территория, прилегающая к строительной площадке, должна содержаться в чистоте и систематически очищаться от мусора, тары и других горючих материалов.

Строительная площадка должна быть оснащена инвентарными контейнерами для бытовых и строительных отходов. Вывоз твердых бытовых отходов и строительного мусора с площадки следует производить на санкционированные свалки.

Для обеспечения защиты окружающей среды горючие отходы должны храниться в специальных контейнерах и коробках, расположенных в специально отведенных местах, и периодически вывозиться для утилизации на соответствующие предприятия, согласованные с уполномоченными службами, включая службы пожарной безопасности.

Во время строительства, помимо исполнения проектных решений, строительная организация обязана осуществлять мероприятия по сохранению окружающей среды и минимизации возможного ущерба ей. Это включает в себя выполнение строгих экологических требований и применение подходов, направленных на снижение воздействия на окружающую среду при строительстве.

Кроме описанных выше мероприятий строительная организация должна осуществлять следующее:

- обязательное соблюдение границ территории, отводимой для строительства;

- запрещение проезда транспорта вне построенных дорог;
 - слив горюче-смазочных материалов производить в специально отведенные и оборудованные для этих целей места;
 - соблюдение требований местных органов охраны природы;
 - техническое обслуживание машин и механизмов, заправка топливом машин только на специально отведенных площадках с твердым покрытием, не допускающим фильтрацию горюче-смазочных материалов;
 - запрещение мойки машин и механизмов вне специально отведенных мест (площадок), указанных в ППР. Данные площадки необходимо оборудовать емкостями для сбора отработанной воды с последующей очисткой либо вывоз на очистные сооружения в места, указанные Заказчиком;
- производство строительно-монтажных работ, движение машин и механизмов, складирование и хранение материалов в местах, предусмотренных ПОС и ППР;
- стоянку автомашин необходимо располагать за пределами водоохранной зоны реки и на расстоянии не менее 100 м от жилого поселка. Стоянка машин должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения, а именно ящиками с песком, асбестовым полотном, огнетушителями. Не допускается работа двигателей вхолостую при стоянке машин и механизмов с двигателями внутреннего сгорания.

10.2.2 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

При обеспечении пожарной безопасности следует руководствоваться ГОСТ 12.1.004-91* ССБТ [8]. Пожарная безопасность, Федеральным законом от 22 июля 2008г.

№123-ФЗ, Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 «О противопожарном режиме» и другими, утвержденными в установленном порядке, региональными строительными нормами и правилами, нормативными документами, регламентирующими требования пожарной безопасности[13].

Аккредитованные лица с подтвержденными знаниями программы по-

жарной безопасности являются членами комиссии, назначаемой руководителем организации для выполнения работ. Эти лица также должны иметь опыт работы с основными средствами пожаротушения и достаточные навыки их использования. Им может быть разрешено выполнять работу: [10]

- руководитель строительной компании несет ответственность за организацию и поддержание пожарной безопасности на строительной площадке, он должен следить за тем, чтобы сотрудники строго соблюдали правила и инструкции по пожарной безопасности. Руководитель также должен обеспечить допуск только сотрудников, прошедших обучение по программе тушения и сдавших минимальные экзамены по пожарной безопасности;

- обеспечить в производственных и административных зданиях, помещениях, а также на территории объекта установленный противопожарный режим, оборудовать места для курения, обеспечить четкий порядок проведения строительных и огневых работ, порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы;

- обеспечить постоянную готовность к работе систем пожаротушения, имеющихся на объекте и средств связи;

- руководитель должен обеспечить немедленный вызов пожарной команды в случае возникновения пожара или угрозы его возникновения в результате несчастного случая. Одновременно с вызовом специалистов по пожарной безопасности он должен приступить к ликвидации пожара или несчастного случая, используя имеющиеся в его распоряжении силы и средства. немедленно сообщите в пожарную часть о закрытии дорог и проездах для ремонта или по другим причинам, которые препятствуют проезду пожарных машин во время перекрытия дорог, в соответствующих местах должны быть установлены указатели объезда

В случае возникновения пожара уполномоченные лица, руководители и должностные лица организаций, а также лица, должным образом отвечающие за противопожарную безопасность, обязаны принять меры по прибытии на место пожара.:

- В случае возникновения пожара руководитель должен незамедлительно сообщить об этом пожарной команде и своему руководству, также информировать дежурные службы находящихся на объекте о происшествии.;

- Если возникает угроза жизни людей, то руководитель должен срочно организовать их эвакуацию с помощью имеющихся сил и средств. Необходимо безотлагательно принять все возможные меры для спасения людей.;

- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты(оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);

- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;

- прекратить все работы, кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;

- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;

- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;

- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;

- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;

- Руководитель должен организовать встречу сотрудников пожарной команды и оказать помощь в определении наиболее короткого пути подъезда к месту возникновения пожара. Это может включать помощь в выборе марш-

рута, оказание логистической поддержки и предоставление информации о состоянии обстановки на месте происшествия.;

- сообщать подразделениям пожарной охраны, привлекаемым для тушения пожара и проведения связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, сведения о перерабатываемых или хранящихся на объекте опасных (взрывоопасных), взрывчатых, сильнодействующих ядовитых веществах, необходимые для обеспечения безопасности личного состава.

Ответственность за соблюдение предписанных мер пожарной безопасности на каждом рабочем месте лежит на прямых подрядчиках га-бот.

Запрещается устанавливать транспортные средства в помещениях, под навесами или на открытых складских площадках в количествах, превышающих норму:

- нарушать график их размещения, сокращать расстояние между транспортными средствами; загромождать въездные ворота и подъездные пути; держать транспортные средства с открытыми горловинами топливных баков, а также при наличии течи горючего и масла;

- заправлять транспортные средства горючим и сливать из них топливо;

- хранить тару из-под горючего, а также горючее и масла (кроме гаражей индивидуального транспорта);

- подзаряжать аккумуляторы непосредственно на транспортных средствах;

- подогревать двигатели открытым огнем (костры, факелы, паяльные лампы), пользоваться открытыми источниками огня для освещения;

- устанавливать на общих стоянках транспортные средства для перевозки ЛВЖ и ГЖ, а также ГГ.

Ко всем зданиям (в том числе и временным), местам открытого хранения строительных материалов, конструкций и оборудования должен быть обеспечен свободный подъезд.

Места расположения противопожарного оборудования и специально

оборудованные места для курения должны быть обозначены знаками пожарной безопасности, в том числе знаком пожарной безопасности "Не перегружать". Средства для тушения должны быть окрашены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.026-2001 [9]. "Знаки безопасности - это размытый сигнал".

Вещества и материалы должны храниться на складах (в помещениях) с учетом их пожароопасных физико-химических свойств (способность к окислению, самонагреванию и воспламенению при контакте с влагой, контакте с воздухом и т.д.), признаков совместимости и однородности огнеопасных веществ.

Сушка одежды и обуви должна проводиться в специально оборудованных для этих целей помещениях, зданиях или сооружениях с использованием водонагревателей.

Строительная площадка должна постоянно содержаться в чистоте. Строительный мусор необходимо ежедневно вывозить с рабочих мест и со строительной площадки в специально отведенные для этого места.

Курение запрещено в местах хранения и использования легковоспламеняющихся материалов и материалов, а также в зданиях и зданиях временной администрации.

Курение на строительной площадке, включая здания и сооружения, разрешено только в специально отведенных местах с надписью "Зона для курения", оборудованных средствами пожаротушения, урнами, песочницами и бочками с водой.

Средства связи должны были быть предоставлены для организации, чтобы звонить в пожарные части. Доступ к средствам связи на строительной площадке должен быть обеспечен в любое время суток. Рядом с телефоном (радиостанцией) должна быть табличка о порядке вызова пожарной части, памятка о действиях людей, работающих в случае пожара, и порядке, в котором силы и средства для

Экологичность проекта:

Передача и распределение электроэнергии регулируются директивными документами, которые определяют максимальные значения напряженности электрического поля, уровень акустического шума и радиопомех. На этапе проектирования выбор параметров и конструктивных особенностей электропередачи должен основываться на соответствии этим нормативным требованиям. Это требует тщательного анализа проектируемой подстанции и линии электропередачи, а также учета погодных условий в течение всего года и выбора методов, которые помогут снизить потери при использовании ценных земель, опасную вырубку лесов, воздействие на природу и диких животных вблизи строящихся объектов. Важным аспектом воздействия линии электропередачи на окружающую среду является ее пересечение с железными дорогами и автомагистралями, а также ее безопасное расположение для людей.

Чтобы защитить себя от электромагнитных полей, которые могут быть вредными, в нашей стране действуют законы и нормативные акты. Одной из важнейших мер является создание зон безопасности вблизи подстанций и линий электропередач. Для этого необходимо изолировать большие участки суши, но этот метод помогает уменьшить разрушительное воздействие электромагнитных полей. Экраны и зеленые насаждения также используются, и их форма учитывается и озеленяется при проектировании линий.

При размещении трансформаторных камер и другого маслonaполненного оборудования в закрытых пристройках и встроенных помещениях, а также в промышленных зданиях, если масса масла в емкости не превышает 600 кг, а дверцы камер открыты наружу, устройства для сбора масла не требуются. Однако имейте в виду, что безопасность на рабочем месте требует постоянного внимания и соблюдения всех установленных стандартов и требований

При строительстве камер над подвалом, на втором этаже и выше, а также при выходе камер в коридор под трансформаторами и другими маслonaполненными оборудованиями необходимо обеспечить маслоотделение, используя один из следующих способов:

1) при массе масла в одном баке (полюсе) до 60 кг выполняется порог или пандус для удержания полного объема масла;

2) при массе масла от 60 до 600 кг под трансформатором (аппаратом) выполняется маслоприемник, рассчитанный на полный объем масла, либо у выхода из камеры - порог или пандус для удержания полного объема масла;

3) при массе масла более 600 кг:

- для обеспечения маслоотделения необходимо использовать масляный резервуар, объем которого должен составлять не менее 20% от общего объема масла, содержащегося в трансформаторе или машине. Сливные трубы из маслозаборников, расположенных под трансформаторами, должны иметь диаметр не менее 10 см. Для защиты сливных труб на стороне впуска масла необходимо использовать сетки. Нижняя часть маслососа должна иметь уклон в 2% в сторону корпуса.;

Впуск масла без слива масла в масляный бак. В этом случае должна быть покрыта решеткой толщиной 25 см, изготовленной из промытого гранита (или другой непористой породы) фракцией 30-70 мм и рассчитанной на полный объем масла; уровень масла должен быть на 5 см ниже уровня решетки. Верхний слой гравия в масляном баке под трансформатором должен находиться на 7,5 см ниже отверстия для забора воздуха. Площадь поверхности масла должна быть больше площади трансформатора или машины.

Расчет маслоприемника без отвода масла на ПС Базовая:

Рассчитывается маслоприёмник на ОРУ ПС Базовая 35/10 кВ для маслонаполненного трансформатора ТМН-6300/35 УХЛ1 мощностью 6,3 МВА.

Исходные данные:

Тип трансформатора – ТМН-6300/35

Масса трансформаторного масла $M_{тр}=14500$ кг

Высота трансформатора – $H=5,4$ м

Длина трансформатора – $A=6,3$ м

Ширина трансформатора – $B=3,4$ м

Интенсивность пожаротушения – $K=0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$

Нормативное время пожаротушения – $t=1800 \text{ с}$

Плотность масла – $\rho_{\text{ТМ}}=850 \text{ кг}/\text{м}^3$

Габариты маслоприёмника представлены на рисунке 12.

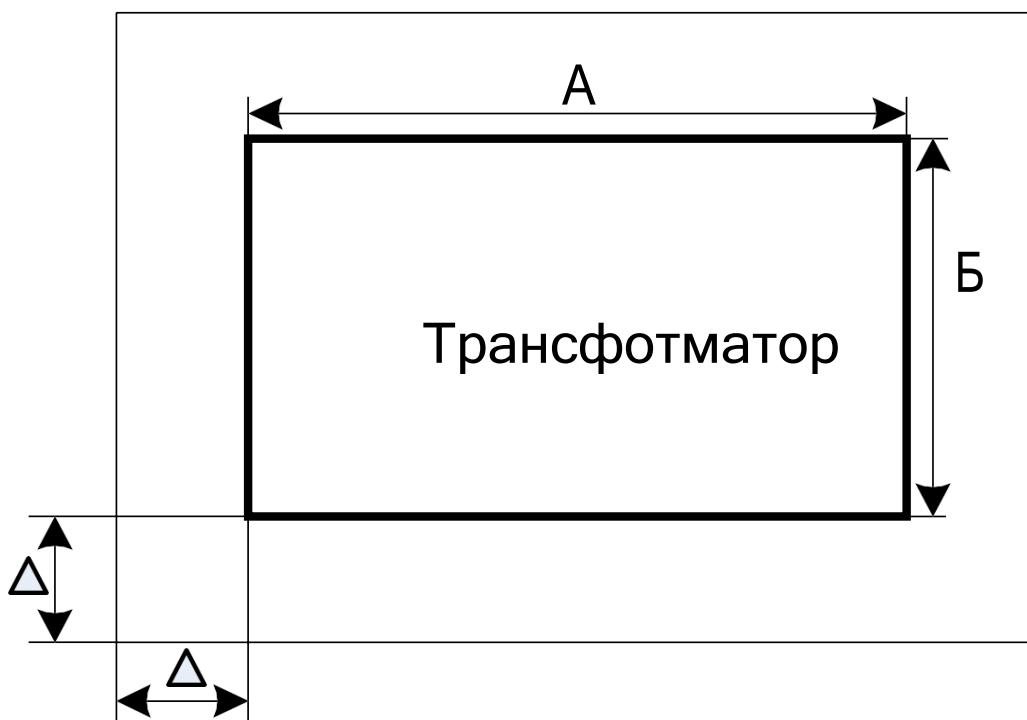


Рисунок 12 – Габариты маслоприёмника

Проведем расчет размеров маслоприемника согласно [1]

Объем масла, помещающейся в маслоприемнике, определяется по формуле: м^3 :

$$V_{\text{ТМ}} = \frac{M_{\text{ТМ}}}{\rho_{\text{ТМ}}} ; \quad (150)$$

$$V_{\text{ТМ}} = \frac{14500}{850} = 17,06.$$

Площадь боковой поверхности трансформатор, м^2

$$S_{\text{БТ}} = (A + B) \cdot H, \quad (151)$$

$$S_{\text{БТ}} = (6,3 + 3,4) \cdot 5,4 = 52,38.$$

Площадь маслоприемника, м²

$$S_{\text{МП}} = (A + 2 \cdot \Delta) \cdot (B + 2 \cdot \Delta), \quad (152)$$

Значение Δ принимается 1м, тогда

$$S_{\text{МП}} = (6,3 + 2 \cdot 1) \cdot (3,4 + 2 \cdot 1) = 44,82 \text{ м}^2.$$

Объем воды, в маслоприемнике, м³

$$V_{\text{воды}} = K \cdot t \cdot (S_{\text{МП}} + S_{\text{БТ}}), \quad (153)$$

$$V_{\text{воды}} = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1800 \cdot (52,38 + 44,82) = 34,99.$$

Высота масла и воды, м

$$h_{\text{мл+воды}} = \frac{V_{\text{ТМ}} + 0,8 \cdot V_{\text{воды}}}{S_{\text{МП}}}, \quad (154)$$

$$h_{\text{мл+воды}} = \frac{17,06 + 0,8 + 34,99}{44,82} = 1,01.$$

Высота маслоприемника, м

$$h_{\text{МП}} = h_{\text{мл+воды}} + h_{\text{Г}}, \quad (155)$$

высота слоя гравия $h_{\text{грав.}}$ составляет 0,25

$$h_{\text{МП}} = 1,01 + 0,25 + 0,05 = 1,31.$$

где 0,05- минимальное расстояние между предполагаемым уровнем масла с водой и решеткой.

Устройство маслоприемника представлен на рисунке 13.

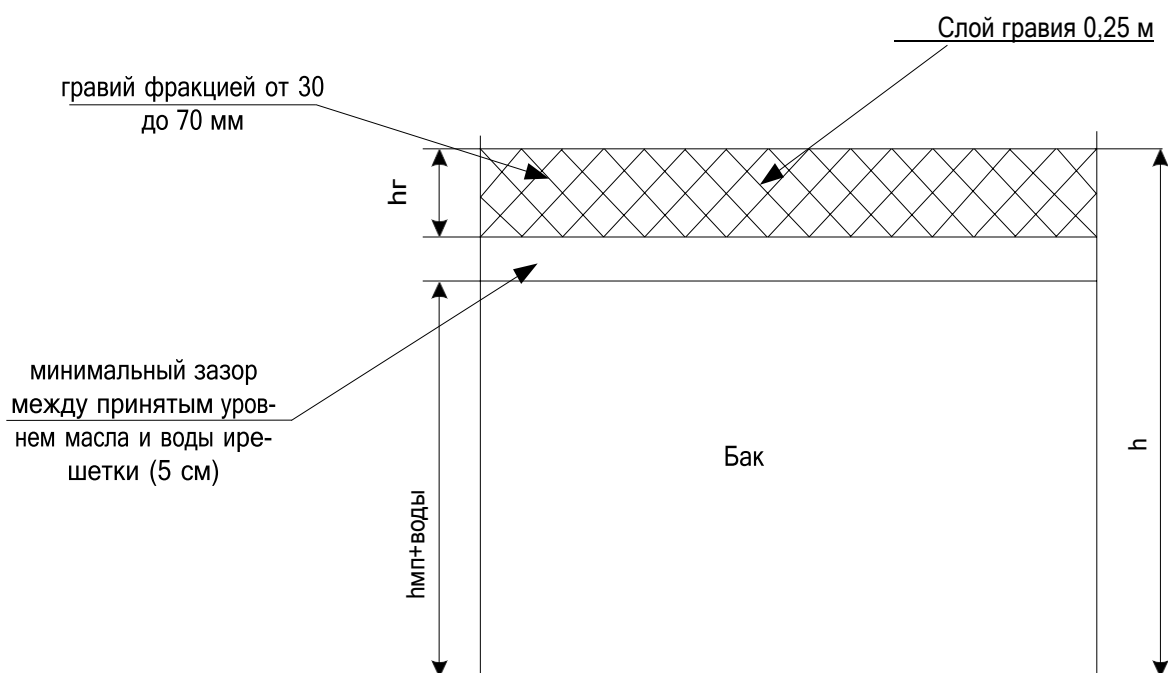


Рисунок 13 - Устройство маслоприемника.

10.3 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация - это ситуация, которая возникает в определенном районе в результате несчастного случая, стихийного бедствия, стихийного бедствия или другого опасного явления. Это может привести к травмам, вреду здоровью или окружающей среде, значительным материальным потерям и нарушению условий жизни людей. Пожар - тоже одна из таких ситуаций. Все

электрические приборы защищены мерами пожарной безопасности на протяжении всего срока их службы.

Организационные и технические мероприятия, направленные на предотвращение возникновения пожара, включают в себя основные системы противопожарной защиты. Благодаря комплексу этих мер и средств риск возникновения пожара может быть сведен к минимуму. Системы противопожарной защиты являются основными инструментами обеспечения безопасности в общественных и жилых зданиях, а также на промышленных объектах. [2].

Предотвращение пожара достигается:

а) следует предотвращать образование горючей среды, чтобы избежать угрозы возгорания. Необходимо исключать допуск легко воспламеняемых веществ для уменьшения риска пожара.;

б) чтобы обеспечить пожарную безопасность, необходимо устранять источники зажигания и предотвращать их появление в горючей среде. Необходимо регулярно проводить мероприятия по отключению открытого огня, электрооборудования, техники с двигателями внутреннего сгорания, и других возможных источников зажигания.;

в) поддержанием температуры горючей среды ниже максимально допустимой;

г) поддержание в горючей среде давления ниже максимально допустимого и другими мерами.

Противопожарная безопасность обеспечивается следующими мерами[2]:

а) широкое применение негорючих;

б) уменьшение количества горючих веществ на объекте; в) локализация источника пожара;

г) доступность применения средств пожаротушения; д) повышение пожаростойкости конструкций;

е) применение систем вентиляции и противодымной защиты; ж) применение пожарной сигнализации;

з) организация пожарной охраны.

Тушение электроустановок напряжением более 1000 В и до 1000 В требует особого подхода и использования специального оборудования для пожаротушения. Опасность возникает из-за потенциальной опасности таких установок, трудностей в обеспечении безопасной эксплуатации легковоспламеняющихся материалов и возможности перегрузки сети, короткого замыкания, искр и дуг. Однако для обеспечения безопасности и предотвращения серьезных последствий необходимо строго соблюдать правила тушения и использования специализированных средств. [2].

В целях обеспечения безопасности при тушении пожаров в электроустановках, которые могут оставаться под напряжением, необходимо строго следовать "Инструкциям по тушению пожаров в электроустановках на электростанциях и подстанциях". Эти инструкции содержат конкретные рекомендации по использованию специализированного оборудования и средств пожаротушения, выполняемым действиям и другим аспектам тушения пожаров под воздействием электричества. Соблюдение правил и инструкций поможет свести к минимуму риск возникновения пожара и предотвратить возможные серьезные последствия для персонала и имущества.

Для обеспечения безопасности при ликвидации пожара, пожарные подразделения должны строго следовать инструкциям, которые предоставляет старший технический персонал объекта. Указания по технике безопасности должны учитываться при выполнении всех действий на месте происшествия. Пожарные команды должны сотрудничать с работниками объекта, чтобы выполнить свою работу и минимизировать риски для всех присутствующих. Соблюдение правил и инструкций по технике безопасности поможет избежать непредвиденных ситуаций, уменьшит время ликвидации пожара и повысит эффективность работы на месте происшествия.

В случае возгорания проводки, кабелей, и аппаратуры. Первоочередно необходимо снять с них напряжение. Тушение производится по возможно-

сти не допуская распространения огня на соседние объекты. При этом необходимо применять углекислотные (ОУ-5, ОУ-8) или углекислотные-бромэтиловые (ОУБ-3, ОУБ-7) огнетушители, а также распыленную воду.

При тушении пожара в электроустановках, которые остаются под напряжением, важно соблюдать основные правила пожарной безопасности, чтобы избежать рисков для жизни и здоровья людей. При проектировании и строительстве подстанций необходимо учитывать требования СНИП и ППО, чтобы обеспечить противопожарную безопасность. Конструкции должны быть соответствующим образом выполнены, чтобы предотвратить возможные пожары и минимизировать возможные последствия в случае их возникновения.

Рабочие помещения оборудованы основными средствами пожаротушения, такими как огнетушители, песочницы, асбестовые или войлочные одеяла и т.д. На стационарных подстанциях и электростанциях первичные средства пожаротушения размещаются у входов в помещения пожарной части. Почтовые ящики размещаются в вестибюлях или на платформах рядом с лестничными клетками, если пожарная часть разделена на секции. Переносные огнетушители должны располагаться на высоте не более 1,5 м от земли, а их конструкция обеспечивает доступ и возможность визуально определить тип пожара.

11 ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА

Эквивалентные среднегодовые расходы определяются по следующей формуле:

$$Z_{cp,r} = E \cdot K + I \quad (156)$$

$$Z_{cp,1} = 71382,85 \text{ тыс. руб.};$$

$$Z_{cp,2} = 76137,12 = 76137.12 \text{ тыс. руб.}$$

Поскольку разница в затратах между двумя вариантами составляет 7%, мы выбираем первый вариант развития электрической сети. Чтобы оценить экономическую эффективность проекта, необходимо рассчитать выручку от его реализации, которая должна компенсировать все затраты на проект в течение расчетного периода, который в данном случае составляет 20 лет (стандартный срок службы оборудования подстанции). Ранее мы уже определили стоимость передачи и потери электроэнергии, а также их размер.

Проводился расчет технических потерь, для этого случая будет соблюдено равенство: себестоимость потерь 1 кВт/ч будет равна тарифу на потери 1 кВт/ч.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации регулирующие цены и тарифы на электрическую и тепловую энергию могут устанавливаться по следующим видам:

- 1) утвержден федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими регулирование в сфере естественных монополий;
- 2) двузначный тариф, включающий оплату за каждый потребленный киловатт-час электроэнергии;

3) одготарифный (двухтарифный) тариф, который отличается по зонам (часам) суток.

Для расчета тарифов используется метод экономически обоснованных затрат (costs). Данный метод основан на определении необходимого дохода от продаж организации, осуществляющей деятельность, подлежащую регулированию, для каждого вида производимой продукции (услуг) и объема производства, ожидаемого на определенный период регулирования. Необходимый валовой доход рассчитывается с учетом корректировок на избыток или нехватку средств, необходимых для покрытия разумных затрат на осуществление регулируемой деятельности, включающих расходы на топливо и другие расходы, связанные с производством и продажей продукции..

- 1) на покупаемую электрическую и тепловую энергию;
- 2) на оплату услуг, оказываемых организациями, осуществляющими регулируемую деятельность;
- 3) на сырьё и материалы;
- 5) на ремонт основных средств;
- 6) на оплату труда и отчисления на социальные нужды;
- 7) на амортизацию основных средств и нематериальных активов;
- 8) прочие расходы, связанные с производством и реализацией продукции, определяются ФСТ.

Расходы, относимые на прибыль после налогообложения, включают в себя следующие основные группы расходов:

- капитальные вложения (инвестиции) на расширенное воспроизводство;
- выплата дивидендов и других доходов от прибыли после уплаты налогов;
- взносы в установленные (складочные) капиталы организаций;
- другие экономически обоснованные расходы, связанные с прибылью после уплаты налогов, включая расходы организаций, которые предоставляют работникам льготы, гарантии и компенсации в соответствии с отраслевыми коллективными соглашениями.

В необходимую валовую выручку включается сумма налога на прибыль организаций.

Одной из групп затрат, связанных с производством и реализацией продукции, являются затраты на оплату услуг организаций, осуществляющих регулируруемую деятельность. Стоимость этих услуг определяется исходя из объема услуг, предоставленных в расчетный период регулирования, и тарифов, установленных регулирующими органами..

Формула расчета экономически обоснованного среднего тарифа на продажу электроэнергии хозяйствующим субъектом, поставляемой на региональный рынок, выглядит следующим образом:

$$T_{cp} = \frac{HNB^{\circ}}{\mathcal{E}_{ont}}; \quad (157)$$

где HNB – необходимая валовая выручка на производство электроэнергии;
 $\mathcal{E}_{онт}$ - отпуск электроэнергии в сеть от ПЭ.

Расчет выручки от реализации продукции в год T , рассчитывается следующим образом:

$$O_{pt} = I_{\sum t} + K_{обт} + K_{проц}; \quad (158)$$

где $I_{\sum t}$ - полная себестоимость электроэнергии, которая была рассчитана для момента времени после завершения строительства и возврата денежных средств;

$K_{проц}$ Расходы, связанные с производством и реализацией продукции 10%;

$K_{обт}$ - оборотный капитал, содержащий запасы, дебиторскую и кредиторскую задолженность, определяемый по формуле:

$$K_{обт} = 0,02 \cdot K_t + 0,1 \cdot I_{\sum t} + 0,02 \cdot 0,3 \cdot K_t; \quad (159)$$

$$K_{обт} = 119134; \text{ тыс.руб.}$$

$$O_{pt} = 67407,65 \text{ тыс.руб.}$$

Былансовая прибыль:

$$ПБ = O_{pt} - B_{ет}; \quad (160)$$

$$ПБ = 44807.$$

Налог:

$$H_t = ПБ_t \cdot a; \quad (161)$$

где a - налог на прибыль = 0,24.

$$H = 10029. \text{ тыс. руб.}$$

Прибыль:

$$П = ПБ - H + И; \quad (162)$$

$$П = 45652 \text{ тыс. руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью ВКР было предложение варианта реконструкции подстанции «Базовая» напряжением 35/10 кВ в городе Свободный.

В ходе работы произведено техническое проектирование электроснабжения подстанции, в ходе которого был выполнен расчет токов короткого замыкания, реализован выбор оптимального оборудования и проведен расчет параметров надежности электроснабжения до и после реконструкции.

Полученные результаты позволили определить необходимый объем работ по модернизации и совершенствованию электроснабжения на подстанции, что значительно повысило ее надежность в работе и эффективность использования электроэнергии.

Было уделено внимание, качеству, надежности работы оборудования, но, что позволяет максимально эффективно использовать ресурсы и уменьшать затраты на эксплуатацию объекта. Итогом этих работ стало значительное повышение качества электроснабжения на подстанции и улучшение общего состояния энергетической системы в регионе.

Был проведен анализ опасных факторов, меры по сбору и уничтожению отходов, контролю качества, пожарной безопасности и охране окружающей среды. Проект соответствует стандартам, требованиям экологической безопасности и охраны труда.

Данная выпускная квалификационная работа полностью показывает все необходимые расчеты и обоснования для выбора данного оборудования на подстанцию.

Реализация данного варианта реконструкции позволит увеличить мощность подстанции Базовая в городе Свободный для электроснабжения новых построек микрорайон Южный. Так же позволит работать подстанции в течении всего нормативного срока в 20 лет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Булгаков А.Б. Охрана окружающей среды в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Б. Булгаков ; АмГУ, ИФФ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2020. - 90 с..

2 Пожарная безопасность электроустановок. - Справочник/ Под ред. В.И. Кузнецова - М.: Спецтехника, 2000. – 259 с.

3 ГОСТ 464-79. Межгосударственный стандарт. Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов проводного вещания и антенн систем коллективного приема телевидения. Нормы сопротивления.

4 ГОСТ Р50571.3-2009. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током.

5 ГОСТ 12.3.003-86* ССБТ. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда работы электросварочные. Требования безопасности.

6 ГОСТ 12.3.003-75. Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Общие требования безопасности.

7 ГОСТ 12.1.046-85. Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок.

8 ГОСТ 12.1.004-91* ССБТ Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

9 ГОСТ 12.4.026-2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

10 Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации приказ от 15.12.2020г. N 903 н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок. – 107с.

11 Министерство труда и социального развития Российской Федерации №1 министерство образование Российской Федерации №29 постановление от 13.01.2003г. Об утверждении порядка обучения по охране труда и проверки знаний требования охраны труда работников организаций. – 11с.

12 Постановление Правительства РФ № 52-ФЗ от 30.03.99 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и Федерального закона РФ № 7-ФЗ от 10.01.02 г. «Об охране окружающей среды» - 46 с.

13 Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 «О противопожарном режиме» и другими, утвержденными в установленном порядке, региональными строительными нормами и правилами, нормативными документами, регламентирующими требования пожарной безопасности. – 127 с.

14 Правила устройства электроустановок. -7-с изд, перераб и доп.-И. Энергоатомиздат, 2016.692 с.

15 Правила устройства электроустановок. -7-с изд., перераб и доп.-И. Энергоатомиздат, 2016. 692 с

16 Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети. Проектирование : Учебное пособие для вузов. / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин. 2-е изд., испр. и доп. п. -Мн.: Выш. Шк., 2008.-308 с.

17 Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 №1 о классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы (редакция 08.08.2003), 2003.-258 с.

18 Руководящий документ «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок». ПОТ РМ-20-2001, РД- 153-34.0-03.150-00- М.: «Издательство НЦ ЭНАС»,-2001.

19 Релезко, Ю. С Железко Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. / ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко,- М. Издательство НЦ ЭНАС, 2003,-592 с.

20 Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений : РД 153-34.3-35.125-99. М. : 2010.-353 с. 23 Со-

бурь, С. В. Пожарная безопасность электроустановок / С.В. Собурь. – М. : ПожКнига, 2010.-304 с. 112.

21 СНиП 12-03-2001 « Безопасность труда в строительстве часть1», 32 с.

22 СНиП 12-04-2002 « Безопасность труда в строительстве часть 2» 32с.

23 СанПиН 1.1.1058-01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

24 Файбисович, Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей :/Д. Л. Файбисович, И. Г. Карапетян.-М.: ЭНАС, 2012.-365 с. 113

25 Шабад М.А. Расчеты релейной автоматики защиты и распределительных сетей: Монография/ М.А. Шабад. - Спб.: ПЭИПК,2003.— 4-е изд., перераб. и доп. - 350 стр.