

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование электрической части понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта

Студент

С.В.Фатиев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.В.Шлыков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Выполненная работа на тему «Проектирование электрической части понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта» содержит пояснительную записку и графическую часть.

Пояснительная записка состоит из 63 стр., содержит таблиц – 6, иллюстраций – 6, источников информации – 20.

В графической части работы представлено 6 листов (чертежей) формата А1.

Целью работы является разработка проекта электрической части понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта при соблюдении требований надёжности и экономичности принятых основных решений.

Для решения поставленной цели в работе произведены необходимые расчёты, в результате которых выбраны и обоснованы: схема электрических соединений электрической части подстанции 220/10 кВ г. Инта, количество и мощность силовых трансформаторов электрической части подстанции 220/10 кВ г. Инта, электрические аппараты и проводники электрической части подстанции 220/10 кВ г. Инта, мероприятия по минимизации потерь электроэнергии на рассматриваемой подстанции.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, а также по экологической безопасности при выполнении работ на подстанции 220/10 кВ г. Инта.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Теоретические основы проектирования понизительных трансформаторных подстанций.....	6
1.2 Характеристика климатических условий района проектирования.....	8
1.3 Характеристика потребителей понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта	10
2 Проектирование понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта.....	13
2.1 Разработка структурной и принципиальной схем понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта.....	13
2.2 Расчёт электрических нагрузок подстанции 220/10 кВ г. Инта	19
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов на подстанции 220/10 кВ г. Инта	23
2.4 Выбор и проверка проводников на понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта	25
2.5 Расчёт токов короткого замыкания на ПС-220/10 кВ г. Инта	31
2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов и оборудования на подстанции 220/10 кВ г. Инта	39
2.7 Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на ПС-220/10 кВ г. Инта	43
3. Охрана труда и окружающей среды.....	49
3.1 Техника безопасности при выполнении работ на подстанции 220/10 кВ г. Инта	49
3.2 Охрана окружающей среды на подстанции 220/10 кВ г. Инта	56
Заключение	59
Список используемых источников.....	62

Введение

В современной электроэнергетике на первое место выходят технико-экономические показатели, тесно связанные с надёжностью и экономичностью электрических сетей и подстанций.

Известно, что понизительные подстанции систем электроснабжения городов и населённых пунктов являются важнейшим звеном питания и распределения электроэнергии.

В случае сбоев и аварий на понизительных подстанциях, а также несоответствия поставляемой электроэнергии установленным нормам качества, потребители будут нести большие экономические убытки на всех уровнях энергосистемы и секторах промышленности.

По этой причине к системам электроснабжения понизительных трансформаторных подстанций предъявляются повышенные требования, которые состоят в применении современных надёжных и экономичных схемных решений с целью обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей городов и населённых пунктов, а также использование новейших разработок оборудования подстанций.

В последние десятилетия в электроэнергетике появились инновационные решения в области электрических аппаратов, сетей и схем трансформаторных подстанций.

Их применение позитивно сказывается на надёжности и эксплуатации оборудования подстанций, значительно повышаются технико-экономические показатели и характеристики не только самой понизительной распределительной подстанции, но и энергосистемы в целом.

Целью работы является разработка проекта электрической части строящейся понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта при соблюдении требований надёжности и экономичности принятых основных решений.

Объектом исследования в работе является система электроснабжения трансформаторной подстанции 220/10 кВ г. Инта для питания потребителей различного типа (промышленных, бытовых и коммунальных).

Предметом исследования в работе являются схема электрических соединений системы электроснабжения трансформаторной подстанции 220/10 кВ для питания потребителей, а также элементы рассматриваемой системы электроснабжения указанной понизительной подстанции, а именно: схема электрических соединений, электрические сети и электрические аппараты.

Основными задачами работы является:

- проведение анализа исходных данных, в результате чего рассматриваются теоретические основы проектирования понизительных трансформаторных подстанций, характеристика климатических условий района проектирования, а также характеристика потребителей понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта;

- разработка проекта электрической части подстанции 220/10 кВ г. Инта, первоначально включающая выбор схемы электрических соединений подстанции 220/10 кВ г. Инта. Далее, на основании результатов расчёта электрических нагрузок и токов короткого замыкания, осуществляется выбор и проверка силовых трансформаторов, проводников, электрических аппаратов и оборудования на понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта. Отдельно также разрабатывается комплекс мероприятий по повышению энергоэффективности в системе электроснабжения понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта;

- систематизация и разработка мероприятий по безопасности жизнедеятельности, а по охране окружающей среды при выполнении работ на подстанции 220/10 кВ г. Инта.

Решения основных поставленных основных задач в работе проводятся, исходя из нормативно – технических источников, учебной литературы и типовых проектов.

1 Анализ исходных данных

1.1 Теоретические основы проектирования понизительных трансформаторных подстанций

На основании анализа технической и справочной нормативной литературы, а также исходных технических данных, далее в работе осуществляется краткое описание теоретических основ проектирования понизительных трансформаторных подстанций.

Известно, что обеспечение потребителей электроэнергией установленного качества является важной задачей и требует применения значительных мощностей.

Преобразование и распределение электроэнергии в системах электроснабжения осуществляется на понизительных подстанциях энергетической системы.

Известно, что надёжность систем электроснабжения трансформаторных подстанций напрямую зависит от схемы первичных соединений, которая, в свою очередь, проектируется и выбирается с учётом категорий потребителей, получающих питание от этой подстанции.

Потребители, получающие питание понизительных подстанций энергосистемы, относятся к I, II и III категориям по надёжности электроснабжения.

При наличии среди потребителей I, и II категорий по надёжности, согласно [4], предъявляет к системе электроснабжения следующие требования:

- электроснабжение осуществляется от двух независимых взаимно резервируемых источников питания;
- питания потребителей должно проводиться от двухтрансформаторной подстанции;

– перерыв в электроснабжении потребителей при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

В случае, если в системе электроснабжения понизительной подстанции все-таки преобладают потребители III категориям по надежности, то питание таких потребителей осуществляется по одной линии без наличия резерва. Следовательно, в данном случае на подстанции будет находиться только один силовой трансформатор.

При выборе количества линий в схеме главных соединений подстанций для питания потребителей можно исходить из следующего условия согласно [4]:

– электроснабжение потребителей I категории надёжности должно осуществляться не менее чем по двум отдельным линиям;

– электроснабжение потребителей II категории надёжности относительно небольшой мощности возможно по двухцепной линии, а III категории надёжности – по одной линии.

Также для электроснабжения потребителей I и II категорий необходимы два взаимно резервируемых источника питания [4].

Поэтому для них рекомендованы схемы с резервированными сетями.

В схемах электроснабжения трансформаторных подстанций всех типов и классов напряжения также должны быть учтены следующие требования согласно [1], а именно:

– максимальная близость потребителей электроэнергии к своему источнику питания;

– сквозное секционирования всех звеньев системы электроснабжения с установкой, при необходимости, устройств автоматики, обеспечивающих резервирование (например, АВР);

- обеспечение оптимального режима работы спроектированной системы электроснабжения (рекомендуется отдельный режим работы секций при установке двух трансформаторов или иных источников);

- обеспечение необходимой надёжности потребителей электроэнергии с учётом резервирования для I и II категорий в нормальном, форсированном и послеаварийном режимах;

- обеспечение наглядности, безопасности, необходимой защиты и автоматизации на всех уровнях системы электроснабжения;

- выбранные схемы должны обеспечивать установленное нормируемое качество электрической энергии в пределах нормальных допустимых значений.

Кроме того, в принятых схемах понизительных подстанций энергосистемы крайне важно обеспечить:

- защиту и коммутацию всех структурных элементов понизительных подстанций от ненормальных режимов работы;

- установленные нормы и параметры по качеству электрической энергии, которая передаётся потребителям;

- экономические аспекты (экономичность) работы энергосистемы во всех режимах.

Вывод по разделу: на основании теоретического анализа проектирования понизительной трансформаторной подстанции, указанные сведения используются в работе далее при выборе схемы электрических соединений.

1.2 Характеристика климатических условий района проектирования

Город Инта расположен в северо – восточной части Республики Коми Российской Федерации. При определении климатических условий в районе понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта, принимались в качестве исходных данных карты климатического районирования, приведенные в работе [4].

Климат в г. Инта – континентальный, характерный для районов Севера с суровой зимой и коротким прохладным летом.

На основании анализа трассы и карт климатического районирования по гололеду и по ветру [4], для понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта принят третий район по гололеду и первый район по ветру.

Дополнительные исходные климатические характеристики для понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта следующие:

- расчетная скорость ветра с повторяемостью 1 раз в 10 лет – 25 м/с;
- расчетная толщина стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 10 лет – 15 мм;
- скорость напора – 40 да Н/м²;
- среднегодовая скорость ветра – 3,8 м/с;
- скорость ветра при гололеде – 12,5 м/с;
- скоростной напор при гололеде – 10 да Н/м²;
- средняя температура воздуха при гололеде – минус 5,0 °С;
- среднегодовая температура воздуха – минус 4,0 °С;
- абсолютный минимум температуры – минус 46,0 °С;
- абсолютный максимум температуры – 38,0 °С;
- среднегодовая продолжительность гроз – 57 ч;
- среднегодовое количество остатков – 490 мм;
- угол, образуемый гололедонесущим ветровым потоком по отношению к линии электропередачи – от 0 °С до 90 °С;
- расчетная температура наиболее холодной пятидневки – минус 34 °С;
- глубина промерзания грунта – 174 см;
- высота снежного покрова – 84 см.

Вывод по разделу: данные приведённых климатических сведений используются в работе далее для выбора электрических аппаратов, сечения проводов линий электропередач.

1.3 Характеристика потребителей понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта

Рассматриваемая в работе трансформаторная подстанция (далее – ПС-220/10 кВ) по месту расположения в энергосистеме является узловой понизительной подстанцией и территориально располагается вблизи г. Инта Республики Коми РФ.

Данная ПС-220/10 кВ является подстанцией глубокого ввода, так как её строительство обусловлено необходимостью питания потребителей на напряжении 10 кВ при близости воздушной линии 220 кВ «Возейская».

Рассматриваемая в работе ПС-220/10 кВ г. Инта обеспечивает питание своих потребителей на номинальном напряжении 10 кВ (преимущественно – промышленные, бытовые и коммунальные потребительские подстанции ПС-10/0,4 кВ, а также распределительные пункты 10 кВ).

Согласно диспетчерского наименования, данной ПС-220/10 кВ присвоено абонентское наименование ПС-220/10 кВ г. Инта.

Исходя из требуемых дополнительных мощностей в связи с развитием промышленности, а также застройки территории города и района, а также вводом новых жилых и промышленных объектов в эксплуатацию, к рассматриваемой в работе ПС-220/10 кВ г. Инта планируется подключение дополнительной нагрузки.

Основными потребителями рассматриваемой в работе подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта являются (с учётом ввода в эксплуатацию новых потребителей)

бытовые, коммунальные и промышленные потребители, которые рассматриваются в работе далее.

Питание ПС-220/10 кВ г. Инта осуществляется воздушными линиями электропередачи напряжением 220 кВ двумя независимыми вводами:

– ввод 1: от распределительного устройства 220 кВ ПС-220/110/35 кВ «Воркута»;

– ввод 2: от распределительного устройства 220 кВ ПС-220/10 кВ «Северная».

Исходные данные потребителей ПС-220/10 кВ г. Инта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные потребителей ПС-220/10 кВ г. Инта

Номер ячейки ПС-220/10 кВ г. Инта	Проектная нагрузка линии ПС-220/10 кВ г. Инта, $P_{уст}$, кВт
1 секция сборных шин 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта	
1	574,0
2	540,0
3	166,0
4	490,0
5	325,0
6	1600,0
7	374,0
8	824,0
9	1200,0
10	166,0
11	166,0
12	1600,0

Продолжение таблицы 1

Номер ячейки ПС-220/10 кВ г. Инта	Проектная нагрузка линии ПС-220/10 кВ г. Инта, $P_{уст}$, кВт
2 секция сборных шин 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта	
1	300,0
2	258,0
3	116,0
4	850,0
5	166,0
6	216,0
7	1600,0
8	408,0
9	550,0
10	424,0
11	424,0
12	100,0
13	565,0
14	1600,0
Всего нагрузки потребителей	9202,0
Собственные нужды	500,0
Всего по ПС-220/10 кВ г. Инта	9702,0

Вывод по разделу: на основании приведённых исходных технических и климатических данных, а также теоретических основ проектирования понизительных подстанций, далее в работе проводится непосредственное проектирование ПС-220/10 кВ г. Инта.

2 Проектирование понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта

2.1 Разработка структурной и принципиальной схем понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта

На основании исходных технических данных потребителей понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта, далее в работе осуществляется необходимые разработки и проектирование системы электроснабжения указанной понизительной подстанции.

По заданию объектом исследования в работе является понизительная трансформаторная подстанция ПС-220/10 кВ, особенностью которой является [1,4]:

- наличие больших нагрузок, т.к. трансформаторы 220/10 кВ не выпускаются на малые мощности, а в случае их подключения на указанные нагрузки данные трансформаторы будут недогружены, что приведёт к значительным потерям электроэнергии в трансформаторах и сети;
- наличие на понизительных ПС-220/10 кВ двух силовых трансформаторов (согласно требований [4] к категории надёжности);
- наличие значительного количества отходящих линий 10 кВ (как правило, не менее шести-восьми отходящих линий).

Так как на понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта находится большое число потребителей 1 и 2 категории, следовательно, перерыв в электроснабжении этих потребителей при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания [4].

Также известно, что выбранные схемы понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта должны обеспечивать установленное нормируемое качество

электрической энергии в пределах нормальных допустимых значений согласно [2,3].

Прежде, чем проводить анализ схемы электрических соединений понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта для питания потребителей, необходимо рассмотреть схему указанной подстанции и её элементы.

Согласно исходных данных, рассматриваемая в работе подстанция 220/10 кВ г. Инта, предусмотренная для питания потребителей на напряжении 10 кВ, является понизительной и распределительной.

Исходя из специфики схемы и оборудования проектируемой ПС-220/10 кВ, места её расположения в энергосистеме, а также основываясь на теоретических данных в результате проведения анализа, установлены ключевые направления, которые присущи ПС-220/10 кВ г. Инта:

– в схеме ОРУ-220 кВ необходимо применение радиальной схемы соединений по типу многоугольника с наличием неавтоматической и (или) автоматической ремонтной перемычек (схемы 4Н, 5Н, мостика и другие), состоящей из жёсткого токопровода с двумя разъединителями, которые в нормальном режиме отключены, благодаря чему в схеме ОРУ-220 кВ будет значительно повышена надёжность, необходимая для своевременного и качественного обеспечения питанием потребителей 1 и 2 категории надёжности при выводе в ремонт элементов ОРУ-220 кВ. Кроме того, неавтоматическая ремонтная перемычка используется также для транзитных перетоков мощности между другими подстанциями энергосистемы, что делает схему ПС-220/10 кВ г. Инта более гибкой;

– в виду того, что рассматриваемая в работе ПС-220/10 кВ г. Инта обеспечивает питание потребителей 1 и 2 категории, следовательно, согласно требованиям [4], в её схеме ВН на ОРУ-220 кВ крайне важно применить не один, а два источника питания, которые по отношению друг к другу будут независимы. Таким образом будут выполнены требования и условия [4];

– применение в ОРУ-220 кВ применение эффективных блоков «линия – выключатель» и «Выключатель – разъединитель» обеспечивают достаточную надёжность схемы ОРУ-220 кВ и всей рассматриваемой понизительной подстанции в целом [4]. Применение таких современных решений на ОРУ-220 кВ значительно повысит надёжность, гибкость и экономичность схемы РУ-10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта;

– на понизительной трансформаторной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта в распределительных устройствах высшего (220 кВ) и низшего (10 кВ) номинальных напряжений есть марки электрических аппаратов и оборудования, в частности, выключатели, разъединители, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения. При выборе указанного оборудования в работе необходимо выбрать новые современные типы для установки их в соответствующих распределительных устройствах ПС-220/10 кВ г. Инта. Выбор инновационных современных марок оборудования значительно повысит надёжность схемы, уменьшит затраты на обслуживание и ремонт, сократит межремонтный период до минимума, позволит повысить показатели энергоэффективности как самой понизительной подстанции, так и потребителей, которые получают от неё питание.

В структурной и принципиальной схемах понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта выделяются следующие основные блоки:

– распределительное устройство высшего напряжения (открытого типа) напряжением 220 кВ (далее – ОРУ-220 кВ) – используется для приёма электроэнергии напряжением 220 кВ от питающей подстанции энергосистемы и последующего её распределения на силовые понизительные трансформаторы подстанции 220/10 кВ для питания потребителей на напряжении 10 кВ. Питание рассматриваемой в работе подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта осуществляется воздушной линией напряжением 220 кВ через ОРУ-220 кВ, которое принимает и распределяет напряжение от энергосистемы (два ввода). Так как по месту в схеме

рассматриваемая проектируемая ПС-220/10 кВ является проходной, следовательно, в схеме ОРУ-220 кВ применяется схема «мостика» с двумя перемычками (автоматической и неавтоматической). В неавтоматической перемычке установлены два разъединителя, в автоматической перемычке, помимо них, также есть высоковольтный выключатель. Такая схема хорошо себя зарекомендовала как надёжная и экономичная, обеспечивающая резервирование потребителей и элементов на стороне 220 кВ на самой подстанции. Также через такую схему «мостика» очень удобно осуществлять транзит мощностей от питающих ПС энергосистемы. В схеме ОРУ-220 кВ применяется отдельный режим работы. В ОРУ-220 кВ применяются следующие электрические аппараты, которые выбираются в работе далее на основании расчётов и проверок: выключатели высокого напряжения, разъединители, ограничители перенапряжения, трансформаторы напряжения и тока. Структурная упрощённая схема «мостика» на стороне ВН (220 кВ) ПС-220/10 кВ «Инта» представлена на рисунке 1;

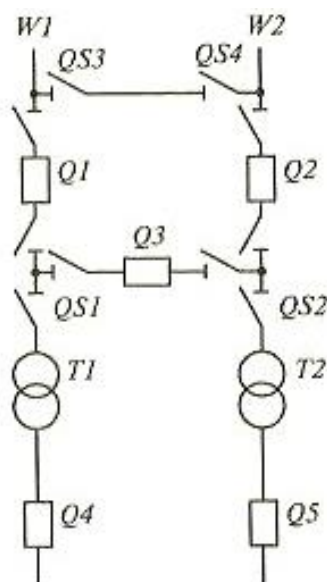


Рисунок 1 – Структурная упрощённая схема «мостика» на стороне ВН (220 кВ) ПС-220/10 кВ «Инта»

– трёхфазные силовые понизительные двухобмоточные трансформаторы с масляным охлаждением типа ТДН-Х/220, мощность которых выбирается в работе далее где на основании расчётов и проверок. Трансформаторы ПС-220/10 кВ понижают напряжение 220 кВ до значения 10 кВ. Так как потребители подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта преимущественно относятся к 1 и 2 категориям надёжности, согласно требований и основных норм [4], на данной подстанции предусматривается установка двух силовых трансформаторов с двумя независимыми источниками питания;

– распределительное устройство напряжением 10 кВ (далее – РУ-10 кВ), которое необходимо для распределения получаемой от силовых трансформаторов ПС-220/10 кВ г. Инта электроэнергии потребителям на напряжении 10 кВ. Конструктивно выполнено комплектным с применением ячеек КРУ серии КУ-10С. В РУ-10 кВ применяется радиальная схема для питания потребителей с использованием одиночной системы сборных шин, секционированной выключателем [4].

Такая схема применяется для питания потребителей 1 и 2 категории надёжности при наличии в схеме с применением двухобмоточных трансформаторов с нерасщеплёнными обмотками низшего напряжения. В схеме электроснабжения РУ-10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта предусмотрена отдельная работа секций сборных шин напряжением 10 кВ.

Секционный выключатель в нормальном режиме работы отключён, включаясь под действием устройства автоматического включения резерва (АВР) в том случае, если на одной из секций сборных шин 10 кВ исчезло напряжение.

Для защиты и коммутации в РУ-10 кВ высоковольтные выключатели, ограничители перенапряжения, а также измерительные трансформаторы напряжения и тока. Структурная упрощённая схема «одиночная система сборных шин, секционированная выключателем 10 кВ» на стороне НН (10 кВ) ПС-220/10 кВ «Инта» представлена на рисунке 2;

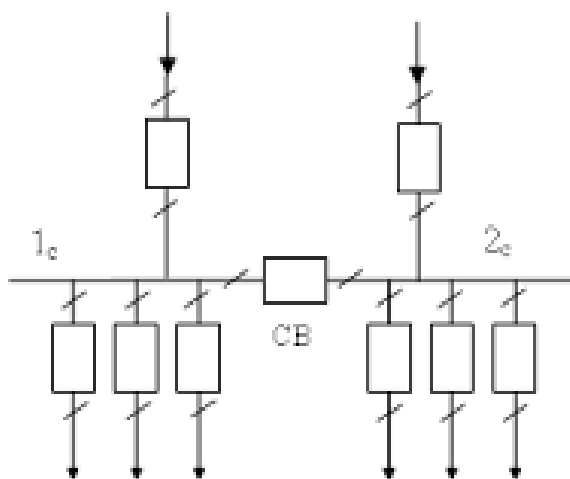


Рисунок 2 – Структурная упрощённая схема «одионочная система сборных шин, секционированная выключателем 10 кВ» на стороне НН (10 кВ) ПС-220/10 кВ «Инта»

– потребители проектируемой подстанции, получающие питание от шин РУ-10 кВ линиями напряжением 10 кВ.

Согласно исходным проектным данным, питание потребителей (фидеров) осуществляется по радиальной схеме без ответвлений согласно требований [4] от шин напряжением 10 кВ РУ-10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта, что соответствует категории надёжности потребителей [4].

Рассмотренные элементы и основные блоки входят в исходную схему электрических соединений ПС-220/10 кВ г. Инта, приведённую на графическом листе 1.

План расположения оборудования ОРУ-220 кВ на рассматриваемой проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта представлен в графической части данной работы на листе 3.

Вывод по разделу: схема электрических соединений понизительной трансформаторной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта, полученная в результате проведения проектирования, соответствует всем требованиям и нормам [1-4]. Она приведена на графическом листе 2.

2.2 Расчёт электрических нагрузок подстанции 220/10 кВ г. Инта

Расчёт нагрузок подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта проводится по следующим формулам:

$$P_{np} = P_{уст.}, \quad (1)$$

$$Q_{np} = P_{np} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{номр}, \quad (2)$$

$$S_{np} = \sqrt{P_{np}^2 + Q_{np}^2}, \quad (3)$$

$$I_{np} = \frac{S_{np}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (4)$$

где P_{np} , Q_{np} , S_{np} – значения расчётных активной, реактивной и полной нагрузки присоединений потребителей, соответственно, кВт, квар, кВА;

U_n – номинальное напряжение сети, кВ;

$\operatorname{tg}\varphi_{номр}$ – коэффициент реактивной мощности потребителей;

I_{np} – рабочий ток присоединений, А.

Расчёт электрических нагрузок присоединений потребителей на проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта проводится на примере первого присоединения секции сборных шин напряжением 10 кВ данной подстанции по условиям (1) – (4)

$$P_{np} = 574 \text{ кВт.},$$

$$Q_{np} = 574 \cdot 0,54 = 310 \text{ (квар)},$$

$$S_{np} = \sqrt{574^2 + 310^2} = 652,3 \text{ (кВА)}.$$

Аналогично проведён расчёт электрических нагрузок остальных присоединений потребителей проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта первой и второй секций сборных шин (таблица 2).

Значение расчётного тока по (4) присоединений рассчитывается в работе далее при выборе проводников отходящих линий.

Таблица 2 – Результаты расчёта электрических нагрузок присоединений потребителей проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта

Номер ячейки ПС-220/10 кВ г. Инта	P_{np} , кВт	Q_{np} , квар	S_{np} , кВА
1 секция сборных шин 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта			
1	574	310	652,3
2	540	291,6	613,7
3	166	89,6	188,7
4	490	264,6	556,9
5	325	175,5	369,4
6	1600	864	1818,4
7	374	202	425
8	824	445	936,5
9	1200	648	1363,8
10	166	89,6	188,7
11	166	89,6	188,7
12	1600	864	1818,4
2 секция сборных шин 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта			
1	300	162	341
2	258	139,3	293,2
3	116	62,6	131,8

Продолжение таблицы 2

Номер ячейки ПС-220/10 кВ г. Инта	P_{np} , кВт	Q_{np} , квар	S_{np} , кВА
2 секция сборных шин 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта (продолжение)			
4	850	459	966
5	166	89,6	188,7
6	216	116,6	245,5
7	1600	864	1818,4
8	408	220,3	463,7
9	550	297	625,1
10	424	229	481,7
11	424	229	481,7
12	100	54	113,6
13	565	305,1	642,1
14	1600	864	1818,4
Собственные нужды	500	270	568,2
Всего по ПС-220/10 кВ г. Инта	16105	8695	18302,3

Учитывая полученные результаты расчёта электрических нагрузок присоединений потребителей рассматриваемой понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта, в работе также проведён расчёт суммарной нагрузки всей проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта.

Значение расчётной активной нагрузки всей проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта определяется с учётом коэффициента одновременности максимума нагрузок так:

$$P_{ПС} = K_0 \sum_{i=1}^n P_{np}, \quad (5)$$

где K_0 – значение коэффициента одновременности максимумов нагрузки на шинах 10 кВ в РУ-10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта.

По условию (5)

$$P_{ПС} = 0,9 \cdot 16105 = 14494,5 \text{ (кВт)}$$

Значение расчётной реактивной нагрузки всей проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта

$$Q_{ПС} = K_0 \sum_{i=1}^n Q_{np} \quad (6)$$

По условию (6)

$$Q_{ПС} = 0,9 \cdot 8695 = 7825,5 \text{ (квар)}$$

Значение расчётной полной нагрузки всей проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта

$$S_{ПС} = \sqrt{P_{ПС}^2 + Q_{ПС}^2} \quad (7)$$

По условию (7)

$$S_{ПС} = \sqrt{14494,5^2 + 7825,5^2} = 16472,1(\text{кВА})$$

Вывод по разделу: на основании результатов, полученных при расчёте электрических нагрузок как присоединений, так и всей проектируемой понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта, далее производится выбор и проверка силового трансформатора подстанции, а также проводников и электрических аппаратов распределительных устройств подстанции, а также потребителей.

2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов на подстанции 220/10 кВ г. Инта

Так как проектируемая понизительная ПС-220/10 кВ г. Инта питает потребители, большинство из которых относится к I и II категориям надёжности, следовательно, на данной понизительной подстанции устанавливается два силовых трансформатора.

В связи с подключением потребителей 10 кВ к системе электроснабжения проектируемой понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта, проводится выбор и проверка силовых трансформаторов на перегрузочную способность как в нормальном, так и в максимальном (послеаварийном) режиме работы.

Выбор и проверка силовых трансформаторов на проектируемой понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта в работе проводится по условию:

$$S_{ном.т} \geq \frac{S_{ПС}}{1,4}, \quad (8)$$

где 1,4 – аварийный коэффициент силового трансформатора.

По условию (8)

$$S_{ном.т} \geq \frac{16472,1}{1,4} = 11765,8(\text{кВА})$$

Согласно полученным данным расчёта, для установки на проектируемой понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта, выбирается силовой трансформатор марки ТД-25000/220-УХЛ (с учётом холодного климата г.Инта), типонаминал которого является наименьшим среди данного класса 220/10 кВ [12].

В нормальном режиме работы системы, коэффициент загрузки силового трансформатора марки ТД-25000/220-УХЛ, установленного на понизительной проектируемой понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта, должен удовлетворять:

$$K_3 \leq 0,7 \leq \frac{0,5 \cdot S_{ТП}}{S_{ном.т}}, \quad (9)$$

Согласно условию (9)

$$K_3 = \frac{0,5 \cdot 16472,1}{25000} = 0,33 < 0,7.$$

Условие проверки трансформатора в нормальном режиме выполняется.

В максимальном (послеаварийном) режиме работы системы, коэффициент загрузки силового трансформатора ТД-25000/220-УХЛ, установленного на проектируемой понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта, должен удовлетворять:

$$K_3 \leq 1,4 \leq \frac{S_{ТП}}{S_{ном.т}}, \quad (10)$$

Согласно условию (10)

$$K_3 = \frac{16472,1}{25000} = 0,66 < 1,4.$$

Вывод по разделу: на основании расчётов, на понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта устанавливаем силовые трансформаторы ТД-25000/220-УХЛ, которые удовлетворяют условиям проверки как в нормальном, так и в послеаварийном режимах работы, следовательно, обеспечат питание потребителей установленной 1 и 2 категории надёжности без сбоев и аварий за счёт применения резервирования, а также необходимой мощности.

Замена трансформаторов в перспективе на более мощные не предвидится.

2.4 Выбор и проверка проводников на понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта

Для выбора сечения проводников проектируемой понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта, необходимо рассчитать их рабочий ток нормального режима работы по следующему условию

$$I_{p.} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}. \quad (11)$$

где S_p – значения расчётной полной нагрузки присоединений потребителей, кВА

Значение максимального расчётного тока линии с учётом подключения дополнительной нагрузки (резервирования) в схеме ПС-220/10 кВ г. Инта, где есть потребители 1 категории надёжности (с учётом двух источников питания)

$$I_{p.маx} = 1,4I_{p.} \quad (12)$$

Проверка выбранного сечения линии в послеаварийном режиме работы системы [1]:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{p.\text{max}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{дон}}$ – предельно – допустимое справочное значение тока выбранного проводника линии [4];

$I_{p.\text{max}}$ – максимальный расчётный ток линии.

Выбор сечений проводников напряжением выше 1 кВ (питающей воздушной линии напряжением 220 кВ и отходящих к потребителям распределительных воздушных линий напряжением 10 кВ) ПС-220/10 кВ г. Инта в работе осуществляется непосредственно по экономической плотности тока таким образом:

$$F_s = \frac{I_p}{j_s}, \quad (14)$$

где j_s – нормированное значение экономической плотности тока, для заданных условий работы, а также в зависимости от типа и марки проводника (кабель или воздушная линия), А/мм².

Число часов использования максимальной перетекания мощности по ВЛ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта составит 5500 ч, тогда экономическая плотность тока согласно [4] равна $j_s = 1,1$ А/ мм².

В работе проводится выбор сечения провода питающей воздушной линии ВЛ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта по приведенным выше условиям выбора и проверки (11) – (14).

$$I_p = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 220} \approx 65,6(\text{A}).$$

$$F_9 = \frac{65,6}{1,1} = 59,6(\text{мм}^2).$$

Так как подключённая нагрузка относится к 1 и 2 категории надёжности, максимальный расчётный ток воздушной линии ВЛ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта с учётом подключения дополнительной нагрузки (резервирования) будет равен:

$$I_a = 1,4 \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 91,8(\text{А}).$$

Учитывая частичное прохождения питающей ВЛ-220 кВ по территории городской застройки, возможность в дальнейшем присоединения новых потребителей, в соответствии с рекомендациями по проектированию городских электрических сетей, а также основываясь на полученных результатах расчёта и методике выбора по условию коронирующего разряда и механической прочности для климатической зоны по гололёду для г. Инта Республики Коми, для питающей воздушной линии ВЛ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта выбирается из [4] сталеалюминиевый провод ВЛ марки АС-240/32 (минимально допустимое сечение) с предельным значением допустимого тока $I_{дон} = 605\text{А}$.

Проверка выбранного сечения питающей воздушной линии ВЛ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта в послеаварийном режиме работы системы электроснабжения выполняется [1]:

$$605 > 91,8(\text{А}).$$

Проверка выбранного сечения питающей воздушной линии ВЛ-220 кВ понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта по условию коронирующего разряда и механической прочности для климатической зоны по гололёду для г. Инта Республики Коми также выполняется [4]:

$$240 = 240(\text{мм}^2).$$

Далее выбранное сечение ВЛ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта необходимо дополнительно проверить по условию допустимой потери напряжения.

Известно, что потери напряжения в линиях питающей сети определяется так:

$$\Delta U = \frac{PR_l + QX_l}{U_n^2} \cdot 100, \% \quad (15)$$

где P – активная мощность линии, кВт;

Q – реактивная мощность линии, кВар;

R_l – активное сопротивление линии, Ом/км (принимается из справочных материалов [13]);

X_l – реактивное сопротивление линии, Ом/км (принимается из справочных материалов [13]).

Проверка по потере напряжения проводится для питающей воздушной линии напряжением 220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта с проводом марки АС-240/32

$$\Delta U = \frac{6613,1 \cdot (0,447 \cdot 6) + 2706,18 \cdot (0,4 \cdot 6)}{220^2} \cdot 100 = 1,54 \%$$

Потери напряжения в питающей ВЛ-220 кВ нормальном режиме меньше, чем 5 %, значит, допустимы.

Исходя из полученных результатов расчёта, в работе для питающей воздушной линии ВЛ-220 кВ понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта окончательно принимается сталеалюминиевый провод стандартной марки АС-240/32 с предельным допустимым током $I_{don} = 605$ А.

В работе для питающей воздушной линии ВЛ-220 кВ понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта используются следующие типы металлических опор, устанавливаемых непосредственно на трассе линии с учётом климатической зоны по гололёду:

– промежуточные опоры П220-2: высота опор – 41 м, ширина основания опоры – 5,4 м. Данный тип опор служит для непосредственной поддержки проводов воздушной линии электропередачи 220 кВ, механическую нагрузку всей линии они не несут. Данные опоры имеют как штыревые, так и подвесные изоляторы (гирлянды). В работе применяются одноцепные промежуточные опоры. Опоры изготавливают из углового и листового металлопроката с нанесением антикоррозийного покрытия (оцинковка или красочный слой);

– анкерные угловые опоры У220-1: высота опор – 25,1 м, ширина основания опоры – 5 м. Данный тип опор рассчитан для поддержания механической нагрузки всей линии электропередачи 220 кВ и являются основными опорными конструкциями на линии. Данные опоры имеют только подвесные изоляторы (гирлянды). В работе применяются одноцепные анкерные угловые опоры. Этот тип опор изготавливают из углового и листового металлопроката с нанесением антикоррозийного покрытия (оцинковка или красочный слой).

Узлы монтажа приведённых выше опор питающей ВЛ-220 кВ приведены на графическом листе 6 работы.

Аналогично проведен выбор сечений проводов ВЛ-10 кВ для питания потребителей напряжением 10 кВ проектируемой ПС-220/10 кВ от шин РУ-10 кВ указанной понизительной подстанции.

Сечения питающих воздушных линий 10 кВ осуществляется по экономической плотности тока по условию, аналогичному выбору сечения питающей ВЛ-220 кВ с приведением конечных полученных результатов в таблице 3.

При этом в работе принято с учётом климатической зоны по гололёду и ветру [4] для г. Инта Республики Коми, минимальное сечение проводников для ВЛ-10 кВ, равное 25 мм².

Таблица 3 – Результаты выбора сечений воздушных линий 10 кВ присоединений потребителей проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта

Номер ячейки ПС-220/10 кВ г. Инта	I_a , А	$F_э$, мм ²	Марка провода ВЛ-10 кВ	$I_{дон}$, А
1 секция сборных шин 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта				
1	62,8	50	АС-50/8	210
2	59,1	50	АС-50/8	210
3	18,2	25	АС-25/4,2	142
4	53,6	50	АС-50/8	210
5	35,5	35	АС-35/6,2	175
6	175	150	АС-150/19	450
7	40,9	35	АС-35/6,2	175
8	90,1	70	АС-70/11	265
9	131,2	120	АС-120/19	390
10	18,2	25	АС-25/4,2	142
11	18,2	25	АС-25/4,2	142
12	175	150	АС-150/19	450
2 секция сборных шин 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта				
1	32,8	25	АС-25/4,2	142
2	28,2	25	АС-25/4,2	142
3	12,7	25	АС-25/4,2	142
4	93	70	АС-70/11	265
5	18,2	25	АС-25/4,2	142

Продолжение таблицы 3

Номер ячейки ПС- 220/10 кВ г. Инта	I_a , А	F_{Σ} , мм ²	Марка провода ВЛ-10 кВ	$I_{доп}$, А
6	23,6	25	АС-25/4,2	142
7	172	150	АС-150/19	450
8	44,6	35	АС-35/6,2	175
9	60,2	50	АС-50/8	210
10	46,4	35	АС-35/6,2	175
11	46,4	35	АС-35/6,2	175
12	10,9	25	АС-25/4,2	142
13	61,8	50	АС-50/8	210
14	175	150	АС-150/19	450
ТСН	27,3	25	АС-25/4,2	142

Вывод по разделу: исходя из полученных результатов расчёта с последующим выполнением соответствующих проверок, установлено, что выбранные в работе питающие сечения ВЛ-220 кВ и ВЛ-10 кВ обеспечат надёжное, экономичное и бесперебойное питание потребителей проектируемой ПС-220/10 кВ.

2.5 Расчёт токов короткого замыкания на ПС-220/10 кВ г. Инта

Расчёт токов короткого замыкания (далее – КЗ) на подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта проводится с целью:

– проверки электрических аппаратов и проводников на термическую и электродинамическую стойкости к токам короткого замыкания. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения ударного тока КЗ в расчётных точках;

– выбора и проверки на чувствительность уставок релейной защиты и автоматики. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения двухфазного (минимального) тока КЗ в расчётных точках.

Расчёт искомых трёхфазных токов КЗ в максимальном режиме проводится в расчётной точке К1 – сеть напряжением 220 кВ (на выводах ВН силового трансформатора), а также в расчётной точке К2 – сеть напряжением 10 кВ (на выводах НН трансформатора).

Исходная схема представлена на рисунке 3.

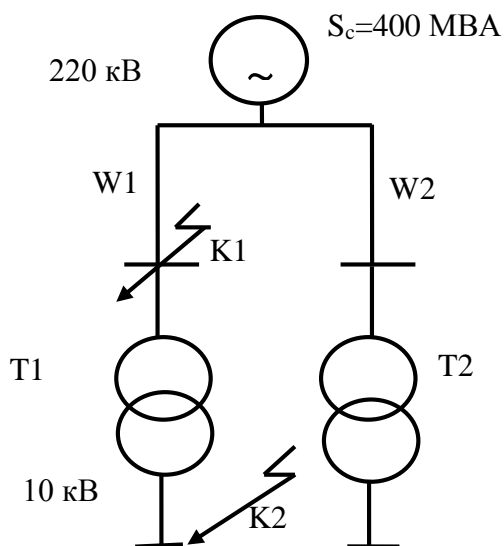


Рисунок 3 – Исходная схема для расчёта токов КЗ

Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ в работе представлена на рисунке 4.

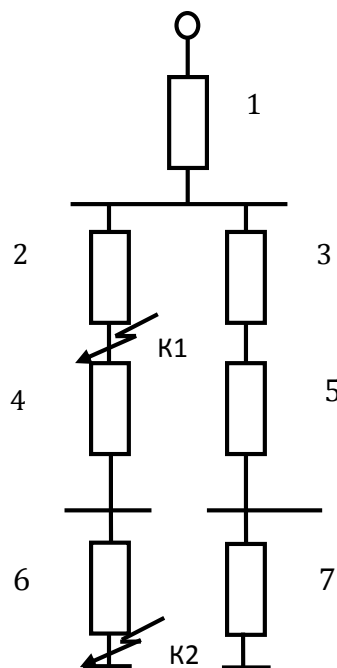


Рисунок 4 – Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ

В качестве базисной ступени выбирается ступень высшего напряжения – 220 кВ.

Результаты расчётов токов КЗ, полученные на неосновной ступени (10 кВ) приводятся к основной ступени напряжения путём умножения результата на коэффициент трансформации силового трансформатора подстанции.

Выбираются и рассчитываются базисные условия:

$$S_{\sigma} = S_c = 400 \text{ (МВА)}.$$

$$U_{\sigma.1} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 220 = 230 \text{ кВ}.$$

$$U_{\sigma.2} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ}.$$

Базисный ток

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3}U_{\sigma}}. \quad (16)$$

$$I_{\sigma} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 230} \approx 1(\text{кА}).$$

$$I_{\sigma} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 22(\text{кА}).$$

Сопротивление энергосистемы

$$X_1 = X_c \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{\sigma c}}. \quad (17)$$

$$X_1 = 1,6 \cdot \frac{400}{400} = 1,6(\text{Ом}).$$

Сопротивление питающей воздушной линии 220 кВ

$$X_{wl} = X_2 = X_3 = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{cp.cm}^2}, \quad (18)$$

где X_0 - удельное сопротивление ВЛ, Ом/км, $X_0 = 0,4$ Ом/км;

L - суммарная длина ВЛ, км, $L = 0,5$ км;

U_{cp} – среднее номинальное напряжение линии, $U_{cp} = 230$ кВ.

$$X_{wl;} = 0,4 \cdot 0,5 \cdot \frac{400}{230^2} = 0,006(\text{Ом}).$$

Сопротивление обмотки ВН (напряжение 220 кВ) силового трансформатора подстанции

$$X_{\sigma} = \frac{0,125 \cdot U_{квн\%} S_{\sigma}}{100 \cdot S_{н.м.}}. \quad (19)$$

$$X_4 = X_5 = \frac{0,125 \cdot 10,5 \cdot 400}{100 \cdot 25} = 0,21(\text{Ом}).$$

где 0,125 – коэффициент сопротивления КЗ по ВН.

Сопротивление обмотки НН (напряжение 10 кВ) силового трансформатора подстанции

$$X_{н1} = X_{н2} = \frac{1,75 \cdot U_{квн\%} S_{б.}}{100 \cdot S_{н.т.}}. \quad (20)$$

$$X_6 = X_7 = \frac{1,75 \cdot 10,5 \cdot 400}{100 \cdot 25} = 2,94(\text{Ом}).$$

где 1,75 – коэффициент сопротивления КЗ по НН.

Полученные расчётные параметры схемы замещения наносятся на рисунок 4.

Далее проводится преобразование исходной схемы замещения с целью расчёта токов КЗ в точках К1 и К2.

Схема замещения, преобразованная для расчётной точки К1, представлена на рисунке 5.

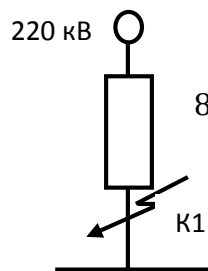


Рисунок 5 – Схема замещения, преобразованная для точки К1

Результирующее сопротивление до расчётной точки К1:

$$X_8 = X_1 + X_2. \quad (21)$$

$$X_8 = 1,6 + 0,006 = 1,606 \approx 1,61(\text{Ом}).$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока трёхфазного короткого замыкания (максимальное значение тока трёхфазного КЗ) в расчётной точке К1

$$I_{\text{пол}} = \frac{E}{X_8} \cdot I_{\sigma} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\text{ср.см}}}, \quad (22)$$

где E_c – сверхпереходная ЭДС энергосистемы, $E_c = 1$.

$$I_{\text{пол}} = \frac{1}{1,61} \cdot 1 \cdot \frac{400}{230} = 1,24(\text{кА}).$$

Схема замещения для расчета тока трёхфазного короткого замыкания в расчётной точке К2 представлена на рисунке 6.

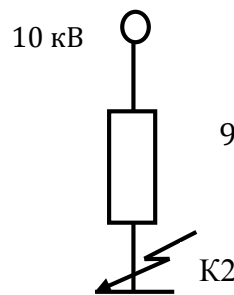


Рисунок 6 – Схема замещения для расчетов в точке К2

Расчёт для точки К2 аналогичен расчёту для точки К1 (с учётом большего числа сопротивлений, входящих в цепь КЗ).

$$X_9 = X_8 + X_4 + X_6. \quad (23)$$

$$X_9 = 1,61 + 0,21 + 2,94 = 4,76(\text{Ом}).$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока трёхфазного короткого замыкания (максимальное значение) в точке К2 с учётом того, что данная точка К3 находится не на основной (базовой) ступени напряжения, следовательно, результат расчёта необходимо умножить на коэффициент трансформации

$$I_{\text{по2}} = \frac{E}{X_9} \cdot I_{\sigma} \cdot K_m, \quad (24)$$

где K_m – значение коэффициента трансформации силового трансформатора подстанции, о.е.

$$I_{\text{по2}} = \frac{1}{4,76} \cdot 22 = 4,62(\text{кА}).$$

Значение ударного тока в расчётной точке К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \kappa_{\text{уд}} \cdot I_{\text{по1}}. \quad (25)$$

По условию (25) для К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 1,24 = 2,98(\text{кА}).$$

Значение ударного тока в расчётной точке К2:

$$i_{уд2} = \sqrt{2}k_{уд} \cdot I_{по2}. \quad (26)$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 4,62 = 9,15 (\text{кА}).$$

Значение двухфазного тока короткого замыкания:

$$I_{no(\min)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{no}. \quad (27)$$

Значение двухфазного тока короткого замыкания в расчётной точке К1 проектируемой понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта:

$$I_{no(\min)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,24 = 1,07 (\text{кА}).$$

Значение двухфазного тока короткого замыкания в расчётной точке К2 проектируемой понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта

$$I_{no(\min)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4,62 = 4,0 (\text{кА}).$$

Все полученные в работе результаты расчёта токов короткого замыкания (трёхфазного, двухфазного), а также ударных токов, выполненных в системе электроснабжения проектируемой понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов токов короткого замыкания на проектируемой понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта

Параметр	Точка К1	Точка К2
I_{no} , кА	1,24	4,62
$I_{no (min)}$, кА	1,07	4,00
$i_{y\partial}$, кА	2,98	9,15

Вывод по разделу: на основании полученных результатов расчета токов короткого замыкания, а также величины ударных токов трёхфазного КЗ в системе электроснабжения проектируемой понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта, производится выбор и проверка электрических аппаратов на термическую и электродинамическую стойкость.

2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов и оборудования на подстанции 220/10 кВ г. Инта

Для защиты и коммутации присоединений напряжением 220 кВ и 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта применяются высоковольтные выключатели, установленные в РУ-220 кВ и РУ-10 кВ на ПС-220/10 кВ г. Инта.

Для обеспечения безопасности проводимых работ с целью создания видимого разрыва в ОРУ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта применяются разъединители, а в РУ-10 кВ – втычные контакты ячеек типа КРУН (комплектные распределительные устройства наружной установки).

Для обеспечения питания вторичных цепей в схеме 220 кВ и 10 кВ используются трансформаторы тока и напряжения.

Для защиты от атмосферных перенапряжений вследствие удара молнии, а также от внутренних перенапряжений, в схеме ПС-220/10 кВ г. Инта применяются ограничители перенапряжения.

Выбор аппаратов высокого напряжения в общем виде производится по напряжению и рабочему максимальному току [6-8]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (28)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (29)$$

Выбранные аппараты высокого напряжения подлежат следующим проверкам по условиям [14]:

$$I_{nt} \leq I_{откл}. \quad (30)$$

$$(\sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк.н} (1 + \beta_n), \quad (31)$$

$$t = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (32)$$

$$i_y \leq i_{нр.с}, \quad (33)$$

$$B_k \leq I_T^2 t_T; \quad (34)$$

$$B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a), \quad (35)$$

где I_{nt} – периодическая составляющая тока КЗ в момент начала расхождения контактов, кА;

$I_{откл}$ – номинальный ток отключения выбранного выключателя, кА;

$I_{ат}$ – апериодическая составляющая тока КЗ в момент расхождения контактов, кА;

β_n – значение апериодической составляющей в отключаемом токе КЗ, о.е.;

t – минимальное время от момента начала КЗ до момента непосредственного расхождения контактов, с;

$i_{нр.с}$ – предельный сквозной ток короткого замыкания;

B_k – значение теплового импульса;

I_T – значение предельного тока термической устойчивости;

t_T – время протекания тока термической устойчивости, с.

Выбор электрических аппаратов высокого напряжения в проектируемой схеме 220/10 кВ г. Инта рассмотрен на примере вводного выключателя в ОРУ-220 кВ.

Предварительно выбирается выключатель для установки в ОРУ 220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта элегазовый выключатель ЛТВ-245Е1/В-31,5/2000 [8]

По номинальному напряжению:

$$U_{ном} = 245 \geq U_{сети} = 220 (\text{кВ}).$$

По номинальному току:

$$I_{ном} = 2000 > I_{расч} = 91,8 (\text{А}).$$

По току отключения:

$$I_{откл} = 20 > I_{к1} = 1,24 (\text{кА}).$$

По величине ударного тока короткого замыкания в сети:

$$i_{пр.скв} = 52 > i_{ук1} = 2,98 (\text{кА}).$$

Проверка на термическую стойкость:

$$I_k^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{кА}^2 \text{с} > I_k^2 (t_{откл} + T_a) = 1,24^2 \cdot (5 + 0,02) = 7,71 (\text{кА}^2 \text{с}).$$

На способность отключать асимметричный ток КЗ:

$$\sqrt{2} \cdot I_k (1 + \beta_{ном} / 100) = \sqrt{2} \cdot 20 (1 + 0,25) = 35 > \sqrt{2} \cdot 2,98 \cdot (1 + e^{\frac{-(0,05+0,1)}{0,007}}) = 14,8 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}).$$

Окончательно выбирается для установки на вводе ОРУ-220 кВ элегазовый выключатель высокого напряжения марки ЛТВ-245Е1/В-31,5/2000.

Распределительное устройство 10 кВ проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта (РУ-10 кВ), от которого получают питание потребители напряжением 10 кВ,

представляет собой комплектное распределительное устройство внутренней установки.

В виду этого, в РУ-10 кВ не устанавливаются разъединители, которые заменяются втычными контактами, что является существенным преимуществом данного типа ячеек.

ОРУ-220 кВ и КРУН-10 кВ проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта комплектуются соответствующими типами инновационных электрических аппаратов, выбор которых проводится аналогично выбору выключателя 220 кВ, приведённому ранее по условиям (30) – (35).

Результаты выбора электрических аппаратов в проектируемой схеме ПС-220/10 кВ г. Инта приведены в таблице 5 (220 кВ) и таблице 6 (10 кВ).

Таблица 5 – Результаты выбора электрических аппаратов напряжением 220 кВ в проектируемой схеме ПС-220/10 кВ г. Инта

№ п/п	Наименование электрического аппарата	Марка (типономинал) электрического аппарата
1	Выключатель высокого напряжения	ЛТВ-245Е1/В-31,5/2000
2	Разъединитель	РГ-220/1000У1
3	Трансформатор тока	ТВТ-220
4	Трансформатор напряжения	НДКМ-220
5	Ограничители перенапряжений	ОПН-У/TEL-220/84-УХЛ1

Таблица 6 – Результаты выбора электрических аппаратов напряжением 10 кВ в проектируемой схеме ПС-220/10 кВ г. Инта

№ п/п	Наименование электрического аппарата	Марка (типономинал) электрического аппарата
1	Выключатель высокого напряжения	ВВ/TEL-10-20/3600-У2-48 (ввод и секционный ВВН) ВВ/TEL-10-20/630-У2-48 (ВВН к отходящим потребителям)
2	Предохранитель плавкий	ПК-10-16 (для защиты ТН)
3	Трансформатор тока	ТЛО-10
4	Трансформатор напряжения	НАМИ-10
5	Ограничители перенапряжений	ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1

Вывод по разделу: выбранные типы и марки электрических аппаратов номинальным напряжением 220 кВ и 10 кВ удовлетворяют требования проверки и показаны в графической части работы.

2.7 Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на ПС-220/10 кВ г. Инта

Алгоритм формирования мероприятий повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем на объектах энергетики имеет этапы социально-экономического развития с характерным формированием частной собственности, внедряя при этом правила четкого разделения видов деятельности и операции, на уровне высшего руководства [7,с.16-19]. Организации, внедрившие данные мероприятия, прорабатывают оптимизацию энергетических установок, в том числе производя модернизацию и

реконструкцию, что позволяет снизить энергетические затраты на 30% и более [7, с. 16-19].

Проблематика и её пути решения организации мероприятий повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем в сетях потребителей электроэнергии регулируется на общедоказательном и государственном уровнях.

Данный аспект отражен в законодательных актах, нормативных и нормативно-правовых документах [3-5].

Однако любую программу мероприятий повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем невозможно реализовать без энергосберегающих мероприятий, которые детально рассматриваются и анализируются в работе далее.

Известно, что основные направления для мероприятий по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем носят организационный либо технический характер (аспект) [10, с. 28-31].

Организационные мероприятия мероприятий по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем заключаются в непосредственном теоретическом процессе организации управлением развитием электроэнергетических и электротехнических систем и включают в себя [10, с. 28-31]:

- разработку, согласование и утверждение плана программы по непосредственному управлению развитием электроэнергетических и электротехнических систем;

- проведение энергоаудита;

- постановка задач и целей персоналу;

- обучение и развитие навыков персонала;

- проведение энергоменеджмента;

- привлечение инвестиций как внешних, так и внутренних;

- премирование и штрафы за несоблюдение установленных норм потребления энергоресурсов;
- контроль над использованием энергоресурсов всех типов и видов;
- внедрения новых программ для анализа и контроля потребления энергоресурсов и их оптимизации с использованием ЭВМ и т.д.

Технические мероприятия по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем носят практический характер.

Для объектов энергетики и для проектируемой в работе ПС-220/10 кВ г. Инта, наиболее распространёнными и эффективными мероприятиями этой группы являются мероприятия по модернизации и реконструкции электрических сетей и оборудования, а также по оптимизации режимов работы электроустановок, что в подавляющем большинстве случаев приводит к ощутимым технико – экономическим результатам.

Кроме того, особое внимание уделяется автоматизации электрических сетей и оборудования систем электроснабжения, а также вопросам компенсации реактивной мощности [10, с. 28-31].

В [10, с. 28-31] наиболее эффективными и значимыми техническими мероприятиями по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем считаются:

- реконструкция схем с заменой (модернизацией) устаревших проводников электрических сетей и оборудования на современные марки с улучшенными техническими показателями;
- установка и ввод в эксплуатацию современных силовых трансформаторов и силового электрооборудования, имеющих улучшенные технические характеристики;
- качественная компенсация реактивной мощности с применением автоматических регуляторов для данного процесса;

- замена проводников на перегруженных линиях электропередачи;
- замена систематически перегруженных силовых трансформаторов;
- повышение загрузки до оптимального уровня силового оборудования трансформаторных подстанций, мощных электродвигателей и др.;
- автоматизация сети с непосредственной установкой автоматических регуляторов и систем автоматики (АПВ, АВР, АЧР и др.);
- уменьшение технических потерь до нормируемого уровня и полное искоренение коммерческих потерь.

Указанные мероприятия также целесообразны к применению в разрабатываемой системе электроснабжения ПС-220/10 кВ г.Инта.

Из группы технических мероприятий также выделяют режимные мероприятия, например, обеспечение оптимального режима компенсаторов реактивной мощности, своевременное переключение ответвлений обмоток трансформаторов с РПН, отключение силовых трансформаторов в сетях низкого напряжения на период малых нагрузок, перевод нагрузки на другие линии в «часы пик», разгрузка узлов электрических сетей, станций и подстанций и т.п. [19, с. 49-54].

Отдельно следует рассмотреть технические мероприятия по минимизации потерь электроэнергии как одно из наиболее действенных способов повышения энергоэффективности.

Минимизация потерь электроэнергии является одним из наиболее важных задач энергосбережения отечественной электроэнергетики.

Современные промышленные предприятия всё чаще обращают внимание на данную проблему по причине возможности уменьшить свои экономические расходы и значительно улучшить технико – экономические показатели своих систем электроснабжения.

В последние годы доля потерь электроэнергии в сетях промышленных предприятий значительно возросла, что связано, в первую очередь, с

использованием устаревшего оборудования, не соответствующего современным нормам качества, применением в сетях резкопеременной и нестационарной нагрузки, отсутствие компенсации реактивной мощности.

Кроме того, с другой стороны к увеличению потерь электроэнергии приводят также ошибки на стадии проектирования, катастрофически низкая загрузка оборудования, а также недостаточная оптимизация технологического процесса.

Поэтому решение поставленной в работе задачи в условиях современной электроэнергетики носит актуальный характер и требует дальнейших исследований.

Как известно, отчётные потери электроэнергии представляются в форме следующих составляющих, а именно [5, с. 6-9]:

- технические потери – это потери, возникающие вследствие физических процессов в электрооборудовании и сетях. На объектах электроэнергетики значительную долю технических потерь составляют нагрузочные потери (до 80%);

- коммерческие потери – обусловлены различного рода хищениями электроэнергии и несвоевременной её оплатой;

- инструментальные потери – возникают вследствие погрешностей измерительных приборов учёта и контроля электроэнергии, а также их несоответствия требуемым параметрам и характеристикам;

- потери на собственные нужды – учитывают потери и расход электроэнергии в электроустановках на собственные нужды при передаче и распределении электроэнергии потребителям (подстанции, распределительные пункты и др.).

Совместное применение организационных и технических мероприятий для решения задач управления развитием электроэнергетических и электротехнических систем в конечном итоге приводит к осязаемому технико –

экономическому эффекту на всех звеньях систем электроснабжения как предприятий, так и энергосистемы в целом [12, с. 82-87].

Прежде, чем внедрять те или иные мероприятия по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем, необходимо тщательно и скрупулёзно изучить их сущность, определить причины их образования, проанализировать и структурировать полученные данные.

И только после этого анализа можно четко определить и сформулировать самые необходимые и потенциально эффективные мероприятия по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем для конкретного предприятия.

При этом необходимо принять во внимание, что, как правило, многие из наиболее эффективных мероприятий требуют существенных капиталовложений, поэтому необходимо провести технико – экономическое обоснование внедрения данных мероприятий в систему электроснабжения конкретного предприятия и сделать соответствующие выводы.

В конечном итоге необходимо обосновать экономическую эффективность предложенных мероприятий, рассчитав срок их конечной окупаемости по известным методикам.

Кроме того, внедрение многих мероприятий по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем предоставляет возможность разрешить ряд других важных технических задач.

Например, с помощью соответствующего программного обеспечения, контролирующего потребление электроэнергии в узлах, появляется возможность фиксировать возникновение токов коротких замыканий с последующей их локализацией, которые являются серьезной проблемой, особенно для распределительных сетей потребителей.

Кроме того, таким же способом можно анализировать ветви и узлы схемы и выявлять в сети несанкционированный доступ (кражи электроэнергии различного типа).

Помимо этого, внедрение мероприятий по повышению энергоэффективности электроэнергетических и электротехнических систем также приводит к решению вопросов экономического и технического характера, например, снижение расхода на монтаж, эксплуатацию и ремонт, искоренение краж и недоучёта электроэнергии (экономические потери электроэнергии), повышение надёжности систем электроснабжения и их отдельных элементов вследствие использования инновационных разработок, а также проведения модернизации и реконструкции сетей, систем и их элементов в системах электроснабжения различного типа.

Вывод по разделу: в виду известного и ощутимого эффекта от внедрения перечисленных мероприятий по повышению энергоэффективности, их предложено принять к сведению к непосредственному использованию в системе электроснабжения проектируемой ПС-220/10 кВ г. Инта.

3. Охрана труда и окружающей среды

3.1 Техника безопасности при выполнении работ на подстанции 220/10 кВ г. Инта

Известно, что понизительные подстанции высокого напряжения являются источниками повышенной опасности как для обслуживающего персонала, так и для флоры и фауны. В виду этого, при выполнении работ на понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта необходимо строго соблюдать мероприятия по технике безопасности и охране труда в целом.

При обслуживании и ремонте электротехническим персоналом электроустановок понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта главную опасность представляют:

- поражение электрическим током при неисправной электроаппаратуре, электросети, либо при повреждении заземлений корпусов аппаратуры, панелей и каркасов;

- отсутствие защитных устройств на частях электроустановок, находящихся под напряжением, и предупредительных плакатов.

Как правило, поражение электрическим током возникает в таких случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям под напряжением (токоведущие силовые цепи электроустановок, собственные нужды, оперативные цепи релейной защиты и автоматики);

- при приближении на недопустимое расстояние к токоведущим частям электроустановок понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта;

- при прикосновении к заземленным нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (напряжение прикосновения);

- при нахождении человека вблизи заземления (менее 8 м), с которого проходит ток в землю (напряжение шага или иного возможного замыкания на землю) в понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта.

Кроме того, существует вероятность прочих производственных видов опасности:

- опасность возможных ожогов электрической дугой, которая возникла в результате неправильных оперативных действий с разъединителями, заземляющими ножами;

- возможность ушибов и переломов конечностей вследствие падений при движении по неровной или скользкой, или неосвещённой поверхности;

- опасность повреждения организма вследствие попадания конечностей под трущиеся и вращающиеся объекты электрооборудования.

Возникновения пожара на объектах возможно при следующих обстоятельствах:

- при коротких замыканиях;
- при прямых попаданиях молнии;
- при перегреве и внутренних коротких замыканиях масляных трансформаторов на подстанции;
- при разрушении и перегрева изоляции с последующим возгорания;
- при перегреве токоведущих частей от перегрузки при неправильном их выборе.

Охрана труда и техника безопасности при выполнении работ в электроустановках понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта лежат в основе производственной деятельности любой организации.

Контроль за соблюдением норм по охране труда и технике безопасности возложен на соответствующие контролирующие органы и организации, имеющие право, как поощрять добросовестных исполнителей, так и наказывать злостных нарушителей трудовой дисциплины.

На предприятиях и установках энергетики страны контроль за соблюдением норм и положений охраны труда и техники безопасности возложен на руководителей предприятий (организаций, филиалов и т.д.).

Они несут полную ответственность за соблюдение техники безопасности своими подчинёнными, выполнение норм и требований основных нормативных документов по охране труда и технике безопасности, соблюдением должностных обязанностей всеми структурными группами и элементами данной организации (предприятия).

Соблюдение трудовой дисциплины является основой по технике безопасности при выполнении любых работ в электроустановках.

Согласно действующему законодательству, администрация обязана проводить инструктаж всех работников по безопасным приемам выполнения работ.

Согласно положениям [18], для рабочих проводятся по технике безопасности вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте.

Для обеспечения выполнения мероприятий по технике безопасности на предприятии существуют определенные требования к персоналу.

Существует 5 групп по электробезопасности. Проводится периодическая проверка знаний персонала, оформляется по установленным нормам допуск к работе, то есть выписывают наряды. Периодически проверяют выполнение правил по технике безопасности.

Рабочий персонал должен соблюдать правила техники безопасности, так как нарушение правил эксплуатации и ремонта может привести не только к поломке технологического оборудования, но и к несчастным случаям.

При ремонте электрооборудования понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта необходимо убедиться в надежном отключении установки от источника питания.

Для этого необходимо выключить коммутационный аппарат и отключить установку от сети.

Для персонала, работающих в опасных условиях, выдаются средства индивидуальной защиты.

Электротехническому персоналу, работающему в электроустановках понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта, выдаются перчатки, коврики, очки и другие защитные средства.

Особо следует уделить внимание электроинструменту. Проведение работы по ремонту электрооборудования необходимо проводить с помощью неповрежденного инструмента, который проверен на рабочем месте перед тем

как его использовать, а также срок проверки инструмента в лаборатории нормоконтроля не просрочены.

Электротехнический персонал понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта на рабочем месте должен выполнять только ту работу, которая ему поручена (по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации) и входит в круг его обязанностей с выполнением требований [1-4,18] и инструкций по охране труда.

В случае поручения работы, которая не входит в круг его профессиональных обязанностей, работник должен получить по этой работе соответствующий инструктаж по записи в журнале целевого инструктажа.

Известно, что работы в электроустановках могут выполняться по наряду-допуску или по распоряжению, при полностью снятом напряжении, частично снятом либо без снятия напряжения с токоведущих частей.

В подавляющем большинстве случаев при выполнении работ в электроустановках понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта всё напряжение с токоведущих частей должно быть снято, рабочее место ограждено, а каждый член бригады должен знать и чётко выполнять свои обязанности при соответствующем виде работ.

Нормами [18] установлены следующие члены бригады при выполнении работ в электроустановках (состав бригады):

– руководитель работ – как правило, назначается из лиц инженерно-технического персонала. В обязанности руководителя работ входит непосредственная и качественная организация проведения соответствующих работ, инструктаж бригады на рабочем месте, контроль за выполнением работ, распределение обязанностей членов бригады. Руководитель работ должен иметь группу допуска не ниже третьей при выполнении работ в электроустановках напряжением до 1 кВ и не ниже четвёртой при выполнении работ в электроустановках напряжением выше 1 кВ;

– допускающий – член бригады, который проводит непосредственный допуск бригады к выполнению работ. Как правило, назначается из лиц с группой допуска не ниже третьей при выполнении работ в электроустановках напряжением до 1 кВ и не ниже четвертой при выполнении работ в электроустановках напряжением выше 1 кВ. В особых случаях (при выполнении работ с повышенной опасностью), допускающий должен иметь группу допуска не ниже пятой;

– наблюдающий – член бригады, который непосредственно следит за соблюдением мер техники безопасности бригады во время выполнения работ. Наблюдающему, в отличие от остальных членов бригады, категорически запрещено совмещать другие должности. Как правило, назначается из лиц с группой допуска не ниже третьей при выполнении работ в электроустановках напряжением до 1 кВ и не ниже четвертой при выполнении работ в электроустановках напряжением выше 1 кВ. В особых случаях (при выполнении работ с повышенной опасностью), наблюдающий должен иметь группу допуска не ниже пятой;

– исполнитель работ – член бригады, который непосредственно выполняет работу в электроустановках. Как правило, это – рабочий персонал (электромонтёр, электрослесарь, электромонтажник и т.д.). Исполнитель работ может иметь любую группу допуска, однако при наличии второй группы его работу должен контролировать более опытный исполнитель работ либо наблюдающий. Также при наличии второй группы исполнитель работ не имеет права работать в электроустановках под наведенным напряжением или с его частичным снятием, а также в особо опасных установках и условиях. При наличии третьей группы допуска исполнитель работ может выполнять работы с полным снятием напряжением в электроустановках как до 1 кВ, так и выше 1 кВ.

Для защиты от электрического тока при прикосновении к токоведущих цепей оперативного тока, применяются изолированные провода.

Аппаратура релейной защиты на постоянном оперативном токе расположена в специальных шкафах. При замыкании или повреждении оперативных цепей осуществляется их контроль и защиту.

Для защиты от опасности при переходе напряжения с высокой стороны на низкую вторичные цепи измерительных трансформаторов заземлены.

Контроль и защиту при КЗ на землю и повреждении изоляции выполняет система релейной защиты, автоматики и сигнализации.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен хорошо знать правила противопожарной безопасности и пожаротушения электрооборудования цеха или других подразделений завода.

При появлении дыма, огня, в электрооборудовании и электропроводке необходимо немедленно отключить аварийный сектор, предупредить пожарную команду при распространении пожара на оборудование или невозможно погасить очаг пожара собственными средствами.

Для предотвращения пожара или обнаружения неисправности, возможных от КЗ, перегрузок, повреждения или перегрева изоляции применяют максимальная токовая защита (МТЗ), защита от перегрузок, защита от замыканий на землю и контроль изоляции.

В сети 220 кВ на питающей ВЛ-220 кВ и ОРУ-220 кВ электрической сети понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта, есть фактор повышенной напряжённости поля, который негативно влияет на организм людей.

Поэтому работы в указанных электроустановках все работы по монтажу, обслуживанию и ремонту оборудования и сетей следует производить в специальных экранирующих костюмах, а также необходимо свести к минимуму время пребывания людей на указанных объектах.

Снятие базового заземления проводится заранее определенной выдающим наряд бригадой с заземлением проводов всех фаз на контур заземления опоры или групповой заземлитель.

Эти операции необходимо выполнять, как правило, с заземлением линий в настоящее время.

Работы следует выполнять под контролем дежурного диспетчера с записью в оперативном журнале и оформлением в наряде.

Допускается также выполнять установку и снятие базового заземления без заземления линии.

Однако в этом случае разрешение на установку базового заземления, подготовку рабочего места и допуск бригады к работе выдается одновременно.

Вывод по разделу: понизительные подстанции являются источниками повышенной опасности поэтому необходимо строго соблюдать требование по охране труда [2,3,11].

3.2 Охрана окружающей среды на подстанции 220/10 кВ г. Инта

При проектировании ВЛ-220 кВ, питающих ОРУ-220 кВ понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта, должны выполняться требования нормативных документов, регламентирующих уровень допусков.

С целью предупреждения ухудшения экологической обстановки и возникновения опасности для здоровья и жизни людей от указанных объектов, представляющих повышенную экологическую опасность, осуществляется комплекс взаимосвязанных мероприятий.

Надежным средством обеспечения экологической безопасности в электроэнергетике должен стать механизм ее правового обеспечения, который с учетом подходов, выработанных в [21-25], включающий следующие составляющие:

- законодательное обеспечение экологической безопасности в электроэнергетике;
- организационно-структурное обеспечение экологической безопасности в электроэнергетике;

- функционально-правовое обеспечение экологической безопасности в электроэнергетике;
- экономический механизм обеспечения такой безопасности;
- юридическая ответственность как средство обеспечения экологической безопасности в электроэнергетике.

Установлены требования к нормативам предельно допустимых выбросов, закреплено дополнительные обязанности предприятий, в том числе [20]: регулирование уровней воздействия физических факторов на состояние атмосферного воздуха (ст. 12), а также меры по предотвращению и снижению производственных шумов (ст. 21).

Охрана окружающей среды при строительстве объектов энергетики осуществляется путем выполнения природоохранных мероприятий.

В зависимости от вида электроустановок, принято выделять и виды техногенных воздействий, в которых присутствует экологический риск.

Так, негативным влиянием энергетики на элементы окружающей среды, а также уровень жизни и здоровья людей, являются [2,3,11]:

- выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов;
- ухудшение видимости атмосферы;
- запыленность атмосферного воздуха;
- выпадение осадков и кислотных дождей;
- разрушение озонового слоя;
- влияние шума объектов энергетики на окружающую среду;
- загрязнения подземных и поверхностных вод.

Негативное влияние линий электропередач высокого напряжения (в частности, ВЛ-220 кВ понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта) сказывается во вредном влиянии на людей электромагнитных полей линий электропередач высокого напряжения [2,3,11].

Но при условии наступления серьезных повреждений (сильное землетрясение, авария, террористический акт, военные действия) энергетические объекты наносят значительный ущерб как окружающей среде, так и здоровью людей.

Итак, экологический риск от негативного влияния понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта и линий электропередач 220 кВ на элементы окружающей среды, жизни и здоровья людей, оказывается за загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами и физическими факторами, загрязнение водных и земельных объектов химическими веществами; загрязнения земельных участков отходами.

Вывод по разделу: указанные мероприятия по охране окружающей среды должны быть приняты к сведению и внедрены в систему электроснабжения понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта.

Заключение

В результате выполнения осуществлена разработка проекта электрической части подстанции 220/10 кВ г. Инта при соблюдении требований надёжности и экономичности принятых основных решений.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие основные поставленные задачи:

- проведён анализ исходных данных, в результате чего рассмотрены теоретические основы проектирования понизительных трансформаторных подстанций, характеристика климатических условий района проектирования, а также характеристика потребителей понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта;

- осуществлена разработка проекта электрической части подстанции 220/10 кВ г. Инта, первоначально включающая выбор схемы электрических соединений подстанции 220/10 кВ г. Инта. Далее, на основании результатов расчёта электрических нагрузок и токов короткого замыкания, осуществлён выбор и проверка силовых трансформаторов, проводников, электрических аппаратов и оборудования на понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта. Отдельно также разработан комплекс мероприятий по повышению энергоэффективности в системе электроснабжения понизительной подстанции 220/10 кВ г. Инта;

- проведена систематизация и разработка мероприятий по безопасности жизнедеятельности, а также по охране окружающей среды при выполнении работ на подстанции 220/10 кВ г. Инта.

В результате выполнения работы были получены следующие основные результаты:

- так как по месту в схеме рассматриваемая проектируемая ПС-220/10 кВ г. Инта является проходной, следовательно, в схеме ОРУ-220 кВ применяется

схема «мостика» с двумя переключателями (автоматической и неавтоматической). В неавтоматической переключателе установлены два разъединителя, в автоматической переключателе, помимо них, также есть высоковольтный выключатель. Такая схема хорошо себя зарекомендовала как надёжная и экономичная, обеспечивающая резервирование потребителей и элементов на стороне 220 кВ на самой подстанции. Также через такую схему «мостика» очень удобно осуществлять транзит мощностей от питающих ПС энергосистемы. В схеме ОРУ-220 кВ применяется отдельный режим работы;

– в распределительном устройстве напряжением 10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта применена «радиальная схема для питания потребителей с использованием одиночной системы сборных шин, секционированной выключателем» [4]. Такая схема применяется для питания потребителей 1 и 2 категории надёжности при наличии в схеме с применением двухобмоточных трансформаторов с нерасщеплёнными обмотками низшего напряжения. В схеме электроснабжения РУ-10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта предусмотрена отдельная работа секций сборных шин напряжением 10 кВ. Секционный выключатель в нормальном режиме работы отключён, включаясь под действием устройства автоматического включения резерва (АВР) в том случае, если на одной из секций сборных шин 10 кВ исчезло напряжение;

– установлено, что выбранные для установки на понизительной ПС-220/10 кВ г. Инта силовые трансформаторы ТД-25000/220-УХЛ удовлетворяют условиям проверок как в нормальном, так и в послеаварийном режимах работы, следовательно, обеспечат питание потребителей установленной 1 и 2 категории надёжности без сбоев и аварий за счёт применения резервирования, а также необходимой мощности;

– на основе расчёта электрических нагрузок и токов КЗ, в ОРУ-220 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта выбраны и проверены электрические аппараты: выключатель высокого напряжения ЛТВ-245Е1/В-31,5/2000, разъединитель марки РГ-

220/1000У1, трансформатор тока ТВТ-220, трансформатор напряжения НДКМ-220, ограничители перенапряжений ОПН-У/TEL-220/84-УХЛ1

– на основе расчёта электрических нагрузок и токов КЗ, в РУ-10 кВ ПС-220/10 кВ г. Инта выбраны и проверены электрические аппараты: выключатель высокого напряжения ВВ/TEL-10-20/3600-У2-48, предохранитель плавкий ПК-10-16 (для защиты ТТ), трансформатор тока ТЛЮ-10, трансформатор напряжения НАМИ-10, ограничители перенапряжений ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1

– исходя из полученных результатов расчёта, в работе для питающей воздушной линии ВЛ-220 кВ понизительной подстанции ПС-220/10 кВ г. Инта окончательно принимается сталеалюминиевый провод стандартной марки АС-АС-240/32 с предельным допустимым током $I_{дон} = 605$ А, а для питания отходящих линий (потребителей) на напряжении 10 кВ выбраны сечения проводников ВЛ-10 кВ с использованием сталеалюминиевых проводов марки АС различных сечений.

В результате выполнения работы разработан проект электрической части подстанции 220/10 кВ г. Инта, в котором соблюдены основные требования нормативных документов по надёжности и экономичности принятых основных решений.

Список используемых источников

1. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник. М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. 416 с.
2. Баранов Л.А., Захаров В.А. Светотехника и электротехнология Учебник. М.: Колос, 2018. 343 с.
3. Вахнина, В. В. Электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы: электронное учебно-методическое пособие / В. В. Вахнина, О. В. Самолина, А. Н. Черненко. - Тольятти [Электронный ресурс] : URL: <https://dSPACE.tltsu.ru/xmlui/handle/123456789/18603/> (дата обращения: 07.09.2021).
4. Газалов В.С. Светотехника и электротехнология: Учебное пособие. зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2016. 268 с.
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
6. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. - 343 с. Текст: непосредственный.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение М.: Academia, 2018. 352 с.
8. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: Колос, 2016 г. – 184 с.
9. Михайлов Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2015. – 224 с.
10. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. – 5-е издание, перераб. и доп. – М.:

Энергоатомиздат, 2014. – 608 с.

11. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - 4-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.

12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2016. 392 с.: ил.

13. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп.–М.: Главгосэнергонадзор России, 2018. 692 с.

14. Рогалев Н.Д. Экономика энергетики: учебное пособие для ВУЗов / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова. М.: «МЭИ», 2018. – 288 с.

15. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова . - М.: ИЦ Академия, 2016. - 448 с.

16. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 464 с.

17. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. – 328 с.

18. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2018. – 312 с.

19. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др.- М.: Энергоатомиздат, 2016. – 576 с.

20. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - М.: Лань, 2015. – 480 с.