

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

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический

Кафедра энергетики

Направление подготовки 13.03.02- Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) образовательной программы Электроэнергетика

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ Н.В. Савина
« ____ » _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Реконструкция собственных нужд напряжением 6кВ главного корпуса Благовещенской ТЭЦ

Исполнитель
студент группы 842 об-1

подпись, дата

А.С. Юрченко

Руководитель
профессор,
канд. техн. наук

подпись, дата

Ю.В. Мясоедов

Консультант по
безопасности и
экологичности
доцент, канд. техн.наук

подпись, дата

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль
доцент, канд. техн.наук

подпись, дата

А.Н. Козлов

Благовещенск 2022

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

Факультет энергетический
Кафедра энергетики

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ Н.В. Савина

« _____ » _____ 20__ г.

З А Д А Н И Е

К выпускной квалификационной работе студента Юрченко Александра Сергеевича

1. Тема выпускной квалификационной работы:

Реконструкция собственных нужд напряжением 6кВ главного корпуса Благовещенской ТЭЦ

(утверждено приказом от 15.03.22 № 506уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) _____

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Схема БТЭЦ, РУСН 6кВ, РУСН 0,4кВ

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): Разработка варианта реконструкции собственных нужд, расчет токов короткого замыкания, замена выключателей с масляных на вакуумные, выбор трансформаторов, расчёт экономических показателей, рассмотрение вопросов безопасности жизнедеятельности

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.) БЭМП СН-7, РУСН 6кВ главных электрических соединений, СН-7, Схема БТЭЦ, схема электрических соединений 0,4кВ, релейный отсек ячейки СН-7

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) консультант по безопасности и экологичности доцент, канд. техн. Наук А.Б. Булгаков

7. Дата выдачи задания 16.03.22

Руководитель выпускной квалификационной работы: профессор, канд. техн. наук Ю.В. Мясоедов

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

Задание принял к исполнению (дата): _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 107 стр., 9 рисунков, 12 таблиц, 61 формула, 25 источников.

СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОБОРУДОВАНИЯ, ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИНА И АВТОМАТИКА, БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

В данной выпускной квалификационной работе был рассмотрен вариант реконструкции собственных нужд напряжением 6кВ главного корпуса Благовещенской ТЭЦ с заменой существующих масляных выключателей на более перспективные элегазовые, имеющие более лучшие показатели, а именно большую отключающую способность токов короткого замыкания, что позволит значительно увеличить надежность системы, а главное уменьшить затраты на обслуживание, с переходом на элегазовые выключатели.

Произведен расчет рабочих токов нагрузки и токов короткого замыкания в характерных точках. Произведен выбор трансформаторов. Также рассмотрим вариант перехода с механических реле на современные микропроцессорные терминалы. Произведен технико-экономический расчет основных показателей. В разделе «Безопасность и экологичность» проведены расчеты в области охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности при реконструкции и эксплуатации электроустановок.

СОДЕРЖАНИЕ

Определения, обозначения, сокращения	6
Введение	7
1 Характеристика района	9
1.1 Климатическая характеристика района	10
1.2 Характеристика источников питания	12
2 Обоснование необходимости реконструкции собственных нужд напряжением 6кВ главного корпуса Благовещенской ТЭЦ	14
3 Расчет параметров схемы замещения	20
3.1 Схема замещения	20
3.2 Определение параметров схемы замещения	21
4 Расчет токов короткого замыкания	28
4.1 Расчет токов в именованных единицах	28
4.2 Расчет двухфазных токов короткого замыкания	28
4.3 Расчет $I^{(1)}$	29
4.4 Расчет $I_{уд}$	32
5 Проверка возможности оставить существующие оборудование собственных нужд Благовещенской ТЭЦ	33
5.1 Выключатели	33
5.2 Трансформаторы	39
5.3 Трансформатор тока	43
5.4 Трансформатор напряжения	44
6 Релейная защита электродвигателей	47
7 Защита и автоматика	56
7.1 МТЗ и ТО	56
7.2 ЗМН	57
7.3 ОЗЗ	59
7.4 Защита от перегрузки	61

7.5 ЗОФ	62
7.6 АВР	62
7.7 УРОВ	63
8 Расчет уставок	65
8.1 Токовая отсечка	66
8.2 Защита от замыканий на землю	67
8.3 ЗМН	69
8.4 Защита от перегрузки	70
9 Организационно-экономическая часть	72
9.1 Сравнение защит на статических реле и микропроцессорной элементной базы	72
9.2 Выбор фирмы производителя заменяемых объектов	73
9.3 Капиталовложения в реализацию проекта	75
9.4 Расчёт эксплуатационных издержек	79
10 Безопасность и экологичность	82
10.1 Безопасность	82
10.2 Экологичность	90
10.3 Чрезвычайные ситуации	92
10.4 Расчёт показателей производственного травматизма и профессиональных заболеваний в АО «ДГК»	98
10.4.1 Теоретическая часть	99
10.4.2 Расчётная часть	101
10.4.3 Выводы	102
Заключение	103
Библиографический список	105

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ЭЭС – электроэнергетическая система;
- КЗ – короткое замыкание;
- ВМ – выключатель масляный;
- ВВ – выключатель вакуумный;
- ВЭ – выключатель элегазовый;
- ТСЗ – трансформатор сухой защищенный;
- РУСН – распределительное устройство собственных нужд;
- РЗА – релейная защита и автоматика;
- КРУ – комплектное распределительное устройство;
- ПУЭ – правила устройства электроустановок;
- ПТЭ – правила технической эксплуатации;
- МТЗ – максимальная токовая защита;
- ТО – токовая отсечка;
- ЗМН – защита минимального напряжения;
- ОЗЗ – однофазные замыкания на землю;
- ЗОФ – защита от обрыва фаз;
- АВР – автоматический ввод резерва;
- УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;
- СН – сетевой насос;
- ВЛ – воздушные линии;
- ОУ – огнетушитель углекислотный;
- ОП – огнетушитель порошковый.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день электроэнергетика является неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Она представляет собой сложную систему, предназначенную для производства, распределения и потребления электроэнергии.

В отрасли ускоренными темпами увеличиваются объемы оборудования электростанций и электрических сетей, выработавших свой проектный ресурс. К 2022 г. парковый ресурс выработал почти 70 % генерирующих мощностей.

В наше время привлечение инвестиций, повышение энергоёмкости их использования, а также принятие стратегически важных решений по развитию электроэнергетики, структурам и органам ее управления имеют ключевое значение для будущего не только электроэнергетики, но и всей экономики страны в целом.

ПКМ (Программа комплексной модернизации) - долгосрочная программа (с периодом реализации 2012-2025 гг.) направленная на техническое перевооружение генерирующих объектов РусГидро. Планируется заменить 55% турбин, 42% генераторов и 61% трансформаторов от общего парка РусГидро. Это позволит переломить тенденцию старения оборудования, обновить все генерирующие мощности, отработавшие нормативные сроки, а также снизить эксплуатационные затраты за счет уменьшения объёмов ремонтов и автоматизации процессов. Реализация ПКМ позволит к моменту её окончания заменить генерирующее оборудование общей мощностью 12618 МВт и увеличить установленную мощность объектов компании на 779 МВт. Планируемый прирост выработки за счет мероприятий в рамках программы составит 1375,6 млн кВт ч.

Процессы, которые происходят в энергосистеме, отличаются своей быстротой, взаимосвязанностью и единством процессов производства. Управление этими процессами невозможно без применения специальных

технических средств автоматического управления. Работа релейной защиты тесно связана с управлением энергосистемой при нарушении её нормальных режимов. При проектировании релейной защиты предъявляют следующие основные требования: селективность, быстродействие, надёжность и чувствительность.

Выбранная тема выпускной квалификационной работы является актуальной, так как эксплуатация морально устаревшей коммутационной аппаратуры, комплексов релейной защиты может привести к ложным срабатываниям защит или даже отказу, что в свою очередь приведёт к образованию аварийных ситуаций и снижению надёжности в ЭЭС.

Целью ВКР служит замена устаревшего оборудования, которое было установлено еще при окончании строительства БТЭЦ.

Замена коммутационных аппаратов и устройств РЗА обеспечит скорость работы, повысит надёжность оборудования на Благовещенской ТЭЦ. Реконструкция также повысит информативность передаваемой в локальную сеть информации о состоянии и функционировании защит.

Также произведём сравнительную характеристику действующего оборудования и нового, для подтверждения выгодности его использования, также сравнительно – экономический анализ оборудования и фирм производителей.

Результатом выпускной квалификационной работы будет: замена коммутационного оборудования, трансформаторов и переход на микропроцессорные терминалы. БТЭЦ будет находиться в работоспособном состоянии и отвечать условия безопасности, а также выполнять регулирующие и общесистемные функции на долгие годы.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Амурская область входит в состав Дальневосточного федерального округа. На юге она граничит с Китаем, на западе - с Забайкальским краем, на севере - с Республикой Саха (Якутия) и на востоке - с Хабаровским краем и Еврейской автономной областью. Климат региона носит относительно благоприятный континентально-муссонный характер и богатую природно-ресурсную базу.

По площади территории (361,9 тыс. км²) область занимает 6 место среди регионов Дальневосточного федерального округа и 13 место среди регионов России (2,1% территории России). Численность населения на начало 2022 г. составила 797,9 тыс. человек.

Административным центром Амурской области является г. Благовещенск с численностью населения 229,9 тыс. человек. На 1 января 2022 года в состав Амурской области входили 9 городских округов и 20 муниципальных районов. В их составе учтены населенные пункты: 8 городов областного подчинения, 2 города районного подчинения, 15 поселков городского типа, 242 сельских поселения, 601 сельский населенный пункт.

Наиболее крупными городами (с численностью населения более 30 тыс. человек) являются: Благовещенск, Белогорск, Свободный, Тында.

Амурская область имеет важное геополитическое значение на Востоке страны: она имеет протяженную границу с Китаем (1243 км) и относительно близко расположена к странам Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) - Кореи Японии.

В связи с этим экономическая деятельность области сильно ориентирована на внешнюю торговлю: она имеет торговые связи с 57 государствами и наиболее тесные с Китаем.

В настоящее время область специализируется на выработке электроэнергии, добыче бурого угля, золота, железной руды, заготовке

деловой древесины и лесопродукции из нее, производстве пищевой продукции и продукции машиностроения и металлообработки. Производимая продукция в основном реализуется на отечественном рынке, полезные ископаемые, лес и электроэнергия экспортируется в КНР.

В области сосредоточено 70% всех гидроэнергетических ресурсов юга Дальнего Востока. Работают Зейская ГЭС и Бурейская ГЭС. Высока роль Благовещенской ТЭЦ и Райчихинской ГРЭС в решении энергетических проблем области. Ведется строительство Нижне-Бурейской ГЭС. Введена в эксплуатацию вторая очередь Благовещенской ТЭЦ. Крупнейшими потребителями электроэнергии Амурской области являются предприятия по добыче угля - АО «Амурский уголь», золота – группа компаний «Петропавловск», ООО «Березитовый рудник», АО «Прииск Соловьевский», предприятия железнодорожного транспорта (Дальневосточная и Забайкальская железные дороги), объекты ВСТО и другие.

1.1 Климатическая характеристика района

Климат Амурской области переходный от резко континентального на северо-западе к муссонному на юго-востоке. Формирование такого климата обусловлено взаимодействием солнечной радиации, циркуляции воздушных масс и следующих географических факторов: широтное положение, удалённость территории от моря, влияние подстилающей поверхности в виде рельефа, растительности, водных объектов.

Все факторы климатообразования — солнечная радиация, циркуляция атмосферы, географические факторы — взаимодействуют, определяя особенности климата любой территории.

Климат, прежде всего, характеризуют показатели температуры самого холодного и самого тёплого месяцев. Одинаковые показатели разных мест объединяются изотермами. В январе изотермы с самыми низкими показателями приурочены к горным районам.

На широте Благовещенска находится город Воронеж, где средняя

температура января $-6,1$ °С, а в Благовещенске она составляет $-21,5$ °С. Абсолютный минимум $-45,4$ °С.

Лето на юге области очень тёплое с достаточным или избыточным увлажнением. Здесь проходят июльские изотермы от 20 °С до 22 °С. Тёплым бывает лето и в межгорных долинах севера, где июльские температуры поднимаются до 16 — 19 °С. В горных районах температура с высотой достигает 12 °С. Средние абсолютные максимумы температуры на севере области могут достигать 38 °С, а на юге до 40 °С.

Годовое количество осадков в области велико: в северо-восточных горных и восточных районах их величина составляет от 900 до 1000 мм. В районах, тяготеющих к Амуру и нижнему течению реки Зеи, осадков выпадает меньше. Так, в районе посёлка Ерофей Павлович — до 500 мм, в Благовещенске — до 550 мм, а в районе Архары — до 600 мм.

Для всей области характерен летний максимум осадков, что обусловлено муссонностью климата. За июнь, июль и август может выпасть до 70 % годовой нормы осадков. Возможны колебания в выпадении осадков. Так, летом с возрастанием испарения увеличивается абсолютная и относительная влажность, а весной из-за сухости воздуха снежный покров большей частью испаряется, и следствием этого становится незначительный весенний подъём уровня воды в реках.

Основные климатические характеристики района:

- район по ветру – IV;
- нормативная скорость ветра – 8 м/сек;
- район по гололеду 25 летней повторяемости – III;
- нормативная стенка гололеда – 20 мм;
- годовое количество осадков – 575 мм;
- низшая температура воздуха – -45 °С;
- средняя из абсолютных минимумов температура воздуха – -38 °С;
- расчетная температура воздуха холодной пятидневки – -34 °С;

- число грозочасов в год – 49;
- высшая температура воздуха – +41С°;
- район по ветровому давлению – III (650 Па);

1.2 Характеристика источников питания

Энергосистема (ЭС) Амурской области находится в операционной зоне Филиала АО «СО ЕЭС» Амурское РДУ, входит в состав объединённой энергетической системы (ОЭС) Востока и граничит с ОЭС Сибири (ВЛ 220 кВ), ЭС Хабаровского края и ЕАО (ВЛ 500 – 220 кВ), с ЭС.

В состав ЭС Амурской области входят 5 электростанций, общей установленной мощностью 4166 МВт, в том числе 3 гидростанции - 3660 МВт и 2 тепловые электростанции - 506 МВт:

Зейская ГЭС с установленной мощностью 1330 МВт, Бурейская ГЭС с установленной мощностью 2010 МВт; Нижне-Бурейская с установленной мощностью 320 МВт.

Благовещенская ТЭЦ с установленной мощностью 404 МВт, Райчихинская ГРЭС с установленной мощностью 102 МВт.

Установленная электрическая мощность станции — 404 МВт, тепловая — 1005 Гкал/ч. Благовещенская ТЭЦ построена в 1976 году, строительство второй очереди завершено в 2016 году. Благовещенская ТЭЦ снабжает энергией промышленные предприятия и жителей города, а также является базовым предприятием для амурских учебных заведений, выпускающих энергетиков.

В связи с началом строительства в Благовещенске Северного микрорайона в 2009 году было принято решение о начале сооружения второй очереди Благовещенской ТЭЦ. К этому времени не покрываемый дефицит тепла составлял около 110 Гкал/час, что серьезно тормозило возведение новых жилых и социальных объектов.

Указом Президента Российской Федерации от 22 ноября 2012 года «О дальнейшем развитии открытого акционерного общества «Федеральная

гидрогенерирующая компания - РусГидро» было предусмотрено возведение 4 тепловых электростанций в регионах Дальнего Востока, в том числе – второй очереди Благовещенской ТЭЦ. 19 июня 2013 года было учреждено дочернее общество ПАО «РусГидро» ЗАО «Благовещенская ТЭЦ», выступавшее заказчиком-застройщиком проекта. В декабре 2013 года между ОАО «Силовые машины» и ЗАО «Благовещенская ТЭЦ» был подписан договор на оказание услуг генерального подряда по строительству 2-й очереди Благовещенской ТЭЦ. Проект предусматривал строительство одной паротурбинной установки электрической мощностью 124 МВт и тепловой мощностью 188 Гкал/час с комплексом сопутствующего оборудования. В строительстве была задействована 21 подрядная организация. В пиковые дни численность строителей доходила до 1300 человек, эксплуатационный персонал Благовещенской ТЭЦ был увеличен на 26 человек. Общая стоимость проекта составила 7,9 млрд рублей.

В декабре 2015 года вторая очередь Благовещенской ТЭЦ начала производство электроэнергии. В 2016 году было завершено строительство градирни; 20 декабря 2016 года строительство второй очереди Благовещенской ТЭЦ было официально завершено. Электрическая мощность станции увеличилась с 280 до 404 МВт, тепловая — с 817 до 1 005 Гкал/час. Для снижения воздействия на окружающую среду на станции применены самые современные технологии. 98,6 % твердых частиц золы, образующихся в процессе сгорания угля, улавливается электрофильтрами. В результате экологическая обстановка в районе после ввода второй очереди ТЭЦ не изменилась

2 ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД НАПРЯЖЕНИЕМ 6КВ ГЛАВНОГО КОРПУСА БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ

Технологический цикл производства электроэнергии на современных электростанциях полностью механизирован. Имеются многочисленные механизмы собственных нужд как основного энергетического оборудования (парогенераторы, турбины), так и вспомогательных цехов станций. Для приведения в движение механизмов собственных нужд используется в основном электрический привод и лишь для некоторых рабочих машин — паротурбинный.

На тепловых электростанциях энергия расходуется на приготовление и транспортировку топлива, подачу питательной воды и воздуха в паровые котлы и удаление дымовых газов, вентиляцию, освещение.

При выборе источников питания и их сравнительной оценке следует учитывать нагрузки собственных нужд. Собственное потребление электроэнергии зависит от типа электростанции, вида топлива и способов его сжигания, параметров пара, типа турбогенератора и его мощности, наличия турбопривода у части механизмов. Доля электроэнергии, расходуемой на собственные нужды, для современных мощных конденсационных блоков составляет: для станций на угле с электрическим приводом всех механизмов 6—7,5 %; для тех же станций на мазуте и газе 4,5—5,5 %; для станций на угле с паротурбинным приводом питательных насосов 4—4,5 %; для тех же станций на мазуте и газе 2,5—3 %. [таблица 1]

Наибольший расход энергии на собственные нужды (в процентах) имеют ТЭЦ, что связано с меньшей единичной мощностью их агрегатов по сравнению с агрегатами на конденсационных электростанциях (КЭС) и с относительно большей долей общестанционной нагрузки.

Таблица 1 – Электрическая мощность, расходуемая на собственных нуждах

Топливо	Электрическая мощность, расходуемая на собственных нуждах, % Рном		
	Турбина с противодавлением		Конденсационная турбина с отбором пара
	0,8 МПа	1,2 МПа	
Уголь	13,1	9,6	8,0
Мазут, газ	10,8	7,8	6,6

Потребление электроэнергии на собственных нужд газотурбинными установками (ГТУ) зависит от их мощности и режима работы. Для агрегатов мощностью более 25 МВт расход на собственных нужд составляет при работе в базисной части графика нагрузки 0,4—0,9 %, а при покрытии пиков 0,6—1,7 % [14].

Основными источниками питания системы собственных нужд являются понижающие трансформаторы или реактированные линии, подключенные непосредственно к выводам генераторов или к их распределительным устройствам. Пускорезервные источники питания собственных нужд тоже связаны с общей электрической сетью, так как обычно присоединяются к распределительным устройствам станции, ближайшим подстанциям, третичным обмоткам автотрансформаторов связи.

В последнее время на некоторых зарубежных тепловых электростанциях начали устанавливать автономные газотурбинные агрегаты для питания системы собственных нужд в аварийных условиях.

Кроме этого, на электрических станциях всех типов предусматриваются независимые от энергосистемы источники энергии, обеспечивающие остановку и расхолаживание станции без повреждений оборудования и вредного влияния на окружающую среду при потере основных и резервных источников собственных нужд на гидростанциях и обычных тепловых

станциях для этой цели достаточно аккумуляторных батарей.

Все перечисленные виды оборудования электростанции, необходимого для ее надежной и экономичной работы, механизмы собственных нужд с приводными электродвигателями или паровыми турбинами, приемники электроэнергии других видов, понижающие трансформаторы, распределительные устройства, электрические сети, независимые источники энергии и соответствующие системы управления образуют систему собственных нужд электрической станции.

Основные требования, предъявляемые к системе собственных нужд, состоят в обеспечении надежности и экономичности работы механизмов собственных нужд. Первое требование является наиболее важным, поскольку нарушение работы механизмов собственных нужд влечет за собой расстройство сложного технологического цикла производства электроэнергии, нарушение работы основного оборудования, а иногда и станции в целом и развитие аварии в системную.

Система питания собственных нужд электрических станций занимает особое положение среди других потребителей энергосистемы. Действительно, нарушение электроснабжения механизмов собственных нужд вызывает нарушение работы не только самой станции, но и потребителей энергосистемы в случае недостатка мощности.

Очень важным является и требование экономичности, поскольку здесь потребление энергии на собственные нужды больше, чем в любой отрасли промышленности. Повышение экономичности достигается за счет снижения расхода электрической и тепловой энергии в системе собственных нужд, совершенствования основного и вспомогательного оборудования, разумного сокращения капиталовложений в систему собственных нужд, рациональных способов регулирования производительности механизмов. С другой стороны, простота и связанная с ней надежность работы системы собственных нужд имеют не меньшее значение, чем экономия электроэнергии.

Одним из принципиальных вопросов при построении системы собственных нужд является выбор источника питания. Наиболее простым решением, получившим распространение, является схема с непосредственной электрической связью системы собственных нужд с сетью энергосистемы. Недостатком такой схемы является зависимость напряжения и частоты в системе собственных нужд от режима энергосистемы. Другим решением может быть питание собственных нужд от электрически не связанного с сетью энергосистемы генератора на валу главного агрегата или на валу вспомогательной турбины.

Однако автономные источники энергии или генераторы на валу основного агрегата для питания собственных нужд значительно увеличивают стоимость единицы установленной мощности электростанций, усложняют их эксплуатацию и являются менее надежными, чем при электроснабжении системы собственных нужд от основного генератора через отпайку. Вероятность безотказной работы трансформатора собственных нужд гораздо выше, чем генератора, турбины, источника пара и их механизмов собственных нужд при использовании стационарных турбогенераторов собственных нужд требуется обеспечить еще более высокую надежность питания их механизмов собственных нужд. Кроме того, пуск и самозапуск электродвигателей от сети энергосистемы проходит в лучших условиях, чем пуск от источника ограниченной мощности.

Электроснабжение собственных нужд от автономных источников могло бы оказаться полезным при авариях, сопровождающихся глубоким понижением частоты и напряжения, когда падает производительность механизмов, а при глубоком понижении напряжения теряется также устойчивость двигательной нагрузки. Это приводит к прекращению подачи питательной воды, срыву вакуума турбин, сбросу нагрузки и отключению агрегатов. В результате в системе может начаться лавинообразное снижение частоты и напряжения.

Однако автономный источник не может устранить основной причины тяжелой системной аварии — несоответствия между нагрузкой и располагаемой мощностью станций. Независимое от сети питание собственных нужд может в ряде случаев лишь задержать развитие аварии, но не исключить ее. Кардинальным решением вопроса является правильное использование средств системной автоматики и прежде всего частотной разгрузки после исчерпания вращающегося резерва мощности.

В последнее время одной из важных проблем в энергетике является замена устаревшего парка оборудования на электростанциях и подстанциях ЭЭС. Так, эксплуатация морально устаревших трансформаторов, выключателей комплексов релейной защиты может привести к ложным срабатываниям защит или даже их отказу, что в свою очередь приведёт к развитию опасных аварийных ситуаций и снижению надёжности функционирования ЭЭС в целом. Всё это предопределяет актуальность темы на сегодняшний день по замене, реконструкции и модернизации комплексов релейной защиты с целью повышения надёжности функционирования и возможности передачи информации с низкого на более высокий уровень иерархии автоматизированных систем управления технологическими процессами, а также возможность автоматического и дистанционного управления отдельными подстанциями.

В связи с быстротекущими процессами при коротких замыканиях в электрических сетях, необходимы автоматический контроль и ликвидация аварийной ситуации. Эту функцию выполняет релейная защита. Ни один силовой элемент не может эксплуатироваться без РЗ, поэтому разработка РЗ для всех компонентов электроэнергетической системы является актуальной задачей.

В данной выпускной квалификационной работе предполагается исследовать схему станции и проработать основные вопросы реконструкции собственных нужд главного корпуса Благовещенской ТЭЦ. А также

необходимо произвести подробные расчёты параметров срабатывания выбранных более современных защит на микропроцессорной элементной базе.

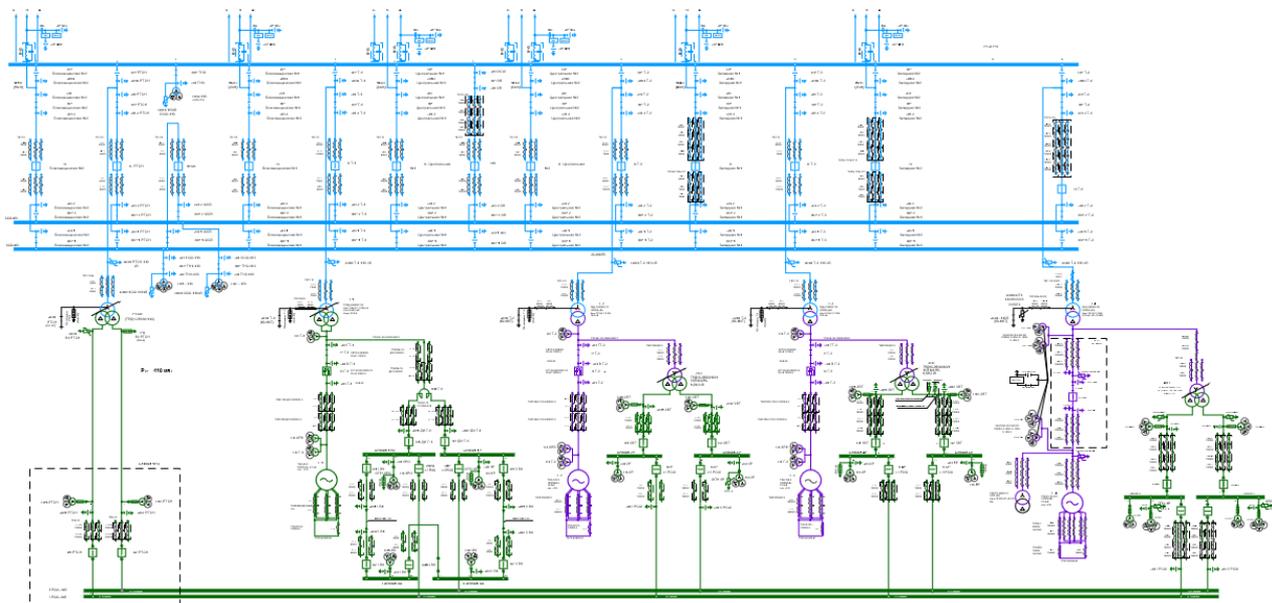


Рисунок 1 – Схема электрических соединений Благовещенской ТЭЦ

3 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ

3.1 Схема замещения

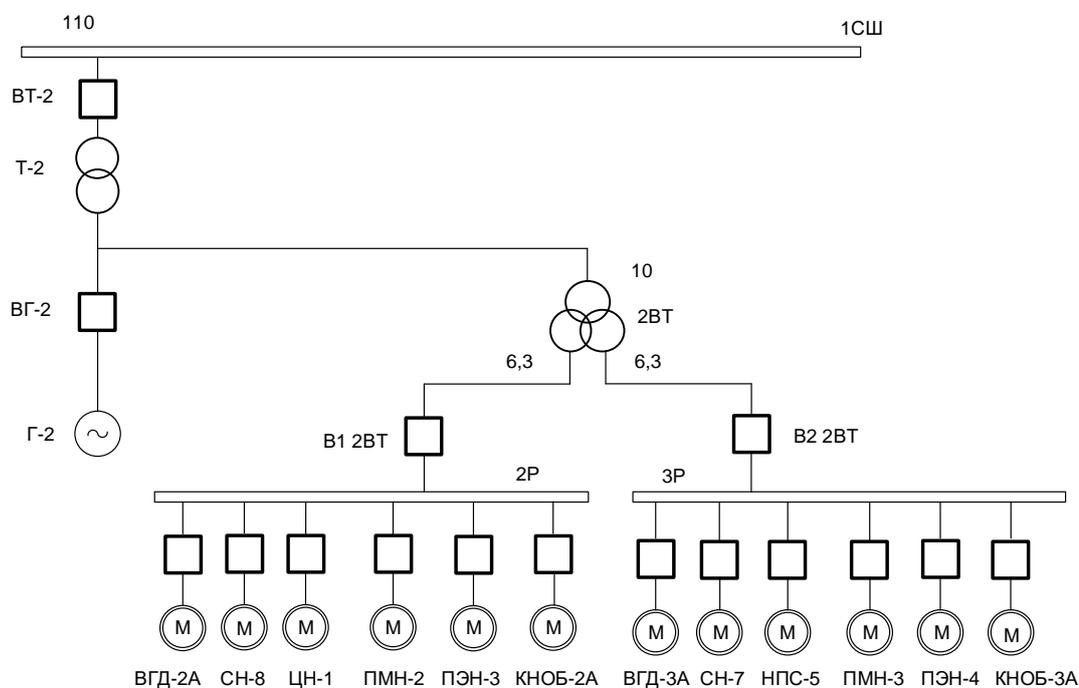


Рисунок 2 – Структурная схема 2 блока

Данные короткого замыкания для данной ВКР предоставляет Благовещенская ТЭЦ.

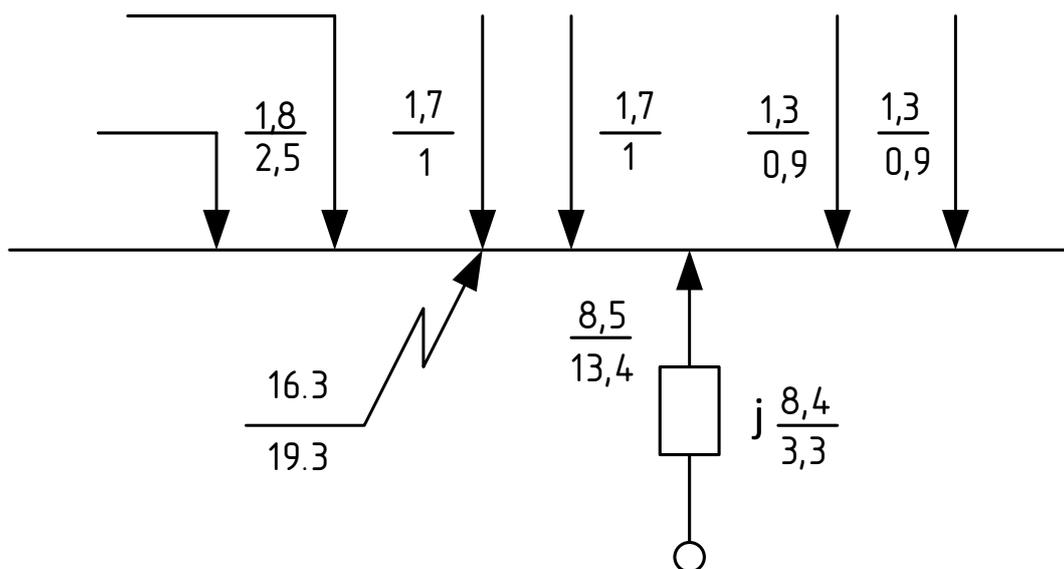


Рисунок 3 – Данные короткого замыкания

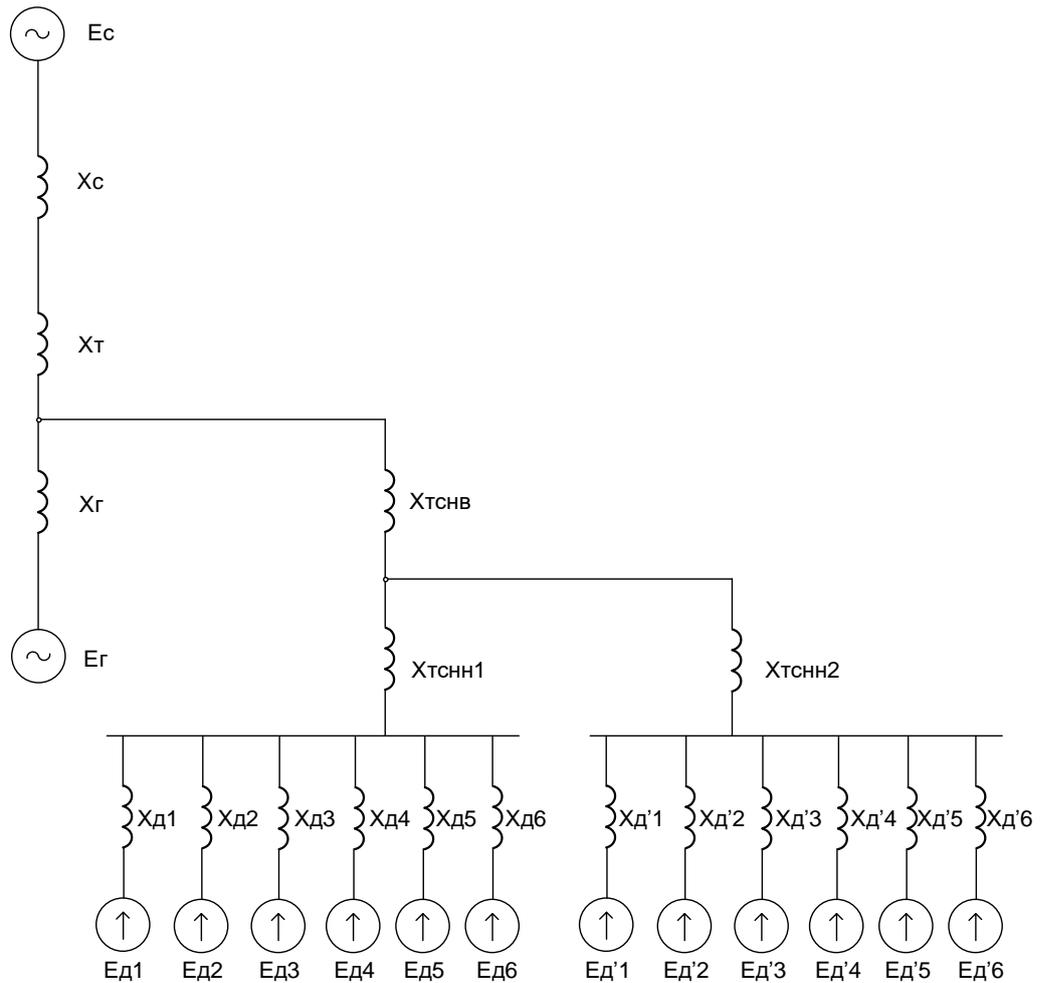


Рисунок 4 – Схема замещения

3.2 Определение параметров схемы замещения

Для упрощения решения будем производить расчёт в относительных единицах приближённым способом [15]. Базисные величины возьмём следующие: $S_6 = 125 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $U_6 = 115 \text{ кВ}$.

Система.

$$X_{C^*} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6 \cdot I_c} \quad (1)$$

$$X_{C^*} = \frac{125}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 3,4} = 0,18 \text{ о. е.}$$

Генераторы

Формула для сопротивлений генератора имеет вид:

$$X_{Г*} = X''_d \cdot \frac{S_6}{S_{НОМ}} \quad (2)$$

$$X_{Г*} = 0,192 \cdot \frac{125}{120} = 0,169 \text{ о. е.}$$

Трансформаторы.

Сопротивления двухобмоточных трансформаторов определяются по формуле:

$$X_{Т*} = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ТНОМ}} \quad (3)$$

$$X_{Т*} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{125}{125} = 0,09 \text{ о. е.}$$

Сопротивления двухобмоточных трансформаторов определяются по формуле:

$$X_{2ВТ*} = \frac{U_{кс}\%}{100} \cdot \frac{U_{В^2НОМ}}{S_{ТНОМ}} \quad (4)$$

$$X_{2ВТ*} = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{6,3^2}{25} = 0,3 \text{ о. е.}$$

Двигатели

Сопротивление электродвигателей определяются по формуле:

$$X_{ДВ*} = \frac{U_{НОМ,ДВ}}{\sqrt{3} \cdot I_{пуск}} \quad (5)$$

$$X_{\text{ДВ1}^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 312}} = 0,7 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ2}^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 931}} = 0,23 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ3}^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 687}} = 0,32 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ4}^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 410}} = 0,53 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ5}^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 2715}} = 0,08 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ6}^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 189}} = 1,16 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ1}'^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 312}} = 0,7 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ2}'^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 931}} = 0,23 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ3}'^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 250}} = 0,87 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ4}'^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 210}} = 1,04 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ5}'^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 2531}} = 0,08 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

$$X_{\text{ДВ6}'^*} = \frac{0,4}{\sqrt{3 \cdot 189}} = 1,16 * 10^{-3} \text{ о. е.}$$

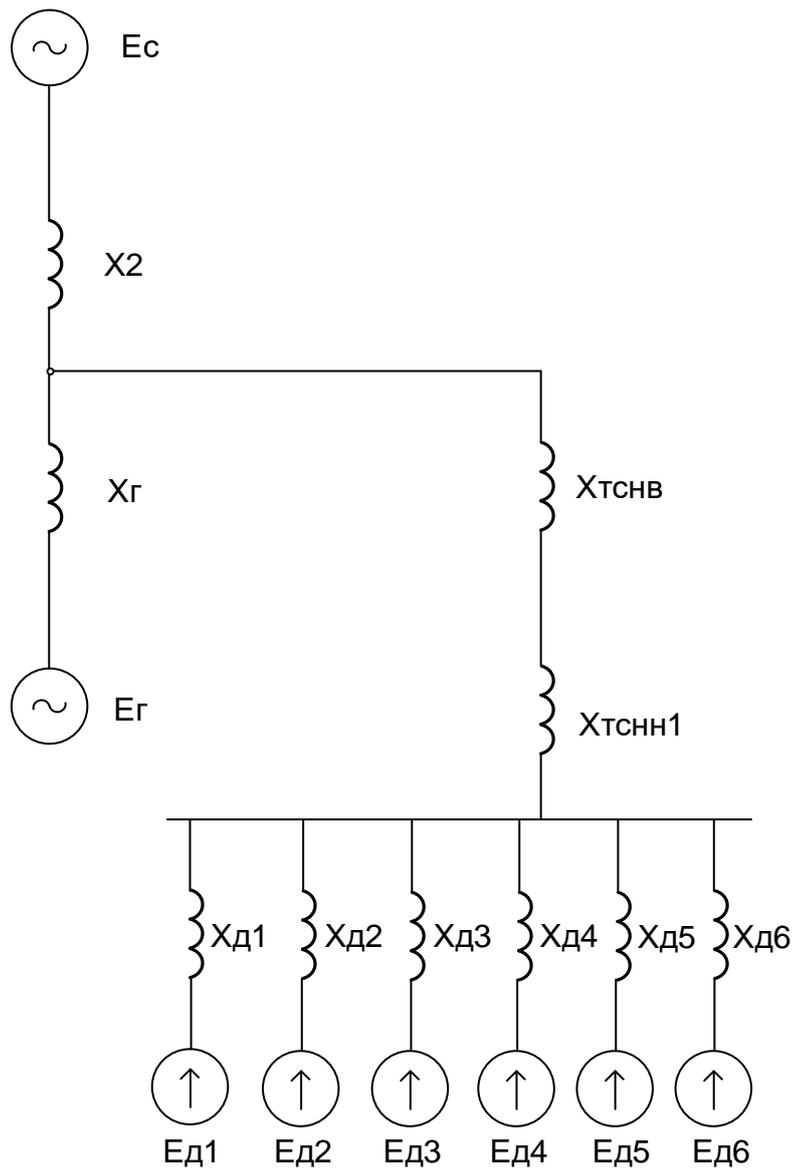


Рисунок 5 – Преобразование № 1

Значения сопротивлений обратной последовательности имеют следующие значения:

$$x_{i*1} = x_c \quad (6)$$

$$x_{i*2} = x_c + x_\Gamma \quad (7)$$

$$x_{i*3} = \frac{x_c \cdot x_\Gamma}{x_c + x_\Gamma} \quad (8)$$

$$x_{i*4} = x_{i*3} + x_{2ВТ} \quad (9)$$

$$x_{i*5} = x_c + x_\Gamma \quad (10)$$

$$x_{i*6} = x_5 + x_{\Delta 1} \quad (11)$$

$$x_{i*7} = x_5 + x_{\Delta 2} \quad (12)$$

$$x_{i*8} = x_5 + x_{\Delta 3} \quad (13)$$

$$x_{i*9} = x_5 + x_{\Delta 4} \quad (14)$$

$$x_{i*10} = x_5 + x_{\Delta 5} \quad (15)$$

$$x_{i*11} = x_5 + x_{\Delta 6} \quad (16)$$

$$x_{i*12} = x_5 + x_{\Delta' 1} \quad (17)$$

$$x_{i*13} = x_5 + x_{\Delta' 2} \quad (18)$$

$$x_{i*14} = x_5 + x_{\Delta' 3} \quad (19)$$

$$x_{i*15} = x_5 + x_{\Delta' 4} \quad (20)$$

$$x_{i*16} = x_5 + x_{\Delta' 5} \quad (21)$$

$$x_{i*17} = x_5 + x_{\Delta' 6} \quad (22)$$

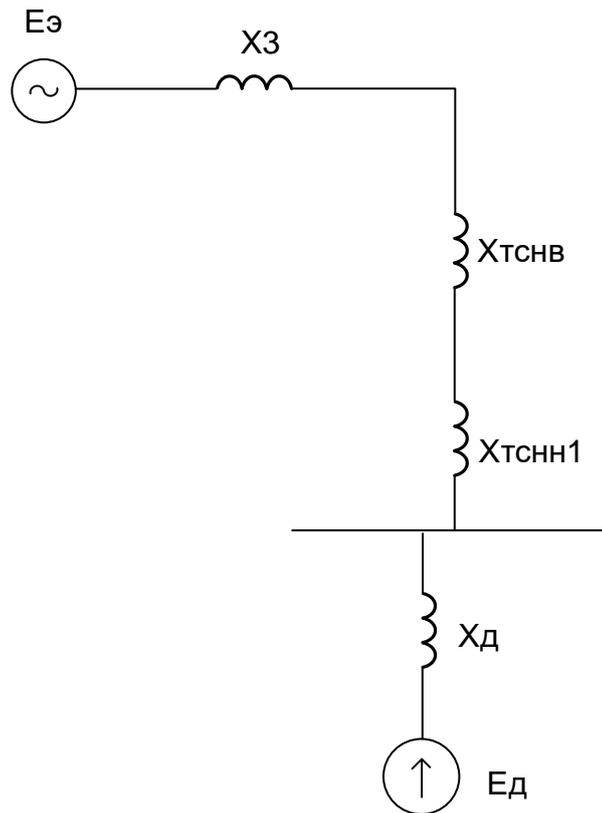


Рисунок 6 – Преобразования № 2

$$x_{i*1} = 0,18 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*2} = 0,18 + 0,09 = 0,27 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*3} = \frac{0,18 * 0,169}{0,18 + 0,169} = 0,083 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*4} = 0,083 + 0,3 = 0,383 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*5} = 0,169 + 0,18 = 0,35 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*6} = 0,383 + 0,7 * 10^{-3} = 0,392 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*7} = 0,383 + 0,23 * 10^{-3} = 0,39 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*8} = 0,383 + 0,32 * 10^{-3} = 0,39 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*9} = 0,383 + 0,53 * 10^{-3} = 0,391 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*10} = 0,383 + 0,08 * 10^{-3} = 0,384 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*11} = 0,383 + 1,16 * 10^{-3} = 0,394 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*12} = 0,383 + 0,7 * 10^{-3} = 0,392 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*13} = 0,383 + 0,23 * 10^{-3} = 0,39 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*14} = 0,383 + 0,87 * 10^{-3} = 0,392 \text{ о.е.}$$

$$x_{i*15} = 0,383 + 1,04 * 10^{-3} = 0,393 \text{ о. е.}$$

$$x_{i*16} = 0,383 + 0,08 * 10^{-3} = 0,384 \text{ о. е.}$$

$$x_{i*17} = 0,383 + 1,16 * 10^{-3} = 0,394 \text{ о. е.}$$

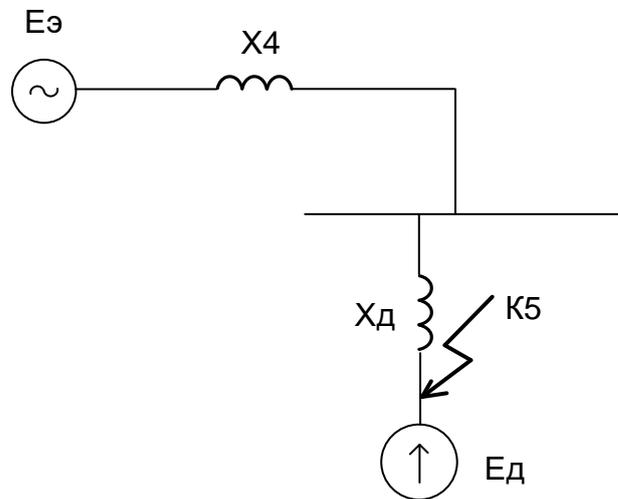


Рисунок 7 – Преобразования № 3

4 РАСЧЁТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

4.1 Расчёт тока в именованных единицах

$$I_{i*} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot x_{i*}} \quad (23)$$

$$I_{i*6} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 0,392} = 1,47 \text{ о. е.}$$

Аналогично проводим расчет нока в именованных единицах для точек К-1–К-16

Перевод в именованные единицы [15].

$$I_{i \text{ ие}} = I_{i*} \cdot \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (24)$$

$$I_{i \text{ ие}6} = 1,47 * \frac{125}{\sqrt{3} * 10,5} = 9,4 \text{ кА}$$

Аналогично проводим расчет нока КЗ для точек К-1–К-16, результаты занесем в таблицу 2.

4.2 Расчет двухфазных токов короткого замыкания

Для расчетов двухфазных токов короткого замыкания используем методику, указанную в [15], из которой следует:

Ток двухфазного короткого замыкания в точке К – 5:

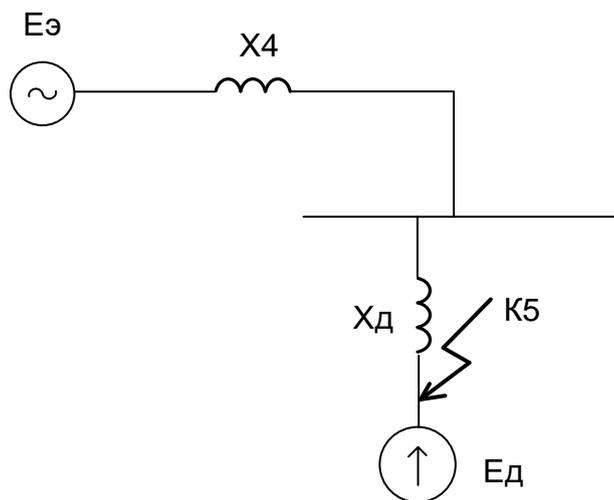


Рисунок 8 – Короткое замыкание в точке 5

$$I^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I^{(3)}; \quad (25)$$

$$I^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 9,4 = 8,1 \text{ кА.}$$

Аналогично проводим расчет токов КЗ для остальных точек, результаты занесем в таблицу 2.

4.3 Расчет $I^{(1)}$

Рассчитаем короткое замыкание в точке К-1. Составим схему нулевой последовательности, показанную на рисунке 9.

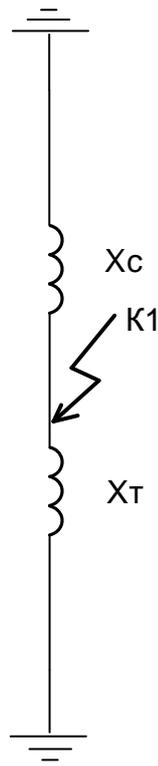


Рисунок 9 – Схема замещения нулевой последовательности
 Определяем сопротивление

$$x_{oc} = x_{1c} * 2,5 \quad (26)$$

$$x_{oc} = x_{1c} * 2,5 = 0,18 * 2,5 = 0,54 \text{ о.е.}$$

$$x_{1c} = x_{2c} \quad (27)$$

$$x_{1c} = 0,18$$

$$x_{oT} = x_{1T} + x_{2T} \quad (28)$$

$$x_{1T} = 0,09$$

$$x_{\text{сумм}} = \frac{x_{oT} * x_{oc}}{x_{oT} + x_{oc}} \quad (29)$$

$$x_{\text{сумм}} = \frac{0,09 \cdot 0,45}{0,09 + 0,45} = 0,075 \text{ о.е.}$$

Находим однофазный ток:

$$I_{\text{ка1}}^{(1)} = \frac{E_{\text{сумм}}}{x_{1\text{сумм}} + x_{2\text{сумм}} + x_{0\text{сумм}}} \quad (30)$$

$$I_{\text{ка1}}^{(1)} = \frac{1}{0,06 + 0,06 + 0,075} = 5,12 \text{ кА}$$

$$I_{\text{ка}}^{(1)} = m^{(n)} \cdot I_{\text{ка1}} \quad (31)$$

$$I_{\text{ка}}^{(1)} = 3 \cdot 5,12 = 15,38 \text{ кА}$$

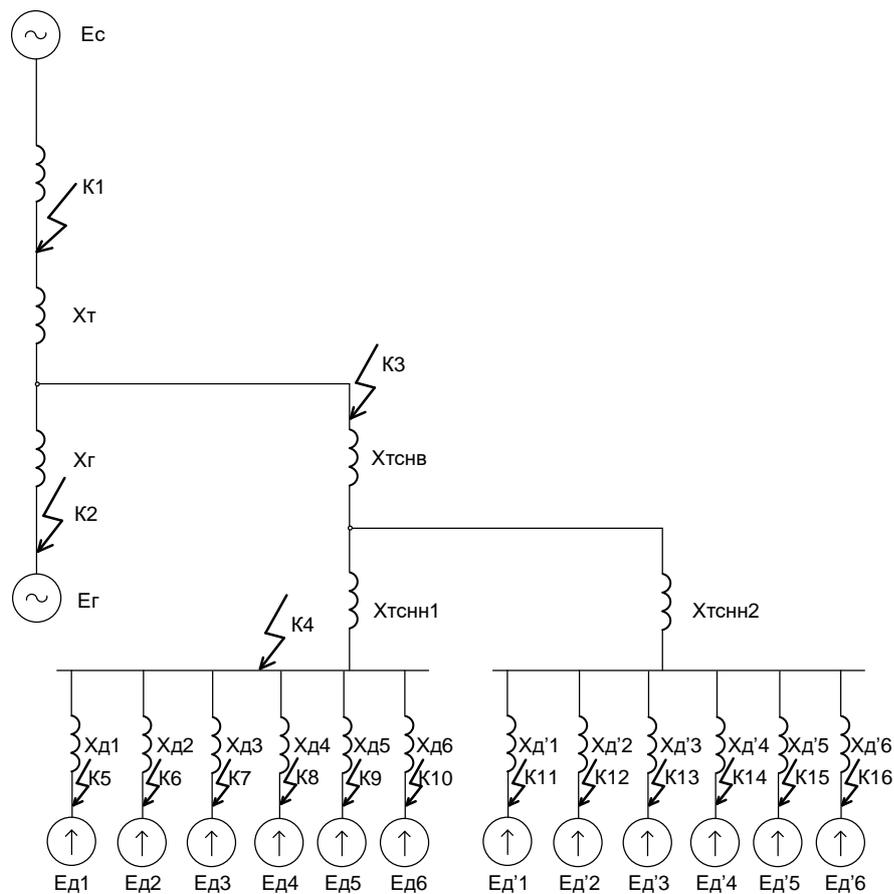


Рисунок 10 – Варианты короткого замыкания

4.4 Расчет $I_{уд}$

Определяются ударный ток короткого замыкания, необходимый для проверки электрических аппаратов на электродинамическую стойкость:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_K^{(3)} \quad (32)$$

где K_y – ударный коэффициент [14], $K_y = 1,67$.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,67 \cdot 9,4 = 22,13 \text{ кА}$$

Аналогично проводим расчет токов КЗ для остальных точек результаты занесем в таблицу 2.

Таблица 2 – Токи короткого замыкания для точек К-1–К-16

№ Точки	$I^{(3)}$, кА	$I^{(2)}$, кА	$I^{(1)}$, кА	$I_{уд}$, кА
К-1	22,02	19,04	15,38	32,04
К-2	2,22	1,92	–	6,01
К-3	9,41	8,15	–	24,51
К-4	9,45	8,18	–	18,24
К-5	9,4	8,1	–	22,13
К-6	9,37	8,11	–	22,06
К-7	9,19	7,95	–	21,63
К-8	9,41	8,11	–	22,15
К-9	9,42	8,21	–	22,18
К-10	9,41	8,13	–	22,15
К-11	9,4	8,1	–	22,13
К-12	9,43	8,14	–	22,2
К-13	9,38	8	–	22,08
К-14	9,42	8,16	–	22,18
К-15	9,44	8,16	–	22,22
К-16	9,41	8,13	–	22,15

Расчет токов короткого замыкания для второго блока и собственных нужд закончен.

5 ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ОСТАВИТЬ СУЩЕСТВУЮЩИЕ ОБОРУДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ НУЖД БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ

5.1 Выключатели

На благовещенской ТЭЦ в главного корпусе собственных нужд на секции 2Р и 3Р установлены выключатели марки *ВМПЭ-630-10-20У2*

Срок службы выключателя до капитального ремонта – 20 лет, срок службы до списания - 25 лет. Гарантийный срок эксплуатации – 5 лет со дня ввода в эксплуатацию, для выключателей, предназначенных на экспорт – 24 месяца со дня ввода в эксплуатацию [25].

Таблица 3 – Технические характеристики *ВМПЭ-630-10-20У2*

Наименование характеристики	Значение
1	2
Номинальное рабочее напряжение, кВ	10
Максимальное рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	630
Ток отключения, кА	20
Предельный сквозной ток: эффективное значение, кА	20
амплитудное значение, кА	52
Ток термической устойчивости, кА для промежутка времени: 4 с	20
Время выключения при номинальном напряжении, с	0,07
Время гашения дуги в камере, с	0,095
Время включения при номинальном напряжении, с	0,3
Масса выключателя без масла, кг	220
Масса масла, кг	5,5

Продолжение таблицы 3

Габаритные размеры, мм:	Значение
Высота	1035
Ширина	670
Глубина	650

Этот тип выключателя установлен почти во всех ячейках, где не происходила реконструкция. Вместо *ВМПЭ-630-10-20У2* устанавливается ВВЕ-СЭЩ- 1-10-20/630 [20].

Основная задача, стоящая перед выключателем — это отключение токов короткого замыкания. Помимо этого, он должен выполнять следующие требования:

- отключение и включение цепи в любых режимах (при несинхронной работе, перегрузках);
- долговечность (не требующий обслуживания в течение всего срока эксплуатации);
- большой коммутационный и механический ресурс;
- взрыво- и пожаробезопасность.

В масляных выключателях масло является дугогасительной средой. Однако это и является главным минусом использования этих выключателей. Требуется постоянный контроль и доливка трансформаторного масла, малый ресурс работы, частое обслуживание и пожаро-опасность -все это подтвердило превосходство вакуумных выключателей над масляными.

Технологии гашения дуги в вакууме является наилучшим решением в этой области. За счет оптимизации технических и экологических аспектов дугогасительное устройство оказалось простым, компактным, долговечным и исключительно надежным.

Сердцем выключателя является дугогасительная камера.

Сильфон припаивается к нижнему изолятору и выводу подвижного контакта, обеспечивая возможность перемещения подвижного контакта без нарушения герметичности вакуумной дугогасительной камеры.

Корпус дугогасительной камеры поддерживает давление внутри 10-5 Па на протяжении всего срока эксплуатации выключателя.

Надёжность и диагностирование технического состояния электротехнических.

Чтобы погасить дугу работает технология осевого электромагнитного поля, которая препятствует стабилизации сжатой дуги. При выключении выключателя подвижный контакт отходит и весь ток стремится к последней точке соприкосновения, вызывая в ней интенсивный нагрев. В результате большой плотности тока образуются нити из расплавленного металла, которые быстро взрываются, образуя электрическую дугу и ионизированный металлический пар. Этот пар является проводником тока и в межэлектрическом промежутке образуется устойчивый дуговой разряд. Осевое магнитное поле воздействует на дугу таким образом, что ее энергия распределяется по всей поверхности контактов, значительно снижая эрозию. Гашение дуги происходит при прохождении тока через ноль.

У вакуумной дугогасительной камеры имеется два предела по отключающей способности. Первый из них характеризуется коммутационной способностью одного единственного последнего катодного пятна, возможностью его погасания в условиях, когда контакт относительно холодный. Эти условия зависят от теплофизических свойств материала катода. Высокой коммутационной способностью обладают контакты, катод которых изготовлен из материала, имеющего низкое давление паров металла и хорошую теплопроводность. Другой предел по отключающей способности касается не скорости спадания тока и не скорости нарастания восстанавливающего напряжения, а самих токов короткого замыкания,

которые приходится отключать выключателю. Этот предел по коммутационной способности зависит уже от конфигурации контактной системы (которая в этом случае должна быть такой, чтобы препятствовать образованию локализованной дуги, горящей неподвижно на одном и том же месте), размеров контактов и материала, из которого они изготавливаются.

Таким образом, вакуумные выключатели — это самый актуальный вариант при замене масляных и маломасляных выключателей на сегодняшний день.

Таблица 4 – Технические характеристики ВВЕ-СЭЩ- 1-10-20/630 [4].

Наименование характеристики	Значение
1	2
Номинальное рабочее напряжение, кВ	10
Максимальное рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	630
Ток отключения, кА	20
Ток электродинамической стойкости, кА	50
Ток термической устойчивости, кА для промежутка времени: 3 с	20
Токи включения, кА: Наибольший пик	50
Начальное действующее значение периодической составляющей	20
Ход подвижных контактов камеры дугогасительной вакуумной, мм	8
Ход поджатия контакта камеры дугогасительной вакуумной, мм	2
Собственное время отключения, с, не более	0,05

Продолжение таблицы 4

Полное время отключения, с, не более	0,06
Собственное время включения, с, не более	0,075
Время завода включающих пружин, с, не более	10
Механический ресурс, циклов ВО	10000
Срок службы выключателя, лет, не менее	25

Выключатели поставляются практически в собранном виде. Общие указания, проверка технического состояния [20].

При эксплуатации следить, чтобы рабочее напряжение и ток нагрузки выключателя не превышали величин, указанных в таблице 4

В процессе эксплуатации один раз в год рекомендуется проводить технические осмотры.

При техническом осмотре следует выполнить следующие проверки: произвести внешний осмотр выключателя и убедиться в отсутствии

- Загрязнения его наружных частей, особенно изоляционных деталей;
- убедиться в отсутствии трещин на изоляционных деталях;
- произвести внешний осмотр контактных соединений и убедиться в отсутствии признаков чрезмерного перегрева подводящих шин (например, по цветам побежалости).

При положительном результате указанных проверок выключатель может оставаться в рабочем положении до следующего осмотра или технического обслуживания. В противном случае выключатель следует отключить, снять напряжение с его выводов и по мере надобности выполнить следующие работы:

- при необходимости подтянуть болты или гайки;

- замерить электрическое сопротивление полюсов.

Выключатели не требуют проведения периодических (плановых) текущих, средних и капитальных ремонтов в течение всего срока их службы. В случае сохранения работоспособности выключателя после выработки механического ресурса операций включения–отключения допускается его дальнейшая эксплуатация по техническому состоянию.

Меры безопасности

Персонал, обслуживающий выключатель, должен знать устройство и принцип действия аппарата, изучить настоящую инструкцию и строго выполнять ее требования.

Рамы выключателя и привода должны быть надежно заземлены.

При осмотре выключателя следует помнить, что полюсы находятся под высоким напряжением, поэтому запрещается доступ обслуживающего персонала в зону расположения выключателя.

Работы по техническому обслуживанию, ремонту выключателя и привода должны производиться только при отсутствии напряжения на обоих выводах полюсов, снятом остаточном напряжении с экрана КДВ, а также во вспомогательных цепях при не заведенной рабочей пружине привода.

Электромагнитный привод, установленный на ВВЕ-СЭЩ- 1-10-20/630

Преимущества изделия:

- Высокий механический ресурс – включений/отключений до 50000. Надежность механической защелки.
- Не требует периодических включений/отключений в контрольном положении для стабильной работы защелки. Не потребуются переводить потребителя на резерв или отключать.
- Термодинамические удары не оказывают влияние на механическую защелку. Нет самопроизвольных отключений и ослабления защелки.
- Механизм свободного расцепления. Позволяет провести отключение выключателя в любой момент времени и в любом положении выключателя.

Сокращает время короткого замыкания при включении на короткое замыкание.

- Нет дополнительного блока управления.
- Исключает промежуточное звено между защитой и выключателем. Выключатель напрямую управляется терминалом защиты и управления, меньше элементов, за которыми надо следить, обслуживать и содержать.
- Не требует постоянного питания емкостных батарей как для проведения коммутации, так и во время режима ожидания команды, то есть нет постоянного расхода электрической энергии.

5.2 Трансформаторы

На благовещенской ТЭЦ в главного корпуса собственных нужд на секции 2Р и 3Р установлены трансформаторы ТСЗУ-1000/10 УХЛ4.

Таблица 5 – Технические характеристики ТСЗУ-1000/10 УХЛ4.

Наименование характеристики	Значение
1	2
Номинальная мощность, кВА	1000
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	10
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Допустимая температура эксплуатации	от -45 до +40 °С
Материал обмоток	Алюминий (алюминиевый), медь (медный)
Степень защиты	IP00 (без кожуха) и IP20 (с кожухом)
Класс нагревостойкости обмоток	F
Корректированный уровень звуковой мощности	не более 60 дБ

Трансформатор ТСЗУ-1000/10 УХЛ4 используется во многих отраслях народного хозяйства, он предназначен для преобразования электрической энергии в электросетях трехфазного переменного тока частотой 50Гц, также трансформатор оборудован защитным кожухом, и имеет степень защиты IP20 [24].

Трансформаторы устанавливаются в промышленных помещениях и общественных зданиях, к которым представляются повышенные требования в части пожаробезопасности, взрывозащищенности, экологической чистоты, обмотки и изоляционные детали активной части трансформаторов выполнены из материалов, не поддерживающих горения.

Трансформаторы имеют высокую надежность, требуют минимальных затрат на обслуживание, экономичны, просты в эксплуатации.

Конструкция трансформатора ТСЗУ-1000/10 УХЛ4

Трансформаторы состоят из следующих основных сборочных единиц:

- магнитопровода;
- обмоток, размещенных на магнитопроводе (активной части);
- отводов (вводов, шин ВН и НН);
- защитного металлического кожуха

Срок службы трансформаторов 1 кВА составляет 30 лет. Срок эксплуатации трансформацию давно уже перешел эту цифру, поэтому рассмотрим трансформатор ТСЛЗД 1000-6/0,4 УХЛ4 [21].

Таблица 6 – Технические характеристики ТСЛЗД 1000-6/0,4 УХЛ4

Наименование характеристики	Значение
1	2
Номинальная мощность, кВА	1000
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6

Продолжение таблицы 6

Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Допустимая температура эксплуатации	от -45 до +40 °С
Материал обмоток	Алюминий (алюминиевый), медь (медный)
Степень защиты	IP00 (без кожуха) и IP31 (с кожухом)
Класс нагревостойкости обмоток	F
Корректированный уровень звуковой мощности	не более 76 дБ

Защита трансформатора от перегрева.

Для защиты от перегрева и выхода из строя трансформаторы снабжаются устройством контроля температуры.

Система защиты трансформатора от перегрева состоит из четырёх термодатчиков и реле защиты типа БКТ-2-1-УЗ. Термодатчики расположены в верхней части обмоток НН и наиболее нагретой точке магнитопровода. При повышении температуры активное сопротивление термодатчика увеличивается, сигнал датчиков преобразуется в электрический сигнал и передается на реле БКТ-2-1-УЗ. При достижении установленной температуры реле срабатывает.

Трансформаторы допускают работу при повышении напряжения на 10% сверх номинального и при нагрузке, не превышающей номинальную. Трансформаторы серии ТСЛ могут кратковременно работать при перегрузке без уменьшения срока службы. Трансформаторы допускают аварийные перегрузки на 30% выше номинального тока продолжительности не более 3ч в сутки.

При технических осмотрах необходимо проверять:

- значение рабочих параметров;
- значение температуры и влажности;
- состояние поверхности обмоток;
- состояние крепления контактных клемм вводов и ошиновки;
- состояние крепления ошиновки;
- характер гудения трансформатора (во время работы должен быть слышен умеренный, равномерно гудящий звук, без резкого шума и треска);
- наличие посторонних запахов и признаков перегрева;
- состояние заземления.

При проведении профилактических работ необходимо:

- проверить надежность болтовых соединений
- очистить от пыли, грязи, и посторонних предметов магнитопровод, обмотки и каналы охлаждения с помощью пылесоса или сжатого воздуха
- протереть поверхности обмоток ВН тряпкой, смоченной в спиртовом растворе
- Устранить все повреждения антикоррозийного покрытия, обнаруженные при осмотре
- Устранение обнаруженных дефектов, поддающихся устранению на месте.

Преимущества трансформаторов ТСЛЗД 1000-6/0,4 УХЛ4

Трансформаторы ТСЛЗД 1000-6/0,4 УХЛ4 характеризуются наличием следующих преимуществ [21]:

Отсутствие маслонаполненного оборудования. Снимает большинство экологических ограничений.

Низкий уровень шума. Допускает установку трансформатора максимально близко к потребителю.

Компактные размеры. Обеспечивают возможность установки трансформаторов в помещениях даже с маленькой кубатурой.

Высокий уровень пожарной безопасности.

Отсутствие затрат на периодический анализ масла и замену силикагеля.

Высокий уровень сейсмической стойкости.

Изоляция обмоток высокого и низкого напряжения не подвержена увлажнению.

Высокая диэлектрическая прочность изоляции и устойчивость к воздействию токов к.з.

Отсутствие открытых токоведущих частей обмотки. Значительно снижает интенсивность загрязнения пылью, грязью или увлажнением.

5.3 Трансформатор тока

Трансформатор тока – это электрическое устройство, предназначенное для уменьшения первичного тока до значений, которые были бы наиболее удобны для измерительных приборов и релейной защиты, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Трансформатор ТВЛМ-10 – встроенный литой модернизированный малогабаритный измерительный трансформатор тока. Предназначен для уменьшения высоких первичных значений тока до значений пригодных для измерений, вырабатывает сигнал измерительной информации для электроизмерительных приборов, а также цепей релейной защиты и автоматики. Одновременно служит изоляцией вторичных цепей от высокого первичного напряжения, что в свою очередь позволяет сделать работу в электроустановках более безопасной. Трансформатор ТВЛМ-10 предназначен для установки в комплектные распределительные устройства внутренней установки переменного тока, частоты 50, 60 Гц.

Таблица 7 – Технические характеристики ТВЛМ-10

Наименование характеристики	Значение
1	2
Номинальное напряжение, кВ	10

Продолжение таблицы 7

Номинальный первичный ток, А	5-1500
Номинальный вторичный ток, А	5
Количество вторичных обмоток	2-3
Класс точности для защиты	10P
Класс точности для измерения	0,2S, 0,2, 0,5S, 0,5
Ток односекундной термической стойкости, кА	0,35-31,5
Ток электродинамической стойкости, кА	1,5-100

Данный трансформатор тока ТВЛМ-10 удовлетворяет всеми условиями. Средний срок службы составляет 8 лет. На данный момент, время эксплуатации не истек, что говорит о том, что в ближайшее время ТВЛМ-10 менять нет необходимости. В дальнейшем стоит обратить внимание на более современное оборудование от отечественных производителей.

5.4 Трансформатор напряжения

НАМИ-10 являются масштабными преобразователями напряжения переменного тока. Представляют собой трансформаторы напряжения антирезонансные с естественным масляным охлаждением и дополнительной обмоткой для контроля изоляции.

Трансформаторы НАМИ-10 предназначены для выработки сигнала измерительной информации для электрических измерительных приборов, цепей защиты, сигнализации и других устройств. Работают в сетях переменного тока с изолированной или с заземленной через дугогасящий реактор нейтралью частотой 50 Гц.

Особенности трансформаторов НАМИ-10:

Номинальные напряжения обмоток:

ВН: 10 кВ.

НН основной: 0,1 кВ.

НН дополнительной: 0,1/3 кВ.

Мощность вторичных обмоток:

Основной: 75 ВА.

Дополнительной: 30 ВА.

Предельная мощность трансформатора: 1,0 кВА.

Предельная мощность дополнительной вторичной обмотки: 100 ВА.

Класс точности в номинальном режиме: 0,2.

Конструкция НАМИ-10

Трансформаторы НАМИ-10 представляет собой соединенные конструктивно в единое целое два трехобмоточных трансформатора. Их первичные обмотки одного из этих трансформаторов предназначены для включения на линейные напряжения «АВ» и «ВС», а первичная обмотка другого трансформатора (заземляемого) включена на фазное напряжение «ВХ».

Магнитопровод заземляемого трансформатора собран из пластин конструкционной стали, магнитопровод второго - собран из пластин электротехнической стали. Бак НАМИ-10 сварен из листовой стали. На крышке бака приварены пластины (серьга) для подъема трансформатора.

Таблица 8 – Технические характеристики НАМИ-10

Наименование характеристики	Значение
1	2
Напряжение первичной обмотки, кВ	10
Напряжение вторичной обмотки, В	0,1
Номинальная частота	50
Класс точности	0,2
Номинальная вторичная нагрузка, ВА	75
Климатическое исполнение и категория размещения	У2
Вес, кг	98

Прошлые трансформаторы напряжения были заменены на более современные НАМИ-10. Выбранный трансформатор напряжения удовлетворяет своими характеристиками и показал хорошие эксплуатационные результаты. Срок службы составляет 30 лет. На данный момент в замене не нуждается.

6 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Основным назначением релейной защиты является выявление места возникновения КЗ и быстрое автоматическое отключение поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части электрической установки или электрической сети, а также выявление нарушения нормальных режимов оборудования и подача предупредительных сигналов обслуживающему персоналу или отключение оборудования с выдержкой времени.

К релейной защите предъявляются следующие требования [9]:

- селективность;
- быстродействие;
- чувствительность;
- надежность.

Проектирование релейной защиты представляет собой сложный процесс выработки и принятия решений по выбору принципов выполнения релейной защиты. Также решаются вопросы эффективного функционирования устройств релейной защиты и автоматики всех элементов защищаемой схемы, начиная с выбора видов и расчёта уставок проектируемых устройств и заканчивая правильным их подключением к цепям оперативного тока.

Принцип действия и устройство электромагнитных реле.

Электромагнитные реле, благодаря простому принципу действия и высокой надежности, получили самое широкое применение в системах автоматики и в схемах защиты электроустановок.

Электромагнитные реле делятся на реле постоянного и переменного тока.

Реле постоянного тока делятся на нейтральные и поляризованные.

Нейтральные реле одинаково реагируют на постоянный ток обоих направлений, протекающий по его обмотке, а поляризованные реле реагируют на полярность управляющего сигнала.

Работа электромагнитных реле основана на использовании электромагнитных сил, возникающих в металлическом сердечнике при прохождении тока по виткам его катушки. Детали реле монтируются на основании и закрываются крышкой. Над сердечником электромагнита установлен подвижный якорь (пластина) с одним или несколькими контактами. Напротив них находятся соответствующие парные неподвижные контакты.

В исходном положении якорь удерживается пружиной. При подаче напряжения электромагнит притягивает якорь, преодолевая её усилие, и замыкает или размыкает контакты в зависимости от конструкции реле. После отключения напряжения пружина возвращает якорь в исходное положение.

Достоинства и недостатки электромагнитных реле [18].

Электромагнитное реле обладает рядом преимуществ, отсутствующих у полупроводниковых конкурентов:

- способность коммутации нагрузок мощностью до 4 кВт при объеме реле менее 10 см³;
- устойчивость к импульсным перенапряжениям и разрушающим помехам, появляющимся при разрядах молний и в результате коммутационных процессов в высоковольтной электротехнике;
- исключительная электрическая изоляция между управляющей цепью (катушкой) и контактной группой;
- малое падение напряжения на замкнутых контактах, и, как следствие, малое выделение тепла: при коммутации тока 10 А малогабаритное реле суммарно рассеивает на катушке и контактах менее 0,5 Вт;
- низкая цена электромагнитных реле по сравнению с полупроводниковыми ключами.

Недостатки реле:

- малая скорость работы, ограниченный (хотя и очень большой) электрический и механический ресурс, создание радиопомех при замыкании и размыкании контактов.

Щиты управления современных электрических распределительных подстанций, а также реконструируемые объекты все чаще комплектуются микропроцессорными защитными устройствами. Современные достижения в области микропроцессорной техники позволяют создавать полноценные устройства, которые ничем не уступают, и более того во многом превосходят своих предков – защитных устройств, построенных на электромеханических реле.

Современные микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики оборудования характеризуются множеством преимуществ. Но, как и любое устройство, микропроцессорные защиты имеют и свои недостатки. В данной статье приведем их основные преимущества и недостатки и сделаем вывод об актуальности выбора микропроцессорных устройств для защиты оборудования электроустановок [10].

Начнем с преимуществ.

Основное преимущество микропроцессорных терминалов защит оборудования – это их многофункциональность. Помимо основных функций, а именно реализации защиты оборудования и работы автоматических устройств, микропроцессорные терминалы осуществляют замер электрических величин.

Если взглянуть на старые панели защит оборудования станции, то мы увидим множество реле и аналоговых измерительных приборов. В случае использования микропроцессорных защит необходимость установки дополнительных измерительных приборов отсутствует, так как значения

основных электрических величин можно фиксировать на ЖК-дисплее терминалов защит.

Микропроцессорная защита [19].

Тут можно отметить еще одно преимущество – точность измерения. Аналоговый прибор позволяет измерить величину с определенной погрешностью, а если приборы служат не один десяток лет (а в таком состоянии находится подавляющее большинство измерительных приборов электроустановок), то их точность существенно снижается, да и фиксировать показания не всегда удобно.

На дисплее терминала указываются точные значения электрических величин и что немаловажно пофазно. Это позволяет контролировать отключенное (включенное) положение всех полюсов выключателей.

Исходя из вышесказанного, можно выделить еще одно преимущество микропроцессорных защит – компактность. При использовании микропроцессорных технологий общее количество панелей для защит, автоматики и управления оборудованием, установленных на общеподстанционном пункте управления, сокращается буквально вдвое.

Если, например, для защиты, работы автоматических устройств, управления выключателями силового трансформатора устанавливалось три панели с электромеханическими защитами, то в случае использования микропроцессорных защит все необходимые функции выполняет два небольших терминала, установленных на одной панели.

Следующее преимущество – удобство фиксации возникших неисправностей. При возникновении отклонений от нормального режима работы оборудования, в том числе в случае аварийной ситуации, на терминале защит загораются светодиоды, сигнализирующие о том или ином событии.

Оперативный персонал, обслуживающий электроустановку, ведет схему-макет (мнемосхему), на которой изображается фактическое положение всех коммутационных аппаратов, в том числе стационарных заземляющих

устройств. В данном случае изменение положения коммутационных аппаратов на схеме-макете осуществляется вручную.

Микропроцессорные терминалы защит позволяют полностью отказаться от схемы-макета. На дисплеях терминалов защит каждого присоединения изображается мнемосхема присоединения, на которой в автоматическом режиме осуществляется изменение положений коммутационных аппаратов в соответствии с их фактическим положением.

Кроме того, все терминалы защит подключаются к системе SCADA, на которой отображается вся схема станции, значения нагрузок по каждому присоединению, напряжение на шинах станции, а также фиксация в реальном времени возникших аварийных ситуаций.

Синхронизация систем SCADA станций с диспетчерским пунктом позволяет дежурному диспетчеру своевременно фиксировать возникшие аварийные ситуации, контролировать процесс производства переключений оперативным персоналом. Перед выдачей разрешения на допуск бригады для проведения плановых работ, дежурный диспетчер, благодаря системе SCADA, может лично убедиться в правильности и достаточности принятых мер безопасности.

Недостатки микропроцессорных терминалов защит оборудования электроустановок [12].

Существенный недостаток микропроцессорных устройств – их высокая стоимость. Кроме того, существенные расходы предприятия выделяются на обслуживание микропроцессорных устройств: необходимо наличие дорогостоящего оборудования, программного обеспечения, а также специалистов с соответствующей квалификацией.

Недостаток в дорогостоящем обслуживании микропроцессорных устройств не является существенным в том случае, если все оборудование на станции укомплектованы современными микропроцессорными техниками. В данном случае обслуживанием данных устройств занимается служба релейной

защиты и автоматики, которая специализируется исключительно на данных типах защитных устройств.

Если же микропроцессорные защиты установлены на нескольких объектах, то это действительно дорого обходится предприятию, так как возникает необходимость содержания специалистов нескольких служб для обслуживания, как микропроцессорных устройств, так и традиционных, электромагнитных.

Еще один недостаток микропроцессорных устройств – узкий диапазон рабочих температур. Традиционные защитные устройства, выполненные на обычных реле, достаточно неприхотливы и могут работать в широком диапазоне рабочих температур. В то время как для обеспечения корректной работы микропроцессорных устройств необходимо устанавливать дополнительное климатическое оборудование.

Следует отметить такой недостаток микропроцессорных устройств, как периодические сбои в программном обеспечении. Несмотря на заявления производителей микропроцессорных защит об их стабильной работе, очень часто наблюдается сбой в работе программного обеспечения (например, периодическая перезагрузка терминала). Если в момент сбоя программного обеспечения произойдет короткое замыкание, то это может привести к повреждению оборудования, так как в этот момент присоединение находится без защиты.

На фоне многочисленных преимуществ микропроцессорных устройств, их недостатки не столь существенны, а в некоторых случаях могут быть исключены. Например, установка надежного программного обеспечения и обеспечение оптимальных условий работы микропроцессорных устройств, практически исключает возникновение ошибок или сбоев в их работе.

Поэтому, для РУСН проведем замену механических реле на микропроцессорные терминалы БЭМП РУ-ЭД 5.220.Д УХЛЗ.1

Микропроцессорные блоки РЗА серии БЭМП РУ предназначены для выполнения всех необходимых функций релейной защиты и автоматики, управления, сигнализации различных присоединений комплектных распределительных устройств напряжением 6-35 кВ [22].

Основные функции:

- Релейная защита;
- Противоаварийная автоматика;
- Электроавтоматика;
- Управление выключателем;
- Контроль положения и исправности цепей управления выключателя;
- Измерение электрических параметров;
- Сигнализация

Дополнительные функции:

- измерения действующих значений токов и напряжений;
- осциллографирование с записью в энергонезависимую память;
- автоматическая регистрация параметров аварийных событий;
- расчет ресурса выключателя; -определение места повреждения;
- связь с АСУ или ПК по последовательному каналу.

Применение современной микропроцессорной и микроэлектронной элементной базы, а также максимальная оптимизация программно-аппаратной части позволила обеспечить:

- низкую стоимость устройства;
- весь ряд основных функций РЗА и управления, требуемых ПУЭ и ПТЭ;
- дополнительные функции, обеспечивающих удобное обслуживание, регистрацию и последующий анализ аварийных процессов;
- высокая точность и стабильность характеристик;
- непрерывная самодиагностика аппаратного и программного обеспечения устройства, обеспечивающая высокую надежность и готовность;
- применяемость в зависимости от задач на объектах от 0,4 до 750 кВ.

Полный средний срок службы устройства составляет не менее 25 лет.

Средняя наработка на отказ не менее 125 000 ч.

Преимущества БЭМП РУ:

- гарантированная работа в сложных условиях эксплуатации (-40. +55 °С; IP54 по лицевой панели);
- повышенная помехозащищенность при неблагоприятной электромагнитной обстановке;
- оптимальное количество дискретных входов и выходов;
- универсальное питание устройства (переменное, постоянное, выпрямленное переменное);
- сохранение полной работоспособности при длительных перерывах питания без перезапуска устройства;
- время готовности устройства 0,2 с;
- бесплатное программное обеспечение для настройки БЭМП РУ и полноценного анализа журналов аварий и осциллограмм, сохраненной информации;
- наличие порта связи USB для связи с ПК и изолированного RS-485 для связи с АСУ;
- «горячие» клавиши оперативного ввода/вывода функций (заменители накладок, ключей управления);
- 4-х строчный ЖК индикатор;
- удобство монтажа, универсальное крепление по виду установки блока (навесное/утопленное);
- минимальные габариты (глубина установки устройства не более 10 см);
- инжиниринг, техническое сопровождение при наладке и эксплуатации, обучение персонала;
- возможность программирования блока под схемы Заказчика.

Конструктивно устройства серии БЭМП РУ выполнены в виде набора унифицированных плат и блоков, что позволяет обеспечить оптимальную аппаратно-функциональную компоновку.

На лицевой панели устройства размещены [22]:

- 15 светодиодов для сигнализации пуска или срабатывания функций защит, автоматики, управления;
- 2 светодиода: наличие оперативного питания (Упит) и неисправное состояние устройства (Неисправность);
- светодиода, информирующие о поврежденных фазах, или ЖК индикатор (20x4) с клавишами управления;
- функциональные клавиши управления функциями РЗА и светодиоды, информирующие о включенном состоянии клавиш;
- 4 клавиши управления выключателем и выбора режимов управления (МУ - Местное управление; АСУ - Разрешение АСУ);
- клавиша сброса сигнализации;
- USB-порт для связи с ПК.

В единой конструкции одновременно предусмотрены различные способы установки устройства БЭМП РУ как в отверстие в дверце шкафа (аналог заднего способа присоединения проводников), так и на стенку ячейки внутри или снаружи шкафа (аналог переднего способа присоединения проводников).

7 ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

7.1 МТЗ и ТО

Токовая отсечка (ТО)

Ее назначение: максимально быстрая ликвидация коротких замыканий, возникающих в начале (минимум порядка 20% протяженности) рабочей зоны, хотя она в отдельных случаях может применяться и для всей линии полностью [12].

Состав защиты

В комплект токовой отсечки входят:

- измерительный орган из реле тока, выставленного на срабатывание минимально возможной нагрузки при возникновении металлического замыкания в конце защищаемой зоны (или чувствительности);
- промежуточное реле, на обмотку которого подается напряжение от сработавшего контакта измерительного органа. Выходной контакт промежуточного органа воздействует непосредственно на соленоид отключения силового выключателя, отключает его.

Как правило, этих двух реле бывает достаточно. В качестве исключения в состав токовой отсечки может быть введено реле времени, которое включается в логическую схему между измерительным и исполнительным органами для создания временной задержки срабатывания нескольких защит в целях их селективности.

Для обеспечения контроля действия цепей управления и отключения в схему вводятся цепи сигнализации на основе указательных блинкеров, которые помогают оперативному персоналу анализировать состояние схемы и работу защит.

Конструктивно МТЗ состоят из двух важных узлов: автоматического выключателя и реле времени. Они могут быть объединены в одной конструкции либо размещаться отдельными блоками.

Между узлом задержки и токовым реле существует зависимая связь, благодаря которой отключение происходит не на начальной стадии возрастания тока, а спустя некоторое время после возникновения нештатной ситуации. Данный промежуток времени слишком короткий для того, чтобы величина тока достигла критического уровня, способного навредить защищаемой цепи. Но этого хватает для предотвращения возможных ложных срабатываний защитных устройств.

Принцип действия систем МТЗ напоминает защиту токовой отсечки. Но разница в том, что токовая отсечка мгновенно разрывает цепь, а МТЗ делает это спустя некоторое, наперёд заданное время. Этот промежуток, от момента аварийного возрастания тока до его отсечения, называется выдержкой времени. В зависимости от целей и характера защиты каждая отдельная ступень времени задаётся на основании расчётов.

Наименьшая выдержка времени задаётся на самых удалённых участках линий. По мере приближения МТЗ к источнику тока, временные задержки увеличиваются. Эти величины определяются временем, необходимым для срабатывания защиты и именуются ступенями селективности. Сети, построенные по указанному принципу, образуют зоны действия ступеней селективности.

Такой подход обеспечивает защиту поврежденного участка, но не отключает линию полностью, так как ступени селективности увеличиваются по мере удаления МТЗ от места аварии. Разница величин ступеней позволяет защитным устройствам, находящимся на смежных участках, оставаться в состоянии ожидания до момента восстановления параметров тока. Так как напряжение приходит в норму практически сразу после отсечения зоны с коротким замыканием, то авария не влияет на работу смежных участков.

7.2 ЗМН

Защита минимального напряжения обеспечивает безопасную работу важных узлов, наиболее ответственных механизмов в электрических сетях, на

производства, когда происходит кратковременное исчезновение напряжения в сети. Подает сигнал, отключает группу или секции присоединений схем, электроприборов, двигателей, трансформаторов при понижении напряжения ниже допустимого значения (уставки) [15].

ЗМН используется совместно с защитами, которые осуществляют контроль сети. Эксплуатируется вкуче с устройством автоматического включения резерва (АВР). ЗМН выполняет отключение или подает соответствующий сигнал пользователю (системе) при возникновении аварий в сети потребителей, в следствии:

- Короткого замыкания, когда происходят значительные потери электроэнергии. Возникают большие токи, напряжение резко падает.
- Перегрузки сети. (Мощности источников электропитания не хватает или один из них вышел из строя).

Такое действие обеспечивает безопасность важных механизмов вовремя самозапуска, когда пусковые токи вызывают снижение напряжения. Автоматика отключает работу менее важных механизмов.

Принцип работы ЗМН

Защита от минимального напряжения (ЗМН) имеет идентичный принцип работы во всех сферах защиты по напряжению. Для понимания, функциональность ЗМН можно объяснить на примере электрических двигателей.

Механизмы останавливаются при возникновении КЗ (короткое замыкание). После его ликвидации происходит самозапуск двигателей, подключенных к секциям или шинам. У каждой группы свое входное питание от трансформатора, либо иного источника. Пусковые токи в несколько раз превышают номинальные значения, во время запуска происходит «просадка» напряжения на секциях.

Защита ЗМН отключает незначительных потребителей участка сети — это электродвигатели, не влияющие на процесс, их простой не вызовет сбой в

производстве. Следовательно, уменьшается суммарный пусковой ток, напряжение в сети не имеет критичной просадки, его хватает на самозапуск главных двигателей или узлов.

Секционный (групповой) самозапуск электрических двигателей начинается после возобновления подачи питания.

Ступени срабатывания ЗМН

1-ая ступень

Система срабатывает при снижении напряжения до 70 % от номинального значения и с временной выдержкой полсекунды.

При включении первой ступени защиты, отключаются менее важные для производства электродвигатели. Предотвращается дальнейшее снижение одного из главных параметров, обеспечивающего возможность самозапуска главных механизмов.

2-ая ступень

Следующая ступень срабатывает после работы первой ступени. Уставка второй имеет 50 % от номинального значения разности потенциалов, время срабатывания девять секунд.

Самозапуск главных электродвигателей не происходит, отключаются оставшиеся механизмы, подключенные к цепи защиты, но поддерживается работа агрегатов, отключение которых приведет к аварийной ситуации. Вторая ступень обеспечивает режим безопасного торможения и остановки.

7.3 ОЗЗ

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) — это такое повреждение, при котором одна из фаз трехфазной системы замыкается на землю или на элемент электрически связанный с землей. ОЗЗ являются очень распространенным видом повреждения, на однофазные замыкания на землю приходится 70- 90 % электрических повреждений [19].

Сама по себе передача электроэнергии производится по специальным трехфазным электрическим цепям высокого напряжения. Одна из

особенностей транспорта электроэнергии заключается в наличии нейтрального провода в схеме, который представляет из себя общую точку источников питания трехфазной электрической системы, также называемой нейтралью. Процессы, протекающие в сети при возникновении такого замыкания, значительным образом зависят от режима работы нейтрали данной сети.

В сетях с изолированной нейтралью ток однофазного замыкания на землю замыкается через емкости неповрежденных фаз. Его значение невелико и определяется суммарной емкостью неповрежденных фаз. Это позволяет эксплуатировать сеть, не отключая повреждения данного вида незамедлительно. Но в таком случае изоляция оборудования будет стареть намного быстрее, и это может привести к более опасному явлению — короткому замыканию, которое требует немедленного отключения поврежденного участка сети.

В сетях с заземленной нейтралью однофазное замыкание на землю является коротким замыканием. Ток повреждения в данном случае замыкается через заземленные нейтрали первичного оборудования и имеет значительную величину. Такое повреждение требует немедленного обесточивания поврежденного участка. Учитывая данную особенность, то выбор оптимального типа нейтрали является сложной технико-экономической задачей. В России данная задача нашла решение в таком виде, что распределительные сети уровнем 6-35 кВ эксплуатируются в изолированном от земли режиме нейтрали источников питания, а сети более высокого уровня напряжения эксплуатируются в режиме, когда нейтраль напрямую связана с землей — глухозаземленный и эффективный режим нейтрали. Износ или повреждение изоляции оборудования — основная причина возникновения ОЗЗ. Изоляция может быть нарушена по разным обстоятельствам. Это может произойти как вследствие внешнего механического повреждения, так и по причине старения.

7.4 Защита от перегрузки

Защита от перегрузки устанавливается только на электродвигателях, подверженных технологическим перегрузкам и, как правило, действует на разгрузку механизма или на отключение электродвигателя от сети. В некоторых случаях допускается действие защиты от перегрузки на сигнал.

Использование защиты от перегрузки с действием на отключение целесообразно в случаях, когда невозможно устранить перегрузку по технологическим причинам, а также в электроустановках без обслуживающего персонала [11].

На электродвигателях не подверженных перегрузкам защиты от перегрузок не устанавливается.

Для электродвигателей опасны только устойчивые перегрузки, так как кратковременные перегрузки, обусловленные пуском или самозапуском электродвигателя самоликвидируются при достижении нормальной частоты вращения. Значительное увеличение тока электродвигателя (в 1,5-2 раза) получается также при обрыве фазы, что встречается, например, у электродвигателей, защищаемых предохранителями при перегорании одного из них. Устойчивые перегрузки появляются при механических повреждениях электродвигателя или вращаемого им механизма, а также при перегрузках механизма.

Основной опасностью токов перегрузки является повышение температуры токоведущих частей (питающего кабеля и обмоток) электродвигателя, что ускоряет износ изоляции и снижает срок службы электродвигателя [18].

Защиту от перегрузки электродвигателей можно выполнить с помощью тепловых реле, встроенных в магнитные пускатели или автоматические выключатели (для электродвигателей напряжением 0,4 кВ), а также с использованием токовых реле с зависимыми характеристиками выдержек времени

7.5 ЗОФ

Защита от обрыва фазы по напряжению обратной последовательности обеспечивает отключение чувствительной нагрузки при обрыве фазы в питающей сети. Защита обнаруживает, обрыв фазы по отношению напряжения обратной последовательности к напряжению прямой последовательности.

7.6 АВР

В работе любой энергосистемы возможны сбои, вызванные техногенными или природными факторами. Это может вызвать определенные неудобства в повседневной жизни. Но еще больше проблем возникает, когда нарушение подачи электропитания происходит в промышленной сфере. Любые длительные перерывы здесь влекут за собой материальные убытки, серьезные последствия в отношении сохранности техники, могут представлять угрозу безопасности жизни людей. Чтобы этого не допустить, энергосистему подключают к двум или сразу нескольким независимым источникам питания. А переход от одного источника к другому осуществляют в автоматическом режиме с помощью устройства АВР.

Система АВР — это оборудование для автоматического ввода резерва. Такое устройство при нарушении параметров тока в основной сети самостоятельно производит переключение нагрузки на резервный ввод. При этом в качестве резервного источника может выступать другая линия электропередач, бензиновый генератор или ДГУ, аккумулятор и др. В некоторых случаях наличие резервного питания и системы его ввода является обязательным. К примеру, энергопотребители первой категории оснащаются двумя независимыми друг от друга источниками питания. Также существует первая особая категория, где потребители требуют наличия не менее трех взаимно резервирующих источников питания.

Главное назначение устройства АВР заключается в обеспечении бесперебойного питания электроэнергией потребителей. Для этого система

АВР должна отслеживать состояние основной линии. И при выявлении нарушений переходить на подачу электроэнергии потребителю от резервного ввода. При этом процесс восстановления электропитания должен происходить максимально быстро. Обязательным условием является однократность выполняемого действия. То есть не должно быть повторных срабатываний в случае одной и той же неисправности (не устранённые токи короткого замыкания и т.п.). Еще один важный момент - разрыв основной сети должен происходить до подключения резервной линии. Обо всех изменениях устройство АВР должно информировать с помощью индикации параметров.

Пользователь задает параметры рабочего напряжения. При любых отклонениях от заданных параметров автоматика дает команду на смену ввода. Таким отклонением от нормы может стать перенапряжение, падение напряжения, обрыв сети, перекося фаз или короткое замыкание. При этом устройство АВР проверяет выполнение целого ряда дополнительных условий. Во-первых, на защищаемом участке не должно быть не устранённых неисправностей. Иначе подключение резерва не имеет смысла и даже может представлять опасность. Во-вторых, основной ввод должен быть включен. Чтобы исключить ситуацию, когда не напряжение на основной линии пропало, а сам ввод был отключен намеренно. В-третьих, проверяется наличие напряжения на резервной линии. Ведь генератор мог и не запуститься или требуется время для его выхода на рабочую мощность.

Если все условия удовлетворяются, устройство АВР размыкает основной ввод. Только после этого подключается резервная линия. Далее принцип работы АВР может развиваться по двум сценариям. Если предполагается наличие двух равноценных вводов, то будет осуществляться питание от резерва. В противном случае произойдет возврат на основной ввод, когда параметры электрического тока на нем восстановятся.

7.7 УРОВ

Устройства резервирования отказа выключателей (УРОВ) предназначены для отключения с небольшой выдержкой времени выключателей всех присоединений станции, подпитывающих место КЗ при отказе в отключении от защит одного из выключателей, контролируемых этим УРОВ. УРОВ может быть шинным или линейным [19].

При коротком замыкании в сети релейная защита поврежденного участка подаёт сигнал на отключение выключателя, питающего данный участок, при этом пусковые органы УРОВ также вводятся в действие на отключение смежных выключателей с выдержкой времени, достаточной для срабатывания резервируемого выключателя; при успешном срабатывании последнего УРОВ возвращается в исходное состояние и блокируется. В случае, если выключатель по каким-либо причинам (неисправность механической части, его цепей управления) не отключился, то по истечении заданной выдержки времени УРОВ произведёт отключение всех смежных выключателей, питающих повреждённую линию и находящихся ближе к источнику питания (по отношению к не отключившемуся выключателю).

Для работы УРОВ необходимы следующие условия:

- действие защит на отключение выключателя;
- отказ выключателя в отключении;
- наличие тока в цепи отказавшего выключателя.

8 РАСЧЁТ УСТАВОК

Требуется выполнить расчет уставок для защиты СН-7 мощностью 1600 кВт.

Для защиты двигателя будет применяться терминал защиты БЭМП РУ-ЭД 5.220.Д УХЛЗ.1 [22].

Данный терминал позволяет выполнить защиту асинхронного двигателя, согласно ПУЭ для двигателей до 2 МВт, а именно:

- токовая отсечка срабатывает без выдержки времени (основная защита), защищает от многофазных КЗ, согласно ПУЭ раздел 5.3.46 пункт 1;
- защита от однофазных замыканий на землю, действует на отключение АД, согласно ПУЭ раздел 5.3.48;
- защита от токов перегрузки нужно предусматривать, если по технологическим процессам, возможна перегрузка двигателя, согласно ПУЭ раздел 5.3.49, в моем случае защита работает на отключение, так как двигатель работает без постоянного дежурного персонала, более подробно все нюансы выполнения данной защиты описано в [25, 5.3.49];

Исходные данные

Технические характеристики асинхронного двигателя следующие:

КПД — 96,6%;

Коэффициент мощности — 0,89;

Кратность пускового тока — 5,2;

Ток 3х фазного КЗ на шинах 6 кВ в минимальном режиме согласно расчету ТКЗ составил $I_{к.з.min}=9,3$ кА;

Длина кабеля $L = 60$ м;

Кабель марки – ААШВ-6 – 3х95 мм²;

Коэффициент трансформации трансформаторов тока $n_T = 150/5$

8.1 Токовая отсечка

Первичный ток срабатывания токовой отсечки выбирается по условию отстройки от максимального действующего значения тока, протекающего по обмотке статора АД при его пуске (самозапуске).

Определяем номинальный ток асинхронного двигателя [23]:

$$I_{\text{НОМАД}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.ДВ.}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \quad (33)$$

$$I_{\text{НОМАД}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0.89 \cdot 0.966 \cdot 0.89} = 179 \text{ А}$$

где:

$P_{\text{НОМ.ДВ.}}$ — номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$U_{\text{НОМ.ДВ.}}$ — номинальное линейное действующее напряжение двигателя, кВ;

η — номинальный к.п.д. электродвигателя;

$\cos \varphi$ — номинальный коэффициент мощности электродвигателя.

Определяем первичный ток срабатывания защиты, отстраиваясь от пускового тока АД:

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{НОМАД}} \quad (34)$$

$$I_{\text{сз}} = 1,1 \cdot 5,2 \cdot 179 = 1023 \text{ А}$$

где:

$k_{\text{отс}}$ — коэффициент отстройки, для терминалов фирмы “БЭМП” равен 1,1–1,15;

$k_{\text{пуск}}$ – кратность пускового тока.

Определяем ток срабатывания реле:

$$I_{\text{ср}} = \frac{K_{\text{ср}} \cdot I_{\text{сз}}}{n_m} \quad (35)$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{1 \cdot 1023}{30} = 34 \text{ А},$$

где:

$K_{\text{сх}} = 1$ – коэффициент учитывающий схему соединения, для схемы соединения «неполная» звезда;

$n_{\text{T}} = 150/5$ – коэффициент трансформации ТТ

Определяем коэффициент чувствительности при двухфазном КЗ на выводах АД в минимальном режиме питающей сети с учетом двухфазной трехрелейной схемы:

$$K_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{к.з. min}}^{(3)}}{n_{\text{T}} \cdot I_{\text{ср}}} \quad (36)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{9300}{30 \cdot 34} = 7,87 \geq 2 \text{ (условие выполняется)},$$

Если использовать двухрелейную схему, чувствительность защиты соответственно уменьшилась бы в 2 раза.

8.2 Защита от замыканий на землю

Определяем удельный емкостной ток замыкания на землю для кабеля ААШВ-6 – 3х95 мм²:

$$I_{\text{с}} = 3 \cdot U_{\text{ф}} \cdot \omega \cdot C_0 \cdot 10^{-3} \quad (37)$$

$$I_{\text{с}} = 3 \cdot \frac{6}{\sqrt{3 \cdot 314 \cdot 0,407 \cdot 10^{-3}}} = 1,27 \text{ А/км},$$

где:

$U_{\text{ф}}$ — фазное напряжение сети, кВ;

$\omega = 2\pi f = 314$ (рад/с);

$C_0 = 0,407$ мкФ/км- емкость одной фазы сети относительно земли, согласно каталогу, на кабель ААШВ-6 – 3х95 мм²;

Определяем собственный емкостной ток линии

$$I_{c.фид.макс.} = I_C \cdot L \quad (38)$$

$$I_{c.фид.макс.} = 1,27 \cdot 0,6 = 0,708 \text{ А}$$

Определяем полную мощность асинхронного двигателя, при этом мощность в кВт переводим в МВА:

$$S_{номАД} = \frac{P_{ном}}{\eta \cdot \cos\varphi} \quad (39)$$

$$S_{номАД} = \frac{1,6}{0,966 \cdot 0,89} = 1,804 \text{ МВА}$$

Определяем собственный емкостной ток АД

$$I_{c.АД} = 0,0172 \cdot S_{ном.АД} \quad (40)$$

$$I_{c.АД} = 0,0172 \cdot 1,804 = 0,031 \text{ А}$$

Видим, что из расчета для двигателей не большой мощности, собственный емкостной ток незначительный, поэтому расчеты собственного емкостного тока для такой мощности можно не выполнять.

Определяем собственный емкостной ток присоединения:

$$I_C = I_{c.фид.макс} + I_{c.АД} \quad (41)$$

$$I_C = 0,708 + 0,031 = 0,739 \text{ А}$$

Определяем первичный расчетный ток срабатывания защиты от замыканий на землю в обмотке статора АД при этом отстраиваемся от броска собственного емкостного тока присоединения при внешнем замыкании на землю:

$$I_{с.з.} = k_{отс.} \cdot k_{броск.} \cdot I_c \quad (42)$$

$$I_{с.з.} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 0,739 = 1,1 \text{ А}$$

Определяем коэффициент чувствительности защиты, в связи с тем, что на секции находится большое количество присоединений, приводить расчет полностью всех присоединений

$$K_{ч} = \frac{I_{сум} - I_{с.з.}}{I_{с.з.}} = \frac{6,8 - 1,1}{1,1} = 5,1 \geq 2 \text{ (условие выполняется),}$$

Защита работает без выдержки времени.

8.3 ЗМН

В связи с тем, что СН-7 ответственный двигатель и самозапуск АД после останова не допустим по технологическим процессам. Уставку срабатывания выбираем равной 50% от номинального напряжения и выдержкой времени 0,5 сек.

Определяем первичное напряжение срабатывания защиты [23]:

$$U_{с.з.} = 0,5 \cdot U_{ном.} \quad (43)$$

$$U_{с.з.} = 0,5 \cdot 6000 = 3000 \text{ В}$$

Определяем напряжение срабатывания реле:

$$U_{с.р.втор.} = \frac{U_{с.з.}}{n_m} \quad (44)$$

$$U_{с.р.втор.} = \frac{3000}{60} = 50 \text{ В}$$

8.4 Защита от перегрузки

Защиту от перегрузки асинхронного двигателя нужно отстраивать от номинального тока АД. Напоминаю, по технологическим процессам защита от перегрузки асинхронного двигателя работает на отключение.

В соответствии с ПУЭ номинальная мощность АД должна сохраняться при отклонении напряжения $\pm 10\%$, т.е:

$$I_{\text{дл.АД}} = 1,1 \cdot I_{\text{ном.АД}} \quad (45)$$

$$I_{\text{дл.АД}} = 1,1 \cdot 179 = 196,6 \text{ А}$$

Определяем ток срабатывания релейной защиты от перегрузки АД:

$$I_{\text{сз.}} = \frac{k_{\text{отс.}}}{k_{\text{в.}}} \cdot I_{\text{дл.АД}} \quad (46)$$

$$I_{\text{сз.}} = \frac{1,1}{0,96} \cdot 196,6 = 225,2 \text{ А}$$

где:

$k_{\text{отс.}}$ – коэффициент отстройки, равный 1,05 при работе РЗ на сигнал и 1,1-1,2 при действии на отключении, принимаем 1,1.

$k_{\text{в.}}$ – коэффициент возврата, для микропроцессорных (цифровых) терминалов равен 0,96.

Определяем ток срабатывания реле:

$$I_{\text{ср}} = \frac{K_{\text{ср}} \cdot I_{\text{сз.}}}{n_m} \quad (47)$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{1 \cdot 225,2}{30} = 7,5 \text{ А}$$

Таблица 9 – Уставки СН-7

Уставки				
Двигатель	МТО	ОЗЗ	ЗМН	ПЕРЕГРУЗ
СН-7	34А	1,1А	50В	7,5А

Расчёт уставок для СН-7 закончен.

9 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной выпускной квалификационной работе была реконструкция собственных нужд напряжением 6кВ главного корпуса Благовещенской ТЭЦ, проанализируем необходимый уровень инвестиций в проект для его реализации.

9.1 Сравнение защит на статических реле и микропроцессорной элементной базы.

Основные достоинства микропроцессорной релейной защиты заключаются в следующем [15]:

Мультифункциональностью которая включает в себя:

- 1) осциллографирование, запись протекающих процессов;
 - 2) функцию ОМП;
 - 3) ведение логов о повреждениях, а также о мгновенных значениях параметров для оценки неисправностей с дальнейшей передачей данных в центральное устройство на станции или диспетчерский пункт через последовательный интерфейс;
 - 4) автоматическое тестирование аппаратного и программного обеспечения, что обеспечивает высокий уровень готовности защиты и уменьшает число проверок устройства.
- 1) Меньшими габаритами по сравнению с комплексом РЗ и А, выполненным на электромеханике или интегральных микросхемах (ИМС).
 - 2) Наличием четырех групп уставок.
 - 3) Невысокое потребление в цепях оперативного постоянного тока и напряжения, чем защиты на электромеханической элементной базе или ИМС.
 - 4) Наличием свободных закономерных составляющих, что позволяет более легко приспособить терминал в различных условиях.

- 5) Комплексом цифровой обработки и управления измерительных данных от считывания и преобразования величин до принятия решения об отключении/включении выключателя требуется меньшее время.
- 6) Использованием 16-разрядной микропроцессорной системы.
- 7) Легкая наладка с помощью специальных разработанных средств.
- 8) Значительно сокращенные сроки вывода в проверку.
- 9) Разнообразные виды связи человек-машина приближают микропроцессорные устройства к пользователю, независимо от его местонахождения.
- 10) Методы цифровой фильтрации и измерения обеспечивают правильное функционирование при насыщении трансформаторов тока и переходных процессах.

Таким образом, нами выявлено явное доминирование микропроцессорной техники перед классической электромеханической релейной.

9.2 Выбор фирмы производителя заменяемых объектов.

В связи с непростой ситуацией в мире и нестабильным курсом, в данной выпускной квалификационной работе выбираем российских производителей, и производителей стран СНГ.

В качестве производителя вакуумного выключателя выберем компанию «Электрощит Самара». Высокотехнологичная производственная компания с 78-летней историей, крупнейший российский производитель электротехнического оборудования 0,4-220 кв.

«Электрощит Самара» объединяет несколько производственных площадок, сеть региональных представительств, проектную организацию на территории России и СНГ. Электрощит Самара - инжиниринговый холдинг полного цикла, способный собственными силами выполнять строительство энергообъектов любой сложности под ключ. Собственное производство основных комплектующих для ключевых изделий компании (например, КТП-

СЭЩ и КРУ-СЭЩ) сокращает срок изготовления и поставки оборудования, позволяет устанавливать привлекательные для клиентов цены [20].

Электрощит Самара выполняет комплексные работы по строительству, модернизации и реконструкции энергообъектов «под ключ», а также отдельные виды инжиниринговых работ. Мы занимаемся проектированием, производством и поставкой материально-технических ресурсов, монтажом и пусконаладочными работами, сервисным, гарантийным и постгарантийным обслуживанием.

- производство и поставку материально-технических ресурсов;
- строительство;
- монтаж и пусконаладочные работы;
- сервисное, гарантийное и постгарантийное обслуживание.

Для трансформатора выберем предприятие «Завод электромашина» г. Кемерово. Основное направление деятельности предприятия — разработка, проектирование, изготовление, поставка и монтаж высоковольтного горношахтного электрооборудования, а также поставка оборудования общепромышленного назначения.

Уже в начале становления наша компания заняла устойчивую позицию на рынке, специализируясь на поставках и ремонтах трансформаторных подстанций.

Вся продукция сертифицирована в соответствии с требованиями Федерального закона «О техническом регулировании» и имеет сертификат или декларацию соответствия техническому регламенту таможенного союза.

Инженерная служба компании производит тестирование, испытания, сдачу оборудования с рекомендациями по эксплуатации, последующей гарантийной сервисной поддержкой.

Рынок микропроцессорной релейной защиты в мире представлен различными производителями, такими как «ЧЭАЗ»

Чебоксарский электроаппаратный завод [22].

ЧЭАЗ – электротехнический холдинг, готовый решать комплексные задачи по строительству и реконструкции систем распределения электроэнергии от проектирования до сдачи объекта «под ключ».

Наличие собственного производства, инжиниринговый потенциал, соглашения с зарубежными и отечественными поставщиками, представительства в федеральных округах Российской Федерации позволяют Группе компаний «ЧЭАЗ» участвовать в строительстве крупных объектов.

Основные направления деятельности:

- Проектирование систем электроснабжения объектов энергетики и промышленности
- Производство и поставка электротехнического оборудования 0,4-220 кВ, что включает в себя аппаратуру релейной защиты, низковольтную и высоковольтную аппаратуру, низковольтные комплектные устройства, электроприводы, комплектные распределительные устройства 6-10 кВ, открытые распределительные устройства 220 кВ;
- Оказание услуг по монтажу, пусконаладочным работам, гарантийному и сервисному обслуживанию поставленного электрооборудования;
- Выполнение генподрядных работ по строительству энергообъектов

Выбираем микропроцессорные терминалы

9.3 Капиталовложения в реализацию проекта

В данном проекте произведем расчет необходимых инвестиций для модернизации релейной защиты и автоматики ВЛ.

Капиталовложения - это совокупные материальные, трудовые и финансовые ресурсы, необходимые для создания и расширения предприятия, его реконструкции и технического перевооружения.

Капиталовложения финансируются за счет следующих средств:

- 1) собственных финансовых ресурсов: прибыли; амортизационных отчислений; финансовых средств инвесторов, полученных от продажи акций, паевых и иных взносов; денежных накоплений, полученных в виде

возмещения потерь от аварий, стихийных бедствий и органов страхования и др.;

2) заемных средств: банковских кредитов; облигационных займов; коммерческих кредитов и др.;

3) привлеченных средств: финансовых средств, централизуемых союзами предприятий в установленном порядке; средств внебюджетных фондов; средств федерального бюджета; средств иностранных инвесторов.

Следует отметить, что обычно финансирование капитальных вложений осуществляется в основном за счет собственных средств, а суммарная величина заемного и привлеченного капитала не превышает 30% общего объема финансирования. Такое соотношение привлеченного и заемного капитала связано с тем, что при высокой доле заемных и привлеченных средств, особенно в случае банкротства предприятия, значительно повышается риск потери инвестором финансовых средств.

В технико-экономических расчетах с целью ориентировочной и быстрой оценки размера капитальных вложений часто пользуются укрупненными показателями и не учитывают некоторых статей расходов (например, налога на добавленную стоимость); не учитываются также элементы сети, суммарная стоимость которых значительно (в сотни раз) меньше стоимости основных элементов сети (таких, как выключатели, трансформаторы, воздушные линии (ВЛ), кабельные линии (КЛ), подстанции (ПС) и т.д.).

УСП электрических сетей предназначены для: технико-экономических расчетов при сопоставлении вариантных решений выбора схем электрических сетей («схемное» проектирование); оценки эффективности разработки инвестиционных проектов и бизнес-планов; оценки объемов инвестиций при планировании электросетевого строительства.

При составлении расчетов по объектам комплексной реконструкции, технического перевооружения и расширения действующих зданий и сооружений, строительстве последующих очередей на территории

действующих предприятий или примыкающих к ней площадках к указанной норме применяется коэффициент 0,8;

7% - прочие работы и затраты.

2,6-3,18% - содержание службы заказчика-застройщика, строительный контроль. Величина процентной нормы определяется в зависимости от стоимости строительства согласно Методическим рекомендациям по расчету норматива затрат на содержание службы заказчика-застройщика ОАО «ФСК ЕЭС»;

6,5-8,5% - проектно-изыскательские работы, затраты на проведение экспертизы проектной документации и авторский надзор (при осуществлении нового строительства – 8%). Принимать в соответствии с Методическими указаниями по применению справочников базовых цен на проектные работы в строительстве, утвержденными приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2009 г. № 620.

В таблице 10 приведена стоимость микропроцессорных устройств РЗ и их количество на защищаемом объекте.

Таблица 10 – Стоимость электрооборудования.

№ п/п	Фирма изготовитель	Марка электрооборудования	Количество, шт.	Цена за шт., руб.
1	«Электроцит Самара»	ВВЕ-СЭЩ- 1-10-20/630	14	463000
2	«Завод электромашина»	ТСЛЗД 1000-6/0,4 УХЛ4	2	882000
3	«ЧЭАЗ»	БЭМП РУ-ЭД 5.220.Д УХЛЗ.1	14	61000
Итого:				9100000

Капитальные вложения необходимые на установку электрооборудования и РЗиА состоят из стоимости устанавливаемого оборудования, стоимости строительно-монтажных работ и прочих затрат.

$$K_{\Sigma} = (K_{обp} + K_{СМР} + K_{np}), \quad (48)$$

где $K_{обp}$ - сметная стоимость оборудования без учета строительно-монтажных работ, тыс. руб.;

$K_{СМР}$ - строительно-монтажные работы, тыс. руб.;

K_{np} - прочие затраты;

Таблица 11 – Данные по структуре капиталовложений в электросетевом строительстве.

Наименование объекта	Капиталовложения в строительство, %			
	Всего	Оборудование, приспособления и производственный инвентарь	Строительно-монтажные работы	Прочие затраты
РУСН ГК Благовещенской ТЭЦ	100	51	37	12

Рассчитаем сметную стоимость оборудования

$$K_{обp} = (14 \cdot 463000 + 882000 \cdot 2 + 61000 \cdot 14) \cdot 1 = 9100000 \text{ руб.}$$

Определим общие капиталовложения, капиталовложения на строительно-монтажные работы и прочие капиталовложения.

Общие капиталовложения:

$$K = \frac{K_{обp}}{0,51} \quad (49)$$

$$K = \frac{9100000}{0.51} = 17843000 \text{ руб.}$$

Капиталовложения на строительно-монтажные работы:

$$K_{\text{СТР}} = 0,37 \cdot K_{\text{СУММ}} \quad (50)$$

$$K_{\text{СТР}} = 0,37 \cdot 17843000 = 6602000 \text{ руб.}$$

Прочие капиталовложения:

$$K_{\text{ПР}} = 0,12 \cdot K_{\text{СУММ}} \quad (51)$$

$$K_{\text{ПР}} = 0,12 \cdot 17843000 = 2142000 \text{ руб.}$$

9.4 Расчёт эксплуатационных издержек

Эксплуатационные издержки – расходы необходимые для эксплуатации энергетических объектов в течении одного года.

Издержки любого из энергетических объектов будут состоять из амортизационных отчислений и эксплуатационных издержек на ремонт и эксплуатацию оборудования.

$$И = И_{\text{РЭ}} + И_{\text{АМ}} \quad (52)$$

Амортизация - постепенное перенесение стоимости основных фондов (капиталовложений) на производимые с их помощью продукт или работу (услугу).

Цель амортизации - накопление финансовых средств для возмещения изношенных основных фондов.

Экономическое содержание износа - потеря стоимости. Выделяют следующие виды износа:

1. физический износ - изменение физических, механических и другие свойств основных фондов под воздействием сил природы, труда и т. д. (амортизационные отчисления учитывают только этот вид износа);

2. моральный износ 1-го рода - потеря стоимости в результате появления более дешевых аналогичных средств труда;

3. моральный износ 2-го рода - потеря стоимости, вызванная появлением более производительных средств труда;

4. социальный износ - потеря стоимости в результате того, что новым основные фонды обеспечивают более высокий уровень удовлетворения социальных требований;

5. экологический износ - потеря стоимости в результате того, что основные фонды перестают удовлетворять новым, повышенным требованиям и охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов и т.п.

Амортизационные отчисления - денежное выражение стоимости основных фондов в себестоимости продукции; для i -го вида оборудования (или программных средств) определяются по формуле:

$$I_{AM} = \frac{K}{T_{сл}}, \quad (53)$$

где K – капиталовложения;

$T_{сл}$ – срок службы оборудования ($T_{сл} = 20$ лет).

Эксплуатационные издержки на ремонт и эксплуатацию необходимы для поддержания оборудования в рабочем состоянии.

В результате износа и старения деталей и элементов электротехнических устройств возникают изменения в их параметрах и техническом состоянии, появляется вероятность их отказа. В отличие от других видов промышленного оборудования, авария и выход из строя электротехнического оборудования и передаточных устройств не только имеют важное самостоятельное значение,

но и способны вызывать длительные перерывы в электроснабжении, что может привести к значительному экономическому и социальному ущербу у потребителей.

Все эти факторы риска требуют тщательно продуманной системы профилактических и предупредительных мероприятий по поддержанию оборудования и передаточных устройств предприятий в надлежащем техническом состоянии.

Задача организации работ по поддержанию качества и технического состояния оборудования решается в рамках системы планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания (ППР и ТО), а также неплановых (аварийных) ремонтов, вызванных отказом оборудования. Сущность системы ППР и ТО заключается в том, что по истечении определенного отработанного времени в момент ожидаемого отказа производятся различные виды ремонтного воздействия (ТР, КР и ТО). Чем короче разрыв между фактическим моментом отказа и моментом ожидаемого отказа и выполнения соответствующего ремонтного воздействия, тем эффективнее система ППР и ТО.

Ежегодные затраты на КР и ТР, а также ТО энергетического оборудования определяются по формуле

$$I_{\text{рз}} = \alpha_{\text{орз}} \cdot K, \quad (54)$$

где $\alpha_{\text{орз}}$ – нормы ежегодных отчислений на ремонт и эксплуатацию оборудования ($\alpha_{\text{орз}} = 0,0155$)

Рассчитаем эксплуатационные издержки:

$$I = \alpha_{\text{орз}} \cdot K + \frac{K}{T_{\text{сл}}}, \quad (55)$$

$$I = 0,0155 * 17\,843\,000 + \frac{17\,843\,000}{\frac{20}{81}} = 892\,150 \text{руб.}$$

10 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Современное электрическое оборудование на станции сложно по конструкции, оснащено различными вспомогательными механизмами, устройствами релейной защиты и автоматики, телемеханики, являющимися источниками повышенной опасности для персонала. Поэтому обслуживать данное оборудование доверено только высококвалифицированному, хорошо обученному, в совершенстве владеющему знаниями занимаемой должности и навыками персоналу.

Кроме этого, здоровье и безопасные условия труда персонала, эксплуатирующего электрооборудование, а также вопросы охраны окружающей среды могут быть обеспечены путем выполнения научно - обоснованных правил и норм как при проектировании и монтаже, так и при эксплуатации электроустановок.

В данной главе рассматриваются вопросы техники безопасности при обслуживании различного электрооборудования, вопросы охраны окружающей среды и основные противопожарные мероприятия на станции.

10.1 Безопасность

Безопасность жизнедеятельности на производстве – это совокупность многих правил и норм, созданных для обеспечения защиты жизни и сохранения здоровья человека. Строгое выполнение норм техники безопасности обеспечивает защиту работников от опасностей и рисков, которые могут возникнуть на работе.

Безопасность жизнедеятельность на производстве была создана, чтобы обеспечить правильную среду обитания на рабочем месте, и не навредить деятельности и здоровью человека.

Для обеспечения безопасного труда электротехнического персонала, работающего в электроустановках, существуют нормативные документы

«Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок». Данный документ вступил в силу с 15 декабря 2020 года и распространяется на всех работников электротехнического, электротехнологического и неэлектротехнологического персонала, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения [2].

Согласно этому документу, именно работодатель отвечает за обеспечение безопасных условий труда для своих работников. Это означает, что:

- все электроустановки, предназначенные для производства, передачи, распределения и т.п. электрической энергии должны находиться в технически исправном состоянии;
- электроустановки должны быть снабжены защитными средствами и аптечками для оказания первой медицинской помощи;
- все работники должны проходить обучение методам и приемам выполнения работ в электроустановках, а также методам оказания первой медицинской помощи и приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока;
- работы в электроустановках должны проводиться по заданию на производство работы, оформленному в специальном бланке установленной формы (наряд-допуск) и выданный работником из числа административно-технического персонала организации, имеющим группу допуска V или IV в электроустановках выше 1000 В и до 1000 в соответственно [2].

Для безопасного проведения работ в электроустановках должны выполняться следующие организационные мероприятия:

- выдача наряда или распоряжения на производство работ;
- выдача разрешения на допуск;
- допуск;

- надзор при выполнении работ;
- перевод на другое рабочее место;
- оформление перерывов в работе, окончания работы.

Подготовка рабочего места.

Для подготовки рабочего места при работе, требующей снятия напряжения, должны быть выполнены в указанном порядке следующие технические мероприятия:

- проведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие ошибочному или самопроизвольному включению коммутационной аппаратуры;
- вывешены запрещающие плакаты на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационной аппаратурой;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- установлено заземление;
- ограждены при необходимости рабочие места или оставшиеся под напряжением токоведущие части и вывешены на ограждениях плакаты и знаки безопасности.

Выполнение работы.

Работы в действующих электроустановках должны проводиться: по заданию на производство работы, оформленному на специальном бланке установленной формы и определяющему содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение работы - наряд-допуск, наряд

Работы в электроустановках могут проводиться по распоряжению, являющемуся письменным заданием на производство работы, определяющим

ее содержание, место, время, меры безопасности (если они требуются) и работников, которым поручено ее выполнение, с указанием их групп по электробезопасности

Не допускается самовольное проведение работ в действующих электроустановках, а также расширение рабочих мест и объема задания, определенных нарядом, распоряжением или утвержденным работодателем перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Выполнение работ в месте проведения работ по-другому наряду должно согласовываться с работником, выдавшим первый наряд (ответственным руководителем или производителем работ).

Подготовка рабочего места. Подготовка рабочего места и допуск бригады к работе могут проводиться только после получения разрешения от работника, имеющего право на выдачу разрешения на подготовку рабочего места и допуск к работам

Разрешение на подготовку рабочего места и допуск к работе передаются работнику, выполняющему подготовку рабочего места и допуск бригады к работе, лично, по телефону, радио, с нарочным или через оперативный персонал промежуточной подстанции.

Не допускается выдача таких разрешений на подготовку рабочего места и допуск к работе до прибытия бригады на место работ.

Допуск бригады к работе разрешается только по одному наряду. Приступать к работе можно только после допуска и инструктажа на рабочем месте.

Без проведения целевого инструктажа допуск к работе не разрешается.

Целевой инструктаж при работах по наряду проводят:

- работник, выдающий наряд, - ответственному руководителю работ или, если ответственный руководитель не назначается, производителю работ (наблюдающему);

- допускающий - ответственному руководителю работ, производителю работ (наблюдающему) и членам бригады;
- ответственный руководитель работ - производителю работ (наблюдающему) и членам бригады;
- производитель работ (наблюдающий) - членам бригады.

Целевой инструктаж при работах по распоряжению проводят:

- работник, отдающий распоряжение производителю (наблюдающему) или непосредственному исполнителю работ;
- допускающий - производителю работ (наблюдающему), членам бригады (исполнителям).
- производитель работ - членам бригады.
- Допускается проведение целевого инструктажа работником, выдающим наряд, отдающим распоряжение по телефону.

При вводе в состав бригады нового члена бригады инструктаж, как правило, должен проводить производитель работ (наблюдающий).

Надзор за бригадой. Изменения состава бригады при проведении работ в электроустановках.

После допуска к работе надзор за соблюдением бригадой требований безопасности возлагается на производителя работ (ответственного руководителя, наблюдающего), который должен так организовать свою работу, чтобы вести контроль за всеми членами бригады, находясь, по возможности, на том участке рабочего места, где выполняется наиболее опасная работа.

Не допускается совмещение надзора наблюдающим с выполнением какой-либо работы.

Производитель работ (наблюдающий) в случае временного ухода с рабочего места и отсутствия возможности переложить исполнение своих обязанностей на ответственного руководителя работ, допускающего или

работника, имеющего право выдачи нарядов, обязан удалить бригаду с места работы (вывести бригаду из РУ, закрыть входные двери на замок, организовать спуск членов бригады с опор ВЛ).

Производитель работ (наблюдающий) на время своего временного отсутствия на рабочем месте должен передать наряд заменившему его работнику.

Оставаться в электроустановках напряжением выше 1000 В одному производителю работ (наблюдающему) или членам бригады без производителя работ (наблюдающего) не разрешается. Исключением могут быть следующие виды работ:

- регулировка выключателей, разъединителей, приводы которых вынесены в другое помещение;
- монтаж, проверка вторичных цепей, устройств защиты, электроавтоматики, сигнализации, измерений, связи;
- прокладка силовых и контрольных кабелей;
- испытания электрооборудования с подачей повышенного напряжения, когда необходимо осуществлять наблюдение за испытываемым оборудованием и предупреждать об опасности приближения к нему посторонних лиц.

Указанные работы производятся по наряду на основании и условиях, предусмотренных пунктами [1, пункт 6.12 и 6.13].

Допускается с разрешения производителя работ (наблюдающего) 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 (наблюдающего).

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 незапертой дверь.

Возвратившиеся члены бригады могут приступить к работе только с разрешения производителя работ (наблюдающего).

Члены бригады, не имеющие право самостоятельной работы в электроустановках, могут выходить из РУ и возвращаться на рабочее место только в сопровождении работника, имеющего право единоличного осмотра электроустановок, или наблюдающего, если его могут заменить на условиях, предусмотренных [1, пункт 11.2].

Сдача-приемка рабочего места, закрытие наряда-допуска, распоряжения после окончания работы в электроустановках.

После полного окончания работы производитель работ (наблюдающий) 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.

Производитель работ (наблюдающий) должен сообщить дежурному оперативному персоналу или работнику, выдавшему наряд, о полном окончании работ и выполнении им требований [1, пункт 14.1].

Наряд после оформления полного окончания работ производитель работ (наблюдающий) должен сдать допускающему, а при его отсутствии - оставить в отведенном для этого месте, например, в папке действующих нарядов. Если передача наряда после полного окончания работ затруднена, то с разрешения допускающего или работника из числа оперативного персонала производитель работ (наблюдающий) имеет право оставить наряд у себя. В этом случае, а также когда производитель работ совмещает обязанности

допускающего, он должен не позднее следующего дня сдать наряд оперативному персоналу или работнику, выдавшему наряд, а на удаленных участках - административно-техническому персоналу (руководящим работникам и специалистам) участка.

Допускающий после получения наряда, в котором оформлено полное окончание работ, должен осмотреть рабочие места и сообщить работнику, выдающему разрешение на подготовку рабочих мест и допуск к работе, а также оперативному персоналу, в чьем оперативном управлении находится электроустановка, о полном окончании работ и о возможности включения электроустановки.

Окончание работы по наряду или распоряжению после осмотра места работы должно быть отражено в журнале учета работ по нарядам и распоряжениям и оперативном журнале.

Меры безопасности при работе в электроустановках напряжением 1000 В

В электроустановках напряжением до 1000 В при работе под напряжением необходимо:

- снять напряжение с расположенных вблизи рабочего места других токоведущих частей, находящихся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение, или оградить их;
- работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на резиновом диэлектрическом ковре;
- применять изолированный инструмент (у отверток должен быть изолирован стержень) или пользоваться диэлектрическими перчатками.
- Не допускается работать в одежде с короткими или засученными рукавами, а также использовать ножовки, напильники, металлические метры.
- Не допускается в электроустановках работать в согнутом положении, если при выпрямлении расстояние до токоведущих частей будет менее расстояния, указанного в таблице N 1 [1].

- Не допускается при работе около не ограждённых токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади работника или по обеим сторонам от него.
- Не допускается прикасаться без применения электрозащитных средств к изоляторам, изолирующим частям оборудования, находящегося под напряжением.

10.2 Экологичность

Экологическая безопасность электросетевых объектов может быть обеспечена при выполнении законодательных и нормативно-технических документов в области охраны окружающей среды.

Основными отрицательными последствиями влияния электросетевых объектов на окружающую среду являются возможные изменения состояния животного и растительного мира, атмосферного воздуха, гидросферы, почвенного покрова и грунтов и, как следствие, воздействие на здоровье человека.

В электроустановках применяется несколько типов высоковольтных выключателей – воздушные, масляные, вакуумные и элегазовые.

В своей выпускной квалификационной работе на тему реконструкция собственных нужд напряжением 6Кв главного корпуса БТЭЦ, была поднята тема замены старых масляных выключателей на более современные вакуумные.

Рассмотрим экологичность масляных и вакуумных выключателей.

Очень важным критерием является механическая прочность выключателей. В данном случае, чем проще конструкция, тем выше механическая прочность выключателя. Если рассматривать три типа коммутационных аппаратов, то наиболее простую конструкцию и соответственно более высокую механическую прочность имеет вакуумный выключатель, наименьшую прочность – масляный выключатель.

Гарантийный срок обслуживания современных элегазовых и вакуумных выключателей составляет 20-25 лет. То есть это срок, по истечению которого, как правило, должна производиться замена всего оборудования – реконструкция [4].

В электроустановках вопросу пожарной безопасности уделяется достаточно много внимания. Цель – обеспечить наивысший уровень пожаробезопасности на объектах, исключив, по возможности, все факторы, снижающие ее уровень.

Что касается высоковольтных выключателей, то масляные являются опасными с точки зрения пожарной безопасности, так как в них содержится некоторое количество трансформаторного масла – легковоспламеняющейся жидкости. В распределительных устройствах с масляными выключателями предъявляются повышенные требования пожарной безопасности.

Элегазовые и вакуумные выключатели абсолютно безопасны, так как конструктивно они не имеют легковоспламеняющихся жидкостей и материалов.

Вопрос влияния оборудования электроустановок на окружающую среду также очень актуален. Для защиты окружающей среды необходимо минимизировать количество вредных веществ, которое попадает в окружающую среду.

В данном случае масляные выключатели оказывают наиболее пагубное влияние на окружающую среду. Трансформаторное масло, содержащееся в баках данных выключателей, нередко попадает в грунт по причине нарушения герметичности баков, а также в случае возникновения аварийной ситуации, сопровождающейся выбросом масла из бака.

Элегазовые выключатели относительно безвредны для окружающей среды, так как в процессе эксплуатации они не выделяют вредных веществ в окружающую среду. Единственное, на что следует обратить внимание – это элегаз (изолирующая и дугогасящая среда выключателя).

Данный газ является опасным для окружающей среды. Но в связи с тем, что технически исправный и периодически обслуживаемый элегазовый выключатель имеет малый процент утечек элегаза, можно считать, что такой выключатель вреда окружающей среде не наносит. Исключения составляют случаи, когда по причине повреждения бака выключателя элегаз полностью выходит из бака в атмосферу.

Вакуумный выключатель с точки зрения экологии, является самым безопасным, так как он не содержит никаких вредных веществ, его рабочая дугогасящая среда – вакуум, то есть отсутствие каких-либо газов или жидкостей [4].

Подводя итог, можно сделать вывод, что наиболее эффективными, качественными, надежными и предпочтительными с точки зрения пожаробезопасности и экологии являются элегазовые и вакуумные высоковольтные выключатели. Ведущие производители коммутационных аппаратов данного типа с каждым годом все более совершенствуют продукцию, делая ее более надежной и эффективной. Поэтому в наше время масляные выключатели практически не выпускаются.

При строительстве новых объектов и техническом переоснащении старых, отдается предпочтение исключительно элегазовым и вакуумным высоковольтным выключателям. Только такие выключатели способны обеспечить высокую надежность электроснабжения потребителей и в полной мере обеспечить свои эксплуатационные характеристики, при этом они полностью соответствуют нормам безопасности обслуживания, пожаробезопасности и экологичности.

10.3 Чрезвычайные ситуации

Анализ статистики пожаров показывает, что около 20% случаев загораний вызвано неисправностью или неправильной эксплуатацией электроустановок.

Особенно велика частота пожаров, связанных с электрооборудованием, в жилых зданиях. Здесь число загораний, вызванных тепловым действием электрического тока, достигает 53% от общего количества пожаров [8].

Высокие темпы роста энерговооруженности труда в промышленности, строительстве, оснащение квартир электроплитами и другими бытовыми электроприборами увеличивают вероятность возникновения пожаров из-за неисправности оборудования и перегрузки сети и требуют повышенного внимания к правильной эксплуатации электрооборудования.

Основными причинами пожаров являются короткие замыкания в проводах и электрооборудовании (69%), оставление электронагревательных установок без присмотра (21%), перегрев из-за плохого контакта (около 6%), перегрузка электроустановок (около 3%). Часто причиной пожара является нарушение правил пожарной безопасности при выполнении электросварочных работ и от несоблюдения пожар безопасных расстояний светильников, электронагревателей и т.п. до легковоспламеняющихся материалов и конструкций [8].

Лица, ответственные за состояние электроустановок, назначенные приказом руководителя предприятия или цеха, обязаны [11]:

- 1) обеспечивать своевременное проведение профилактических осмотров и планово-предупредительных ремонтов электрооборудования и своевременное устранение нарушений правил техники эксплуатации электроустановок потребителей, могущих привести к пожарам и загораниям;

- 2) следить за правильностью применения и выбора кабелей, проводов, двигателей, светильников и другого электрооборудования в зависимости от класса пожаро- и взрывоопасное помещений и условий среды;

- 3) систематически контролировать и поддерживать исправном состоянии аппараты защиты от коротких замыканий и перегрузок и устройства молниезащиты;

4) организовывать обучение и инструктаж электротехнического персонала

по вопросам пожарной безопасности при эксплуатации электроустановок;

5) обеспечивать исправность средств для ликвидации пожаров в электроустановках и кабельных сооружениях.

Дежурный электромонтёр (сменный электромонтер) обязан производить плановые профилактические осмотры электрооборудования, проверять наличие и исправность аппаратов защиты и принимать немедленные меры к устранению нарушений, которые могут привести к пожарам [5].

Основные профилактические противопожарные мероприятия при эксплуатации электроустановок при осмотрах электроустановок нужно особое внимание уделять состоянию контактов: наличие искрения в выключателях, штепсельных соединениях, в болтовых соединениях и т. п.

Ослабление контактов неизбежно вызывает недопустимый нагрев токоведущих болтов и присоединенных к ним проводов. При обнаружении чрезмерного нагрева контактов и проводов необходимо принять меры по разгрузке или отключению установки. Восстановление контактов (зачистка, подтяжка винтовых соединений) проводить с соблюдением мер безопасности от поражения электрическим током. Кабельные каналы необходимо содержать в чистоте. Недопустимо их захламление, особенно горючими материалами.

Электродвигатели, светильники, проводка, распределительные устройства должны очищаться от горючей пыли не реже двух раз в месяц, а в зонах со значительным выделением пыли — не реже одного раза в неделю.

В процессе эксплуатации необходимо следить за равномерной нагрузкой по фазам однофазных электроприемников — освещения, электронагревательных приборов. Следует помнить, что при наличии однофазных электроприемников по рабочему нулевому проводу протекает ток, величина которого может достигать величины фазного тока. Поэтому

сечение нулевого провода в осветительных установках с газоразрядными лампами должно быть равным сечению фазных проводов [5].

Основными методами повышения пожарной безопасности электроустановок является их выполнение в соответствии с ПУЭ, правильный выбор защиты от коротких замыканий и перегрузок, соблюдение требований правил технической эксплуатации электроустановок по режиму нагрузки, ремонтным работам и т. п. Перегрузка проводов и электрооборудования сверх установленных норм не допускается. Контроль загрузки следует проводить по стационарным амперметрам или с помощью токоизмерительных клещей [6].

Все электроустановки должны быть защищены от токов короткого замыкания и других ненормальных режимов, могущих привести к пожару (автоматические выключатели, плавкие предохранители, устройства от перенапряжений и т. д.). Предохранители и уставки автоматических выключателей должны соответствовать сечению проводов и допустимым нагрузкам. Замена сгоревших предохранителей «жучками» и перемычками, хотя бы временно, не допускается.

На каждом щитке указываются номинальные токи предохранителей и токи установки автоматов каждой линии и должен иметься запас калиброванных предохранителей.

Все соединения, оконцевания и ответвления проводов, осуществляемые в процессе эксплуатации, выполняются капитально — путем опрессовки, пайки, сварки, зажима под болт и т. п. Наброс проводов крючками и скрутка не допускаются.

В пожароопасных зонах производственных и складских помещений с наличием горючих материалов (бумага, хлопок, лен, каучук и др.), а также изделий в сгораемой упаковке светильники и электрооборудование должны иметь закрытое или защищенное исполнение. Вблизи проводов недопустимо наличие легковоспламеняющихся предметов и материалов [6].

Переносные светильники оборудуются стеклянными колпаками и сетками. Светильники (стационарные и переносные) не должны соприкасаться со сгораемыми конструкциями здания и горючими материалами. Провода обязательно защищаются от механических повреждений.

В соответствии с правилами технической эксплуатации нужно регулярно проводить измерения сопротивления изоляции проводов и электрооборудования. В сетях напряжением до 1000 В сопротивление изоляции каждого участка сети — не менее 0,5 МОм [1].

В четырехпроводных сетях необходимо следить за состоянием контактов и надежностью изоляции нулевого провода так же, как и фазных проводов. Электрооборудование нужно содержать в исправном состоянии, под постоянным наблюдением. Пользоваться неисправными розетками, рубильниками и другим оборудованием не разрешается.

При эксплуатации электроустановок запрещается [6]:

1) Использовать электродвигатели и другое электрооборудование, поверхностный нагрев которого при работе превышает температуру 81 окружающего воздуха более чем на 40 °С;

2) Кабели и провода с поврежденной изоляцией; электронагревательные приборы без огнестойких подставок. Нельзя также оставлять их длительное время включенными в сеть без присмотра;

3) Применять нестандартные (самодельные) электропечи или электрические лампы накаливания для отопления помещений;

4) Оставлять под напряжением электрические провода и кабели с неизолированными концами.

На время прекращения работы (ночью, в выходные и праздничные дни) вся проводка в пожароопасных помещениях обесточивается с распределительного щитка. Дежурное освещение при необходимости может оставаться включенным. По возможности рекомендуется обесточивать сети на время прекращения работы и в помещениях с нормальной средой.

При использовании для электросварки металлических конструкций и полос в качестве обратного заземляющего провода необходимо создавать надежный контакт всех соединений путем приваривания друг к другу отдельных участков, чтобы исключить искрение и перегрев их во время протекания сварочного тока.

В электропомещениях запрещается хранить горючие жидкости.

Спецодежду следует хранить в специальных помещениях, развешивая в развернутом виде, чтобы исключить самовозгорание. В карманах нельзя оставлять промасленные тряпки и обтирочные концы. Промасленный обтирочный материал может самовозгораться, поэтому его необходимо складывать в металлические ящики. Использованный обтирочный материал нужно ежедневно удалять из рабочих помещений, особо следить, чтобы обтирочные материалы не оставались вблизи действующего электрооборудования и в распределительных шкафах и силовых пунктах.

Если пожар произойдет в РУСН, то он будет соответствовать классу Е – пожары, связанные с горением электроустановок.

Поэтому необходимо принять к установке пожарные щиты типа ЩП-Е, т.е. щит пожарный для очагов пожара класса Е.

Установить их следует в РУСН главного корпуса, на каждой секции. ЩП-Е включает в себя [17]:

- порошковый огнетушитель ОП-4 – 2шт.;
- углекислый огнетушитель ОУ - 3 – 2 шт.;
- крюк с деревянной рукояткой – 1 шт.;
- ножницы диэлектрические – 1 шт.;
- боты диэлектрические – 1 шт.;
- коврик диэлектрический – 1 шт.;
- лопата совковая – 1 шт.;
- кошма (противопожарное полотно) ПП-300 – 1 шт.;
- ящик для песка 0,5 метра куб. – 1 шт.

Оперативно-выездная бригада в автомобилях должна иметь минимум 4 углекислотных или порошковых огнетушителей, как средства первичного пожаротушения.

Пенный огнетушитель ОХП10 предназначен для тушения начинающихся малых пожаров и загораний твердых веществ и материалов, маленьких разливов горючих жидкостей, кроме электрооборудования, находящихся под напряжением.

Углекислотные огнетушители ОУ-2 и ОУ-5 используют для тушения малых пожаров и загораний, в том числе электроустановок, находящихся под напряжением не выше 1000 В.

При тушении электроустановок, находящихся под напряжением углекислотным или порошковыми огнетушителями, надо соблюдать меры безопасности: расстояние от огнетушителя до токоведущих частей должно быть не менее одного метра, обязательное использование диэлектрических перчаток и галош (бот), нельзя прикасаться к раструбу углекислотного огнетушителя чтобы избежать всех частей тела, сокращающихся с ним.

При тушении пожара на электрооборудовании без снятия напряжения с электроустановок пожарные автомобили и стволы должны быть заземлены, а ствольщик должен работать в диэлектрической обуви и диэлектрических перчатках.

В местах установки пожарной техники должны быть оборудованы и обозначены места заземления.

10.4 Расчет показателей производственного травматизма и профессиональных заболеваний в АО «ДГК»

Рассчитать коэффициент частоты травматизма, коэффициент тяжести травматизма, коэффициент смертности, коэффициент заболеваемости.

Исходные данные берем из отчета ДГК за 2020год [7].

Таблица 12 – Данные к расчету показателей травматизма и профессиональных заболеваний [7].

Количество несчастных случаев, включенных в отчет, T	Среднесписочное количество работающих за отчетный период, P	Общее количество дней временной нетрудоспособности по всем несчастным случаям, D	Количество несчастных случаев со смертельным исходом, T_{CM}	Количество впервые установленных случаев хронических профессиональных заболеваний за отчетный период, T_{XPOH}
3	10001	30	1	2

10.4.1 Теоретическая часть

Эффективность работы по охране труда определяют по наличию несчастных случаев (в том числе тяжелых несчастных случаев, несчастных случаев со смертельным исходом), а также путем сравнения относительных показателей травматизма и профессиональной заболеваемости в данном году в сравнении с предшествующими годами в организации и регионе.

Коэффициент частоты травматизма - количество несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за отчетный период. Определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = 1000 \frac{T}{P}; \quad (56)$$

где T - количество несчастных случаев, включенных в отчет;

P - среднесписочное количество работающих за отчетный период;

$K_{\text{ч}}$ показывает, насколько часто происходят несчастные случаи в данной организации, однако он не отражает «тяжести» повреждений.

Коэффициент тяжести травматизма - число дней временной нетрудоспособности, приходящейся на один несчастный случай.

Определяется по формуле:

$$K_T = \frac{D}{T'}; \quad (57)$$

где D - общее количество дней временной нетрудоспособности по всем несчастным случаям за отчетный период;

T' - суммарное количество несчастных случаев за тот же промежуток, за исключением случаев с летальным или инвалидным исходом.

Для более точного определения состояния охраны труда введен общий показатель производственного травматизма:

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ч}} \cdot K_T; \quad (58)$$

Коэффициент смертности определяется по формуле:

$$K_{\text{СМ}} = 1000 \cdot \frac{T_{\text{СМ}}}{T}; \quad (59)$$

где $T_{\text{СМ}}$ - количество несчастных случаев со смертельным исходом за отчетный период.

Коэффициент профессиональной заболеваемости - количество случаев хронических заболеваний за год, приходящихся на 10000 работающих.

Определяется по формуле:

$$K_{\text{ХРОН}} = 10000 \cdot \frac{T_{\text{ХРОН}}}{P}; \quad (60)$$

где $T_{\text{ХРОН}}$ - количество впервые установленных случаев хронических профессиональных заболеваний за отчетный период.

10.4.2 Расчетная часть

Определяем коэффициент частоты травматизма:

$$K_{\text{ч}} = 1000 \cdot \frac{3}{10001} = 0,29;$$

Определяем коэффициент тяжести травматизма:

$$T' = T - T_{\text{СМ}}; \tag{61}$$

$$T' = 3 - 1 = 2;$$

$$K_T = \frac{30}{2} = 15;$$

Определяем общий показатель производственного травматизма:

$$K_{\text{ОБЩ}} = 0,29 \cdot 15 = 4,35;$$

Определяем коэффициент смертности:

$$K_{\text{СМ}} = 1000 \cdot \frac{1}{3} = 333,3;$$

Определяем коэффициент профессиональной заболеваемости:

$$K_{\text{ХРОН}} = 10000 \cdot \frac{2}{10001} = 1,99;$$

10.4.3 Выводы

Исходя из расчетов, можно сказать, что не нулевые показатели коэффициентов смертности, профессиональной заболеваемости, общего производственного травматизма, частоты травматизма, тяжести травматизма говорят о нарушении правил по охране труда. Для того, чтобы повысить эффективность работы по охране труда необходимо принять соответствующие меры для снижения данных показателей. За счет создания комфортных условий для трудовой деятельности обеспечения оптимальных параметров микроклимата, освещения и световой среды, формирования оптимальных режимов труда и отдыха, разработка комплексов лечебно-профилактических мероприятий. Уменьшение травм и заболеваний на производстве позволит увеличить фонд рабочего времени. Обеспечение безопасных условий труда также, так предприятие сможет избежать значительных трудовых потерь и выплат денежных сумм за фактически не отработанное время. Снизятся и затраты, связанные с текучестью кадров, обусловленной неблагоприятными условиями труда, улучшится психологический климат в коллективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках бакалаврской работы был выполнена замена масляных выключателей на вакуумные, заменены старые трансформаторы, вышедшие из срока службы, выбор устройств РЗА на электромеханической и микропроцессорной базах, необходимых для защиты рассматриваемого оборудования на основании ПУЭ. Были выбраны устройства РЗА отечественного производства, микропроцессорный терминал «БЭМП». Реконструкция коммутационных аппаратов и устройств РЗА обеспечит скорость работы, повысит надежность оборудования на Благовещенской ТЭЦ. Реконструкция также повысит информативность передаваемой в локальную сеть информации о состоянии и функционировании защит.

Были произведены расчеты недостающих параметров, а именно:

- параметры схемы замещения участка сети;
- токи короткого замыкания второго блока;
- выбор и настройка уставок для электродвигателей.

Был произведен расчет выбранных устройств РЗА, выполнена оценка чувствительности, в ходе которой было принято решение применить все выбранные устройства для защиты оборудования.

Также был произведена сравнительная характеристика действующего оборудования и нового для подтверждения выгоды его использования, также сравнительно – экономический анализ оборудования и фирм производителей.

Рассмотрен бок безопасности и экологичности для распределительного устройство собственных нужд напряжением 6кВ.

В целом можно сделать вывод, что спроектированный РУСН 6кВ с заменой коммутационного оборудования будет находиться в работоспособном состоянии и отвечать условия безопасности, что позволит

Благовещенской ТЭЦ полноценно выполнять регулирующие и общесистемные функции на долгие годы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 328 «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
2. Булгаков, А.Б. Охрана окружающей среды в электроэнергетике: учебное пособие / А.Б. Булгаков. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2020. – 72 с.
3. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий: РД 153-34.0-03.301-00 (ВППБ 01-02-95*). Введ. – 01.06.2000 – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 20010. – 128 с.
4. ВВУ-СЭЩ 10 кВ [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://www.electroshield.ru/catalog/vakuumnje-vykluchateli/vvu-seshch-10-kv/>
5. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий / Минэнерго. - М.: Энергоатомиздат, 2012. - 144 с.
6. РД 153-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий (3-е издание с изменениями и дополнениями).
7. Отчет ДГК за 2020 год [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://www.dvgk.ru/uploads/attachments/dvgk/AiI/Reports/Year/GO%20DGK%202020.pdf>
8. Противопожарные мероприятия при эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/973-protivopozharnye-meroprijatija-pri.html>
9. РЗА.ру [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <http://www.rza.ru/catalog/zashchita-i-avtomatika-prisoedineniy-vvodov-i-bsk-dla-setey-6-35-kv/sirius-2-1-i-sirius-21-1.php>.
10. Микропроцессорные средства управления [Электронный ресурс]: учеб.

- пособие для направления подготовки "Электроэнергетика и электротехника".
Ч. 1: Построение основных функций цифровых релейных защит / АмГУ, Эн.ф.; сост. А. Н. Козлов. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017.
11. Мясоедов Ю.В. Электробезопасность [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю. В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И. Г. Подгурская; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 91 с. - Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7091.pdf
12. Беляков, Ю. П. Релейная защита и автоматика электрических систем: учеб. пособие для вузов / Ю. П. Беляков, А. Н. Козлов, Ю. В. Мясоедов. – Благовещенск: Амурский гос. университет, 2014. – 132 с.
13. Блок, В. М. Электрические системы и сети / В. М. Блок. – М.: Высш.шк., 2013. – 430 с.
14. Неклепаев Б. И. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие для вузов / Б. И. Неклепаев, И. П. Крючков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. 2012. – 608 с.
15. Ротачёв, Ю. А. Релейная защита и автоматика: учебно –методическое пособие для студентов заочного обучения / Ю. А. Ротачёв – М.: Амурский гос. ун-т. – Благовещенск, 2010. – 31с.
16. Фёдоров, А.А., Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования / А.А. Фёдоров, Старкова Л.Е. – М.: Энергоатомиздат, 2012. – 368 с.
17. Щит пожарный ЩП-Е [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pojbez.ru/catalog/9-shiti/shep-e.php> (дата обращения 06.05.2021).
18. Надеин В.Ф. Релейная защита и автоматика [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Ф. Надеин, С.В.Петухов, В.В Радюшин. — Электрон. текстовые данные. — Архангельск: Научная книга, 2015. — 98 с. — УДК 621.316.925.1—Режим доступа: <https://narfu.ru/university/library/books/2264.pdf>

19. Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебник / Э.А. Киреева, С.А. Цырук— М: Издательский центр «Академия»,2010 — 288с—ISBN 978-57695-5896-2 — Режим доступа: <https://www.elec.ru/viewer?url=files/2019/12/25/kireeva-ea-cyruk-sa-releynaya-zaschita-i-avtomatik.PDF>.
20. Электрощит Самара [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://www.electroshield.ru/>
21. Завод электромашина [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://www.z-em.ru/>
22. Чебоксарский электроаппаратный завод [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://www.cheaz.ru/>
23. Расчёт уставок асинхронного двигателя [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: <https://raschet.info/raschet-ustavok-asinhronnogo-dvigatelja-moshhnostju-315-kvt/#3>.
24. Каталог трансформаторов [Электронный ресурс]. URL: <https://uralen.ru/catalog/trans/group-17/64.html>
25. Правила устройства электроустановок (седьмое издание): ПУЭ. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2011.