

**Министерство образования и науки 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) программы «Электроэнергетические системы и сети»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Н.В. Савина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Перевод электрической сети 35 кВ на участке Бурун - Седанка филиала АО «Дальневосточная распределительная сетевая компания» «Приморские электрические сети» на напряжение 110 кВ

Исполнитель

студент группы 2420б3

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Д.А. Ключников

Руководитель

доцент, к.т.н

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.Г. Ротачева

Нормоконтроль

доцент, к.т.н

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.Н. Козлов

Благовещенск 2016

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический  
Кафедра энергетики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Н.В. Савина  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**З А Д А Н И Е**

К выпускной квалификационной работе студента \_\_\_\_Данилы Александровича Ключникова\_

1. Тема выпускной квалификационной работы: \_\_\_\_ Перевод электрической сети 35 кВ на участке Бурун - Седанка филиала АО «Дальневосточная распределительная сетевая компания» «Приморские электрические сети» на напряжение 110 кВ.

(утверждено приказом от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: \_\_\_\_\_

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.) \_\_\_\_\_

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) \_\_\_\_\_

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Руководитель выпускной квалификационной работы: \_\_\_\_\_

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

Задание принял к исполнению (дата): \_\_\_\_\_

(подпись студента)

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВПО «АмГУ»)**

**РЕЦЕНЗИЯ**

на выпускную квалификационную работу студента \_\_\_\_\_ факультета

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_

Тема выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_

---

---

---

---

1. Соответствие содержания работы заданию (полное или неполное)

---

---

---

Вопросы задания, не нашедшие отражения в работе \_\_\_\_\_

---

---

Материалы представленные в работе, непосредственно не связанные с темой и направленностью \_\_\_\_\_

---

---

---

2. Достоинства работы \_\_\_\_\_

---

---

---

---

3. Недостатки работы \_\_\_\_\_

---

---

---

---

4. Масштабы и характер использования специальной литературы \_\_\_\_\_

5. Достоинства и недостатки оформления текстовой части и графического материала

6. Особенности общепрофессиональной и специальной подготовки выпускника \_\_\_\_\_

7. Актуальность и новизна работы \_\_\_\_\_

8. Практическая значимость (внедрение) результатов работы

9. Общее заключение и предлагаемая оценка работы \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

должность, Ф.И.О., подпись

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Подпись рецензента заверяю: \_\_\_\_\_

подпись заверяющего лица

М.П.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВПО «АмГУ»)**

**ОТЗЫВ**

на выпускную квалификационную работу студента энергетического факультета

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_

Тема выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. Объем работы:

количество листов выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_

количество рисунков и таблиц \_\_\_\_\_

число приложений \_\_\_\_\_

2. Соответствие содержания работы заданию (полное или неполное)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Вопросы задания, не нашедшие отражения в работе \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Материалы представленные в работе, непосредственно не связанные с темой  
и направленностью \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Достоинства работы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Недостатки работы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Степень самостоятельности, проявленная выпускником и характер ее проявления  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Масштабы и характер использования специальной литературы  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. Достоинства и недостатки оформления текстовой части и графического материала  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. Особенности общепрофессиональной и специальной подготовки выпускника  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9. Практическая значимость (внедрение) результатов работы  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10. Общее заключение и предлагаемая оценка работы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.      Руководитель \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

136 с.; 8 рис.; 12 табл.; 17 источников.

ВЛ-500кВ, РАПРЕДУСТРОЙСТВО 110кВ, ЭЛЕГАЗОВЫЙ  
ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ПОЖАРОТУШЕНИЕ,  
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ.

Целью дипломного проекта является расчет ВЛ-500кВ с реконструкцией схемы электроснабжения распреустройства 110кВ ПС 500кВ «Комсомольская».

Необходимо рассчитать существующую линию электропередачи 500кВ; соответствие пропускной способности сети, уровни напряжения в узлах сети, потери мощности в различных режимах.

Также необходимо выбрать элегазовый выключатель, определить схему установки в распреустройстве, эксплуатация выключателя.

Экономическая часть дипломного проекта включает в себя расчет затрат на реконструкцию распреустройства 110кВ.

Вопросы по электробезопасности содержат организационно-технические мероприятия и меры безопасности при монтаже и эксплуатации выключателя.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Общая характеристика ПС 500кВ «Комсомольская».....	6
1.1 Электротехническая часть.....	7
1.2 Управление, измерение и учет электроэнергии.....	7
1.3 Релейная защита .....	10
1.3.1 Защита автотрансформатора 500кВ .....	13
1.3.2 Защита автотрансформатора 220кВ .....	13
1.3.3 Защита шин , УРОВ и защита шинных элементов .....	14
1.3.4 Регистрация аварийных режимов.....	25
1.4 Изоляция, защита от перенапряжения и заземление .....	26
1.5 Защита от влияния электрического поля на ОРУ500кВ .....	26
1.6 Организация производства.....	27
<b>2. РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ</b>	
ВЛ-500КВ «ХАБАРОВСКАЯ - КОМСОМОЛЬСКАЯ» .....	27
2.1 Определение погонных и волновых параметров ВЛ-500кВ.....	28
2.1.1 Погонное активное сопротивление .....	29
2.1.2 Погонное индуктивное сопротивление.....	30
2.1.3 Погонная емкостная проводимость.....	31
2.1.4 Погонная активная проводимость .....	31
2.1.5 Волновые параметры линии.....	31
2.2 Выбор и расчет параметров схемы замещения ВЛ-500кВ .....	31
2.3 Расчет нормальных установившихся режимов ВЛ-500кВ .....	34
2.3.1 Режим холостого хода .....	34
2.3.2 Режим максимальной нагрузки .....	37
2.3.3 Потери активной мощности .....	39
2.4 Построение зависимости, характеризующей соотношение между генерацией и потреблением реактивной мощности в линии .....	39
<b>3 ЗАМЕНА НА ПС «КОМСОМОЛЬСКАЯ» В ОРУ-110КВ МАСЛЯНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ММО-110-1600-31,5 У1</b>	

НА ЭЛЕГАЗОВЫЙ .....	40
3.1 Общие сведения.....	41
3.2 Требования к выбору выключателей .....	44
3.3 Расчет токов короткого замыкания .....	49
3.4 Расчет максимального рабочего тока присоединений 110кВ .....	50
3.5 Проверка электрических аппаратов по термической стойкости в режиме короткого замыкания .....	53
3.6 Выбор оптимального варианта по результатам технико-экономических расчётов.....	55
3.7 Выбор выключателей.....	57
3.8 Устройство и работа выключателя.....	63
3.9 Устройство и работа составных частей .....	63
3.9.1 Полнос выключателя.....	64
3.9.2 Электрическая схема .....	65
3.9.3 Управление выключателем.....	68
3.9.3.1 Операция включения .....	70
3.9.3.2 Операция отключения .....	70
3.9.3.3 Цикл АПВ .....	72
3.9.3.4 Заводка пружины.....	74
3.10 Контроль элегаза .....	77
3.11 Монтаж выключателя .....	77
3.12 Периодичность обслуживания и ремонта выключателя.....	79
3.13 Герметичность элегазовых выключателей .....	81
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ И ЕЖЕГОДНОЙ ИЗДЕРЖКИ НА РЕКОНСТРКЦИЮ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОРУ-110КВ	
ПС «КОМСОМОЛЬСКАЯ» .....	82
5 ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	83
5.1 Требования пожарной безопасности на пс 500кВ «Комсомольская».....	87

5.1.1 Общие положения .....	90
5.1.2 Требования пожарной безопасности к территории .....	92
5.1.3 Требования пожарной безопасности к зданиям, сооружения, помещениям .....	92
5.1.4 Требования пожарной безопасности к путям эвакуации .....	97
5.1.5 Требования пожарной безопасности к электроустановкам .....	97
5.1.6 Требования пожарной безопасности к системам отопления.....	103
5.1.7 Содержание первичных средств пожаротушения и сетей противопожарного водоснабжения.....	105
5.1.8 Содержание установок автоматического пожаротушения и сигнализации .....	106
5.1.9 Порядок действия при пожаре .....	107
5.2 Воздействие элегаза на здоровье человека.....	68
5.3 Влияние элегаза на окружающую среду.....	70
<b>6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ .....</b>	<b>70</b>
6.1 Общие требования к персоналу .....	72
6.2 Организационно-технические мероприятия .....	74
6.2.1 Ответственные за безопасность проведения работ, их права и обязанности.....	77
6.2.2 Порядок организации работ по наряду .....	77
6.2.3 Организация работ по распоряжению .....	79
6.2.4 Организация работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации согласно перечню.....	81
6.2.5 Состав бригады	82
6.2.6 Выдача разрешений на подготовку рабочего места и допуск к работе .....	83
6.2.7 Подготовка рабочего места и первичный допуск бригады к работе по наряду и распоряжению .....	87

6.2.8 Надзор при проведении работ, изменения в составе бригады.....	90
6.2.9 Перевод на другое рабочее место.....	92
6.2.10 Оформление перерывов в работе и повторный допуск к работе .....	92
6.2.11 Окончание работы, сдача приёмка рабочего места. Закрытие наряда, распоряжения .....	97
6.3 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения .....	97
6.4 Порядок выполнения организационно-технических работ для демонтажа и монтажа, наладки и ввода в работу элегазового выключателя .....	103
6.5 Правила техники безопасности при обслуживании выключателей.	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	107
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	107
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	107

## ВВЕДЕНИЕ

Энергия и средства ее производства играют ведущую роль в развитии экономики и материальной культуры общества, и повсюду в мире объем валового национального продукта, определяющий уровень жизни, пропорционален потреблению энергии в промышленных и коммунально-бытовых целях. По различным данным, на обеспечение нужд в энергии в развитых странах расходуется в целом от 50 до 70 % средств бюджета.

Энергетика России за 100 лет своего существования прошла путь от мелких разрозненных тепловых электростанций, оборудованных небольшими агрегатами на низких параметрах пара общей мощностью около 1 млн кВт в начале XX века, до Единой энергетической системы сегодня, технологически объединяющей посредством электрических сетей свыше 200 млн кВт (94%) мощностей крупных тепловых, гидравлических и атомных электростанций.

Важнейшими направлениями ее развития, которым начиная с плана ГОЭРЛО был придан государственный статус, являлись:

концентрация производства и централизация распределения электричества и теплоты (с интенсификацией процессов переноса и преобразования энергии первичных источников, повышением начальных параметров рабочего тела, увеличением единичной мощности агрегатов);

опережающее проведение необходимых научно-исследовательских и опытных работ по созданию перспективных технологий и оборудования для изготовления изделий энергетики;

приоритетное финансирование последующих объектов преимущественно за счет прибыли от предыдущих.

Эти направления сложились как результат естественного стремления к экономии суммарных затрат на капитальные вложения, топливо и эксплуатацию в условиях роста общего объема выработки энергии как основы подъема и дальнейшей модернизации всех отраслей российской промышленности. Успешное выполнение этих планов обеспечивалось сформировавшейся отечественной школой

ученых и специалистов-энергетиков, разработавших современные (по тем временам) научно-технические решения по энергетическому оборудованию, показатели которого в ряде случаев превосходили аналогичные зарубежные. Подобным образом развивалась, например, после II Мировой войны экономика Франции, где была разработана и реализована национальная программа развития атомной энергетики этого государства, а также ряда других зарубежных стран.

Вместе с тем, созданный мощный энергетический потенциал нашей страны, как, впрочем, и других стран (например, США) нуждается в модернизации и новом подъеме. Это отчетливо проявляется в усложняющихся условиях длительной эксплуатации, вызываемых физическим износом и моральным старением оборудования при отсутствии необходимости форсированного ввода новых мощностей, возрастающей неравномерности электрических и тепловых нагрузок потребителей, ухудшении экологических режимов из-за снижения качества используемых ресурсов и ужесточении требований к защите окружающей среды от вредных выбросов самих электростанций.

Особой проблемой является повышение эффективности (КПД) преобразования энергии первичных источников в электрическую энергию, прежде всего, использования ископаемого топлива на тепловых электростанциях, являющихся ключевым и, вместе с тем, наиболее сложным сектором энергетики. Достигнутые показатели по тепловой экономичности, освоенным мощностям и начальным параметрам рабочего пара не только остаются ниже прогнозирувавшихся, но и указывают на существование оптимальных термодинамических границ укрупнения установок и интенсификации рабочих процессов, отвечающих минимуму удельных потерь энергии при трансформации из одной ее формы в другую и устойчивости работы при изменении нагрузки.

Решение этих задач, нацеленное на обеспечение энергетической безопасности и подъема экономики страны, безусловно, требует разработки новых технологий и больших затрат на их реализацию. Для сравнения, на программу модернизации более благополучной энергетики в США предполагается выделить значительные финансовые средства из федерального бюджета, составляющие порядка 430 млрд

долларов в год на период до 2015 года. Эффективность преобразования энергии первичного топлива в электрическую намечается довести до 80% при одновременном снижении затрат на производство электроэнергии на 10-25% и уменьшении вредных выбросов в окружающую среду. Достичь таких показателей предполагается, в частности, за счет создания многотопливных "гибридных" систем комбинированного цикла, включающих газовые турбины нового поколения и другие высокоэффективные тепловые двигатели, а также топливные элементы и установки на возобновляемых источниках.

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос модернизации распределительного устройства 110кВ подстанции 500кВ «Комсомольская», замена масляных выключателей ММО-110-1600-31,5 У1 на элегазовые.

Первые промышленные колонковые элегазовые выключатели напряжением 110кВ были поставлены в эксплуатацию в 1985 году. К настоящему времени применение элегазовых аппаратов в нашей стране ожидает значительное их распространение на подстанциях России, которое обусловлено рядом преимуществами, это малыми габаритами, простотой обслуживания, меньшими затратами на эксплуатацию и ремонты.

# **1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПС 500кВ «КОМСОМОЛЬСКАЯ»**

## **1.1 Электротехническая часть**

Подстанция 500/220/110/10кВ «Комсомольская» в составе района электрических сетей Хабаровского предприятия магистральных электрических сетей филиала АОА «ФСК» МЭС Востока.

Подстанция 500/220/110/10кВ «Комсомольская» предназначена для покрытия дефицита мощности и энергии в Комсомольском энергорайоне Хабаровской энергосистемы, повышения надежности электроснабжения потребителей г. Комсомольска-на-Амуре.

На подстанции предусмотрена установка двух групп автотрансформаторов 500/220/10кВ мощностью 3×167 МВА каждая и двух автотрансформаторов 220/110/10кВ мощностью 2×63 МВА каждый.

К подстанции подходит одна линия 500кВ от ПС 500кВ «Хабаровская». Предусмотрена резервная ячейка с выполненной строительной частью для ВЛ 500кВ от Бурейской ГЭС. Оставлен резерв территории за оградой подстанции для сооружения двух дополнительных ячеек ВЛ 500кВ.

При одной ВЛ 500кВ и одной группе ( 3×167 МВА ) автотрансформаторов 500/220/10кВ ОРУ-500 кВ выполнена по схеме « блок линия - трансформатор» с двумя выключателями, включенными параллельно.

При установке второй группы автотрансформаторов схема ОРУ-500кВ преобразуется в «треугольник» , а затем, при подключении второй ВЛ500кВ, - в «четыреугольник».

Выдача мощности на напряжение 220кВ осуществляется четырьмя линиями из них две двух цепные. Это

Л-251 «ГПП Амурметалл»;

Л-252 «пс Старт»(с отпайкой «ГПП Амурметалл»

Л-253 «пс Старт»

Л-254 «пс Селехино»

Предусмотрен резерв с выполненной строительной частью двух линейных ячеек.. Имеется резерв территории в ограде подстанции для организации четырех линейных ячеек дополнительно.

Схема ОРУ 220кВ принята №220-13 « две рабочие и обходная система шин».

Количество линейных ячеек ОРУ110кВ определено 7.

Четыре из них используются для организации «захода – выхода» двух цепной ВЛ 110кВ Амурская ТЭЦ-К.

С-119 « пс К»

С-120 «пс К»

С-94 «Амурская ТЭЦ»(с отпайкой на пс «Хурба»)

С-71 «Амурская ТЭЦ»

С-123 « пс Гайтер»

С-125 « пс Водозабор»

С-126 « пс Водозабор»

Схема ОРУ-110кВ принята «две рабочие секции шин, и обходная система шин, с отдельными секционным обходным выключателями.

РУ-10кВ выполнено закрытым с ячейками КРУ типа КМ-1-10.

Количество шкафов 14 штук, в том числе линейных –6 штук.

На ОРУ 500/220/110/10 кВ установлены следующие типы выключателей:

ОРУ 500кВ – ВВ-500Б – 31,5 /2000У1

ОРУ 220кВ - ВВБ-220Б – 31,5/2000У1

ОРУ-110 кВ – ММО – 110-1600-31,5 У1

ЗРУ-10кВ -ВК-10– 630-20У2

ВК-10 – 1600-31,5 У2

КРУ- 10кВ ВВ/TEL-12,5/630-У2 –41

Питание собственных нужд подстанции обеспечено от трех трансформаторов 10/0,4кВ мощностью 1000кВА, подключенных от АТ-500/220/10 кВ через КРУН-10кВ и АТ-220/110/10кВ через ЗРУ-10кВ.

Для резерва собственных нужд подстанции предусмотрена подстанция «Стройплощадка»110/10кВ в аварийном режиме питающая секцию ЗРУ-10кВ.

На напряжении 0,4кВ в здании ОПУ установлена две секции щита С.Н., работающих отдельно с секционными автоматами, оборудованными устройствами АВР.

Для питания оперативных цепей постоянного тока и аварийного освещения, а также для отдельного питания основных и резервных защит предусмотрена установка двух аккумуляторных батарей 220В типа СК-14. Третья аккумуляторных батарей типа СК-12 напряжением 24В предусмотрена для питания аппаратуры связи. Батареи работают в режиме постоянного подзаряда от зарядных агрегатов типа ВА3П – 380/260-40/80.

Связь подстанции осуществляется по ВЧ каналам связи, организованным по фазным проводам и тросам ВЛ500, 220, 110кВ, по кабельной линии связи с выходом на телефонную сеть Министерства связи. Предусмотрена внутренняя телефонная связь и радиофикация .

Размещение аккумуляторных батарей, панелей управления и защиты, аппаратуры связи предусмотрено в здании ОПУ типа УШ.

Также предусмотрено сооружение противорадиационного укрытия, рассчитанного на количество персонала самой большой рабочей смены подстанции. Распределительные устройства 500, 220, 110кВ приняты открытого типа с нормальной изоляцией с металлическими конструкциями.

На подстанции предусмотрена возможность установки двух синхронных компенсаторов с включением на напряжение 10 кВ автотрансформаторов 500кВ.

Из вспомогательного сооружения на подстанции предусмотрены:

мастерская для ревизии автотрансформаторов и реакторов, состоящая из башни для ревизии и здания маслохозяйство;

компрессорная установка на четыре компрессора типа ВШ - 3/100

и 16 воздухосборников;

открытый склад масла на три бака по 75 м<sup>3</sup> для трансформаторного масла с резервом территории для установки двух баков по 5 м<sup>3</sup> для турбинного масла;

здание вспомогательного назначения с мастерской для ремонта модулей воздушных выключателей;

закрытый двухсекционный маслосборник емкостью 2 х 60 м<sup>3</sup>;  
проходная с караульным помещением.

Технические и хозяйственные водоснабжения подстанции осуществляется от двух водозаборных скважин. Система водоснабжения и пожаротушения включает в себя следующие сооружения:

водозаборные скважины с насосной I и II подъемов и насосной I подъема;  
станция обезжелезивания воды;

резервуары для воды емкостью 2 х 100м<sup>3</sup>;

установку для пожаротушения автотрансформаторов и реакторов распыленной водой;

камера переключения задвижек;

сети и устройства водоснабжения.

На площадке подстанции предусмотрен резерв территории для размещения объектов системы охлаждения синхронных компенсаторов

(насосной оборотного водоснабжения, вентиляторной градирни, установки по обработки охлаждающей воды) .

Хозяйственно- бытовая и производственная канализация состоит из :

станции биологической очистки сточных вод с компактной установкой заводского исполнения КУ-25;

иловых площадок;

самотечной канализационной сети и ливнестоков.

Для связи подстанции с сетью внешних дорог предусмотрено сооружение подъездной автодороги протяженностью 3,7 км.

## **1.2 Управление, измерение и учет электроэнергии**

Управление выключателями 500, 220, 110 и основных элементов 10 кВ производится со щита управления, расположенного в ОПУ.

Для включения выключателей линии 500кВ к пс «Хабаровская» предусмотрено устройство точной ручной синхронизации. На линиях 220кВ и 110кВ

предусмотрено возможность включения выключателей через АПВ с проверкой синхронизма.

Управление разъединителями 500кВ предусматривается дистанционное, из шкафов управления ЯУР, установленных на ОРУ.

Разъединители 220,110 кВ имеют ручное управление.

Аварийная и предупредительная сигнализация выполнена с повторностью действия и центральным съемом сигнала.

Измерения напряжения предусмотрено на шинах 500,220,110,10 и 0,4кВ.

Для измерения тока на линии 500кВ устанавливается три амперметра (по одному в каждой фазе), в цепях всех остальных присоединений – по одному амперметру. Измерение активной и реактивной мощности предусматривается на линиях 500,220 и 110кВ, обходном выключателе 220 и 110кВ, а также на среднем и нижнем напряжении автотрансформаторов 500 и 220кВ.

Трансформаторы напряжения 500кВ устанавливаются на шинах 500кВ и на линии 500кВ «Комсомольская – Хабаровская».

В нормальном режиме цепи защиты, автоматики, измерительных приборов, учета и противоаварийной автоматики линий 500кВ питаются от своего линейного трансформатора напряжения типа НДЕ-500. При повреждении или вывода его в ремонт цепи напряжения переводятся на шинный трансформатор напряжения типа НКФ-500.

Питание цепей оперативного тока предусматривается от двух аккумуляторных батарей 220 В с разделением питания основных и резервных защит от разных батарей.

На подстанции применяется автоматизированная информационно-измерительная система учета и контроля электроэнергии типа «МЕГА ДАТА».

Комплекс предназначен для контроля технического и коммерческого учета на подстанции и позволяет определить:

потребление активной и реактивной электроэнергии за сутки и расчетный период;

получасовую, часовую, месячную активную и реактивные мощности ;

графики нагрузки присоединений подстанции;  
формирования баланса мощностей как за сутки так и за иной период.

### **1.3 Релейная защита**

Релейная защита элементов ПС: автотрансформаторов 500 и 220кВ, сборных шин 220 и 110кВ, обходного и шиносоединительного (секционного) выключателей 220 и 110кВ и отходящих линий напряжением 500, 220 и 110кВ выполнена на основании действующих положений, руководящих указаний и типовых решений.

#### **1.3.1 Защита автотрансформатора 500кВ**

На группе однофазных автотрансформаторов типа 3хАОДЦТН-167000/500 напряжением 500/220/10кВ с регулированием напряжения под нагрузкой на стороне 220кВ приняты следующие основные защиты:

- дифференциальная защита автотрансформатора с реле ДЗТ-11/4;
- дифференциальная защита ошиновки 10кВ с реле ДЗТ-11;
- защита компенсационной обмотки и устройство КИВ;
- газовая защита бака автотрансформатора и устройства РПН.

В качестве резервных защит предусмотрена:

- двухступенчатая направленная дистанционная защита на панели типа ПЭ-2105-Б;
- резервная токовая направленная защита обратной последовательности с приставкой от симметричных повреждений, действующая с первой выдержкой времени на отключение шиносоединительного выключателя 220кВ, со второй выдержкой времени – на отключение выключателя 220кВ автотрансформатора или обходного выключателя 220кВ и с третьей выдержкой времени – на выходные реле защит автотрансформатора;
- та же защита, но без элемента направления мощности, действующая с первой выдержкой времени на отключение выключателей 500кВ, и со второй – на выходные реле защит автотрансформатора;

- трехступенчатая направленная токовая защита от однофазных замыканий на землю на стороне 220кВ, действующая в той же последовательности, что и токовая направленная защита обратной последовательности;

- токовая защита от однофазных замыканий на землю на стороне 500кВ, действующая с первой выдержкой времени на отключение выключателей 500кВ и затем на выходные реле автотрансформатора;

- максимальная токовая защита на стороне 10кВ;

- токовая защита от перегруза с трех сторон автотрансформатора с действием на сигнал;

- контроль изоляции обмотки 10кВ автотрансформатора и ошиновки 10кВ с действием на сигнал.

### **1.3.2 Защита автотрансформатора 220кВ**

На автотрансформаторах 63 МВА, 220/110/10кВ с регулированием напряжения под нагрузкой на стороне 110кВ приняты следующие основные защиты:

- дифференциальная защита автотрансформатора с реле ДЗТ-21;

- газовая защита бака автотрансформатора и устройства РПН.

В качестве резервных защит предусматриваются:

- токовая направленная защита обратной последовательности от многофазных к.з. и токовая направленная защита нулевой последовательности от замыканий на землю, установленные на стороне 220кВ;

- токовая направленная защита нулевой последовательности от замыканий на землю, установленная на стороне 110кВ;

- максимальная токовая защита на стороне 10кВ;

- токовая защита от перегруза, установленная со стороны высокого, среднего и низшего напряжения.

### **1.3.3 Защита шин, УРОВ и защита шинных элементов**

На стороне 500кВ предусматривается два комплекта дифференциальной защиты шин 500кВ. Защита допускает возможность АПВ шин с автоматическим восстановлением доаварийного режима работы при устранившемся повреждении.

Для каждого выключателя междушинной цепочки 500кВ предусматривается УРОВ, обеспечивая при этом возможность действия схемы при последовательном отказе двух выключателей.

Запрет АПВ при действии УРОВ предусматривается только в том случае, если отказ выключателя 500кВ произойдет при повреждении автотрансформатора.

На стороне 220кВ предусматривается дифференциальная с торможением защита шин с фиксированным распределением присоединений. Так как от проектируемой подстанции отходит большое количество линий 220кВ и повреждения на линиях при отказе выключателя не резервируются смежными защитами, предусмотрен УРОВ-220кВ.

На стороне 110кВ предусмотрена дифференциальная защита шин с торможением.

На выключателях всех присоединений ОРУ-110кВ предусмотрен УРОВ.

На обходном выключателе 220кВ предусмотрена панель дистанционной защиты типа ЭПЗ-1636 с высокочастотной блокировкой, выполненной на панели ЭПЗ-1643, и панель перевода быстрдействующих защит типа ПЗ-233.

На шиносоединительном выключателе 220кВ предусмотрена двухступенчатая токовая защита от междуфазных повреждений и трехступенчатая токовая направленная защита от замыканий на землю.

На обходном выключателе 110кВ установлены панели типа ЭПЗ-1636, ЭПЗ-1643, ПЗ-233.

На секционном выключателе 110кВ предусмотрена двухступенчатая токовая защита от многофазных к.з. и трехступенчатая направленная токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю.

На секционном выключателе 10кВ предусмотрена токовая отсечка и максимальная токовая защита.

### **1.3.4 Регистрация аварийных процессов**

Для регистрации аварийных процессов на линии 500кВ установлен автоматический регистратор событий «Бреслер-0105», предназначен для регистрации предаварийных и аварийных режимов, фиксации напряжения и работы защиты, определения места к.з. на линии 500кВ.

По одному комплекту фиксирующих приборов нулевой последовательности ЛИФП-2А и ЛИФП-2В.

На стороне 220кВ на каждой секции шин предусмотрено по одному осциллографу типа Н13 с пусковым устройством УПО-1 и по одному фиксирующему вольтметру типа ЛИФП-2В.

На стороне 110кВ предусмотрено по одному осциллографу типа Н13 с пусковым устройством УПО-1 и по одному фиксирующему вольтметру типа ЛИФП-2В на каждый трансформатор напряжения 110кВ.

На линии 110кВ установлены фиксирующие амперметры типа ЛИФП-2А.

На подстанции выполнен следующий объем автоматизации:

- групповое регулирование коэффициента трансформации автотрансформаторов 500 и 220кВ под нагрузкой;
- охлаждение автотрансформаторов 500 и 220кВ;
- автоматическое пожаротушение автотрансформаторов 500кВ, реакторов 500кВ и подпитового помещения в ОПУ и автоматическое обнаружение пожара автотрансформатора 220кВ с использованием устройства обнаружения пожара типа ДИФ-5;
- АВР на шинах собственных нужд;
- АПВ выключателей 500/220/110кВ обходного и секционного выключателей 220 и 110кВ;
- работа компрессоров;
- обогрев шкафов управления оборудования подстанции.

### **1.4 Изоляция, защита от перенапряжения и заземление**

Внешняя изоляция оборудования и изоляция ошиновки ОРУ принята нормального исполнения, категории «А» по ГОСТу 9920-75.

Для подвесной изоляции используются стеклянные изоляторы, не требующие профилактических испытаний.

Защита от грозových перенапряжений осуществляется вентильными разрядниками типа РВМГ-500, РВМГ-220, ОПН-220, 110 и РВО-10,а также подвеской тросов на подходах ВЛ к распреустройствам подстанции.

Для защиты оборудования ПС от коммутационных и грозových перенапряжений на шинах подстанции предусмотрен вентильный разрядник РВМК-500.

Сопротивление заземляющего контура по расчету составляет 0,213Ом. В качестве протяженных заземлителей принята стальная полоса сечения 40 x 4 мм<sup>2</sup> , в качестве вертикальных электродов- стальные стержни диаметром и длиной 2,5м. Глубина заложения верха электродов и полос 0,7 м.

### **1.5 Защита от влияния электрического поля на ОРУ500кВ**

В ОРУ 500 кВ для проведения всех видов работ, производящих в зоне влияния электрического поля, предусмотрены стационарные средства защиты снижающие воздействие электрического поля на персонал подстанции:

- козырьки, установленные над рабочими местами у агрегатных шкафов, приводов, ящиков зажимов и различных шкафов;
- вертикальные экраны, установленные между выключателями соседних ячеек.

В местах маршрута обхода ОРУ-500кВ предусмотрена экранирование дорожек обслуживания.

### **1.6 Организация производства**

Организация производства проводится по утвержденным техническим руководителем предприятия или структурного подразделения по плану: на предприятии – многолетним или годовым; в структурном подразделении – квартальном или месячном.

Планы работ содержат следующие направления:

- обучение новых рабочих;
- переподготовка и обучение рабочих вторым и смежным профессиям;
- повышения квалификации;
- организация работы технических библиотек, технических кабинетов, кабинетов по ТБ и ПБ, полигонов подготовки персонала;
- оснащение учебно-материальной базы;
- предэкзаменационная подготовка руководителей и специалистов;
- специальная подготовка;
- проверка знаний;
- проведение контрольных противоаварийных и противопожарных тренировок;
- проведение инструктажей по ТБ и ПБ;
- проведение мероприятий по ТБ и ПБ;
- проведение соревнования по профессиональному мастерству;
- проведение проверок рабочих мест;
- коллективные формы работы с персоналом.

## **2 РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЛ-500КВ «ХАБАРОВСКАЯ – КОМСОМОЛЬСКАЯ»**

Рост потребления электроэнергии, увеличении единой мощности энергоблоков и установленной мощности тепловых и гидравлических электростанций и увеличении дальности передачи электроэнергии, привели к тому, что основная часть вводимых в действие турбогенераторов присоединяются к энергосистеме с помощью линий большой способности.

Внутрисистемные и межсистемные связи большой пропускной способности необходимы также для обмена энергией и пиковой мощностью между объединяемыми энергосистемами, передачи резервных и аварийных перетоков мощности.

Значительные пропускные способности линий электропередачи могут быть достигнуты путем использования сверхвысоких напряжений, что позволяет существенно уменьшить число параллельных цепей линий электропередачи и таким образом уменьшить ширину коридора для линий электропередачи

Внутрисистемные и межсистемные связи большой пропускной способности необходимы также для обмена энергией и пиковой мощностью между объединяемыми энергосистемами, передачи резервных и аварийных перетоков мощности.

Значительные пропускные способности линий электропередачи могут быть достигнуты путем использования сверхвысоких напряжений, что позволяет существенно уменьшить число параллельных цепей линий электропередачи и таким образом уменьшить ширину коридора для линий электропередачи

Воздушные линии электропередачи являются протяженным токопроводом, создающим электрическое и магнитное поля. При этом, электрическое поле линии мало изменяется при изменении условий работы линии в течение суток, а также недели и года из-за ограниченных пределов изменения напряжений. Магнитное же поле изменяется в широких пределах в соответствии с изменением тока в линии. Это обстоятельство определяет режимные особенности работы электропередачи

переменного тока и связанные с ними мероприятия по управлению работой электропередачи.

Другая особенность заключается в том, что из-за большой протяженности линий фазы напряжения и тока изменяются вдоль линии. Фазовый сдвиг вдоль линии определяется скоростью распространения электромагнитной волны. Поэтому процесс передачи по линии имеет волновую природу, что определяет необходимость анализа волновых процессов при исследовании режимов работы линий электропередачи.

## **2.1 Определение погонных и волновых параметров ВЛ-500кВ**

Для воздушных линий сверхвысокого напряжения применяется расщепление фазы, то есть каждая фаза состоит из нескольких (двух и более, в зависимости от класса напряжения линии) проводов одинакового сечения, расположенных в плоскости, перпендикулярной продольной оси линии, в общем случае по вершинам правильного многоугольника.

Расщепление фазы явилось альтернативой увеличения диаметра провода с целью снижения напряженности электрического поля на его поверхности до величины, при которой уровень помех радио- и телевизионному приему и уровень шума не превышает допустимых пределов, а потери на корону имеют экономически оправданное значение.

Число проводов в фазе и расстояние между ними (радиус расщепления) выбираются на основе технико-экономических обоснований. Установлено [5], что оптимальным для линий 500 кВ - является расщепление на 3 провода ( $N=3$ ) с расстоянием между проводами  $a=40$  см.

Для линий СВН с расщепленной фазой в нормальных условиях используются провода облегченного исполнения ( $F_{ал} / F_{ст} \approx 8$ ) с сечениями 240-600 мм<sup>2</sup>. Согласно ПУЭ для воздушных линий сверхвысокого напряжения рекомендуется применять сталеалюминевые провода марки АС-300 при  $U_{ном}=500$  кВ. У рассматриваемых проводов стальной сердечник имеет центральную проволоку и три повива у проводов АС-300/39.

### 2.1.1 Погонное активное сопротивление

Для линий СВН междуфазное расстояние во много раз больше расстояния между проводами расщепленной фазы. В то же время, расстояние между проводами расщепленной фазы во много раз больше внешнего радиуса каждого провода. Поэтому, распределение тока по проводам фазы можно считать равномерным и принимать активные сопротивления фаз одинаковыми. Следовательно, погонное (удельное) активное сопротивление расщепленной фазы  $r_{оф}$  (Ом/км) в соответствии с параллельным соединением её проводов определяется [4]:

$$r_{оф} = \frac{r_{опр}}{N}, \quad (2.1)$$

где  $r_{опр}$  - погонное сопротивление одиночного провода (Ом/км).

При выполнении ориентировочных расчетов установившихся режимов электрических сетей на стадии проектирования используют следующие допущения:

1). Отличием погонного активного сопротивления от омического при частоте 50 Гц можно пренебречь;

2). Отличие среднеэксплуатационной температуры провода от 20°C не учитывается.

Тогда, погонное сопротивление одиночного сталеалюминиевого провода:

$$r_{опр} = \left( \frac{\rho_{ал} \cdot K_{скр}}{F_{ал}} \right) \cdot k_a, \quad (2.2)$$

где  $\rho_{ал}$  - удельное электрическое сопротивление алюминия при 20°C, равное 29 Ом·мм<sup>2</sup>/км

$k_{скр}$  - коэффициент, учитывающий удлинение проволок из-за скрутки, равный в среднем 1,02;

$F_{ал}$  - расчетное поперечное сечение токопроводящей (алюминиевой) части провода, мм<sup>2</sup> [5];

$k_a$ - коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления [4]  
(при практических расчетах для проводов с тремя повивами 1,08).

$$r_{опр} = \left( \frac{29 \cdot 1,02}{300} \right) \cdot 1,08 = 0,106 \text{ Ом/км},$$

$$r_{0\phi} = \frac{0,106}{3} = 0,035 \text{ Ом/км}.$$

### 2.1.2 Погонное индуктивное сопротивление

Погонное (удельное) индуктивное сопротивление расщепленной фазы  $x_{оф}$  (Ом/км) находят по выражению [5]:

$$x_{оф} = 0,1445 \cdot \lg \left( \frac{D_{ср}}{R_э} \right) + \left( \frac{0,0157}{N} \right), \quad (2.3)$$

где,  $D_{ср}$  - среднегеометрическое расстояние между фазами, м ;

$R_э$  -эквивалентный радиус расщепленного провода, м .

Среднегеометрическое расстояние между фазами зависит от величины междуфазных (линейных) номинальных напряжений. Согласно конструкции рассматриваемой линии среднегеометрическое расстояние между фазами 12,8 м.

Эквивалентный радиус расщепленного провода определяется с учетом числа проводов расщепленной фазы (м):

при  $N = 3$

$$R_э = \sqrt[3]{k_n \cdot R \cdot a^2}, \quad (2.4)$$

где  $R$  - внешний радиус нерасщепленного провода (м);

$a$  - расстояние между расщепленными проводами в фазе (м);

$k_u$  - коэффициент, учитывающий наличие внутреннего магнитного потока [5], зависящий от конструкции и материала проводов (при практических расчетах для сталеалюминевых проводов с тремя повивами – 0,810).

Согласно [5] диаметр нерасщепленного провода марки АС-300/39 будет равен 24 мм.

$$R_s = \sqrt[3]{0,81 \cdot 0,012 \cdot 0,4^2} = 0,116 \text{ м},$$

$$x_{0\phi} = 0,1445 \cdot \lg\left(\frac{12,8}{0,116}\right) + \left(\frac{0,0157}{3}\right) = 0,3 \text{ Ом/км}.$$

### 2.1.3 Погонная емкостная проводимость

Погонная (удельная) емкостная проводимость для воздушной линии с расщепленными проводами (См/км) [4]:

$$b_{0\phi} = \left( \frac{7,58}{\lg\left(\frac{D_{cp}}{R_s}\right)} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (2.5)$$

где  $R_s$  определяется по формуле (2.4) при  $k_u = 1$ .

$$R_s = \sqrt[3]{1 \cdot 0,012 \cdot 0,4^2} = 0,124 \text{ м},$$

$$b_{0\phi} = \left( \frac{7,58}{\lg\left(\frac{12,8}{0,124}\right)} \right) \cdot 10^{-6} = 3,764 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

### 2.1.4 Погонная активная проводимость

Активная проводимость линии  $g_{оф}$  определяется в основном потерями на корону, которые являются нелинейной функцией напряжения на линии в рабочих режимах:

$$g_{оф} \approx \frac{\Delta P_{коф}}{U_{ном}^2}, \quad (2.6)$$

где  $\Delta P_{коф}$  - удельные потери мощности на корону, кВт/км.

Следует отметить, что даже при очень больших потерях на корону из-за условий погоды вдоль трассы линии их влияние на параметры режимов сравнительно мало. Так согласно [5] средние потери на корону для линии 500кВ при дожде составляют 164 кВт/км.

### 2.1.5 Волновые параметры линии

К волновым параметрам линии относятся волновое сопротивление и коэффициент распространения волны. Комплекс волнового (характеристического) сопротивление линии, Ом :

$$Z_{в} = \sqrt{\frac{Z}{Y}}, \quad (2.7)$$

где  $Z$  - полное сопротивление линии, Ом;

$Y$  - полная проводимость линии, См:

$$Z = L \cdot r_{оф} + j L \cdot x_{оф}, \quad (2.8)$$

$$Y \approx L \cdot g_{оф} + j L \cdot b_{оф}. \quad (2.9)$$

Комплекс коэффициента распространения волны :

$$\gamma = \sqrt{Z \cdot Y} = \alpha_0 \cdot L + j\beta_0 \cdot L, \quad (2.10)$$

где  $\alpha_0$  - коэффициент затухания (ослабления) волны,  $\text{км}^{-1}$  (неп/км);

$\beta_0$  - коэффициент изменения фазы волны,  $\text{км}^{-1}$  (рад/км).

$$Z = 364 \cdot 0,035 + j364 \cdot 0,3 = 12,74 + j109,2 \text{ Ом},$$

$$Y = j364 \cdot 3,764 \cdot 10^{-6} = j1,37 \cdot 10^{-3} \text{ См},$$

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{12,74 + j109,2}{j1,37 \cdot 10^{-3}}} = 282,795 - j16,441 \text{ Ом},$$

$$\gamma = \sqrt{(12,74 + j109,2) \cdot (j1,37 \cdot 10^{-3})} = 0,023 + j0,387 \frac{1}{\text{км}}.$$

## 2.2 Выбор и расчет параметров схемы замещения ВЛ-500кВ

Протяженная линия электропередачи в расчетной схеме электроэнергетической системы может быть представлена: П-образной или Т-образной схемами замещения, пассивным четырехполюсником или схемой с обобщенными параметрами в форме собственных и взаимных проводимостей по [4].

При длине линии электропередачи больше 300 км необходимо учитывать распределенность параметров линии. Длина ВЛ-500кВ «Хабаровская – Комсомольская» составляет 365км. Параметры линии рассчитываем по схеме пассивного четырехполюсника (рис.1).

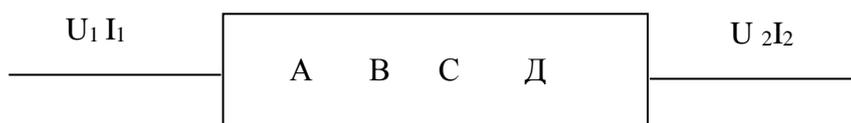


Рисунок.1 Схема замещения ЛЭП СВН в виде пассивного четырехполюсника.

При представлении линии электропередачи в виде пассивного четырехполосника обобщенные (комплексные) параметры A, B, C, D определяются следующим образом:

$$A = \operatorname{ch}\sqrt{ZY} \quad ; \quad B = Z_b \cdot \operatorname{sh}\sqrt{ZY} \quad ; \quad C = (1/Z_b) \operatorname{sh}\sqrt{ZY} \quad ; \quad D = \operatorname{ch}\sqrt{ZY} \quad (2.11)$$

где ch и sh- гиперболические функции (косинус и синус) от аргументов. Гиперболические функции от аргументов, являющихся комплексными числами, находятся по выражениям :

$$\operatorname{sh}(x + jy) = s \cdot e^{j\sigma}, \quad s = \sqrt{\frac{\operatorname{ch}2x - \operatorname{Cos}2y}{2}}, \quad \sigma = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}(y)}{\operatorname{th}(x)}\right), \quad (2.12)$$

$$\operatorname{ch}(x + jy) = c \cdot e^{j\xi}, \quad c = \sqrt{\frac{\operatorname{ch}2x + \operatorname{Cos}2y}{2}}, \quad \xi = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}(x)}{\operatorname{th}(y)}\right). \quad (2.13)$$

Схемы замещения линии обеспечивают соответствие характеристик режима передачи энергии только по концам эквивалентных участков. В промежуточных точках линии токи и напряжения, соответствующие реальной линии, получить нельзя. Для более детального анализа условий работы электропередачи целесообразно замещать линии несколькими эквивалентными схемами.

$$A = D = \operatorname{ch} \cdot \sqrt{(12,74 + j109,2) \cdot (j1,37 \cdot 10^{-3})} = 0,926 + j0,00851$$

$$B = (282,795 - j16,441) \cdot \operatorname{sh}\sqrt{(12,74 + j109,2) \cdot (j1,37 \cdot 10^{-3})} = 12,112 + j106,534$$

$$C = \left( \frac{1}{(282,795 - j16,441)} \right) \cdot \operatorname{sh}\sqrt{(12,74 + j109,2) \cdot (j1,37 \cdot 10^{-3})} = -3,927 \cdot 10^{-6} + j1,336 \cdot 10^{-3}$$

$$C = 0,001336e^{j90,17}$$

### 2.3 Расчет нормальных установившихся режимов ВЛ-500кВ

Установившиеся режимы характеризуются совокупностью значений основных параметров электропередачи (напряжение, ток, передаваемая мощность), отображающих её состояние. В соответствии с этим нормальные режимы - это режимы, при которых основные параметры электропередачи не претерпевают значительных отклонений.

В зависимости от передаваемой мощности режимы электропередачи СВН приобретают характерные особенности. Поэтому различают характерные режимы - режим холостого хода (или малых нагрузок) и режим передачи больших мощностей. По режиму передачи больших мощностей определяется требуемая пропускная способность элементов электропередачи, необходимость в установке дополнительных источников реактивной мощности и применение средств повышения устойчивости. По режиму холостого хода определяется необходимость применения средств компенсации избытка реактивной мощности, генерируемой линией СВН, и средств ограничения перенапряжения в ней.

Расчет режимов линий электропередачи производится по волновым уравнениям, характеризующим процесс передачи электроэнергии:

$$\left. \begin{aligned} U_{1\phi} &= U_{2\phi} \cdot \operatorname{ch}\sqrt{ZY} + I_2 \cdot Z_B \cdot \operatorname{sh}\sqrt{ZY} \\ I_1 &= U_{2\phi} \cdot \left(\frac{1}{Z_B}\right) \cdot \operatorname{sh}\sqrt{ZY} + I_2 \cdot \operatorname{ch}\sqrt{ZY} \end{aligned} \right\} \cdot \quad (2.14)$$

Представляя линию в виде четырехполюсника с обобщенными параметрами можно написать:

$$\left. \begin{aligned} U_{1\phi} &= A \cdot U_{2\phi} + B \cdot I_2 \\ I_1 &= C \cdot U_{2\phi} + D \cdot I_2 \end{aligned} \right\} \cdot \quad (2.15)$$

### 2.3.1 Режим холостого хода

Определяем величину генерируемой линией реактивной мощности:

$$Q_c = U_{\text{ном}}^2 \cdot b_{0\phi} \cdot L, \quad (2.16)$$

$$Q_c = 515000^2 \cdot 3,764 \cdot 10^{-6} \cdot 364 = 363,4 \text{ МВАр.}$$

Потери активной мощности в линии СВН в результате прохождения по ней избыточной реактивной мощности в режиме холостого хода можно оценить по следующей формуле:

$$\Delta P = \left( \frac{Q_c}{U_{\text{ном}}} \right)^2 \cdot r_0 \cdot L, \quad (2.17)$$

$$\Delta P = \left( \frac{363400}{515} \right)^2 \cdot 0,035 \cdot 364 = 6,343 \text{ МВт}$$

Так как ток нагрузки в конце линии при холостом ходе равен нулю, то напряжение в конце линии:

$$U_{2\phi} = \frac{U_{1\phi}}{A} \approx \frac{U_1}{\cos \lambda}, \quad (2.18)$$

где  $\lambda$ - волновая длина линии, рад .

Волновая длина линии определяется:

$$\lambda = \frac{2\pi L}{\Lambda} = \frac{2\pi L}{2\pi} = L \cdot \beta_0, \quad (2.19)$$

где  $\Lambda$  - длина электромагнитной волны, км.

$$\lambda = 0,387$$

$$U_{2\phi} = \frac{U_1}{\cos\lambda} = \frac{289}{\cos 0,387} = 312 \text{ кВ}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{312}{289} = 1,08$$

Рассчитаем и построим зависимость изменения отношения  $U_{2(x)} / U_1$  вдоль односторонне включенной линии по трем точкам : в начале (на отправном конце линии) - при  $L_{2(x)} = 0 \text{ km}$ , в середине - при  $L_{2(x)} = 0,5 L$  и в конце (на приемном конце линии) - при  $L_{2(x)} = L$ .

Рассчитаем отношение  $U_{2(x)} / U_1$  в середине линии:

$$\lambda = \frac{0,387}{364} \cdot 182 = 0,194$$

$$U_2 = \frac{289}{\cos 0,194} = 294,525 \text{ кВ}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{294,525}{289} = 1,019$$

Зависимость отношения напряжений  $U_2 / U_1$  по концам односторонне включенной линии от длины линии при отсутствии поперечной индуктивной компенсации характеризуется кривой.

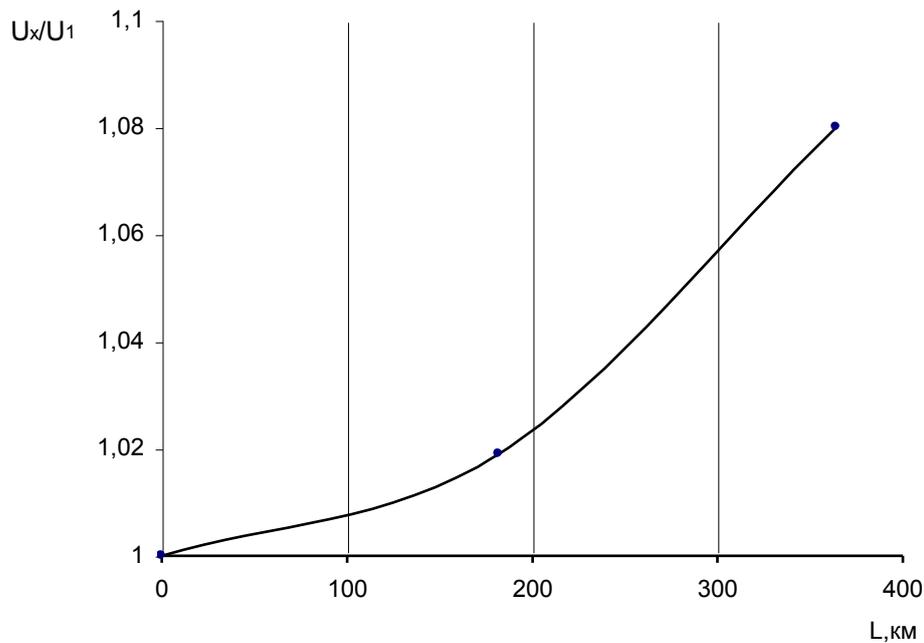


Рисунок 2 Распределение напряжения вдоль естественной линии, включенной с одного конца.

Ток холостого хода в начале линии определяется на основе уравнений (2.15) для  $U_{2\phi}$  и  $C$ , рассчитанных при  $L_{2(x)} = L$ :

$$I_1 = U_{2\phi} \cdot C. \quad (2.20)$$

$$I_1 = 312 \cdot 1,336 \cdot 10^{-3} = 0,417 \text{ кА}$$

Ток холостого хода линии необходимо сравнить с величиной натурального тока линии:

$$I_H = \frac{U_\phi}{Z_B}. \quad (2.21)$$

$$I_H = \frac{289}{283,272} = 1,02 \text{ кА}$$

После определения величины напряжения на открытом конце линии следует найти процент его превышения относительно напряжения в начале линии и

сравнить с допустимым значением превышения напряжения по условиям изоляции. Согласно [4] длительное допустимое напряжение ЛЭП СВН по условиям нормальной работы изоляции в сетях 500 кВ и выше –  $1,05 \cdot U_{\text{ном}}$ .

Предельную длину линии  $L_{\text{пр}}$  при которой напряжение на линии и ток не будут превышать допустимых значений, можно определить после нахождения величины предельной волновой длины линии  $\lambda_{\text{пр}}$  из условия соответствия допустимому превышению напряжения:

$$\cos \lambda_{\text{пр}} = \left( \frac{U_1}{U_2}_{\text{доп}} \right). \quad (2.22)$$

Если превышение напряжения на открытом конце линии не соответствует допустимому значению, то возникает необходимость в установке на приемном конце линии, устройств поперечной индуктивной компенсации емкостной проводимости линии. В качестве компенсирующих устройств используются шунтирующие реакторы. Линия электропередачи с компенсирующими устройствами называется компенсированной.

Мощность шунтирующего реактора на конце линии, необходимую для ограничения перепада напряжения в ЛЭП до заданного (допустимого) уровня, можно определить [6]:

$$Q_2 = P_{\text{нат}} \left( \frac{\frac{U_1}{U_2} - \cos \lambda}{\sin \lambda} \right). \quad (2.23)$$

где  $\frac{U_1}{U_2}$  - допустимый перепад напряжения;

$P_{\text{нат}}$  – натуральная мощность линии;

$\lambda$  - волновая длина линии.

Натуральная мощность линии определяется через волновое сопротивление линии:

$$P_{\text{нат}} \approx \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{Z_B} \quad (2.24)$$

$$P_{\text{нат}} \approx \frac{500^2}{283,272} = 883 \text{ МВт}$$

$$Q_2 = 883 \cdot \left( \frac{\frac{500}{525} - \cos 0,387}{\sin 0,387} \right) = 61,6 \text{ МВАр}$$

Рассмотрим режим одностороннего питания с реактором на конце линии. Для этой схемы применим формулу

$$U_{(x)} = E \cdot \frac{\sin(\lambda - \lambda_x + \alpha_p)}{\sin(\lambda + \alpha_p)} \quad (2.25)$$

Построим зависимость напряжения в конце линии от мощности реактора  $x_p = 0 \dots \infty$  ( $\alpha_p = 0 \dots \pi/2$ ), при  $x_c = 0$ .

Искомую зависимость строим, варьируя в формуле (2.25) величину  $\alpha_p$  при  $\lambda_x = \lambda$ , т.е.

$$\frac{U_x}{E} = \frac{\sin \alpha_p}{\sin(\lambda + \alpha_p)} \quad (2.26)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.1

Таблица 1.1 Расчет зависимости напряжения на линии от мощности реактора

$\alpha_p(0 \dots \pi/2)$	0	0,25	0,5	0,7	0,86	0,96	1
$U_x/E$	0	0,39	0,53	0,58	0,68	0,71	0,72

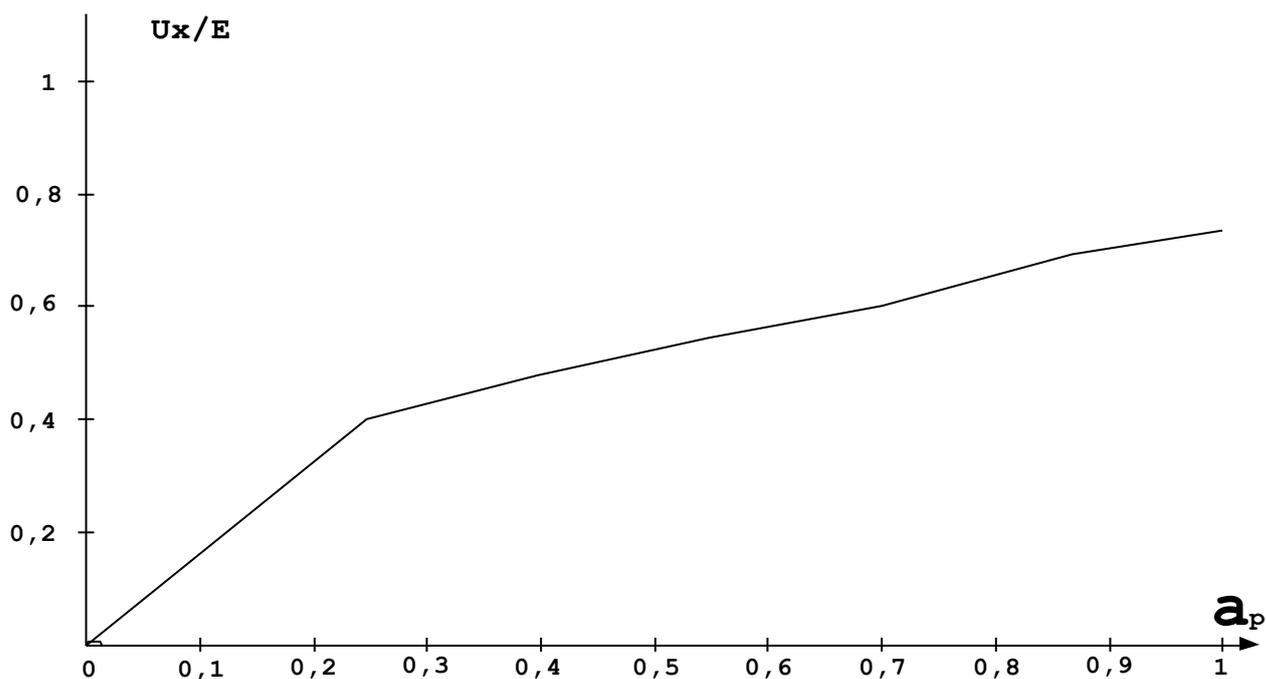


Рисунок 3 Зависимость напряжения в конце линии от мощности реактора.

### 2.3.2 Режим максимальной нагрузки

Токи и напряжения в ЛЭП СВН для режима максимальной нагрузки можно определить графоаналитическим способом [7]. Для этого производим расчет в следующей последовательности:

1). По номинальному напряжению на отправном конце линии и заданной мощности нагрузки на приемном конце линии определяем приближенное значение тока  $I_2^*$ :

$$I_2^* = \frac{S_{2\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (2.26)$$

$$I_2^* = \frac{501000}{\sqrt{3} \cdot 500} = 582 \text{ A}$$

2). Определяем величину угла сдвига между током и напряжением на приемном конце линии через заданное значение коэффициента мощности нагрузки ( $\cos \varphi_2 = 0,98$ ).

$$\varphi_2 = 11,5^\circ$$

3). Записываем обобщенные постоянные А и В передачи, найденные в пункте 2, как комплексные числа в показательной форме записи - через модуль и фазу :

$$A = Ae^{j\varphi(A)}; B = Be^{j\varphi(B)} .$$

$$A = 0,926 + j 0,00851 = 0,925e^{j0,40} ;$$

$$B = 12,112 + j 106,534 = 107,2e^{j89,6} .$$

4). Строим векторную диаграмму токов и напряжений для режима максимальной нагрузки согласно порядку приведенному ниже.

Порядок построения векторной диаграммы будет следующий:

В соответствии со своими расчетными данными выбираем масштаб векторов токов и напряжений ;

Направляем вектор тока  $I_2^*$  горизонтально (по действительной оси);

Под заданным углом сдвига между током, и напряжением нагрузки  $\varphi_2$  наносим линию направления вектора  $U_{2\phi}$ ;

Под углом  $\varphi(A)$  от направления  $U_{2\phi}$  наносим линию направления  $AU_{2\phi}$ ;

Под углом  $\varphi(B)$  от направления  $I_2^*$  наносим линию направления  $BI_2^*$  и наносим вектор  $BI_2^*$ ;

От конца вектора  $BI_2^*$  наносим прямую, параллельную направлению -  $AU_{2\phi}$ ;

Так как величина  $U_{1\phi}$  известна, от точки О циркулем делается засечка радиусом, равным величине  $U_{1\phi}$  ;

Абсолютное значение  $U_{2\phi}$  определяется делением абсолютного значения  $A U_{2\phi}$  на величину постоянной передачи А .

Выбранный масштаб:  $I - 1\text{см} = 100\text{А}$ .  $U - 5\text{см} = 100\text{кВ}$ .

Абсолютное значение  $U_{2\phi}$  определяется делением абсолютного значения  $AU_{2\phi}$  на величину постоянной передачи  $A$ .

$$AU_{2\phi} = 14,9\text{см} = 298\text{кВ}$$

$$U_{2\phi} = \frac{298}{0,925} = 322\text{кВ}$$

После определения напряжения в конце передачи воспользуемся уравнениями (2.15) и найдём величину тока в начале передачи.

$$I_1 = 1,336 \cdot 10^{-3} \cdot 322 + 0,925 \cdot 0,582 = 0,968\text{кА}$$

### 2.3.3 Потери активной мощности

Коэффициент полезного действия электропередачи определим по формуле:

$$\eta = 1 - \frac{\Delta P_R}{P} - \frac{\Delta P_K}{P} - \frac{\Delta P_T}{P}, \quad (2.27)$$

где  $\Delta P_R$ ,  $\Delta P_K$  и  $\Delta P_T$  – потери на нагрев, корону и в трансформаторах;

$P$  – передаваемая мощность.

Относительные потери на нагрев определим как

$$\frac{\Delta P_R}{P} = \frac{J \cdot \rho \cdot l}{U_\phi}, \quad (2.28)$$

где  $\rho = 28,3 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{км}$  – удельное активное сопротивление проводов;

$J$  – плотность тока,  $0,7 \text{ А/мм}^2$ ;

$l$  – длина линии;

$U_\phi$  – фазное напряжение.

Как видно, относительные потери на нагрев зависят от плотности тока, длины и напряжения воздушной линии.

При правильно выбранной конструкции фаз линии  $\Delta P_{\text{к}}/P$  составляет 0,005 – 0,01 на каждую тысячу километров [6]. Отношение  $\Delta P_{\text{т}}/P = 0,01$ . Таким образом, к.п.д. рано:

$$\eta = 1 - \frac{0,7 \cdot 28,3 \cdot 365}{289} - 0,005 - 0,01 = 0,96$$

В режиме передачи натуральной мощности ( при нулевой реактивной мощности, потребляемой реактором) равно:

$$\Delta P = 3 \cdot \frac{U^2}{Z_B^2} \cdot R \cdot l. \quad (2.29)$$

$$\Delta P = 3 \cdot \frac{500^2}{283^2} \cdot 12,4 \cdot 365 = 23,9 \text{ мВт}$$

Относительные потери мощности в режиме холостого хода на линии с реактором (по отношению на нагрев при передаче натуральной мощности) равны:

$$\frac{\Delta P_{\text{хх}}}{\Delta P} = \frac{1 - \sin(\lambda/2)/(\lambda/2)}{1 + \cos(\lambda/2)}. \quad (2.30)$$

$$\frac{\Delta P_{\text{хх}}}{\Delta P} = 1,8$$

Таким образом, потери холостого хода на нагрев для данной линии без реакторов составляет 25% от потерь при передаче натуральной мощности.

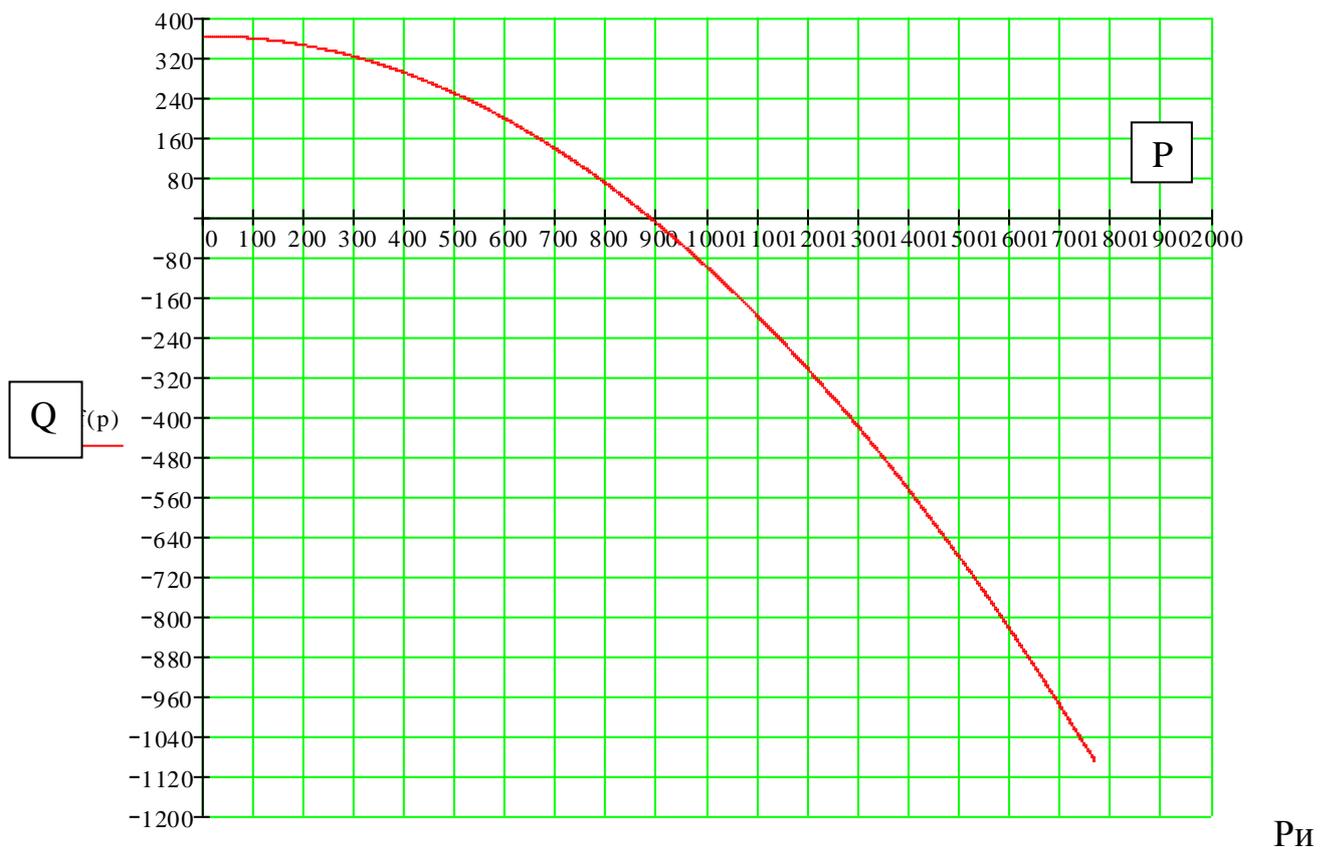
**2.4 Построение зависимости, характеризующей соотношение между генерацией и потреблением реактивной мощности в линии**

Зависимость  $Q=f(P)$ , характеризующая соотношение между генерацией и потреблением реактивной мощности в линии при изменении передаваемой по ней активной мощности строится с применением соотношения [5] :

$$Q = Q_c \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_{\text{нат}}} \right)^2 \right]. \quad (2.30)$$

$$Q = 363,4 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{P}{882,544} \right)^2 \right]$$

Зависимость строим в диапазоне изменения активной мощности  $P$  от 0 до  $2P_{\text{нат}}$ .



сунук 4 Зависимость  $Q=f(P)$ .

Отсюда следует сделать вывод, что при передаче активной мощности меньше натуральной в линии при этом за счет генерации от линии образуется избыток реактивной мощности, т.к. линия электропередачи в режимах малых нагрузок выступает как источник реактивной мощности. В данном случае существует необходимость компенсации значительной реактивной мощности и необходимости установки шунтирующих реакторов. При передаче активной мощности больше натуральной образуется дефицит реактивной мощности, который во избежание недопустимого снижения напряжения компенсировать с помощью источников реактивной мощности.

### **3 ЗАМЕНА НА ПС «КОМСОМОЛЬСКАЯ» В ОРУ-110КВ МАСЛЯНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ММО-110-1600-31,5 У1 НА ЭЛЕГАЗОВЫЙ**

#### **3.1 Общие сведения**

Выключатель- это коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации электрических цепей в нормальных и аварийных режимах.

Выключатель является основным аппаратом в электрических установках, он служит для отключения и включения цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее замыкание.

К выключателям высокого напряжения предъявляют следующие требования:

а). надежное отключение любых токов;

б). быстрота действия, т.е. наименьшее время отключения;

в). пригодность для быстродействующего автоматического повторного включения;

д). возможность пофазного управления для выключателей 110кВ и выше; легкость ревизии и осмотра контактов;

ж). взрыво- и пожаробезопасность;

к). удобство транспортировки и эксплуатации.

По конструктивным особенностям и способу гашения дуги различают следующие типы выключателей: масляные баковые, маломасляные (масляные малообъемные), воздушные, элегазовые, электромагнитные, автогазовые, вакуумные выключатели. Наибольшее распространение получили элегазовые выключатели.

Элегаз впервые был рекомендован к применению в высоковольтных аппаратах в 30 годах в России академиком М.Б. Гохбергом. Однако только в начале шестидесятых годов началось его применение в первых аппаратах, а затем началось его триумфальное покорение практически всех видов высоковольтных аппаратов.

Элегаз – сокращенное выражение электрического газа, обладает рядом выдающихся свойств, обусловивших его применение в высоковольтных аппаратах. Его химическая формула  $SF_6$  шестифтористая сера представляет собой инертный газ с очень устойчивой молекулярной конструкцией, что придает ему высокие электроизоляционные свойства, позволяющие создавать малогабаритные высоковольтные аппараты.

Кроме того, элегаз обладает высокой дугогасительной способностью, позволяющей создавать упрощенные дугогасительные устройства с очень большим напряжением на один разрыв вплоть до напряжения 500кВ. В любых конструкциях дугогасительные устройства используются принцип многократного использования элегаза для гашения дуги, позволивший иметь в выключателях автономный объем с фильтрами для очистки высших фторидов.

В элегазе при атмосферном давлении может быть погашена дуга с током, который в 100 раз превышает ток, отключаемый в воздухе при тех же условиях. Исключительная способность элегаза гасить дугу объясняется тем, что его молекулы улавливают электроны дугового столба и образуют относительно неподвижные отрицательные ионы. Потеря электронов делает дугу неустойчивой, и она легко гаснет. В струе элегаза, т.е. при газовом дутье, поглощение электронов из дугового столба происходит еще интенсивнее.

В элегазовых выключателях применяют автопневматические дугогасительные устройства, в которых газ в процессе отключения сжимается поршневым устройством и направляется в зону дуги. Элегазовый выключатель представляет собой замкнутую систему без выброса газа наружу.

В настоящее время элегаз применяется в качестве изолирующей и дугогасящей среды в элегазовых КРУ на все напряжения, отдельно стоящих баковых и колонковых выключателей, трансформаторов тока и напряжения, ограничителях напряжения и разрядниках, кабельных и воздушных вводах, газо-изолированных линиях и др.

Наиболее эффективным оказалось применение элегаза в КРУЭ и высоковольтных выключателях.

### **3.2 Требования к выбору выключателей**

Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать номинальный ток  $I_{ном}$  и номинальное напряжение  $U_{ном}$ .

В соответствии с ГОСТ –687-70 выключатели характеризуются следующими параметрами:

*Номинальный ток отключения*  $I_{отк,ном}$  – наибольший ток КЗ (действующее значение), который выключатель способен отключить при напряжении, равном наибольшему рабочему напряжению при заданных условиях восстанавливающего напряжения и заданном цикле операций. Номинальный ток отключения определяется действующим значением периодической составляющей в момент расхождения контактов.

Допустимое относительное содержание аperiodического тока в токе отключения  $\beta_{\text{НОМ}}$ , которое определяется, как по кривой на рисунке 12.36 [2], так

$$\beta_{\text{НОМ}} = \frac{i_{a,\text{НОМ}}}{\sqrt{2}I_{\text{отк,НОМ}}}$$

Нормированное значение  $\beta_{\text{НОМ}}$  определяется для момента расхождения контактов

$$\tau = t_{z,\text{min}} + t_{c,\text{в}} = 0.01 + t_{c,\text{в}}$$

$\tau$  – расчетное время размыкания дугогасительных контактов.

*Нормированные циклы операций включения и отключения.*

Для выключателей, предназначенных для работы с АПВ, нормированы следующие циклы:

$$O - t_{\text{бт}} - \text{ВО} - 180\text{с} - \text{ВО};$$

$$O - 180\text{с} - \text{ВО} - \text{ВО},$$

Где O – операция отключения К.З;

ВО – операция включения на К.З. и немедленно (без преднамеренной выдержки времени) следующая за ней операция отключения;

180 – промежуток времени в секундах;

$t_{\text{бт}}$  – нормированная бестоковая пауза при АПВ (время от погасания дуги до появления тока при последующем включении), значение которой для разных типов выключателей может находиться в пределах от 0,3 до 1,3с.

Для выключателей, не предназначенных для работы с АПВ, установлен только второй цикл.

*Устойчивость при сквозных токах К.З.*, которое характеризуется токами термической стойкости  $I_T$  и предельным сквозным током  $I_{\text{пр,с}}$  – действующее значение,  $i_{\text{пр,с}}$  – амплитудное значение, которое выключатель выдерживает во включенном положении без повреждений, препятствующих дальнейшей работе.

*Номинальный ток включения* – ток КЗ, который выключатель с соответствующим приводом способен включить без приваривания контактов и других повреждений при  $U_{\text{ном}}$  и заданном цикле. В каталогах дается действующее значение этого тока  $I_{\text{вкл,ном}}$  и амплитудное значение  $i_{\text{вкл,ном}}$ .

*Собственное время отключения*  $t_{c,в}$  – промежуток времени от начало подачи команды на отключение до момента расхождения дугогасительных контактов.

*Время отключения*  $t_{o,в}$  – промежуток времени от подачи команды на отключения до момента погасания во всех полюсах.

*Время включения*  $t_{в,в}$  – промежуток времени от момента подачи команды на включение до возникновения тока в цепи.

*Параметры восстанавливающегося напряжения* при номинальном токе отключения – скорость восстанавливающегося напряжения, нормированная кривая, коэффициент превышения амплитуды и восстанавливающегося напряжения.

### **3.3 Расчет токов короткого замыкания**

При выборе оборудования распределительных устройств производят проверку коммутационных аппаратов на электродинамическую и термическую устойчивость в аварийных режимах. В связи с этим очевидна необходимость расчета токов короткого замыкания при замыкании на шинах высокого и низкого напряжения подстанции.

Коротким замыканием (КЗ) называется всякое не предусмотренное нормальными условиями работы соединение двух точек электрической цепи (непосредственно или через малое сопротивление).

Параметры входящих в расчетную схему элементов (трансформаторов, линий и т.д.) в справочной литературе указывают в различных единицах (именованных, относительных, в процентах), отнесенных к номинальным условиям их работы. Поэтому необходимо параметры этих элементов привести к базисным условиям.

При известной мощности системы в максимальном режиме  $S_{c \text{ max}} = 2222 \text{ МВА}$  и в минимальном режиме  $S_{c \text{ min}} = 2000 \text{ МВА}$ , расчет токов короткого замыкания произведём аналитическим методом в относительных единицах. Все сопротивления

приводим к базисной мощности  $S_б$ . За базисную мощность можно принять любую мощность, но наиболее удобно принять  $S_б = 100$  МВА. Ток трехфазного короткого замыкания рассчитывается по формуле:

$$I_k^{(3)} = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_{ст}}, \quad (3.1)$$

где  $S_k$  – мощность трехфазного короткого замыкания, МВА;

$U_{ст}$  – напряжение ступени в точке короткого замыкания, кВ.

Ток двухфазного короткого замыкания определяется как:

$$I_k^{(2)} = 0,866 \cdot I_k^{(3)}. \quad (3.2)$$

Ток однофазного короткого замыкания определяется как:

$$I_k^{(1)} = 0,55 \cdot I_k^{(3)}. \quad (3.3)$$

Ударный ток короткого замыкания определяется как:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k^{(3)}, \quad (3.4)$$

где  $K_{уд}$  – ударный коэффициент, значение которого есть функция  $K_{уд} = f\left(\frac{x}{r}\right)$  определяемая по кривым из [3],

$K_{уд} = 1,65$  для шин 110кВ;

Мощность короткого замыкания определяется по формуле:

$$S_k = \frac{S_б}{X_{*рез}}, \quad (3.5)$$

где  $X_{*рез}$  – результирующее сопротивление до точки короткого замыкания.

Рассчитанные данные сведем в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 Результаты расчетов токов КЗ на шинах пс «Комсомольская»

Точка КЗ	режим	$U_{ст}, В$	$i_{уд}, А$	$I_K^{(3)}, А$	$I_K^{(2)}, А$	$I_K^{(1)}, А$
Шины 500кВ	max	515	-	2480	2147	1364
	min	515		2159	1869	1187
Шины 220кВ	max	235	-	6292	5449	3460
	min	235		5463	4731	3004
Шины 110кВ	max	125	33762	14410	12479	7925
	min	125		13486	11678	7569

Продолжение таблицы 1.2

Шины 10кВ	max	10,5	-	60488	52382	33268
	min	10,5		55907	48415	30748

### 3.4 Расчет максимального рабочего тока присоединений 110кВ

Электрические аппараты, изоляторы и токоведущие устройства работают в трех основных режимах: длительном, перегрузки и короткого замыкания.

В длительном режиме надежная работа аппаратов обеспечивается правильным выбором их по номинальному напряжению и току.

В режиме перегрузки надежная работа аппаратов электрических установок обеспечивается ограничением значения и длительности повышения напряжения или тока в таких пределах, при которых гарантируется нормальная работа установок за счет запаса прочности.

В режиме короткого замыкания надежная работа аппаратов обеспечивается соответствием выбранных параметров устройств условиям термической и электродинамической стойкости.

За наибольший рабочий ток присоединения принимают ток с учетом допустимой перегрузки длительностью не менее 30 минут. При расчете максимальных рабочих токов, необходимо учесть возможность 1,4-кратной перегрузки трансформаторов в наиболее неблагоприятном режиме, увеличение токов параллельно включенных трансформаторов и линий в случае отключения одного из трансформаторов или линии. Так как возможны изменения потребления мощности нагрузок принимаем коэффициент запаса, который равен 30% от существующей мощности потребителей.

Таблица 1.3 Максимальный рабочий ток на шинах 110кВ

Наименование потребителя	Расчетная формула	Расчет максимального рабочего тока
Шины 110 кВ	$I_{p \max} = \frac{k_{pn} \cdot k_{np} \cdot S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_n}$	$I_{p \max 1} = \frac{0,7 \cdot 1,3 \cdot 63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 115} = 288 \text{ A}$
Ввод силового трансформатора	$I_{p \max 3} = \frac{k_n \cdot S_{тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ст1}}$	$I_{p \max 3} = \frac{1,4 \cdot 63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 115} = 443 \text{ A}$

Величины используемые при нахождении максимальных рабочих токов основных присоединений подстанции:

$k_{np}$  – коэффициент перспективы развития потребителей, равный  $k_{np} = 1,3$ ;

$k_{pn}$  – коэффициент распределения нагрузки по шинам,  $k_{pn} = 0,7$ ;

$S_{max}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$k_n$  – допустимый коэффициент перегрузки трансформатора,  $k_n = 1,4$ ;

$U_n$  – номинальное напряжение ступени, кВ.

### 3.5 Проверка электрических аппаратов по термической стойкости в режиме короткого замыкания

Для проверки электрических аппаратов по термической устойчивости в режиме КЗ необходимо определить величину теплового импульса:

$$B_K \leq I_{т,ном}^2 \cdot t_{т,ном}, \quad (3.6)$$

где  $B_K$  – тепловой импульс тока короткого замыкания,  $кА^2 \cdot с$ ;

$I_{т,ном}$  – номинальный ток термической стойкости – действующее значение незатухающего периодического тока короткого замыкания, установленное заводом-изготовителем для отключающих аппаратов положении полного включения;

$t_{т,ном}$  – номинальное время термической стойкости, к которой отнесен  $I_{т,ном}$ .

Полный тепловой импульс квадратичного тока короткого замыкания, определяем по формуле:

$$B_K = (I_K'')^2 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (3.7)$$

где  $I_K''$  - периодическая составляющая сверхпереходного тока,  $кА$ ;

$t_{откл}$  – время отключения тока короткого замыкания,  $с$ ;

$T_a$  – постоянная времени затухания аperiodической составляющей цепи короткого замыкания,  $с$ .

Согласно [3] постоянная времени затухания аperiodической составляющей цепи короткого замыкания  $T_a = 0,03 с$ .

Время отключения тока короткого замыкания,  $с$ , определяется по формуле:

$$t_{откл} = t_3 + t_B, \quad (3.8)$$

где  $t_3$  – время срабатывания основной защиты,  $t_3 = 0,15 с$  [8];

$t_B$  – полное время отключения выключателя, принимаемое из паспортных данных выключателя,  $с$ .

Результаты расчетов по формулам (3.7÷3.8) заносим в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 Результаты расчета теплового импульса

Наименование РУ	$I''_K$ , кА	$t_3$ , с	$t_B$ , с	$B_K$ , кА <sup>2</sup> ·с
РУ – 110 кВ	14,41	0,15	0,025	36,33

### 3.6 Выбор оптимального варианта по результатам технико-экономических расчётов

При выборе оптимального варианта установки элегазовых выключателей в распределительном устройстве 110кВ по результатам технико-экономических расчетов необходимо определить по экономической эффективности, а также они должны удовлетворять требованиям: надежности, экономичности, удобства эксплуатации, качества электроэнергии и возможности дальнейшего развития.

Экономическая эффективность характеризует целесообразность или оптимальность инвестиционных вложений для осуществления капиталоемких мероприятий. Экономический результат или эффект характеризуют различные показатели: дополнительные доходы, прибыль или экономия текущих затрат.

Основным показателем экономической эффективности является суммарные приведенные затраты, которые рассчитываются по каждому варианту.

$$Z_{пр} = E_n K + C, \text{ руб/год}, \quad (3.9)$$

где  $Z_{пр}$  – приведенные строительно-эксплуатационные расходы;

$E_n$  - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений  $E_n = 0,15$  [7];

$C$  – текущие эксплуатационные расходы производства;

$K$  – капитальные затраты, включающиеся в себя стоимость оборудования, транспортировка, монтажных и строительных работ.

Издержки на эксплуатацию определяются по формуле:

$$C = p_{\Sigma} \cdot K, \quad (3.10)$$

$$p_{\Sigma} = p_a + p_p + p_o, \quad (3.11)$$

где  $p_{\Sigma}$  - отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание;

$p_a$  – амортизационные отчисления;

$p_p$  – отчисления на ремонт;

$p_o$  – отчисления на обслуживания.

Эти отчисления используются для осуществления технического прогресса народного хозяйства в целом. Для силового электротехнического оборудования и распределительных устройств классом напряжения 110кВ согласно [7]  $p_a=0,058$ ,  $p_p+p_o=0,03$ .

Определим отчисления по формуле (3.11):

$$p_{\Sigma} = 0,058 + 0,03 = 0,088$$

Стоимость элегазового выключателя класса напряжения 110кВ колонкового типа ЛТВ 145 D1/В выпускаемой ООО «АББ Электроинжиниринг» составляет 1072 тыс. руб.

Стоимость элегазового выключателя класса напряжения 110кВ колонкового типа ВЭК110Б – 40/2000 выпускаемой ОАО «Электротяжмац» составляет 993 тыс. руб.

Производим расчет отчисления от капитальных вложений по формуле (3.15) для обоих вариантов:

Т.к. завод дает гарантию эксплуатацию выключателя без ремонтов сроком на 15 лет, то  $p_p$  в I варианте учитывать не будем :

для I варианта

$$p_o=0,015$$

$$p_{\Sigma} = 0,058 + 0,015 = 0,073$$

$$C = 0,073 \cdot 1072000 = 78256 \text{ руб./год}$$

Определим суммарные приведенные затраты для I варианта:

$$Z_{\text{пр}} = 0,15 \cdot 1072000 + 78256 = 239056 \text{ руб/год,}$$

для II варианта

$$C = 0,088 \cdot 993000 = 87384 \text{ руб./год}$$

$$Z_{\text{пр}} = 0,15 \cdot 993000 + 87384 = 236334 \text{ руб/год}$$

Оценку экономической эффективности также можно определить по сроку окупаемости, который характеризует период времени, в течении которого вложенные инвестиции окупятся за счет прибыли, полученной от внедрения проекта.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta C}, \quad (3.12)$$

где  $K$  – капитальные вложения;

$\Delta C$  – снижение текущих расходов на содержание и обслуживание выключателя.

$$\Delta C = C_{\text{др}} - C_{\text{пр}}, \quad (3.13)$$

где  $C_{\text{др}}$ ;  $C_{\text{пр}}$  – расходы на содержание и обслуживание объекта до и после реконструкции.

расходы на содержание и обслуживание выключателя 110кВ до реконструкции состоят из:

- ежегодного расхода трансформаторного масла в количестве 300 литров, (50руб. литр);

- обслуживания и ремонт, ( в среднем возьмем месячную зарплату 8 и 9 разряда электромонтера из расчета ФЗП пс Комсомольская равной 3 ср. мес. =6492 руб., и 7402 руб.);

- ущерб от перерыва электроснабжения, пропорциональный недоотпущенной энергии. В свою очередь сюда входят ущерб от недоотпуска продукции, оплата за простой, непроизводственные расходы материалов:

$$Y_{нд} = y_0 \cdot \mathcal{E}_{нд}, \quad (3.14)$$

где  $y_0$  – удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии, руб./(кВт·ч) согласно [7] эта величина может быть принята 1,5 руб./кВт·ч

$\mathcal{E}_{нд}$  – энергия, недоотпущенная в год из-за отключения потребителей, кВт·ч, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{нд} = \frac{T_{\Sigma} \cdot \mathcal{E}_{год}}{8760}, \quad (3.15)$$

где  $\mathcal{E}_{год}$  – энергия полученная потребителем за год (8760 ч), кВт·ч/год, определяемая по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = P_{см} \cdot T, \quad (3.16)$$

где  $T_{\Sigma}$  - время простоя (средняя суммарная продолжительность перерывов электроснабжения в год, вызванная ремонтом и другими причинами). Величина  $T_{\Sigma}$  для выключателя 110кВ принимается, согласно [7], равной 6 часам.

Средняя величина  $P_{см}$  для потребителей 110кВ пс Комсомольская 25000кВт.

Произведем расчет по формулам (3.14 – 3.16):

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 25000 \cdot 8760 = 219000000 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\mathcal{E}_{\text{но}} = \frac{6 \cdot 219000000}{8760} = 150000 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$Y_{\text{нд}} = 1,5 \cdot 150000 = 225000 \text{ руб.кВт}\cdot\text{ч/год}$$

Расчет для I варианта:

$$C_{\text{др}} = 15000 + 7402 + 6492 + 225000 = 253894 \text{ руб./год}$$

$$C_{\text{пр}} = 0,015 \cdot 1072000 = 16080 \text{ руб/год}$$

$$\Delta C = 253894 - 16080 = 237814 \text{ руб./год}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{1072000}{237814} = 4,5 \text{ года}$$

Расчет для II варианта:

$C_{\text{пр}}$  – расходы на обслуживания после реконструкции для расчета согласно [7],  
 $r_p + r_o = 0,03$ .

$$C_{\text{пр}} = 0,03 \cdot 993000 = 29790 \text{ руб./год}$$

$$\Delta C = 253894 - 29790 = 224104 \text{ руб./год}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{993000}{224104} = 4,4 \text{ года}$$

Результаты технико-экономических расчётов сведём в таблицу 1.5

Таблица 1.5 Результаты технико-экономических расчётов

Показатель	Ед. измерения	Тип выключателя	
		ЛТВ-145	ВЭК-110
Приведенные затраты	руб/год	239056	236334
Срок окупаемости	год	4,5	4,4

По результатам технико-экономических видно, что по сроку окупаемости и затратам они примерно одинаковы. Выберем выключатель типа ЛТВ-145, т.к. его высокая стоимость компенсируется простотой обслуживания, меньшими затратами на эксплуатацию и ремонты.

### 3.7 Выбор выключателей

При выборе выключателей его паспортные параметры сравнивают с расчетными условиями работы на подстанции. Выбору подлежат выключатели всех распределительных устройств и присоединений с учетом наиболее тяжелого режима их работы.

Выключатели выбираются:

по номинальному напряжению;

$$U_n \geq U_{с.ном}, \quad (3.17)$$

по номинальному длительному току;

$$I_H \geq I_p, \quad (3.18)$$

по отключающей способности:

по номинальному периодическому току отключения;

$$I_{H.откл} \geq I_k, \quad (3.19)$$

по полному току отключения;

$$\sqrt{2} \cdot I_{H.откл} \cdot (1 + \beta_H) > (\sqrt{2} \cdot I_k + i_{ат}), \quad (3.20)$$

по электродинамической стойкости:

по предельному сквозному току короткого замыкания;

$$I_{пр.с} \geq I_k, \quad (3.21)$$

по ударному току;

$$i_{пр.с} \geq i_y, \quad (3.22)$$

по термической стойкости;

$$I_m^2 \cdot t_m > B_k, \quad (3.23)$$

где  $U_H$  – номинальное напряжение, кВ;

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

$I_H$  – номинальный ток выключателя, А;

$I_{р.мах}$  – максимальный рабочий ток присоединения, где устанавливают выключатель, А;

$I_{н.откл}$  – номинальный ток отключения выключателя по каталогу, А;

$I_K$  – максимальный ток короткого замыкания, который предстоит отключать выключателю по расчету, кА;

$i_{ат}$  – аperiodическая составляющая тока короткого замыкания в момент расхождения контактов выключателя, кА;

$I_{пр.с}$  – эффективное значение периодической составляющей предельного сквозного тока короткого замыкания по каталогу, кА;

$i_{пр.с}$  – амплитудное значение предельного сквозного тока короткого замыкания по каталогу, кА;

$i_y$  – ударный ток короткого замыкания по расчету, кА;

$I_T$  – предельный ток термической стойкости по каталогу, кА;

$t_T$  – время прохождения тока термической стойкости по каталогу, с;

$W_K$  – тепловой импульс тока короткого замыкания по расчету, кА<sup>2</sup> с;

$\beta_H = f(\tau)$  – номинальное нормированное значение относительного содержания аperiodической составляющей в отключаемом токе, определяется для средних условий эксплуатации.

$$\tau = t_{з.мин} + t_{св}, \quad (3.24)$$

где  $\tau$  – минимальное время от начала короткого замыкания до момента расхождения контактов выключателя, с;

$t_{з.мин}$  – минимальное время действия защиты, 0,01 с;

$t_{св}$  – собственное время отключения по паспорту, с.

аperiodическая составляющая тока короткого замыкания в момент расхождения контактов выключателя определяется по формуле:

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot e^{-\tau/T_a}, \quad (3.25)$$

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 14410 \cdot e^{-0,04/0,03} = 5393A$$

Выключатель типа LTB145D1/B с пружинным приводом типа BLK 222 применяется для коммутации электрических цепей в нормальных и аварийных режимах, в том числе в циклах АПВ, в сетях трехфазного переменного тока частоты 50 Гц с номинальным напряжением 110кВ.

Выключатель предназначен для эксплуатации на открытом воздухе в районах с умеренным климатом при следующих условиях:

а). окружающая среда – не взрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию;

б). верхнее рабочее значение температуры окружающего выключатель воздуха - + 40<sup>0</sup>С;

д). верхнее предельное значение температуры окружающего выключатель воздуха- + 45<sup>0</sup>С;

ж). нижнее рабочее значение температуры окружающего выключатель воздуха – при заполнении выключателя элегазом – минус 40<sup>0</sup>С, при заполнении выключателя газовой смесью «элегаз-азот» – минус 50<sup>0</sup>С;

к). относительная влажность воздуха при t 20<sup>0</sup>С – 80% (верхнее значение 100% при t 25<sup>0</sup>С);

л). выключатель нормально работает в условиях гололеда при толщине корки льда до 20мм и ветре со скоростью 15м/с, а при отсутствии гололеда – при ветре со скоростью 40м/с;

м). высота установки над уровнем моря не более 1000 м;

н). тяжение проводов в горизонтальном направлении перпендикулярно плоскости выключателя, приложена к выводам, не более 1500 Н;

п). допустимый уровень сейсмичности по шкале MSK – 64 для выключателей:

1). нормального исполнения – 6 баллов,

2). специального исполнения – 9 баллов.

Длина пути утечки внешней изоляции выключателя – 2950 мм (степень загрязнения II по ГОСТ 8920-89) или 3900 мм (степень загрязнения IV по ГОСТ 8920-89).

Основные технические характеристики выключателя сведем в таблицу 1.6, таблицу 1.7.

Таблица 1.6 Основные технические характеристики выключателя

Наименование параметра	Норма
Номинальное напряжение, кВ	110
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	126
Номинальный ток, А	3150
Номинальный ток отключения, кА	31,5
Номинальное относительное содержание апериодической составляющей в токе отключения, % не более	52
Параметры сквозного тока короткого замыкания, кА:	
- наибольший пик	80
- начальное действующее значение периодической составляющей	31,5
- ток термической стойкости ( трехсекундный)	31,5
Параметры тока включения, кА:	
- наибольший пик	80
- начальное действующее значение периодической составляющей	31,5
Ток отключения ненагруженной линии, А	50
Ток отключения одиночной конденсаторной батареи, А	300
Собственное время отключения, мс	19-25
Полное время отключения, мс, не более	40
Собственное время отключения, мс, не более	40
Минимальная бестоковая пауза при АПВ, с	0,300
Нормированное испытательное напряжение, кВ:	
- промышленной частоты 50 Гц, 1 мин	230
- грозового импульса	
относительно земли и между полюсами	550

между разомкнутыми контактами	630
Номинальное давление элегаза при 20 <sup>0</sup> С, кгс/см <sup>2</sup> :	
абсолютное	5
избыточное	4
Давление элегаза при 20 <sup>0</sup> С, кгс/см <sup>2</sup> , при котором:	
- срабатывает предупредительная сигнализация	
абсолютное	4,5
избыточное	3,5
- блокируется работа выключателя	
абсолютное	4,3
избыточное	3,3
Масса выключателя полная, кг	1360
Масса привода, кг	205
Масса элегаза, кг	5

Таблица 1.7 Основные технические данные пружинного привода BLK 222

Элемент привода	Наименования параметра	Норма
Катушка управления	Номинальное напряжение (пост.), В	220
	Рабочий диапазон напряжения, %	70-110
	Потребляемая мощность, Вт	200
Двигатель	Номинальное напряжение, В	
	- постоянного тока	110 или 220
	- переменного тока	220
	Рабочий диапазон напряжений, %	
	- постоянного тока	85-110
	- переменного тока	80-110
	Рабочий ток (пост.), А	12 6

	Пусковой ток, А	13 18
	Режим работы	кратковременный
	Время заряда пружин, с	10-15
Блок - контакты	Длительный ток, А	25
	Отключаемый ток, А:	
	постоянный	4 2
	переменный	25

Выключатель оборудован устройствами антиконденсационного и низкотемпературного подогрева, работающими на напряжении 220 В переменного тока:

- а). антиконденсационный подогрев шкафа привода – 70 Вт;
- б). низкотемпературный подогрев шкафа привода – 140Вт.

Антиконденсационный подогреватель включен постоянно.

Низкотемпературный подогреватель включается автоматически термостатом при снижении температуры до минус 25<sup>0</sup> С и отключается при повышении ее до минус 20<sup>0</sup> С.

Выключатель выполняет следующие операции и циклы операций:

- а). отключение (О);
- б). включение (В);
- в). включение-отключение (ВО);
- д). отключение-включение (ОВ);
- ж). отключение – включение - отключение (ОВО);
- к). коммутационные циклы по ГОСТ 687-78:
  - 1). цикл 1: О - 0,3 с – ВО – 180с – ВО;
  - 2). цикл 2: О – 180с – ВО – 180с – ВО;
  - 3). цикл 1а: О - 0,3 с – ВО – 20с – ВО.

Допускаемое для выключателя без осмотра и ремонта суммарное число отключений (плюс включений) токов:

40 кА – не менее 20 (10);

24 кА – не менее 50;

3150 А – не менее 5000.

По паспортным данным проверим данный выключатель по техническим параметрам и данные сведем в таблицу 1.8

Таблица 1.8 Расчета выбора выключателя

Условия выбора	Расчетные данные сети	Паспортные данные
		Выключатель ЛТВ145D1/В с пружинным приводом типа ВЛК 222
$U_{с.ном} \leq U_H$	$U_{с.ном} = 110 \text{ кВ}$	$U_H = 110 \text{ кВ}$
$I_p \leq I_H$	$I_{p,max} = 443 \text{ А}$	$I_H = 3150 \text{ А}$
$I_k \leq I_{H.откл}$	$I_k = 14,4 \text{ кА}$	$I_{H.откл} = 31,5 \text{ кА}$
$I_k \leq I_{пр.с}$	$I_k = 14,4 \text{ кА}$	$I_{пр.с} = 31,5 \text{ кА}$
$i_y \leq i_{пр.с}$	$i_y = 33,7 \text{ кА}$	$i_{пр.с} = 80 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{H.откл} \cdot (1 + \beta_H) > (\sqrt{2} \cdot I_k + i_{ат})$	$\sqrt{2} I_k + i_{ат} =$ $= \sqrt{2} \cdot 14,4 + 5,4 = 25,8 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{H.откл} (1 + \beta_H) =$ $= \sqrt{2} \cdot 31,5 (1 + 0,24) =$ $55,4 \text{ кА}$
$I_m^2 \cdot t_m > B_k$	$B_k = 36,33 \text{ кА}^2$	$I_m^2 \cdot t_m = 14,4^2 \cdot 3 =$ $622 \text{ кА}^2 \text{с}$

Согласно расчетным данным, технико-экономическому обоснованию и паспортным характеристикам для установки в рапредустройстве 110кВ выбираем элегазовые выключатели типа LTB145D1/В с пружинным приводом типа ВLK 222.

### 3.8 Устройство и работа выключателя

Выключатель типа LTB 145 D1/В относится к электрическим коммутационным аппаратам высокого напряжения, в которых дугогасительной и изоляционной средой является элегаз (шестифтористая сера - SF<sub>6</sub>).

В состав выключателя входят три полюсные колонки 2-4, опорная балка 5, пружинный привод 1, отключающий механизм с отключающей пружиной 7 и две опорные стойки 6 (рис.5).

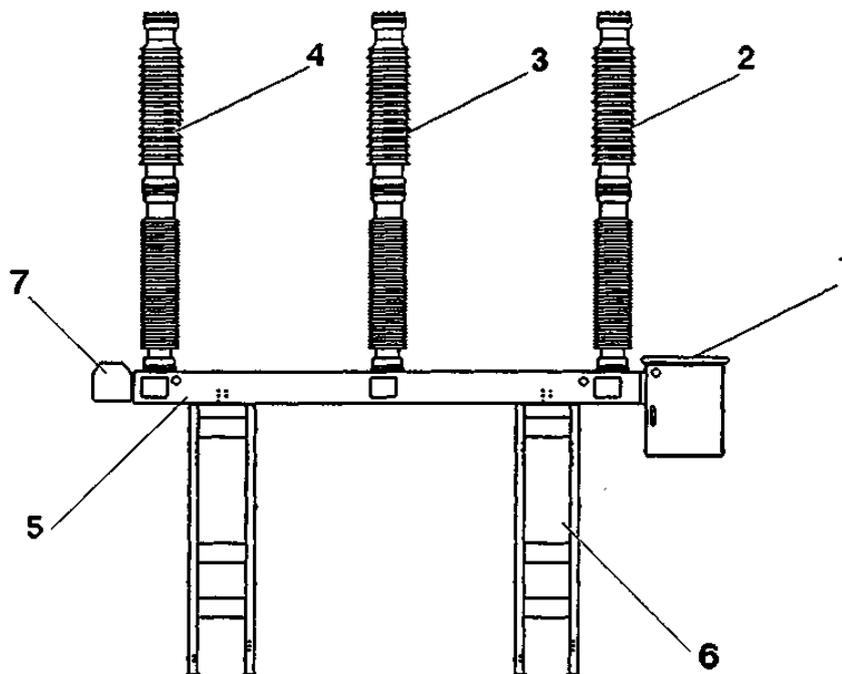


Рисунок 5 Выключатель LTB145D1/В с пружинным приводом типа ВLK 222.

- 1). привод;
- 2). полюс А;
- 3). полюс В;
- 4). полюс С;
- 5). опорная балка;
- 6). опорная стойка;
- 7). отключающий механизм.

Полюса выключателя кинематически соединяются между собой, с приводом и с отключающей пружиной с помощью тяг. Привод крепится к опорной балке. Включающая пружина, вспомогательное оборудование и устройства, необходимые для работы выключателя, помещены в шкафу привода. Отключающая пружина находится на противоположном от привода торце опорной балки.

В выключателе используется одно-разрывное поршневое дугогасительное устройство с автодутьем. Гашение электрической дуги обеспечивается воздействием на нее потока элегаза. При отключении небольших токов поток элегаза создается в результате его сжатия в дутьевом цилиндре за счет энергии привода, а при отключении больших токов в результате повышения давления в объеме, который нагревается дугой, т.е. за счет энергии дуги отключения.

Помимо надежного отключения токов КЗ во всем диапазоне вплоть до номинального тока отключения дугогасительное устройство также обеспечивает:

- а). отключение емкостных токов без повторных пробоев благодаря высокой электрической прочности элегаза и оптимизации скорости движения контактов;

б). низкий уровень перенапряжения при отключении небольших индуктивных токов как результат оптимального гашения дуги при переходе тока через нулевое значение;

в). высокую электрическую прочность изоляции даже при атмосферном давлении элегаза благодаря большому межконтактному промежутку.

Привод расположен в компактном шкафу управления, выполненном из стойкого к коррозии материала. Его основные элементы характеризуются следующими особенностями:

а). включающая спиральная пружина действует непосредственно на оперативный рычаг без промежуточных элементов;

б). включающая спиральная пружина заряжается небольшим универсальным двигателем;

в). отключающая и включающая защелки имеют идентичную конструкцию, обладают большим быстродействием и виброустойчивостью;

д). на заключительной стадии перемещения подвижной системы при отключении ее энергия гасится амортизатором.

Элементы схемы электрического управления, контрольные устройства и подогреватели также размещены в шкафу управления. Шкаф управления имеет тепло- и звукоизоляцию и устройства для ввода цепей низкого напряжения.

Полнос выключателя содержит дугогасительное устройство, опорный изолятор и корпус механизма, которые образуют общий герметизированный объем, заполняемый смесью газов при давлении 0,7 МПа соответственно. Надежность работы элегазовых выключателей зависит от сохранения необходимой плотности газа и нейтрализации воздействия увлажнения и продуктов разложения элегаза дугой отключения. Для этого в конструкции выключателя предусмотрены:

а). двойные кольцевые уплотнения;

б). фильтр в каждом полюсе, поглощающий избыточную влагу и продукты разложения элегаза дугой;

в). монитор плотности элегаза или газовой смеси, содержащий реле давления с температурной компенсацией, который выдает сигнал при снижении давления ниже установленной величины в случае утечек.

В нормальном положении выключатель включен, включающая пружина в приводе и отключающая пружина в отключающем механизме заведены. При этом выключатель готов выполнить команду на отключение и быстродействующее АПВ. Выключатель удерживается во включенном положении с помощью отключающей защелки. Включающая пружина удерживается в заведенном состоянии с помощью включающей защелки. Обе защелки находятся в приводе.

При подаче команды на отключение отключающая катушка освобождает отключающую защелку, и вал отключающего механизма под действием пружины поворачивается. От отключающего механизма движение с помощью тяг, находящихся в опорной балке, передается рычагам полюсов выключателя, затем изоляционным оперативным тягам полюсов и подвижным контактам. Выключатель отключается. В конце хода движение демпфируется масляным амортизатором.

При команде на включение включающая катушка освобождает включающую защелку. Приводной рычаг привода под действием включающей пружины поворачивается и через передаточный рычаг передает движение тягам, находящимся в опорной балке, рычагам полюсов выключателя, затем изоляционным оперативным тягам полюсов и подвижным контактам. Одновременно заводится отключающая пружина. В конечном положении передаточный рычаг фиксируется отключающей защелкой, а приводной рычаг освобождается от сцепления с передаточным рычагом. После включения выключателя запускается двигатель и заводится включающая пружина. При этом вал привода

и приводной рычаг фиксируются включающей защелкой. После полной заводки пружины концевой выключатель размыкает цепь питания двигателя.

Электрическая схема предусматривает контроль и сигнализацию состояния элегаза и привода выключателя с выдачей следующих сигналов:

- а). снижение давления элегаза или газовой смеси;
- б). блокировка отключения из-за слишком низкой плотности газа;
- в). срабатывание автоматического выключателя защиты двигателя;
- д). неполный завод включающей пружины.

### **3.9 Устройство и работа составных частей**

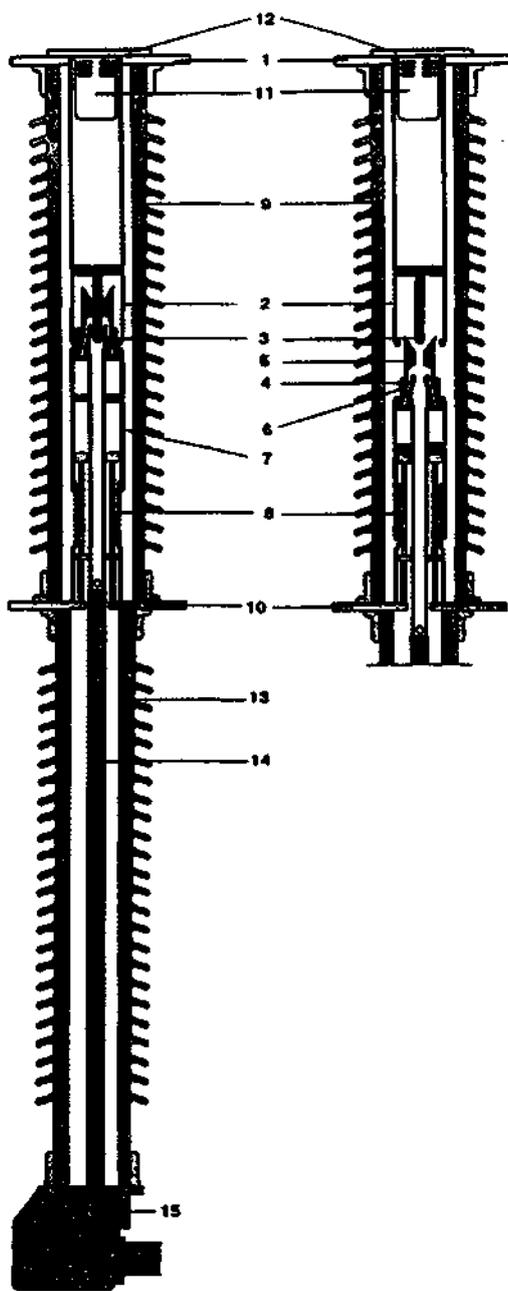
#### **3.9.1 Полюс выключателя**

Полюс выключателя (рис.6) представляет собой наполненную элегазом колонку, содержащую опорный изолятор 13, дугогасительное устройство в изоляторе 9 и корпус с механизмом 15. В опорном изоляторе проходит изоляционная оперативная тяга 14, соединяющая механизм полюса с подвижными контактами 4 и 6.

Дугогасительное устройство состоит из верхнего фланца с контактным выводом 1, главного неподвижного контакта 2, дугогасительного неподвижного контакта 3, дугогасительного подвижного контакта 4, дутьевого сопла 5, главного подвижного контакта 6, автодутьевого цилиндра 7, автодутьевого поршня 8, фарфорового изолятора 9, нижнего фланца с контактным выводом 10, адсорбционного фильтра 11.

При включенном положении выключателя основная часть тока проходит через главные контакты. После размыкания главных токоведущих контактов ток

проходит через дугогасительные контакты, на которых формируется дуга, образующаяся при коммутации.



**Рисунок 6 Полюс выключателя в разрезе**

- 1). верхний фланец;
- 2). главный неподвижный контакт;
- 3). дугогасительный неподвижный контакт;

- 4). дугогасительный подвижный контакт;
- 5). дутьевое сопло;
- 6). главный подвижный контакт;
- 7). автодутьевой цилиндр;
- 8). автодутьевой поршень;
- 9). изолятор дугогасительного устройство;
- 10). нижний фланец;
- 11). адсорбционный фильтр;
- 12). предохранительный диск ;
- 13). опорный изолятор;
- 14). оперативная тяга;
- 15). корпус механизма.

Автодутьевой цилиндр разделен на два отсека: отсек нагрева V1 и отсек сжатия V2 (рис.7). При отключении небольших токов давление, обеспечивающее поток элегаза и гашение дуги, создается в отсеке сжатия. При отключении токов КЗ большая энергия дуги нагревает элегаз в отсеке V1, создавая поток элегаза через сопло без дополнительной энергии от привода.

Фильтр, находящийся в верхней части дугогасительного устройства, поглощает из элегаза остаточную влагу и задерживает продукты распада элегаза.

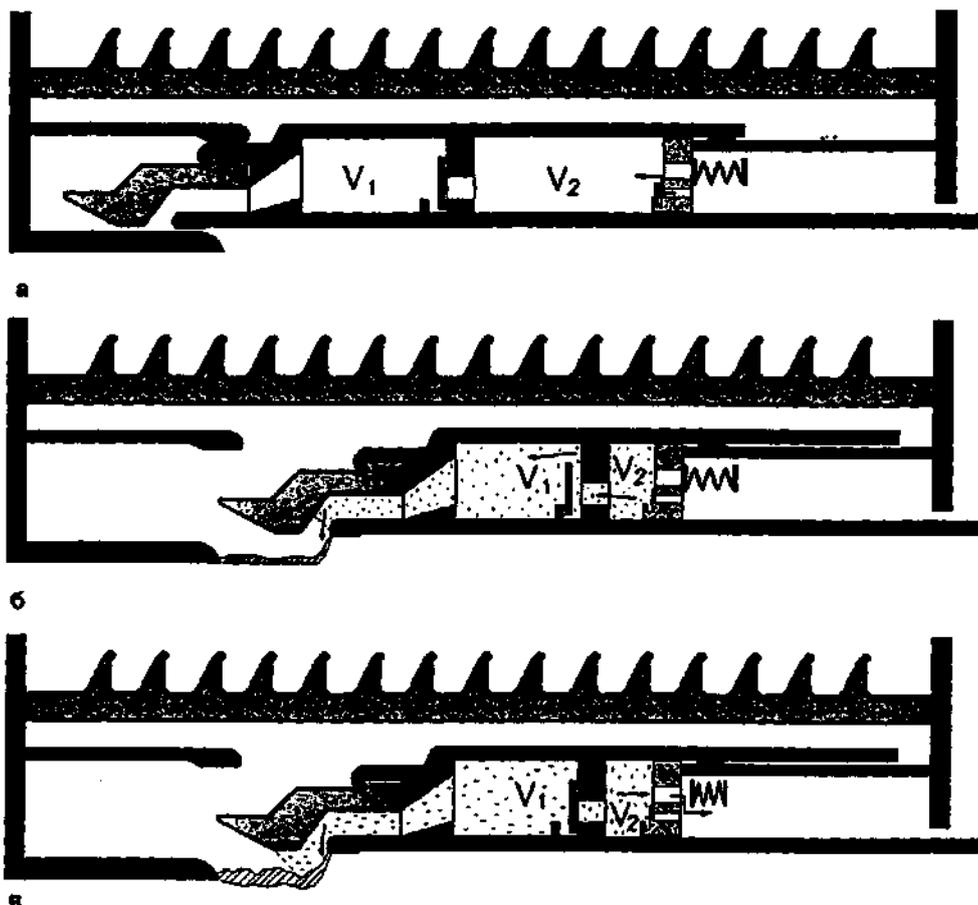


Рисунок 7 Принцип работы дугогасительного автодутьевого устройства.

- а). включенное положение;
- б). отключение небольших токов;
- в). отключение токов КЗ.

### 3.9.2 Электрическая схема

Схемы управления, сигнализации, блокировки выключателя .

- У1 - отключающая катушка 1;
- У2 - отключающая катушка 2;
- У3 - включающая катушка;

М - двигатель завода пружины;

S4 - переключатель выбора режима (дистанционное/ местное);

S1 - ключ местного управления (ВКЛЮЧИТЬ - ОТКЛЮЧИТЬ);

H1 - индикаторная лампа включенного положения ;

H3 - индикаторная лампа отключенного положения ;

BN - счетчик числа операций;

BW1 - концевой выключатель заведенного состояния  
включающей пружины (отключение двигателя);

BW2 - концевой выключатель разряженного состояния  
включающей пружины (включение двигателя);

BG - блок-контакты выключателя - 12 пар + 2 контакта  
мониторинга положения;

BT1 - термостат;

X4 - розетка;

Y7 - переключатель блокировки цепи управления двигателя при  
ручном заводе включающей пружины;

E1 - антиконденсационный подогреватель (включен постоянно);

E2 - низкотемпературный подогреватель, управляемый  
термостатом;

X1, X2 - клеммы;

K3 - реле блокировки от многократных включений;

K9 - реле блокировки включения/отключения при низкой  
плотности  
элегаза;

K10 – реле блокировки отключения при низкой плотности  
элегаза;

Q1 - контактор двигателя;

F1 - автоматический выключатель двигателя;

F2 - автоматический выключатель подогревателей;

BD - монитор плотности.

Команда на включение выключателя может быть подана на включающую катушку Y3 из шкафа управления (ключом S1) или дистанционно, если выключатель находится в отключенном положении. При включенном положении выключателя цепь включающей катушки размыкается блок-контактами BG.

В приводе имеются две независимые отключающие катушки Y1 и Y2, управление которыми может осуществляться вручную с передней панели ключом S1 или дистанционно. При отключенном положении выключателя цепи отключающих катушек разомкнуты блок-контактами BG.

Контакты монитора плотности BD воздействуют на реле K9 и K10, контакты которых блокируют команды управления при низком давлении элегаза. Реле K9 блокирует цепи включения и отключения 1. реле K10 блокирует цепь отключения 2.

Реле блокировки от многократных включений K3 блокирует длительный включающий импульс после того, как выключатель выполнил операцию включения.

Электрическая схема предусматривает контроль и сигнализацию состояния элегаза и привода выключателя с выдачей следующих сигналов:

- снижение давления газовой смеси;
- блокировка отключения из-за слишком низкой плотности газа;
- срабатывание автоматического выключателя защиты двигателя;
- неполный завод включающей пружины.

### **3.9.3 Управление выключателем**

#### **3.9.3.1 Операция включения**

Для выполнения операции включения от ключа управления S1 в шкафу управления или от дистанционного импульса должны выполнены следующие условия:

а). переключатель S4 в положении «местное» или «дистанционное»;

б). Включающая пружина заведена (включение двигателя завода пружины происходит при замыкании контакта концевого выключателя включающей пружины BW2);

в). выключатель в отключенном положении (замкнуты блок-контакты выключателя BG в цепи включения);

д). Плотность газа достаточна для нормальной работы выключателя (замкнут контакт монитора плотности BD, замкнут контакт реле K9 в цепи отключающей катушки Y1).

### **3.9.3.2 Операция отключения**

Для выполнения операции отключения от ключа управления S1 в шкафу управления или от дистанционного импульса должны быть выполнены следующие условия:

а). переключатель S4 в положении «местное» или «дистанционное»;

б). выключатель во включенном положении (замкнуты блок-контакты выключателя BG в цепях отключения);

в). плотность газа достаточна для нормальной работы выключателя (замкнут контакт монитора плотности BD, замкнут контакт реле K9 в цепи отключающей катушки Y1, замкнут контакт реле K10 в цепи отключающей катушки Y2).

### **3.9.3.3 Цикл АПВ**

Для выполнения цикла АПВ «отключение – пауза 0,3 с – включение – отключение» должны быть выполнены следующие условия:

а). переключатель S4 в положении «дистанционное»;

- б). выключатель во включенном положении ;
- в). включающая пружина привода полностью заведена;
- д). плотность газа достаточна для нормальной работы выключателя .

#### **3.9.3.4 Заводка пружины**

Включающая пружина обычно заводится двигателем. Чтобы завести пружину, включите автоматический выключатель двигателя F1. Двигатель M запускается и вращает барабан, в котором помещается пружина. После перевода пружины в заведенное положение концевой выключатель BW2 разрывает цепь контактора Q1 и отключает двигатель. После завершения операции включения выключателя концевой выключатель BW2 включает контактор Q1 замыкается цепь двигателя, который снова заводит пружину.

### **3.10 Контроль элегаза**

Для контроля плотности элегаза на выключателе устанавливается монитор плотности, который выдает сигнал при снижении плотности из-за утечек. Монитор плотности имеет два варианта исполнения: с индикатором давления или без него.

Контроль давления элегаза с помощью индикатора давления, а при его отсутствии - специально подключаемого манометра проводится через месяц после заполнения газовой системы, а затем - каждые 12 месяцев. Манометр подсоединяется к монитору плотности; к измеренным значениям давления вводится температурная компенсация. Если плотность элегаза отличается от плотности, при которой монитор выдает сигнал снижения давления менее, чем на 0.01 МПа, то рекомендуется добавить элегаз.

Если монитор плотности подает сигнал "Пополните элегаз", необходимо проверить давление элегаза и пополнить его количество в выключателе. Относительно зависимости давления элегаза от температуры. Приведенное к температуре 20°C давление заполнения составляет 0.5 МПа<sub>абс</sub>. Предупреждающий сигнал подается при снижении давления до 0.45 МПа<sub>абс</sub>.

Давление элегаза в МПа<sub>абс</sub> при различных температурах в °С указаны в таблице 1.9, где:

- а). номинальное давление элегаза;
- б). давление появления сигнала необходимости пополнения элегаза в выключателе;
- в). давление, при котором блокируется работа выключателя.

Таблица 1.9 Давление газа при различных температурах

-40°	-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°
0.35	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54
0.34	0.36	0.375	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49
0.33	0.36	0.365	0.38	0.40	0.415	0.43	0.45	0.47

### 3.11 Монтаж выключателя

Монтаж и наладку выключателя необходимо проводить на выведенном из работе оборудовании, согласно проекта производства работ, с обязательным присутствием «шеф-инженера» завода изготовителя. По установочно- габаритным размерам элегазового выключателя используем существующую строительную часть.

### 3.12 Периодичность обслуживания и ремонта выключателя

Для обеспечения надежной работы в эксплуатации выключатели должны периодически подвергаться внешнему осмотру, проходить профилактический и капитальный ремонты. В случае появления отдельных неисправностей или отказов выключателя выполняются обслуживание или ремонтные работы в объеме, необходимом для их устранения.

Объем , сроки обслуживания и ремонтов подразделяются на категории:

- 1). Обслуживание категории А – внешний осмотр;
  - 2). Обслуживание категории В – профилактический ремонт;
  - 3). Обслуживание категории С – капитальный ремонт,
- и разнесены по таблицам 1.10, 1.11, 1.12.

Таблица 1.10 Обслуживание категории А – внешний осмотр

<b>Объект или вид обслуживания</b>	<b>Интервал между обслуживаниями</b>	<b>Вид работ</b>
1. Визуальный осмотр	1-2 года	Проверка внешних загрязнений, работа подогревателей, давления газа.

Таблица 1.11 Обслуживание категории В – профилактический ремонт

<b>Объект или вид обслуживания</b>	<b>Интервал между обслуживаниями</b>	<b>Вид работ</b>
1. Изоляторы	15 лет или 5000 мех. операций ВО	Очистка изоляторов, проверка затяжки болтов и гаек
2. Оперативная надежность	15 лет или 5000 мех. операций ВО	Измерение времени срабатывание при мин. напряжении
3. Ток двигателя	15 лет или 5000 мех.	Двигатель должен

	операций ВО	заводить пружину при 85% Ун, время завода – 15с
4. Герметичность	15 лет или 5000 мех. операций ВО	Проверить датчик давления и сигнальные, блокирующие контакты манитора плотности
5. Подогреватели	15 лет или 5000 мех. операций ВО	Измерения сопротивления
6. Смазка	15 лет или 5000 мех. операций ВО	Смазка защелки
7. Червячная пара	15 лет или 5000 мех. операций ВО	Проверка уровня масла в корпусе червячной пары

Таблица 1.12 Обслуживание категории С – капитальный ремонт

<b>Объект или вид обслуживания</b>	<b>Интервал между обслуживаниями</b>	<b>Вид работ</b>
1. Капитальный ремонт	30 лет или 10000 мех. операций ВО	Замена изношенных частей

### 3.13 Герметичность элегазовых выключателей

В настоящее время в высоковольтном аппаратостроении лидирующее место заняли элегазовые аппараты, т.е. аппараты заполненные элегазом. Его химическая формула SF<sub>6</sub> представляет очень устойчивую молекулярную конструкцию, что придает ему высокие электроизоляционные свойства, позволяющие создавать

малогабаритные высоковольтные аппараты. Кроме этого элегаз обладает высокой дугогасительной способностью, позволяющей создавать упрощенные дугогасительные устройства.

Недостатком элегаза является его высокая стоимость. В этой связи для экономии элегаза потребовалось разработать электрические аппараты с высокой степенью герметичности, что, в свою очередь потребовало перевести технологию аппаратостроения на новую более высокую ступень.

В процессе эксплуатации аппаратов элегаз расходуется незначительно. Поэтому основные потери приходится на утечку через места уплотнения и дефекты оболочек. С последней проблемой промышленность справилась созданием установок по получению газоплотных оболочек, отливаемых под вакуумом для исключения газообразных включений и пор и применением прокатных материалов, из которых создавались эти оболочки. Материалом оболочек служат обычно алюминиевые сплавы, что снижает массу изделия.

Основную проблему герметичности аппарата составляют места уплотнения между отдельными оболочками и корпусами, а также подвижные соединения валов и тяг.

Установлено, что на герметичность разъемных соединений в значительной степени влияет частота обработки сопрягаемых поверхностей и качество резиновой уплотнительной прокладки. Поверхность, с которой соприкасается уплотнение, должна быть близка к зеркальной, так не допускаются риски и царапины, особенно в направлении, перпендикулярном уплотнительной прокладке.

В уплотнительных соединениях обычно уплотнительный узел имеет вид, изображенный на рисунке 8.

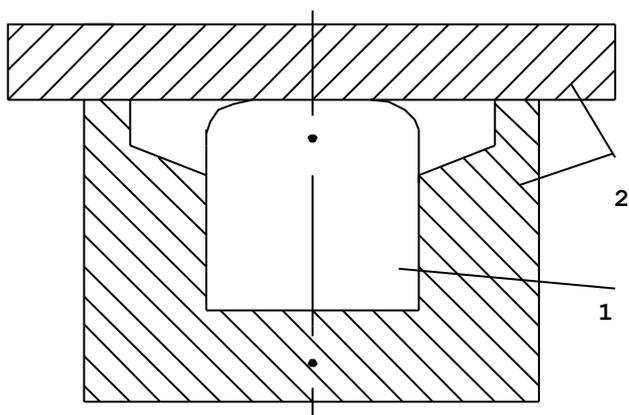


Рисунок 8 - Уплотнительный узел элегазового выключателя

- 1). резиновая прокладка;
- 2). уплотнительные соединения.

В этом соединении верхняя поверхность представляет собой плотность, нижняя имеет канавку специального профиля, в которую вкладывается резиновая уплотнительная прокладка. Требования к уплотнительной прокладке довольно жесткие. Она имеет профиль круга с точными размерами и изготавливается в специальной форме. Резина должна иметь свойство в сжатом состоянии в течение длительного времени не терять упругости даже при воздействии повышенной температуры и мороза, и после разборки соединения восстанавливать круглое сечение.

Как видно из рисунка при сжатии резинового уплотнения, сочленяемые металлические поверхности соприкасаются и ограничивают сжатие уплотнения до фиксированной величины.

Подвижные уплотнительные соединения характеризуются наличием нескольких уплотнительных колец, уложенных в неподвижный корпус и тщательной полировкой вращающегося вала или поступательно перемещающегося стержня.

Приведенные выше типы уплотнительных устройств при тщательном изготовлении обеспечивают необходимую герметичность высоковольтных аппаратов.

Требования к герметичности высоковольтных аппаратов, заполняемых элегазом, определяется величиной утечки элегаза за определенный период времени. В мировой практике установлена допустимая величина утечки из высоковольтного аппарата не более 1% от массы элегаза в год. Основные трудности в обеспечении этой величины заключаются в измерении величины утечки.

Для измерения утечки созданы различные типы приборов, которые хотя и с большей погрешностью, позволяют измерять ее величину. Эти приборы называются течеискателями и предназначены, в основном, для поиска течи газа, но при определенных условиях могут быть использованы и для измерения величины течи. Одним из таких приборов является отечественный прибор типа ГТИ. Он основан на свойстве накаленной платины, увеличивать ионную эмиссию со своей поверхности в присутствии газов, содержащих галогены. Ионный ток усиливается и регистрируется стрелочным и звуковым индикатором течи. Этот прибор позволяет осуществить поиск течи, однако для измерения течи он не пригоден из-за нестабильности показаний под воздействием внешних влияний, таких как движение воздуха, наличие табачного дыма и других.

Более совершенным является импортный течеискатель типа АІ. Его показания не зависят от внешних условий. Прибор требует для своего функционирования постоянного потока аргона, который в выносном щупе под действием слабого радиоактивного источника Ni 63 образует облако электронов, преобразуемых в детекторный ток. При попадании в это облако элегаза ток уменьшается пропорционально количеству захваченных молекул элегаза. В приборе преобразуется в увеличение тока, которое регистрируется измерительным прибором.

#### 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ И ЕЖЕГОДНОЙ ИЗДЕРЖКИ НА РЕКОНСТРУКЦИЮ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОРУ-110КВ ПС «КОМСОМОЛЬСКАЯ»

Для обеспечения поступательного технического и хозяйственного развития любого предприятия необходимо иногда существенное вложение денежных средств. Поэтому очень важно определить направления приоритетности вложения этих средств, а также обосновать экономическую целесообразность и эффективность их вложения.

Целесообразность замены старой техники определяется годовым экономическим эффектом, полученным от внедрения новой техники:

$$\mathcal{E}_{год}^{нт} = Z_{пр}^{ст} - Z_{пр}^{нт} = (C^{ст} - C^{нт}) + E_{нт} (K^{ст} - K^{нт}), \quad (4.1)$$

где  $\mathcal{E}_{нт}$  – годовой экономический эффект внедрения новой техники;

$Z_{пр}^{ст}$ ;  $Z_{пр}^{нт}$  – годовые приведенные затраты при использовании старой и новой техники;

$C^{ст}$ ,  $C^{нт}$  – текущие эксплуатационные расходы при старой и новой технике;

$K^{ст}$ ,  $K^{нт}$  – капитальные вложения, связанные с приобретением новой техники и старой техникой;

$E_{нт}$  – нормативный коэффициент эффективности новой техники  $E_{нт} = 0,15$ .

$C^{ст}$  – текущие эксплуатационные расходы примем из данного дипломного проекта  $C^{ст} = 253894$  руб/год.

$C^{нт}$  – расходы на обслуживания новой техники только амортизационные отчисления,  $p_a + p_o = 0,045$ .

$$C^{нт} = 0,045 \cdot 1072000 = 48240 \text{ руб./год}$$

Капитальные затраты при внедрении новой техники складываются из цены этой техники и стоимости монтажных работ:

$$K^{HT} = Ц^{HT} + C^{MON}, \quad (4.2)$$

где  $Ц^{HT}$  – стоимость нового оборудования с учетом затрат на его монтаж, руб.;

$C^{MON}$  – затраты на демонтаж старого оборудования (в размере 20% от стоимости монтажа внедряемого оборудования, т.к. строительная часть не меняется), руб.;

Капитальные затраты на демонтаж определяются по формуле:

$$C^{MON} = Ц^{HT} \cdot 20\% . \quad (4.3)$$

$$C^{MON} = 1072000 \cdot 0,2 = 214400 \text{ руб}$$

Рассчитаем капиталовложение на новую технику по формуле (4.1):

$$K^{HT} = 1072000 + 214400 = 1286400 \text{ руб}$$

После демонтажа оборудования произойдет ее реализация, тогда в капитальных вложениях на старую технику учитывается ее ликвидационная стоимость с тем знаком (плюс или минус), который получится при расчетах по формуле:

$$K_{CT} = K_{лик} = Ц_{пок} \left( 1 - \frac{t_{сл} - t_{исл}}{t_{сл}} \right) , \quad (4.4)$$

Где  $K_{лик}$  – ликвидная стоимость старой техники;

$Ц_{пок}$  – восстановительная стоимость приобретения старой техники, определим ее равной 200000 руб;

$t_{сл}$  – нормативны срок службы старой техники равна 20 лет;

$t_{\text{исп}}$  – фактический срок использования старой техники до момента ее замены, равен 12 лет.

$$K_{\text{ст}} = 200000 \left(1 - \frac{20-12}{20}\right) = 120000 \text{руб}$$

Таким образом, годовой экономический эффект, полученным от внедрения элегазового выключателя типа LTB 145 D1/B составит:

$$\mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{м}} = (253894 - 48240) + 0,15(1286400 + 120000) = 416614 \text{руб/год}$$

## **5 ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **5.1 Требования пожарной безопасности на пс 500кВ «Комсомольская»**

#### **5.1.1 Общие положения**

Весь персонал подстанции должен быть проинструктирован о мерах пожарной безопасности, знать основные требования «Правил пожарной безопасности для энергетических предприятий РД-153.-34.0-03.301-00», настоящей инструкции, порядок действий при обнаружении пожара и эвакуации людей, расположения средств пожаротушения, сообщения о пожаре и уметь ими пользоваться.

Каждый работающий (независимо от занимаемой должности) обязан знать, строго соблюдать и поддерживать установленный противопожарный режим, не допускать действий, которые могут привести к пожару, докладывать обо всех нарушениях требований пожарной безопасности своему руководителю.

Лица, нарушающие требования инструкций по пожарной безопасности, несут ответственность в установленном законом порядке.

#### **5.1.2 Требования пожарной безопасности к территории**

Территория подстанции должна содержаться в чистоте и систематически очищаться от отходов производства и травы. Горючие отходы, мусор и т.п. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Ко всем зданиям и сооружениям предприятия должен быть обеспечен свободный доступ. Дороги, проезды, подъезды и проходы к зданиям, сооружениям, открытым складам, пожарным водоемам и гидрантам, а также подступы к стационарным пожарным лестницам и пожарному инвентарю должны быть всегда свободными, содержаться в исправном состоянии, а зимой быть очищенными от снега и льда.

Противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями не разрешается использовать под складирование материалов, оборудования и тары, для стоянки

транспорта, строительства зданий, сооружений и размещения временных строений (вагончиков, временных навесов и т.п.)

Территория подстанции должна иметь наружное освещение, достаточное для быстрого нахождения противопожарных водосточников, наружных пожарных лестниц, входов в здания и сооружения.

На территории подстанции запрещается устилать свалки горючих отходов, разводить костры, сжигать отходы, тару.

### **5.1.3 Требования пожарной безопасности к зданиям, сооружениям, помещениям**

Противопожарные системы и установки (противодымная защита, средства пожарной автоматики, системы противопожарного водоснабжения, противопожарные двери, клапаны, другие защитные устройства в противопожарных стенах, перекрытиях и т.п.) помещений, зданий, сооружений должны постоянно содержаться в исправном рабочем состоянии.

Устройства для samozакрывания дверей должны находиться в исправном состоянии. Категорически запрещается их снимать. Не допускается устанавливать любые приспособления, препятствующие нормальному закрытию противопожарных, противодымных дверей.

В помещениях предприятия, сооружений, объектов запрещается:

а). хранить и применять в подвалах, цокольных этажах ЛВЖ и ГЖ, баллоны с газами и другие взрывопожароопасные вещества и материалы;

б). использовать чердаки, технические этажи, вентиляционные камеры и другие технические помещения для хранения оборудования, мебели и других предметов, а также организовывать в них производственные мастерские;

в). хранить ЛВЖ и ГЖ, огнеопасные материалы, вещества и товары в аэрозольной упаковке в помещениях, где производится хранение каких-либо материалов и материальных ценностей;

д). размещать на лестничных площадках кладовые, раздевалки и т.п.;

ж). снимать предусмотренные проектом двери вестибюлей, холлов, коридоров, тамбуров и лестничных клеток;

к). производить перепланировку, реконструкцию, изменение назначения помещений, установленных проектом, без согласования с органами Госпожнадзора.

л). курить в местах, не отведенных для этой цели;

м). производить электрогазосварочные и другие огневые работы; применять открытый огонь без письменного разрешения руководителя подразделения и оформления наряда-допуска;

н). устанавливать склады горючих материалов и мастерские, а также размещать иные хозяйственные помещения в подвалах и цокольных этажах, если вход в них не изолирован от общих лестничных клеток;

п). закрывать наглухо раздвижные решетки на окнах, запасные эвакуационные выходы, люки, ключи должны храниться в легкодоступном месте;

р). применять вещества с неисследованными показателями их пожаровзрывоопасности или не имеющие сертификатов, а также хранить их совместно с другими материалами и веществами;

с). хранить на рабочих местах лаки, краски, растворители, ЛВЖ и ГЖ в количестве, превышающем сменную потребность, при этом емкости должны быть плотно закрыты;

т). загромождать мебелью, оборудованием, другими предметами двери, люки на балконах и лоджиях, переходы в смежные секции и выходы на наружные эвакуационные лестницы;

ч). устраивать в лестничных клетках и коридорах кладовые, а также хранить под маршами лестниц и на их площадках вещи, мебель и другие горючие материалы;

ш). устраивать в производственных и складских помещениях зданий (кроме 5-й степени огнестойкости) антресоли, конторки и другие встроенные помещения, из горючих и трудногорючих материалов и листового металла;

щ). проводить уборку помещений с применением горючих жидкостей.

Наружные пожарные лестницы и ограждения на крышах (покрытиях) зданий и сооружений должны содержаться в исправном состоянии и не менее двух раз в год испытываться на прочность.

Приямки световых проемов подвальных помещений и цокольных этажей зданий должны регулярно очищаться от горючего мусора. Не допускается закрывать наглухо указанные приямки и окна.

Подступы к первичным средствам пожаротушения должны быть всегда свободными и не загромождаться мебелью, оборудованием и другими предметами.

При использовании предметов бытовой химии, проведении работ с ЛВЖ и ГЖ, другими опасными в пожарном отношении веществами, материалами и оборудованием необходимо выполнять меры предосторожности.

Окна чердаков, технических этажей и подвалов должны быть остеклены, а их двери должны содержаться в закрытом состоянии. На дверях следует указывать место хранения ключей.

В помещениях, имеющих один эвакуационный выход, допускается проведение мероприятий с количеством присутствующих в этих помещениях не более 50 человек.

Все производственные, служебные, складские и вспомогательные здания и помещения должны постоянно содержаться в чистоте.

При пересечении противопожарных преград различными коммуникациями зазоры между ними и конструкциями преград (на всю их толщину) должны быть наглухо заделаны негорючим материалом.

Для переноски ЛВЖ и ГЖ следует применять безопасную тару специальной конструкции.

По каждому отдельному помещению должен быть назначен ответственный за пожарную безопасность, табличка с фамилией которого и номеров вызова пожарной охраны вывешивается на видном месте. Назначение ответственного за пожарную безопасность оформляется распоряжением руководителя подразделения, которые ежегодно должны переиздаваться.

Ответственный за пожарную безопасность ежедневно, по окончании работы, осматривает помещение, отключает электрооборудование из электросети (за исключением оборудования, которое по условиям технологического процесса производства должно работать круглосуточно). Перечень такого оборудования должен быть определен руководителем подразделения. Ответственный за пожарную безопасность следит за наличием и исправным состоянием имеющихся средств пожаротушения, аппаратов и установок связи и сигнализации, а также исправностью приборов отопления и вентиляции.

При аренде помещений арендаторы обязаны выполнять противопожарные требования норм, правил и требований настоящей инструкции.

В зданиях и сооружениях при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации в случае пожара, а также предусмотрена система (установка) оповещения людей о пожаре.

#### **5.1.4 Требования пожарной безопасности к путям эвакуации**

Количество эвакуационных выходов, их размеры, условия освещения и незадымляемости, а также протяженность путей эвакуации должна соответствовать противопожарным нормам строительного проектирования.

Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в сторону выхода из помещений. При пребывании в помещении людей, двери могут запираются только на внутренние, легко открываемые запоры.

Запрещается:

а). загромождать проходы, коридоры, марши лестниц, лифтовые холлы и другие пути эвакуации мебелью, материалами и другими предметами, препятствующие выходу людей и эвакуации имущества в случае пожара, а также забивать двери эвакуационных выходов;

б). устраивать в тамбурах выходов сушилки одежды любой конструкции, вешалки для одежды и гардеробы, хранение (в том числе временное) любого инвентаря и материалов;

в). устраивать на путях эвакуации пороги, турникеты, раздвижные, подъемные и вращающиеся двери и другие устройства, препятствующие свободной эвакуации людей;

д). применять на путях эвакуации горючие материалы для отделки, облицовки, окраски стен и потолков, а в лестничных клетках также ступеней и площадок;

ж). фиксировать самозакрывающиеся двери лестничных клеток, коридоров, холлов и тамбуров в открытом положении (если для этих целей не используются автоматические устройства срабатывающие при пожаре), а также снимать их;

к). заменять армированное стекло обычным в остеклении дверей, фрамуг.

При расстановке технологического и другого оборудования в помещениях должны быть обеспечены эвакуационные проходы к лестничным клеткам и другим путям эвакуации в соответствии с нормами проектирования.

### **5.1.5 Требования пожарной безопасности к электроустановкам**

Электроустановки должны монтироваться и эксплуатироваться в соответствии с ПУЭ, ПТЭ, ППБ и ПТБ.

Лицо, ответственным за состояние электроустановок назначается распоряжением по подразделению.

Помещения закрытых распределительных устройств должны содержаться в чистоте.

На территории ОРУ следует периодически скашивать и удалять траву. Запрещается выжигать сухую траву на территории объекта и прилегающих к ограждению площадках.

При эксплуатации электроустановок запрещается:

а). использовать электроаппараты и приборы, имеющие неисправности, которые могут привести к пожару, а также эксплуатировать провода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

б). пользоваться поврежденными розетками, рубильниками и другими электротехническими изделиями;

в). использовать электроаппараты и приборы в условиях, не соответствующих рекомендациям предприятий-изготовителей;

д). обертывать электролампы и светильники бумагой, тканью и другими горючими материалами, а также эксплуатировать их со снятыми колпаками ;

ж). эксплуатировать электропечи, не оборудованные терморегуляторами;

к). применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки или другие самодельные аппараты защиты от перегрузок и короткого замыкания;

л). прокладывать транзитные электропроводки и кабельные линии через складские помещения, а также через пожароопасные и взрывоопасные зоны.

Переносные электрические светильники должны быть выполнены с применением гибких электропроводок, оборудованы стеклянными колпаками, а также защищены предохранительными сетками и снабжены крючками для подвески.

Проверка электрических сетей, электроприемников, замер сопротивления изоляции и другие измерения должны производиться не реже 1 раза в 3 года.

При возникновении пожара персонал должен действовать в соответствии с планом пожаротушения.

### **5.1.6 Требования пожарной безопасности к системам отопления**

Ответственность за техническое состояние, своевременным и качественным ремонтом систем отопления на подстанции возлагается на лицо, закрепленное распоряжением по подразделению.

Перед началом отопительного сезона электродотельные, калориферные установки и приборы отопления должны быть тщательно проверены и отремонтированы. Неисправные установки и другие отопительные приборы к работе не допускаются.

При эксплуатации электродвигательных и других теплопроводящих установок подстанции, не разрешается:

- а). производить работы, не связанные с обслуживанием котельной установки;
- б). сушить какие-либо материалы на котлах, паропроводах и приборах отопления;
- в). допускать к работе лиц, не прошедших специального обучения и не получивших соответствующих квалификационных удостоверений;
- д). хранить сгораемые материалы в помещениях электродвигательных;
- ж). работать при неисправных или отключенных приборах контроля и регулирования, а также при их отсутствии.

### **5.1.7 Содержание первичных средств пожаротушения и сетей противопожарного водоснабжения**

Первичные средства пожаротушения должны содержаться в соответствии с паспортными данными на них. Не допускается использование средств пожаротушения, не имеющих соответствующих сертификатов.

Ответственность за исправность, ремонт, сохранность и готовность к действию огнетушителей в подразделениях возлагается на лиц, уполномоченных на это распоряжением по подразделению.

Каждый огнетушитель, установленный в помещении должен иметь порядковый номер, нанесенный на корпус белой краской.

Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться.

Огнетушители располагаются на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 м. Расположение огнетушителей в коридорах, проходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

При эксплуатации огнетушителей не допускается:

- а). попадание на корпус огнетушителей влаги;
- б). нахождение огнетушителей без чеки и пломбы завода-изготовителя.

Температура эксплуатации и хранения углекислотных огнетушителей от -40 до +50 С, порошковых от -50 до +50С.

Ответственность за содержание сетей противопожарного водоснабжения, их исправное состояние и работоспособность на нужды пожаротушения возлагается на лицо, закрепленное приказом по предприятию.

Пожарные краны противопожарного водопровода должны быть укомплектованы рукавами и стволами. Пожарный рукав должен быть присоединен к кран и стволу. Периодичность проверки состояния пожарных кранов и рукавов не менее одного раза в полгода.

### **5.1.8 Содержание установок автоматического пожаротушения и сигнализации**

Ответственность за эксплуатацию, исправное состояние и работоспособность всех автоматических систем противопожарной защиты возлагается на лиц назначенных приказом по предприятию.

Установки пожарной сигнализации должны находиться в исправном состоянии и постоянной готовности, соответствовать проектной документации.

### **5.1.9 Порядок действия при пожаре**

При обнаружении пожара или признаков горения каждый работник обязан:

а). немедленно сообщить об этом по телефону 01 в пожарную охрану и оперативному персоналу подстанции;

б). принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара с помощью имеющихся средств пожаротушения и сохранности материальных ценностей.

Руководитель тушения пожара обязан:

а). в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их эвакуацию;

б). проверить включение в работу установок автоматического пожаротушения;

в). при необходимости отключить электроустановку на которой произошло возгорание;

д). удалить за пределы зоны возгорания всех работников, не участвующих в тушении пожара;

ж). одновременно с тушением организовать защиту и эвакуацию материальных ценностей.

к). организовать встречу работников пожарной охраны.

## **5.2 Воздействие элегаза на здоровье человека**

Считается, что абсолютно чистый элегаз с добавкой 20% кислорода можно вдыхать без вреда для здоровья.

Однако полученный промышленным образом элегаз не является идеально чистым. Поэтому допустимая концентрация элегаза в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>рз</sub>) ограничивается 0,08% по объему или 5000 мг/м<sup>3</sup>. При такой концентрации элегаза обслуживающий персонал может работать в течение 8 часов при пятидневной рабочей недели в течение полного трудового стажа.

Он не оказывает токсического, генетического или канцерогенного влияния на здоровье человека.

При объемной концентрации чистого элегаза 1% допускается кратковременное пребывание персонала в помещении.

Однако, в процессе эксплуатации в результате коммутации номинальных токов и токов к.з., а также частичных разрядов элегаз в выключателях перестает быть чистым. В нем присутствуют газообразные и твердые продукты разложения (фториды), являющиеся результатом взаимодействия элегаза при высоких температурах с парами воды, примесями кислорода, парами металла и материала камеры, парами масла.

Около 90% фторидов задерживаются фильтром, часть твердых фторидов оседают на внутренних стенках камеры, а оставшаяся часть газообразных фторидов находится в элегазе.

Наиболее часто встречающимися продуктами разложения являются: SOF<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HF, CF<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>.

Опасные для здоровья людей концентрации могут возникнуть при утечках больших 1% и малых объемах помещения.

Международный опыт свидетельствует, что токсичность элегаза, подвергнутого разложению, определяется в основном одним компонентом – тионилфторидом  $\text{SOF}_2$ . Поэтому допустимую концентрацию элегаза на действующих подстанциях следует рассчитывать с учетом  $\text{SOF}_2$ .

Предельно допустимая концентрация  $\text{SOF}_2$  в воздухе рабочей зоны (ПДКрз) составляет 1,61 ppm по объему.

При отсутствии прямых средств для контроля концентрации  $\text{SOF}_2$  в воздухе можно контролировать концентрацию элегаза в воздухе, но при этом допустимая объемная концентрация элегаза по сравнению с новым элегазом (800 ppm; 0,08%) должна быть снижена, а именно:

а) при длительной работе персонала до 200 ppm (0,02% по объему). Это значение обеспечивает безопасную работу при аппаратах с токами к.з. до 80 кА;

б) в случае возникновения длительно горящих дуг (внутреннее перекрытие, отказы в отключении токов к.з.) допустимая концентрация  $\text{SF}_6$  в воздухе рабочей зоны должна быть снижена до 20 ppm (0,02% по объему).

### **5.3 Влияние элегаза на окружающую среду**

В последнее десятилетие при выборе газов для использования их в промышленных целях обращают особое внимание на последствия, которые они могут вызвать при попадании их в окружающую человека среду.

В частности, влияние этих газов на разрушение озонового слоя и повышения средней мировой температуры (тепличный эффект).

Большинство галогеносодержащих газов, попадая в атмосферу земли, под воздействием ультрафиолетового излучения разлагаются, и освобожденные атомы галогенов вступают в реакцию с озоном, разрушая при этом озоновый слой земли.

Вместе с тем благодаря высокой стабильности молекулы SF<sub>6</sub> (время жизни 500 лет), особенности ее спектра ультрафиолетового поглощения практически не происходят разрушения молекулы элегаза в верхних слоях атмосферы, а образовавшееся незначительное количество атомов фтора вступают в реакцию не с озоном, а с молекулами воды с образованием HF.

На этом основании элегаз не включен в перечень веществ, которые подлежат запрету или ограничению применения согласно Монреальской конвенции.

Тепличный эффект вызван тем, что в результате активной хозяйственной деятельности человека нарушается баланс между энергией посылаемой солнцем на землю и поглощенной ею и инфракрасным излучением земли. Это объясняется тем, что при наличии в атмосфере газов CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O (паров); O<sub>3</sub>; CH<sub>4</sub> и фреонов часть инфракрасного излучения земли в диапазоне 7-13 микрон отражается вновь на землю, приводя к постепенному повышению ее температуры поверхности.

Вместе с тем элегаз в этом диапазоне волн обладает поглощающей способностью, благодаря чему влияние его на среднемировую температуру земли ничтожно мало, в тысячу раз меньше по сравнению с указанными выше газами.

## **6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ**

### **6.1 Общие требования к персоналу**

Персонал работающий в электроустановках до и выше 1000 В должен иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работ .

При монтаже и обслуживании элегазовых выключателей необходимо строго соблюдать требования действующих «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей», «Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», а также «Правил пожарной безопасности».

Каждый работник, обслуживающий выключатель, должен знать его устройство, учитывать специфические особенности конструкции, пройти целевой инструктаж о мерах безопасности при монтаже и эксплуатации элегазовых выключателей. Персонал, производящий капитальный ремонт выключателей, должен пройти обучение и быть аттестованным предприятием-изготовителем выключателей.

Все виды работ в электроустановках должны проводится по наряду или распоряжению. Для безопасного производства работ, выполняются организационно-технические мероприятия.

### **6.2 Организационно-технические мероприятия**

#### **6.2.1 Ответственные за безопасность проведения работ, их права и обязанности**

6.2.1.1 Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- а). оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- б). допуск к работе;
- в). надзор во время работы;

д). оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

6.2.1.2 Ответственными за безопасное ведение работ являются: выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации:

ответственный руководитель работ;

допускающий;

производитель работ;

наблюдающий;

член бригады.

6.2.1.3 Выдающий наряд, отдающий распоряжение определяет необходимость и возможность безопасного выполнения работы. Он отвечает за достаточность и правильность указанных в наряде (распоряжении) мер безопасности, за качественный и количественный состав бригады и назначение ответственных за безопасность, а также за соответствие выполняемой работе групп перечисленных в наряде работников.

6.2.1.4 Право выдачи нарядов и распоряжений предоставляется работникам из числа административно-технического персонала организации, имеющим группу V в электроустановках напряжением выше 1000 В и группу IV в электроустановках напряжением до 1000 В.

В случае отсутствия работников, имеющих право выдачи нарядов и распоряжений, при работах по предотвращению аварий или ликвидации их последствий допускается выдача нарядов и распоряжений работниками из числа оперативного персонала, имеющими группу IV. Предоставление оперативному персоналу права выдачи нарядов должно быть оформлено письменным указанием руководителя организации.

6.2.1.5 Ответственный руководитель работ назначается, как правило, при работах в электроустановках напряжением выше 1000 В. В электроустановках напряжением до 1000 В ответственный руководитель может не назначаться.

Ответственный руководитель работ отвечает за выполнение всех указанных в наряде мер безопасности и их достаточность, за принимаемые им дополнительные меры безопасности, за полноту и качество целевого инструктажа бригады, в том числе проводимого допускающим и производителем работ, а также за организацию безопасного ведения работ.

Ответственными руководителями работ назначаются работники из числа административно-технического персонала, имеющие группу V. В тех случаях, когда отдельные работы (этапы работы) необходимо выполнять под надзором и управлением ответственного руководителя работ, выдающий наряд должен сделать запись об этом в строке «Отдельные указания» наряда.

Ответственный руководитель работ назначается при выполнении работ:

- а). с использованием механизмов и грузоподъемных машин;
- б). с отключением электрооборудования, за исключением работ в электроустановках, где напряжение снято со всех токоведущих частей в электроустановках с простой и наглядной схемой электрических соединений, на электродвигателях и их присоединениях в РУ;
- в). на КЛ и КЛС в зонах расположения коммуникаций и интенсивного движения транспорта;
- д). по установке и демонтажу опор всех типов, замене элементов опор ВЛ;
- ж). в местах пересечения ВЛ с другими ВЛ и транспортными магистралями, в пролетах пересечения проводов в ОРУ;
- к). по подключению вновь сооруженной ВЛ;
- л). по изменению схем присоединений проводов и тросов ВЛ;
- м). на отключенной цепи многоцепной ВЛ с расположением цепей одна над другой или числом цепей более 2, когда одна или все остальные цепи остаются под напряжением;
- н). при одновременной работе двух и более бригад;
- п). по пофазному ремонту ВЛ;
- р). под наведенным напряжением;

с). без снятия напряжения на токоведущих частях с изоляцией человека от земли;

т). на оборудовании и установках СДТУ по устройству мачтовых переходов, испытанию КЛС, на фильтрах присоединений без включения заземляющего ножа конденсатора связи.

Необходимость назначения ответственного руководителя работ определяет выдающий наряд, которому разрешается назначать ответственного руководителя работ и при других работах, помимо перечисленных.

6.2.1.6 Допускающий отвечает за правильность и достаточность принятых мер безопасности и соответствие их мерам, указанным в наряде, характеру и месту работы, за правильный допуск к работе, а также за полноту и качество проводимого им инструктажа членов бригады.

Допускающие должны назначаться из числа оперативного персонала, за исключением допуска на ВЛ. В электроустановках напряжением выше 1000 В допускающий должен иметь группу IV, а в электроустановках до 1000 В группу III.

Допускающим может быть работник, допущенный к оперативным переключениям распоряжением руководителя организации.

6.2.1.7 Производитель работ отвечает:

за соответствие подготовленного рабочего места указаниям наряда, дополнительные меры безопасности, необходимые по условиям выполнения работ;

за четкость и полноту инструктажа членов бригады;

за наличие, исправность и правильное применение необходимых средств защиты, инструмента, инвентаря и приспособлений;

за сохранность на рабочем месте ограждений, плакатов, заземления, запирающих устройств;

за безопасное проведение работы им самим и членами бригады;

за осуществление постоянного контроля за членами бригады.

Производитель работ, выполняемых по наряду в электроустановках напряжением выше 1000 В, должен иметь группу IV, а в электроустановках напряжением до 1000 В группу III, кроме работ в подземных сооружениях, где

возможно появление вредных газов, работ под напряжением, работ по перетяжке и замене проводов на ВЛ напряжением до 1000 В, подвешенных на опорах ВЛ напряжением выше 1000 В, при выполнении которых производитель работ должен иметь группу IV.

Производитель работ, выполняемых по распоряжению, может иметь группу III при работе во всех электроустановках.

6.2.1.8 Наблюдающий должен назначаться для надзора за бригадами, не имеющими права самостоятельно работать в электроустановках.

Наблюдающий отвечает:

за соответствие подготовленного рабочего места указаниям, предусмотренным в наряде;

за наличие и сохранность установленных на рабочем месте заземления, ограждений, плакатов и знаков безопасности, запирающих устройств приводов;

за безопасность членов бригады в отношении поражения электрическим током электроустановки.

Наблюдающим может назначаться работник, имеющий группу III.

Ответственным за безопасность, связанную с технологией работы, является работник, возглавляющий бригаду, который входит в ее состав и должен постоянно находиться на рабочем месте. Его фамилия указывается в строке «Отдельные указания» наряда.

6.2.1.9 Каждый член бригады должен выполнять требования настоящих Правил и инструктивные указания, полученные при допуске к работе и во время работы, а также требования инструкций по охране труда соответствующих организаций.

6.2.1.10 Письменным указанием руководителя организации должно быть оформлено предоставление его работникам прав: выдающего наряд, распоряжение, допускающего, ответственного руководителя работ, производителя работ (наблюдающего), а также права единоличного осмотра.

## **6.2.2 Порядок организации работ по наряду**

6.2.2.1 Наряд выписывается в двух, а при передаче его по телефону, радио в трех экземплярах. В последнем случае выдающий наряд выписывает один экземпляр, а работник, принимающий текст в виде телефоно или радиограммы, факса или электронного письма, заполняет два экземпляра наряда и после обратной проверки указывает на месте подписи выдающего наряд его фамилию и инициалы, подтверждая правильность записи своей подписью.

В тех случаях, когда производитель работ назначается одновременно допускающим, наряд независимо от способа его передачи заполняется в двух экземплярах, один из которых остается у выдающего наряд.

В зависимости от местных условий (расположения диспетчерского пункта) один экземпляр наряда может оставаться у работника, разрешающего подготовку рабочего места (диспетчера).

6.2.2.2 Число нарядов, выдаваемых на одного ответственного руководителя работ, определяет выдающий наряд.

Допускающему и производителю работ (наблюдающему) может быть выдано сразу несколько нарядов и распоряжений для поочередного допуска и работы по ним.

6.2.2.3 Выдавать наряд разрешается на срок не более 15 календарных дней со дня начала работы. Наряд может быть продлен 1 раз на срок не более 15 календарных дней со дня продления. При перерывах в работе наряд остаётся действительным.

6.2.2.4 Продлевать наряд может работник, выдавший наряд, или другой работник, имеющий право выдачи наряда на работы в электроустановке.

Разрешение на продление наряда может быть передано по телефону, радио или с нарочным допускающему, ответственному руководителю или производителю работ, который в этом случае за своей подписью указывает в наряде фамилию и инициалы работника, продлившего наряд.

6.2.2.5 Наряды, работы по которым полностью закончены, должны храниться в течение 30 суток, после чего они могут быть уничтожены. Если при выполнении

работ по нарядам имели место аварии, инциденты или несчастные случаи, то эти наряды следует хранить в архиве организации вместе с материалами расследования.

6.2.2.6 Учет работ по нарядам ведется в «Журнале учета работ по нарядам и распоряжениям».

### **6.2.3 Организация работ по распоряжению**

6.2.3.1 Распоряжение имеет разовый характер, срок его действия определяется продолжительностью рабочего дня исполнителей. При необходимости продолжения работы, при изменении условий работы или состава бригады распоряжение должно отдаваться заново.

При перерывах в работе в течение дня повторный допуск осуществляется производителем работ.

6.2.3.2 Распоряжение на работу отдается производителю работ и допускающему. В электроустановках, не имеющих местного оперативного персонала, в тех случаях, когда допуск на рабочем месте не требуется, распоряжение может быть отдано непосредственно работнику, выполняющему работу.

6.2.3.3 Работы, выполнение которых предусмотрено по распоряжению, могут по усмотрению работника, выдающего распоряжение, проводиться по наряду.

6.2.3.4 Распоряжение допускается выдавать для работы поочередно на нескольких электроустановках (присоединениях).

6.2.3.5 Допуск к работам по распоряжению должен быть оформлен в «Журнале учета работ по нарядам и распоряжениям».

6.2.3.6 По распоряжению оперативным и оперативно-ремонтным персоналом или под его наблюдением ремонтным персоналом в электроустановках напряжением выше 1000 В могут проводиться неотложные работы продолжительностью не более 1 часа без учета времени на подготовку рабочего места.

Неотложные работы, для выполнения которых требуется более 1 часа или участия более трех работников, включая работника, осуществляющего наблюдения, должны проводиться по наряду.

6.2.3.7 Старший работник из числа оперативного персонала, выполняющий работу или осуществляющий наблюдение за работающими в электроустановках напряжением выше 1000 В, должен иметь группу IV, а в электроустановках напряжением до 1000 В группу III. Члены бригады, работающие в электроустановках напряжением до и выше 1000 В, должны иметь группу III.

Перед работой должны быть выполнены все технические мероприятия по подготовке рабочего места, определяемые выдающим распоряжение.

6.2.3.8 В электроустановках напряжением выше 1000 В допускается выполнять по распоряжению следующие работы: на электродвигателе, от которого кабель отсоединен и концы его замкнуты накоротко и заземлены; на генераторе, от выводов которого отсоединены шины и кабели; в РУ на выкаченных тележках КРУ, у которых шторки отсеков заперты на замок.

6.2.3.9 Допускается выполнение работ по распоряжению в электроустановках напряжением до 1000 В, кроме работ на сборных шинах РУ и на присоединениях, по которым может быть подано напряжение на сборные шины, на ВЛ с использованием грузоподъемных механизмов, в том числе по обслуживанию сети наружного освещения.

6.2.3.10 В электроустановках напряжением до 1000 В, расположенных в помещениях, кроме особо опасных, в отношении поражения людей электрическим током, работник, имеющий группу III и право быть производителем работ, может работать единолично.

6.2.3.11 При монтаже, ремонте и эксплуатации вторичных цепей, устройств релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики, связи, включая работы в приводах и агрегатных шкафах коммутационных аппаратов, независимо от того находятся они под напряжением или нет, производителю работ допускается отключать и включать вышеуказанные устройства, а также опробовать устройства защиты и электроавтоматики на отключение и включение выключателей с разрешения оперативного персонала.

6.2.3.12 В электроустановках напряжением выше 1000 В одному работнику, имеющему группу III, по распоряжению допускается проводить:

а). благоустройство территории ОРУ, скашивание травы, расчистку от снега дорог и проходов;

б). ремонт и обслуживание устройств проводной радио и телефонной связи, осветительной электропроводки и арматуры, расположенных вне камер РУ на высоте не более 2,5 м;

в). возобновление надписей на кожухах оборудования и ограждениях вне камер РУ;

д). наблюдение за сушкой трансформаторов, генераторов и другого оборудования, выведенного из работы;

ж). обслуживание маслоочистительной и прочей вспомогательной аппаратуры при очистке и сушке масла;

к). работы на электродвигателях и механической части вентиляторов и маслонасосов трансформаторов, компрессоров.

6.2.3.13 По распоряжению единолично уборку коридоров ЗРУ и помещений с электрооборудованием напряжением до и выше 1000 В, где токоведущие части ограждены, может выполнять работник, имеющий группу II. Уборку в ОРУ может выполнять один работник, имеющий группу III.

В помещениях с отдельно установленными распределительными щитами напряжением до 1000 В уборку может выполнять один работник, имеющий группу I.

#### **6.2.4 Организация работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации согласно перечню**

6.2.4.1 Небольшие по объёму виды работ, выполняемые в течение рабочей смены и разрешённые к производству в порядке текущей эксплуатации, должны содержаться в заранее разработанном и подписанном техническим руководителем или ответственным за электрохозяйство, утверждённом руководителем организации перечне работ. При этом должны быть соблюдены следующие требования:

работа в порядке текущей эксплуатации (перечня работ) распространяется только на электроустановки напряжением до 1000 В;

работа выполняется силами оперативного или оперативно-ремонтного персонала на закреплённом за этим персоналом оборудовании, участке.

Подготовка рабочего места осуществляется теми же работниками, которые в дальнейшем выполняют необходимую работу.

6.2.4.2 Работа в порядке текущей эксплуатации, включенная в перечень, является постоянно разрешенной, на которую не требуется каких-либо дополнительных указаний, распоряжений, целевого инструктажа.

6.2.4.3 При оформлении перечня работ в порядке текущей эксплуатации следует учитывать условия обеспечения безопасности и возможности единоличного выполнения конкретных работ, квалификацию персонала, степень важности электроустановки в целом или ее отдельных элементов в технологическом процессе.

6.2.4.4 Перечень должен содержать указания, определяющие виды работ, разрешенные к выполнению бригадой.

6.2.4.5 В перечне должен быть указан порядок регистрации работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации (уведомление вышестоящего оперативного персонала о месте и характере работы, ее начале и окончании, оформлении работы записью в оперативном журнале и т.п.).

6.2.4.6 К работам, выполняемым в порядке текущей эксплуатации в электроустановках напряжением до 1000 В, могут быть отнесены:

- а). работы в электроустановках с односторонним питанием;
- б). отсоединение, присоединение кабеля, проводов электродвигателя, другого оборудования;
- в). ремонт магнитных пускателей, рубильников, контакторов, пусковых кнопок, другой аналогичной пусковой и коммутационной аппаратуры при условии установки ее вне щитов и сборок;
- д). ремонт отдельных электроприемников (электродвигателей, электрокалориферов и т.д.);
- ж). ремонт отдельно расположенных магнитных станций и блоков управления, уход за щеточным аппаратом электрических машин;
- к). снятие и установка электросчетчиков, других приборов и средств измерений;
- л). замена предохранителей, ремонт осветительной электропроводки и арматуры, замена ламп и чистка светильников, расположенных на высоте не более 2,5 м;
- м). другие работы, выполняемые на территории организации, в служебных и жилых помещениях, складах, мастерских и т.д.

Приведенный перечень работ не является исчерпывающим и может быть дополнен решением руководителя организации. В перечне должно быть указано, какие работы могут выполняться единолично.

### **6.2.5 Состав бригады**

6.2.5.1 Численность бригады и ее состав с учетом квалификации членов бригады по электробезопасности должны определяться исходя из условий выполнения работы, а также возможности обеспечения надзора за членами бригады со стороны производителя работ.

Член бригады, руководимой производителем работ, должен иметь группу III, за исключением работ на ВЛ, выполнять которые должен член бригады, имеющий группу IV.

В бригаду на каждого работника, имеющего группу III, допускается включать одного работника, имеющего группу II, но общее число членов бригады, имеющих группу II, не должно превышать трех,

6.2.5.2 Оперативный персонал, находящийся на дежурстве, по разрешению работника из числа вышестоящего оперативного персонала может привлекаться к работе в бригаде с записью в оперативном журнале и оформлением в наряде.

### **6.2.6 Выдача разрешений на подготовку рабочего места и допуск к работе**

6.2.6.1 Подготовка рабочего места и допуск бригады к работе могут проводиться только после получения разрешения от оперативного персонала или уполномоченного на это работника.

6.2.6.2 Разрешение может быть передано выполняющему подготовку рабочего места и допуск бригады к работе персоналу лично, по телефону, радио, с нарочным или через оперативный персонал промежуточной подстанции.

Не допускается выдача таких разрешений заранее.

6.2.6.3 Допуск бригады разрешается только по одному наряду.

### **6.2.7 Подготовка рабочего места и первичный допуск бригады к работе по наряду и распоряжению**

6.2.7.1 Не допускается изменять предусмотренные нарядом меры по подготовке рабочих мест.

При возникновении сомнения в достаточности и правильности мер по подготовке рабочего места и в возможности безопасного выполнения работы эта подготовка должна быть прекращена, а намечаемая работа отложена до выдачи нового наряда, предусматривающего технические мероприятия, устраняющие возникшие сомнения в безопасности.

6.2.7.2 В тех случаях, когда производитель работ совмещает обязанности допускающего, подготовку рабочего места он должен выполнять с одним из членов бригады, имеющим группу Ш.

6.2.7.3 Допускающий перед допуском к работе должен убедиться в выполнении технических мероприятий по подготовке рабочего места путем личного осмотра, по записям в оперативном журнале, по оперативной схеме и по сообщениям оперативного, оперативно-ремонтного персонала.

6.2.7.4 Ответственный руководитель и производитель работ перед допуском к работе должны выяснить у допускающего, какие меры приняты при подготовке рабочего места, и совместно с допускающим проверить эту подготовку личным осмотром в пределах рабочего места.

При отсутствии оперативного персонала, но с его разрешения, проверку подготовки рабочего места ответственный руководитель работ совместно с производителем работ могут выполнять самостоятельно.

6.2.7.5 Допуск к работе по нарядам и распоряжениям должен проводиться непосредственно на рабочем месте.

Допуск к работе по распоряжению в тех случаях, когда подготовка рабочего места не нужна, проводить на рабочем месте необязательно, а на ВЛ, ВЛС и КЛ не требуется..

6.2.7.6 Допуск к работе проводится после проверки подготовки рабочего места. При этом допускающий должен проверить соответствие состава бригады составу, указанному в наряде или распоряжении, по именованным удостоверениям членов бригады; доказать бригаде, что напряжение отсутствует, показом установленных заземлений или проверкой отсутствия напряжения, если заземления не видны с рабочего места, а в

электроустановках напряжением 35 кВ и ниже (где позволяет конструктивное исполнение) последующим прикосновением рукой к токоведущим частям.

6.2.7.7 Началу работ по наряду или распоряжению должен предшествовать целевой инструктаж, предусматривающий указания по безопасному выполнению конкретной работы в последовательной цепи от выдавшего наряд, отдавшего распоряжение до члена бригады (исполнителя).

Без проведения целевого инструктажа допуск к работе запрещается.

Целевой инструктаж при работах по наряду проводят:

выдающий наряд ответственному руководителю работ или, если ответственный руководитель не назначается, производителю работ ;

допускающий ответственному руководителю работ, производителю работ и членам бригады;

ответственный руководитель работ производителю работ и членам бригады;

производитель работ членам бригады.

Целевой инструктаж при работах по распоряжению проводят:

отдающий распоряжение производителю или непосредственному исполнителю работ, допускающему;

допускающий производителю работ, членам бригады (исполнителям).

При вводе в состав бригады нового члена бригады инструктаж, как правило, должен проводить производитель работ .

6.2.7.8 Выдающий наряд, отдающий распоряжение, ответственный руководитель работ, производитель работ (наблюдающий) в проводимых ими целевых инструктажах, помимо вопросов электробезопасности, должны дать четкие указания по технологии безопасного проведения работ, использованию грузоподъемных машин и механизмов, инструмента и приспособлений.

Производитель работ в целевом инструктаже обязан дать исчерпывающие указания членам бригады, исключающие возможность поражения электрическим током.

6.2.7.9 Допускающий в целевом инструктаже должен ознакомить членов бригады с содержанием наряда, распоряжения, указать границы рабочего места, наличие наведенного напряжения, показать ближайšie к рабочему месту оборудование и токоведущие части

ремонтируемого и соседних присоединений, к которым запрещается приближаться независимо от того, находятся они под напряжением или нет.

6.2.7.10 При работе по наряду целевой инструктаж должен быть оформлен в таблице «Регистрация целевого инструктажа при первичном допуске» подписями работников, проводших и получивших инструктаж .

6.2.7.11 При работе по распоряжению целевой инструктаж должен быть оформлен в соответствующей графе «Журнала учета работ по нарядам и распоряжениям» с кратким изложением сути инструктажа и подписями отдавшего распоряжение (проведшего инструктаж) и принявшего распоряжение (производителя работ, исполнителя, допускающего), т.е. работников, получивших инструктаж .

6.2.7.12 Допуск к работе оформляется в обоих экземплярах наряда, из которых один остается у производителя работ , а второй у допускающего их работника из числа оперативного персонала.

Когда производитель работ совмещает обязанности допускающего, допуск оформляется в одном экземпляре наряда.

Допуск к работе по распоряжению оформляется в Журнале учета работ по нарядам и распоряжениям с записью о допуске к работе в оперативном журнале.

## **6.2.8 Надзор при проведении работ, изменения в составе бригады**

6.2.8.1 После допуска к работе надзор за соблюдением бригадой требований безопасности возлагается на производителя работ, который должен так организовать свою работу, чтобы вести контроль за всеми чинами бригады; находясь по возможности на том участке рабочего места, где выполняется наиболее опасная работа.

6.2.8.2 При необходимости временного ухода с рабочего места производитель работ, если его не могут заменить ответственный руководитель работ, допускающий или работник, имеющий право выдачи нарядов, обязан удалить бригаду с места работы (с выводом ее из РУ и закрытием входных дверей на замок, со снятием людей с опоры ВЛ и т.п.).

В случаях подмены производитель работ на время своего отсутствия должен передать наряд заменившему его работнику.

Оставаться в электроустановках напряжением выше 1000 В одному производителю работ или членам бригады без производителя работ не разрешается. Исключением могут быть следующие виды работ:

- а). регулировка выключателей, разъединителей, приводы которых вынесены в другое помещение;
- б). монтаж, проверка вторичных цепей, устройств защиты, автоматики, сигнализации, измерений, связи и др.;
- в). прокладка силовых и контрольных кабелей;
- д). испытания электрооборудования с подачей повышенного напряжения, когда необходимо осуществлять наблюдение за испытываемым оборудованием и предупреждать об опасности приближения к нему посторонних лиц.

6.2.8.3 Допускается с разрешения производителя работ временный уход с рабочего места одного или нескольких членов бригады. При этом выводить их из состава бригады не требуется. В электроустановках напряжением выше 1000 В количество членов бригады, оставшихся на рабочем месте, должно быть не менее двух, включая производителя работ.

Члены бригады, имеющие группу III, могут самостоятельно выходить из РУ и возвращаться на рабочее место, члены бригады, имеющие группу II, только в сопровождении члена бригады, имеющего группу III, или работника, имеющего право единоличного осмотра электроустановок. Не допускается после выхода из РУ оставлять дверь не закрытой на замок.

Возвратившиеся члены бригады могут приступить к работе только с разрешения производителя работ.

6.2.8.4 При обнаружении нарушений настоящих Правил или выявлении других обстоятельств, угрожающих безопасности работающих, бригада должна быть удалена с рабочего места и у производителя работ должен быть отобран наряд. Только после устранения обнаруженных нарушений бригада может быть вновь допущена к работе с соблюдением требований первичного допуска.

6.2.8.5 Изменять состав бригады разрешается работнику, выдавшему наряд, или другому работнику, имеющему право выдачи наряда на выполнение работ в электроустановке. Указания об изменениях состава бригады могут быть переданы по телефону, радио или с

нарочным допускающему, ответственному руководителю или производителю работ, который в наряде за своей подписью записывает фамилию и инициалы работника, давшего указание об изменении.

Производитель работ обязан проинструктировать работников, введенных в состав бригады.

6.2.8.6 При замене ответственного руководителя или производителя работ, изменении состава бригады более чем наполовину, изменении условий работы наряд должен быть выдан заново.

### **6.2.9 Перевод на другое рабочее место**

6.2.9.1 В РУ напряжением выше 1000 В перевод бригады на другое рабочее место осуществляет допускающий. Этот перевод могут выполнять также ответственный руководитель или производитель работ, если выдающий наряд поручил им это, с записью в строке «Отдельные указания» наряда .

6.2.9.2 Перевод на другое рабочее место оформляется в наряде. Перевод, осуществляемый допускающим из числа оперативного персонала, оформляется в двух экземплярах наряда.

6.2.9.3 При выполнении работ без отключения оборудования оформление в наряде требуется только при переводе бригады из одного РУ в другое.

### **6.2.10 Оформление перерывов в работе и повторный допуск к работе**

6.2.10.1 При перерыве в работе на протяжении рабочего дня (на обед, по условиям работы) бригада должна быть удалена с рабочего места, а двери РУ закрыты на замок.

Наряд остается у производителя работ (наблюдающего). Члены бригады не имеют права возвращаться после перерыва на рабочее место без производителя работ. Допуск после такого перерыва выполняет производитель работ без оформления в наряде.

6.2.10.2 При перерыве в работе в связи с окончанием рабочего дня бригада должна быть удалена с рабочего места.

Плакаты безопасности, ограждения, флажки, заземления не снимаются.

Производитель работ должен сдать наряд допускающему, а в случае его отсутствия оставить наряд в отведенном для этого месте, например, в папке действующих нарядов. В электроустановках, не имеющих местного оперативного персонала, производителю работ разрешается по окончании рабочего дня оставлять наряд у себя.

Окончание работы производитель работ оформляет подписью в своем экземпляре наряда.

6.2.10.3 Повторный допуск в последующие дни на подготовленное рабочее место осуществляет допускающий или с его разрешения ответственный руководитель работ. При этом разрешения на допуск от вышестоящего оперативного персонала не требуется.

Производитель работ с разрешения допускающего может допустить бригаду к работе на подготовленное рабочее место, если ему это поручено, с записью в строке «Отдельные указания» наряда .

При возобновлении работы на следующий день производитель работ должен убедиться в целостности и (сохранности оставленных плакатов, ограждений, флажков, а также надежности заземлений и допустить бригаду к работе.

Допуск к работе, выполняемый допускающим из числа оперативного персонала, оформляется в обоих экземплярах наряда; допуск осуществляемый ответственным руководителем или производителем работ, в экземпляре наряда, находящемся у производителя работ.

### **6.2.11 Окончание работы, сдача приёмка рабочего места. Закрытие наряда, распоряжения**

6.2.11.1 После полного окончания работы производитель работ должен удалить бригаду с рабочего места, снять установленные бригадой временные ограждения, переносные плакаты безопасности, флажки и заземления, закрыть двери электроустановки на замок и оформить в наряде полное окончание работ своей подписью. Ответственный руководитель работ после проверки рабочих мест должен оформить в наряде полное окончание работ.

6.2.11.2 Производитель работ должен сообщить дежурному оперативному персоналу или работнику, выдавшему наряд, о полном окончании работ .

6.2.11.3 Наряд после оформления полного окончания работ производитель работ должен сдать допускающему.

6.2.11.4 Допускающий после получения наряда, в котором оформлено полное окончание работ, должен осмотреть рабочие места и сообщить работнику из числа вышестоящего оперативного персонала о полном окончании работ и о возможности включения электроустановки.

6.2.11.5 Окончание работы по наряду или распоряжению после осмотра места работы должно быть оформлено в соответствующей графе «Журнала учета работ по нарядам и распоряжениям» и оперативного журнала.

### **6.3 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения**

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

## **6.4 Порядок выполнения организационно-технических работ для демонтажа и монтажа, наладки и ввода в работу элегазового выключателя**

6.4.1 Для выполнения демонтажа и монтажа выключателей 110кВ необходимо выполнить ряд мероприятий:

а). составить, согласовать и утвердить график отключений выводимого оборудования (приложение А);

б). подготовить оборудования для монтажа;

в). согласно графика работ, подать заявки на вывод необходимого оборудования;

д). произвести необходимые отключения по типовому бланку переключений, согласно утвержденных заявок на вывод оборудования и разрешения вышестоящего диспетчера в оперативном управлении которого находится оборудование (приложение Б);

ж). составить и утвердить проект производства работ на демонтаж и монтаж выключателя (приложение В);

к). выдать наряд на безопасное производство работ с назначением ответственных лиц и исполнителей (приложение Г);

л). провести подготовку рабочего места согласно наряда;

м). провести допуск бригады согласно действующих «Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

## **6.5 Правила техники безопасности при обслуживании выключателей**

6.5.1 Ремонтные работы и обслуживание проводится при отсутствии напряжения на выводах выключателя и в цепях управления привода в соответствии с действующими Правилами техники безопасности. Работы с выключателем, которые могут привести к повреждению фарфоровых изоляторов, транспортировка, снятие и установка полюсов не должны производиться при давлении газа в выключателе или полюсе более 0.125 МПа. Перед вскрытием объемов, обычно находящихся под давлением, давление газа должно быть уменьшено до

атмосферного. Перед подачей давления после монтажа выключателя или полюса проверьте следующее:

а). выключатель и привод не имеют повреждений;

б). все болтовые соединения между фундаментом, опорными стойками, монтажной рамой и полюсами закреплены с требуемым крутящим моментом затяжки;

в). выключатель находится в положении отключено;

д). все контргайки рычажных механизмов затянуты с требуемым моментом.

#### 6.5.2 Не оперируйте ненагруженным приводом!

Включение и отключение можно производить только после того, как привод подсоединен и отрегулирован совместно с выключателем и выключатель находится под давлением.

6.5.3 Перед проведением работ на приводе выключателя переведите выключатель в отключенное положение и разрядите включающую пружину привода.

Для разряда включающей пружины отключите двигатель и выполните цикл ВО или поверните приводной вал привода вручную.

6.5.4 Чистый неиспользованный элегаз не содержит ядовитых веществ, не имеет запаха и цвета, обладает очень высокой химической стабильностью. При нормальной температуре элегаз не реагирует ни с одним известным веществом. Чистый элегаз является нетоксичным газом и не опасен для дыхания, если содержание кислорода в воздухе более 20%.

Утечка элегаза из установленного на открытом воздухе выключателя не представляет опасности для обслуживающего персонала.

6.5.5 При температуре горения дуги 1500 - 5000°K элегаз частично разлагается.

При нормальной работе выключателя концентрация газообразных продуктов разложения поддерживается низкой, благодаря наличию адсорбентов. Твердые продукты разложения являются фторидами в виде порошка.

При работе с вредными для здоровья продуктами разложения элегаза и отходами необходимо использовать защитные средства: противогазы или лицевые маски, комбинезоны, пластиковые или резиновые перчатки. При появлении в помещении с элегазовым оборудованием запаха тухлых яиц все лица без указанных защитных средств обязаны покинуть помещение. Газ удаляется из отключенного выключателя с помощью специального газотехнологического оборудования, которое используется также для очистки газа. Продукты распада, которые образовались в выключателе, удаляйте с помощью пылесоса с микропористым фильтром и без ворсовой ветоши, смоченной в растворителе. Все отходы и использованные адсорбенты собирайте в емкости (пакеты) и утилизируйте как химические отходы. Защитные перчатки и пылевой мешок пылесоса должны быть тщательно промыты большим количеством воды. После работы тщательно вымойте руки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте рассмотрены принципы расчета и проверка пропускной способности линии сверхвысокого напряжения 500кВ «Хабаровская – Комсомольская». Определены все необходимые параметры линии, а также произведен расчет ее пропускной способности и зарядной мощности. Рассмотрена реконструкция распредустройства 110кВ пс «Комсомольская», с заменой масляных выключателей 110кВ ММО-110-1600-31,5 У1 на элегазовые типа LTB 145D1/B с пружинным приводом типа ВЛК 222. Дано описание элегазовых выключателей, их характеристика, а также способ установки и монтажа на уже существующую строительную часть, с технико – экономическим обоснованием.

В связи с большой актуальностью проблемы энергосбережения, как составной частью финансовой и научно-технической политики АОА «ФСК» МЭС Востока, вопросы обновления устаревшего оборудования на новое, более совершенное, которое обусловлено рядом преимуществами - это малыми габаритами, простотой обслуживания, меньшими затратами на эксплуатацию и ремонты, практическое применение расчетов и решений, изложенных в дипломном проекте, значительно облегчит работу персонала пс «Комсомольская» всех уровней, по эксплуатации оборудования и передаче электроэнергии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок. Шестое издание, с изменениями, исправлениями и дополнениями, принятыми Главгосэнергонадзором РФ по 01.01.1999.- Санкт-Петербург 2000.- 926с
2. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов/ А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшкова и др.; Под ред. А.А. Васильева.- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990.-576с.
3. Рожкова Л.Д. ,Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. –М.: Энергия, 1980. – 600с.
4. Венников В.А. Строев В.А. Электрические системы. Электрические сети: Учебник для электроэнергетических спец. вузов, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1998. - 511с.
5. Петухова С.Ю. Электрический расчет воздушной линии электропередачи сверхвысокого напряжения. Методическое указание на выполнение курсовой работы. – Хабаровск: Изд – во ДВГУПС, 2001. – 16с.
6. Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети. Учебное пособие для студентов электроэнергетических специальностей вузов. – СПб: Издательство Сизова М.П.,2001. – 304с.
7. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов: Учеб.пособие для студентов электроэнергет.спец.вузов, 2-е изд., перераб. и доп./В.М.Блок, Г.К.Обушев, Л.Б.Паперно и др.; Под ред. В.М.Блок.-М.: Высш.шк., 1990. - 383с.
8. Н.В. Чернобровов. Релейная защита. Учебник для техникумов. - М: Энергия, 1966. – 783с.
9. Гусарова Е.В. Экономика предприятия электрических сетей. Учебное пособие. – Хабаровск: ДВГУПС, 2000. – 130с.

10. Гусарова Е.В. Разработка экономических показателей деятельности предприятий электрических сетей: Методические указания на выполнение курсовой работы. – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 23 с.
11. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях: Учебное пособие для энерг. спец. / В.В. Ежков, Г.К. Зарудский, Э.Н. Зуев и др.; Под ред. В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1999. – 352с.
12. Гринберг-Басин М.М. Тяговые подстанции. Пособие по дипломному проектированию. -М: Транспорт, 1986.-186с.
13. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособие для электроэнергетических специальностей вузов/Крючков И.П., Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н.; Под ред. Б.Н Неклепаева – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 456 с.
14. Типовая инструкция по переключениям в электроустановках. РД 153-34.0-20-505-2002. СПО ОРГРЭС, 2002. – 93с.
15. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. РД 153-134.0-03301-00.-М.: ЗАО «Энерготехнология. 2001. 120с.
16. Бей Ю.М., Мамошин Р.Р., Пупынин В.Н., Шалимов М.Г. Тяговые подстанции / Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Транспорт, 1986–319 с.
17. Выключатель элегазовый типа ЛТВ145D1/В с пружинным приводом типа ВЛК-222. Руководство по эксплуатации РЭ 3414-003ltb 145-40108210-99 – М.: 2001. – 138с.

**График  
ремонтов по КРЭС на апрель 2003 года**

Наименование оборудования, вид работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Яч. №1 ОЭВ-110 Монтаж, наладка эллегазовых выключателей.											■	■																		
Яч. №7 ШР ТН ОСШ –110 тек. ремонт.( с откл. и зазем. ОСШ-110)																			■	■										
Яч. №11 ОР, ЛР ,ТТ-110 С-126 - тек. ремонт ( с токл. и зазем. ВЛ и ОСШ-110)																					■									
Яч. №8 МВ С-123– ср. ремонт.(с перевод. под ОЭВ-110)																								■	■					
Яч. №8 ОР,ЛР ТТ-110 С-123 тек. ремонт.( с откл. и зазем. ОСШ-110)																										■	■	■		
Яч. №2 С- 119 Монтаж, наладка эллегазовых выключателей.											■	■	■	■	■															
ОСШ-110 тек. ремонт																			■	■	■	■	■	■	■					

Начальник ПС «Комсомольская»

В.М.Кудряков

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**СОГЛАСОВАНО**

**Начальник ЦДС**

**ОАО "Хабаровскэнерго"**

\_\_\_\_\_ **Филин И.П.**

\_\_\_\_\_ **200** \_\_ года

**УТВЕРЖДАЮ**

**Главный инженер**

**ХП МЭС Востока**

\_\_\_\_\_ **Скорик Г.В.**

\_\_\_\_\_ **200** \_\_ года

**СОГЛАСОВАНО**

**Гл. специалист ОДС МЭС**

**Востока**

\_\_\_\_\_ **Татаринков А.В.**

\_\_\_\_\_ **200** \_\_ года

**СОГЛАСОВАНО**

**Начальник СРЗА МЭС**

**Востока**

\_\_\_\_\_ **Козлов В.М.**

\_\_\_\_\_ **200** \_\_ года

**Типовой бланк переключений**

**С-119 ПС "Комсомольская" № 119-5**

**Вывод в ремонт ЭВ С-119**

**Исходная схема:**

В работе 1, 2 сек. 110;

С-119 под защитами своего

ЭВ.

Начало переключений: " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ **20** \_\_\_\_\_ года \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин

Окончание \_\_\_\_\_  
переключений: " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ **20** \_\_\_\_\_ года \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин

<b>№</b>	<b>Расположение</b>	<b>Название панели</b>	<b>Наименование операции</b>
	ГЩУ п.36	ЭПЗ-1636	Установить накладку Н6 "Спец. ускорение С-120 от С-

		С-120	119" в положение "Выведено"
	ГЩУ п.15	Управление	Отключить ЭВ С-119
	ГЩУ п.15	Управление	На КУ ЭВ С-119 вывесить плакат "Не включать – работают люди"
	ГЩУ п.15	Управление	Проверить отсутствие нагрузки на С-119 по приборам
	ГЩУ п.15	Управление	Отключить АВ1 "±ШУ ЭВ С-119"
	ГЩУ п.15	Управление	Отключить АВ2 "Питание основных защит С-119"
	ГЩУ п.34	ЭПЗ-1636 С-119	Установить накладку Н12 "Пуск УРОВ от 1 комплекса защиты" в положение "Выведено"
	ГЩУ п.34	ЭПЗ-1636 С-119	Установить накладку Н13 "Пуск УРОВ от 2 комплекса защиты" в положение "Выведено"
	ГЩУ п.33	ВЧБ С-119	Установить накладку Н5 "Пуск УРОВ" в положение "Выведено"
	ГЩУ п.33	ВЧБ С-119	Установить накладку Н3 "Отключение от ВЧБ" в положение "Выведено"
	ГЩУ п.52	ДЗШТ- 110-1	Установить накладку Н1 "Ввод ДЗШТ" в положение "Выведено"
	ОРУ-110 яч.10	ШНУ ДЗШТ-110 I СШ	Снять крышку блока БИ1 "С-119"
	ГЩУ п.52	ДЗШТ -110-1	Замерить ток небаланса ДЗШТ по прибору.
	ГЩУ п.52	ДЗШТ -110-1	Установить накладку Н1 "Ввод ДЗШТ" в положение "Откл."
	ГЩУ п.52	ДЗШТ -110-1	Установить накладку Н5 "Отключение С-119 от ДЗШТ" в положение "Выведено"
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ЭВ С-119 ф. А
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ЭВ С-119 ф. В
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ЭВ С-119 ф. С
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Осмотреть колонки изоляторов ЛР-119 ф. А
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Осмотреть колонки изоляторов ЛР-119 ф. В
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Осмотреть колонки изоляторов ЛР-119 ф. С
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Отключить ЛР-119
	ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ЛР-119 ф. А

ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ЛР-119 ф. В
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ЛР-119 ф. С
ОРУ-110 яч.2	С-119	Осмотреть колонки изоляторов ШР-119 ф. А
ОРУ-110 яч.2	С-119	Осмотреть колонки изоляторов ШР-119 ф. В
ОРУ-110 яч.2	С-119	Осмотреть колонки изоляторов ШР-119 ф. С
ОРУ-110 яч.2	С-119	Отключить ШР-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ШР-119 ф. А
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ШР-119 ф. С
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отключенное положение ШР-119 ф. В
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отсутствие напряжения на ШР-119 ф. А в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отсутствие напряжения на ШР-119 ф. В в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отсутствие напряжения на ШР-119 ф. С в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Включить ЗН-ШР-119 в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить включенное положение ЗН-ШР-119 ф. А в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить включенное положение ЗН-ШР-119 ф. В в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить включенное положение ЗН-ШР-119 ф. С в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отсутствие напряжения на ЛР-119 ф. А в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отсутствие напряжения на ЛР-119 ф. В в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить отсутствие напряжения на ЛР-119 ф. С в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Включить ЗН-ЛР-119 в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить включенное положение ЗН-ЛР-119 ф. А в сторону ЭВ С-119
ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить включенное положение ЗН-ЛР-119 ф. В в сторону ЭВ С-119

	ОРУ-110 яч.2	С-119	Проверить включенное положение ЗН-ЛР-119 ф. С в сторону ЭВ С-119
--	--------------	-------	--

Переключения  
проводит:

\_\_\_\_\_

Переключения  
контролирует:

\_\_\_\_\_

Начальник СРЗА ХП МЭС  
Востока

Денисов К.В.

\_\_\_\_\_

Начальник ОДС ХП МЭС  
Востока

Кричко В.А.

\_\_\_\_\_

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер ХП МЭС

\_\_\_\_\_ Г.В.Скорик

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ**

<b>Вид работ</b>	<b>Наименование объекта</b>	<b>Состав бригады</b>
Замена масляного выключателя ММО-110 кВ на элегазовый выключатель ЛТВ-145	ПС "Комсомольская" ОРУ-110 кВ ячейка №2	эл. слесарь VI раз. - 1 чел.
		эл. слесарь V раз. - 1 чел.
		эл. слесарь III раз. - 2 чел.
		газоэлектросварщик - 1 чел.
		водитель автокрана СМК-14 - 1 чел.
		водитель ЗИЛ (бортовой) - 1 чел.
<b>Инструмент и приспособления</b>		<b>Материалы</b>
Набор гаечных ключей - 3 компл.		Швеллер-12 - 40 м
Набор головок - 2 комплекта		Уголок-63 - 15 м
Сварочный аппарат - 1 шт.		Провод АС-300 - 50 м
Отрезная машинка - 1 шт.		Зажим А4А-300 - 12 шт.
Резак ацетиленовый - 1 шт.		Металлорукав (диаметр 25) - 20 м
Воздуходувка - 1 шт.		Короб 100х100 - 10 м
Брезент 4х5 - 1 рулон		Уголок-45 20 м
		Электроды (диаметр 4) - 5 кг
		Кабель КГ - 40 м
		Пруток (диаметр 8) - 50 м

## Условия безопасного производства работ

Работы производить на отключенном и заземленном оборудовании по наряду-допуску.

Работы с применением автокрана производить под наблюдением ответственного лица.

Работы производить в касках и при необходимости с применением предохранительного пояса.

При газосварочных работах на рабочем месте иметь огнетушитель.

До начала работ иметь утвержденный ППР и проработать его с членами бригады.

Норма времени	Время работы	
320 ч/ч		
	начало работы:	
	окончания работы:	
Защитные средства	Механизмы	
Каска - на каждого члена бригады Пояс монтажный - 2 шт. Диэлектрические перчатки - 1 пара. Аптечка медицинская - 1 шт.	Автокран СМК-14 Автомобиль бортовой ЗИЛ.	

**Дополнительные требования к обустройству рабочего места , необходимые проверки и испытания до начала работ**

Механизмы установить согласно прилагаемой схеме и заземлить.

## **Директивные документы, обязательные для проработки с бригадой**

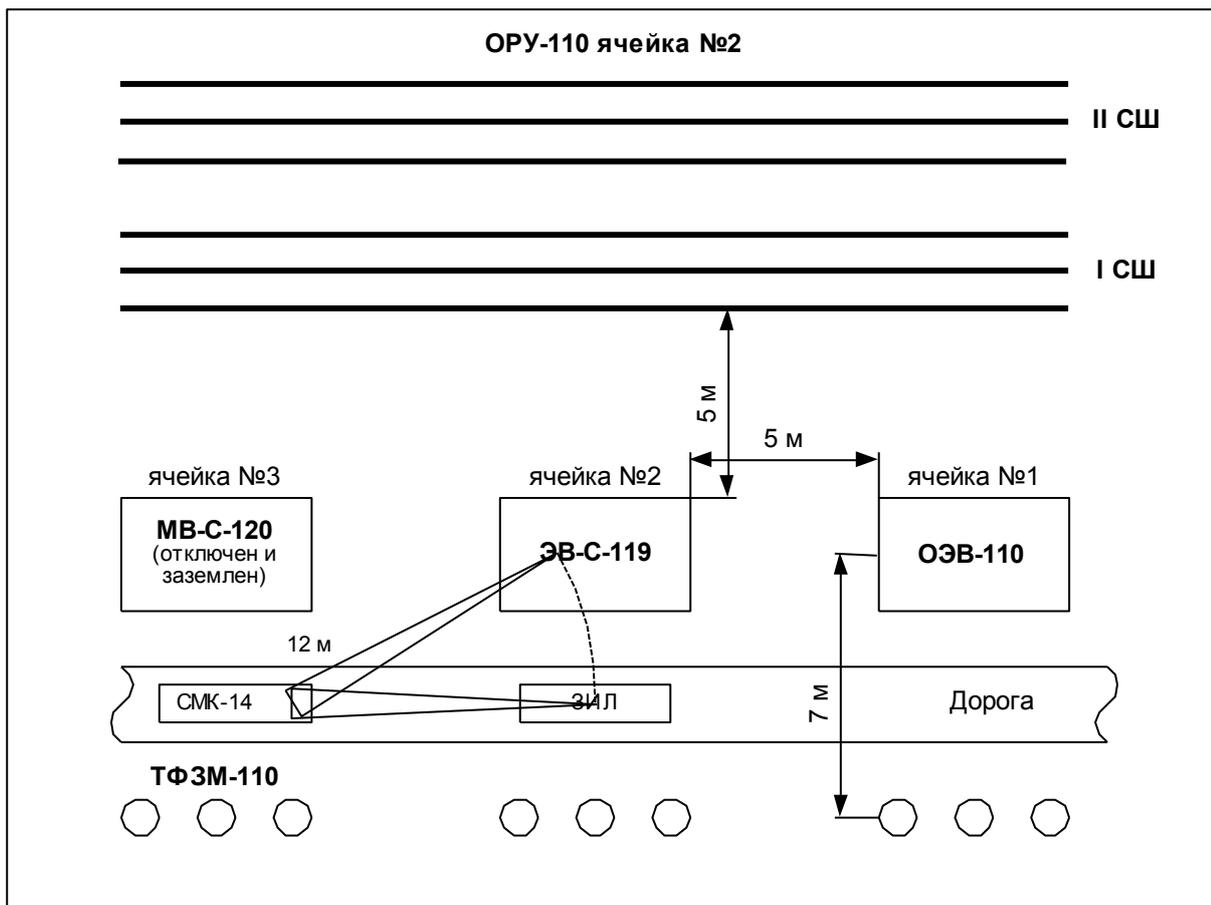
Заводские инструкции по монтажу и ремонту.

Инструкция по охране труда стропальщика и электрослесаря.

Правила установки и безопасной эксплуатации грузоподъемных механизмов.

Инструкция о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на энергетических объектах.

## План расстановки грузоподъёмных механизмов и обустройство рабочего места



**Карту изучили, инструктаж по технике безопасности получили**

Ф.И.О. членов бригады

Роспись



**Технология работ,  
последовательность операций при выполнении работ**

- 1). Расстановить механизмы и заземлить их.
- 2). Допустить на рабочее место по наряду-допуску.
- 3). Расшиновать выключатель ММО-110.
- 4). Демонтировать кабели и привод ММО-110.
- 5). Застропить все три полюса выключателя вместе с рамой (по схеме завода-изготовителя).
- 6). Резаком подрезать места сварки рамы выключателя (газосварщик находится на обслуживаемой площадке).
- 7). Демонтировать и установить на землю выключатель ММО-110 вместе с рамой.
- 8). Приварить дополнительные швеллеры к раме выключателя.
- 9). Погрузить в бортовой автомобиль выключатель ММО-110 вместе с рамой.
- 10). Под надзором ответственного руководителя работ вывезти выключатель ММО-110 с ОРУ-110.
- 11). Под надзором ответственного руководителя работ завезти на бортовом автомобиле на рабочее место выключатель ЛТВ-1450/В.
- 12). Произвести разгрузку выключателя ЛТВ-145/В.
- 13). Под надзором ответственного руководителя работ завезти на бортовом автомобиле на рабочее место раму и привод выключателя ЛТВ-145/В.
- 14). Произвести разгрузку рамы и привода выключателя ЛТВ-145/В.
- 15). Выполнить монтаж рамы на стойки УСО.
- 16). Выполнить монтаж ф.В выключателя ЛТВ-145/В на раму.

- 17). Выполнить монтаж ф.С выключателя ЛТВ-145/В на раму.
- 18.) Выполнить монтаж ф.А выключателя ЛТВ-145/В на раму.
- 19). Выполнить монтаж привода выключателя ЛТВ-145/В.
- 20). Проложить и подключить кабель управления выключателем ЛТВ-145/В.
- 21). Произвести монтаж ошиновки 110 кВ выключателя ЛТВ-145/В.
- 22). Заполнить элегазом выключатель ЛТВ-145/В до рабочего давления.
- 23). Произвести наладку, регулировку и снятие характеристик выключателя.
- 24). Убрать рабочее место.
- 25). Оформить полное окончание работ в наряде-допуске.

Начальник подстанции \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 г.

Старший мастер \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 г.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Для работ в электроустановках

Предприятие \_\_\_\_\_

Подразделение \_\_\_\_\_

НАРЯД - ДОПУСК № \_\_\_\_\_

Ответственному руководителю

работ \_\_\_\_\_ допускающему \_\_\_\_\_

производителю

работ \_\_\_\_\_ наблюдающему \_\_\_\_\_ с

членами

бригады \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ поручается \_\_\_\_\_

Работу начать: дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

Работу закончить: дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

**Меры по подготовке рабочих мест**

Наименования электроустановок, в которых нужно провести отключения и установить заземления	Что должно быть отключено и где заземлено
1	2

Отдельные указания \_\_\_\_\_

Наряд выдал: дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_ фамилия \_\_\_\_\_

Наряд продлил по: дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_ фамилия \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

**Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск**

Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ выдал	Дата, время	Подпись работника, получившего разрешения на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ
1	2	3

Рабочее место подготовлено. Под напряжением остались: \_\_\_\_\_

Допускающий \_\_\_\_\_

( подпись )

Ответственный руководитель

( производитель работ или наблюдающий ) \_\_\_\_\_

( подпись )

**Ежедневный допуск к работе и время ее окончания**

Бригада получила целевой инструктаж и допущена на подготовленное рабочее место				Работа закончена, бригада удалена	
Наименования рабочего места	Дата, время	Подписи (фамилия, инициалы)		Дата, время	Подпись производителя работ (ф.и.о)
		допускающег	Производителе работ		
		о	ля работ		
1	2	3	4	5	6

### Изменения в составе бригады

Введен в состав бригады (ф.и.о., группа)	Выведен из состава бригады (фамилия, инициалы, группа)	Дата, время	Разрешил (подпись) (фамилия, инициалы)
1	2	3	4

### Регистрация целевого инструктажа при первичном допуске

Инструктаж провел		Инструктаж получил	
Лицо выдавшее наряд	_____ (ф.и.о)	Ответственный руководитель работ (производитель работ)	_____ (ф.и.о)
	_____ (подпись)		_____ (подпись)
Допускающий	_____ (ф.и.о)	Ответственный рук. Работ	_____ (ф.и.о)
	_____ (подпись)		_____ (подпись)
		Члены бригады	_____ (ф.и.о)
			_____ (подпись)

Работы полностью закончены, бригада удалена, заземления, установленные бригадой, сняты, сообщено (кому) \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

Производитель работ \_\_\_\_\_

Ответственный руководитель работ \_\_\_\_\_