

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

Факультет энергетический
Кафедра энергетики
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) программы «Электроснабжение»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

_____ 2017г.
« ____ » _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Реконструкция системы электроснабжения собственных нужд
первой очереди Благовещенской ТЭЦ турбоагрегаторов № 2, 3

Исполнитель

студент группы 342зсб2

подпись, дата

И.В. Волков

Руководитель

ст. преподаватель

подпись, дата

Л.А. Мясоедова

Нормоконтроль

доцент, канд. техн. наук

подпись, дата

А.Н. Козлов

Благовещенск 2017

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

Факультет энергетический
Кафедра энергетики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой

_____ 2017г.
« _____ » _____

З А Д А Н И Е

К выпускной квалификационной работе студента: Волкова Игоря Владимировича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Реконструкция системы электроснабжения собственных нужд первой очереди Благовещенской ТЭЦ турбоагрегаторов № 2, 3

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта): _____

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: _____

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

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

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

7. Дата выдачи задания _____

Руководитель выпускной квалификационной работы Мясоедова Лариса
Анатольевна

(фамилия, имя, отчество, должность, ученная степень, ученное звание)

Задание принял к исполнению (дата): _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 64 стр., 12 рисунков, 29 таблиц, 3 формулы, 15 источников.

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ГЕНЕРАТОР, СЕКЦИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД, НАДЕЖНОСТЬ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ОГРАНИЧИТЕЛЬ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЗАЩИТА, ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ, ИЗОЛЯТОР, ЗАЗЕМЛЯЮЩИЙ НОЖ

В данной выпускной квалификационной работе разработан вариант реконструкции системы электроснабжения собственных нужд первой очереди «Благовещенской ТЭЦ».

Выполнен расчет электрических нагрузок на шинах низкого напряжения 0,4 кВ и высокого напряжения 6 кВ собственных нужд электростанции.

Произведен расчет токов короткого замыкания во всех характерных точках с учетом реконструкции. Произведен выбор основного электрического оборудования как на секциях собственных нужд так и питающего трансформатора.

Выбрана защита силовых трансформаторов секций. Определены меры безопасности при реконструкции в области охраны окружающей среды, а так же рассмотрены различные чрезвычайные ситуации при эксплуатации маслонаполненного токоведущего и коммутационного оборудования.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Климатическая характеристика района расположения бтэц..... | 7 |
| 2 Краткая характеристика благовещенской тэц..... | 9 |
| 3 Описание существующей схемы электроснабжения собственных нужд первой очереди бтэц..... | 12 |
| 4 Характеристика электроприемников 6 и 0,4 кв..... | 15 |
| 5 Расчет низковольтной нагрузки на шинах нн сн..... | 21 |
| 6 Реконструкция системы электроснабжения сн 6 кв..... | 26 |
| 6.1 Выбор мощности трансформаторов сн 6/0,4 кв. | 26 |
| 6.2 Определение расчетных нагрузок на стороне высокого напряжения трансформаторов сн 6/0,4 кв..... | 30 |
| 7 Расчет высоковольтной нагрузки на шинах 6 кв сн бтэц..... | 32 |
| 8 Выбор сечений кабельных линий 6 кв..... | 36 |
| 9 Проверка сечений кабельных линий 6 кв..... | 37 |
| 10 Выбор трансформаторов сн 10,5/6 кв сн бтэц..... | 42 |
| 11 Определение уровней токов кз в сн бтэц..... | 45 |
| 12 Выбор оборудования..... | 50 |
| 12.1 Выбор и проверка выключателей 6 кв..... | 50 |
| 12.2 Выбор нелинейного ограничителя перенапряжений 6 кв. | 52 |
| 12.3 Выбор трансформаторов тока для секций сн 6 кв..... | 53 |
| 12.4 Выбор трансформаторов напряжения для секций сн 6 кв..... | 54 |
| 12.5 Выбор жестких шин кру 6 кв 2р, 3р..... | 55 |
| 13 Защита трансформаторов тсн-1, 2, 3..... | 56 |
| 14 Чрезвычайные ситуации..... | 57 |
| 15 Расчет параметров надежности электроснабжения..... | 60 |
| Заключение..... | 63 |
| Библиографический список..... | 64 |

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа рассматривает вариант реконструкции системы электроснабжения собственных нужд первой очереди «Благовещенской ТЭЦ» в связи с требованиями повышения надежности и качества электроснабжения потребителей.

В работе планируется рассмотреть вариант установки современного и надежного оборудования для питания собственных нужд электростанции напряжением 6 и 0,4 кВ. Рассматривается вопрос замены устаревших трансформаторов ТСН 110/6, 10/6 кВ, а так же трансформаторов 6/0,4 кВ.

Так же будет рассмотрен вопрос замены устаревшие кабельных линий на кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Актуальность данной работы заключается в том, что в настоящее время состояние электротехнического оборудования собственных нужд 6, 0,4 кВ первой очереди «Благовещенской ТЭЦ» находится в неудовлетворительном состоянии, и требуется скорейшая его замена. Периодический выход из строя кабельных линий, силовых трансформаторов, коммутационных аппаратов, приводит к снижению качества отпускаемой электроэнергии а в некоторых случаях провоцирует выход из строя основного теплофикационного и электротехнического оборудования.

Оборудование собственных нужд нуждается в скорейшей замене, на более современное и надежное. Замена оборудования позволит значительно снизить величину затрат на ремонт и эксплуатацию, повысить надежность электроснабжения потребителей СН.

Целью данного проекта является определение наиболее выгодного как с экономической точки зрения, так и с точки зрения надежности варианта реконструкции системы электроснабжения собственных нужд 6, 0,4 кВ первой очереди «Благовещенской ТЭЦ».

Для достижения поставленной цели в данной работе предусматривается решение следующих задач: определение нагрузок на шинах низкого и высокого напряжения СН; выбор относительно расчетных нагрузок цеховых трансформаторов, расчет токов короткого замыкания в различных характерных точках схемы электроснабжения; выбор основного электротехнического оборудования в частности коммутационного, измерительного а так же выбор типов и сечений кабельных линий электропередач, расчет параметров надежности системы с учетом реконструкции.

Для достижения поставленной цели в данной работе применялись следующие программные продукты: математический программный комплекс Mathcad 15, графический редактор Visio 2012, текстовый и табличный редактор Microsoft Word, Excel.

1 КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ БТЭЦ

Благовещенск лежит на одной параллели с Киевом и российским Черноземьем, несмотря на это зимы здесь более продолжительные и значительно более холодные. Погода в Благовещенске, ввиду небольшой теплоёмкости воздуха, в температурном режиме очень зависит от продолжительности солнечного сияния и поступающего солнечного тепла. Поэтому декабрь холоднее февраля, а июнь лишь чуть холоднее, чем август. В Благовещенске континентальный вариант умеренного муссонного климата. Континентальность климата проявляется в большой годовой - 43°C и суточной $10 - 15^{\circ}\text{C}$ амплитуде температуры.

Муссонность климата выражается в направлении сезонных ветров, активной циклонической деятельности и большом количестве осадков в теплое время года. Лето жаркое со значительным количеством солнечного сияния. Зима холодная, сухая, с маломощным снежным покровом. Температурный рекорд был зафиксирован 25 июня 2010 года, когда температура воздуха в городе поднялась до отметки $+39,4^{\circ}\text{C}$.

Основные климатические характеристик района указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Вероятностные характеристики мощностей

| Название ПС | P_{\max} , МВт | Q_{\max} , Мвар | $P_{\text{ср}}$, МВт | $Q_{\text{ср}}$, Мвар | P_{\min} , МВт | Q_{\min} , Мвар |
|----------------|---------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Широкая 220 | 98,7 | 65,9 | 89,7 | 59,9 | 83,9 | 56,0 |
| Перевал | 0,7 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,3 |
| Береговая2 220 | 51,3 | 37,0 | 46,6 | 33,6 | 43,6 | 31,5 |
| К 220 | 76,5 | 18,1 | 69,5 | 16,5 | 65,0 | 15,4 |
| Зелен.угол 220 | 51,6 | 3,9 | 46,9 | 3,5 | 43,9 | 3,3 |

| | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| Волна 220 | 121,8 | 109,2 | 110,7 | 99,3 | 103,5 | 92,8 |
| Арсеньев2 220 | 101,3 | 6,6 | 92,1 | 6,0 | 86,1 | 5,6 |
| Дальневосточ. 220 | 13,2 | 1,0 | 12,0 | 0,9 | 11,2 | 0,9 |
| Аэропорт 220 | 1,7 | 0,6 | 1,5 | 0,5 | 1,4 | 0,5 |
| НПС38 | 5,6 | 1,2 | 5,1 | 1,1 | 4,8 | 1,0 |
| Лесозаводск | 39,6 | 15,7 | 36,0 | 14,3 | 33,7 | 13,3 |

Указанные данные используем в дальнейших расчетах при выборе оборудования.

2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ

«Благовещенская ТЭЦ» – теплоэлектростанция, расположенная в городе Благовещенске. Является одним из подразделением филиала «Амурская генерация» ОАО «Дальневосточная генерирующая компания». Станция на 85% снабжает тепловой энергией промышленные предприятия и жителей города, а также вырабатывает седьмую часть всей электроэнергии, потребляемой в Амурской области.

В настоящее время установленные электрическая мощность первой очереди теплоцентрали равна 280 МВт, тепловая – 817 Гкал/час. Сегодня на «Благовещенской ТЭЦ» в качестве первой очереди работают 3 турбоагрегата: ПТ-60-130/13-1,2 и 2хТ-110/120-130-4, при этом так же введены в эксплуатацию объекты второй очереди

Официально ТЭЦ Благовещенска была принята в эксплуатацию в 1976-ом году, после того как были пущены 2 водогрейных котла. Однако полностью строительство первой очереди теплоцентрали было завершено лишь в декабре 1985го года вводом в эксплуатацию котлоагрегата № 3. После этого установленная мощность станции достигла проектной мощности и составила 280 МВт электрической и 689 Гкал/час тепловой мощности. Строительство второй очереди Благовещенской ТЭЦ было начато в 1988-ом году. Котел № 4 был принят в промышленную эксплуатацию в декабре 1994го года, а в 1999ом начала работать градирня № 3. Затем строительно-монтажные работы были приостановлены, однако, в связи со строительством в Благовещенске Северного микрорайона, в 2009ом году было принято решение о возобновлении сооружения второй очереди ТЭЦ.

Активная фаза строительства 2-й очереди Благовещенской ТЭЦ началась в конце 2013 года с выбора генерального подрядчика, им стало ОАО "Силловые машины". За проектирование отвечает ЗАО "КОТЭКС". Этот энергетический проект реализуется в рамках единой инвестиционной программы ОАО «РусГидро» по развитию энергетики «Дальневосточного

региона». Оперативное управление осуществляет ОАО РАО «Энергетические системы Востока», заказчиком строительства выступает ЗАО «Благовещенская ТЭЦ» (на сто процентов принадлежащее ОАО «РусГидро»).

К началу 2014 года были закончены все экспертизы и проверки проектной - сметной документации и получены разрешения на строительство 2-й очереди Благовещенской ТЭЦ. После этого ОАО «Силовые машины» приступили к работам по подготовке площадки под турбинную установку и котлоагрегаты, монтажу конструкций главного корпуса. По договору компания выполнит весь комплекс работ "строительство, монтаж и пуско-наладочные работы, изготовит основное энергетическое оборудование и выберет поставщиков котельного и вспомогательного оборудования.

В настоящее время на БТЭЦ установлены и введены в эксплуатацию: паровая турбина 120 МВт мощности, произведенная ОАО «Силовые машины», пылеугольный паровой котел производства завода «Красный котельщик», высоковольтный, силовой и блочный трансформаторы совместного производства ОАО «Силовые машины» и корпорации «Toshiba». Планируется установка комплексной автоматизированной системы контроля и управления оборудованием и технологическими процессами. Система будет использоваться при всех режимах работы ТЭЦ. Это существенно снизит риски при эксплуатации, улучшит технические и экологические параметры, принесет значительный экономический эффект.

С окончанием строительства 2-й очереди станции в городе Благовещенске будут удовлетворены текущие запросы промышленных и коммунальных потребителей в горячей воде и паре, создан резерв электрических и тепловых мощностей. Также будет закрыта часть небольших малоэффективных котельных, тем самым улучшив экологическую составляющую промышленного города.

Проектная электрическая мощность 2-й очереди Благовещенской ТЭЦ составляет – 130 МВт, тепловая – 817 Гкал/час. При этом суммарная

электрическая мощность станции составляет 410 МВт, тепловая 1005 Гкал/ч, годовая выработка электроэнергии составит 464 млн. кВт/ч. В виде топлива будет использоваться уголь, добываемый в Амурской области с разреза «Ерковецкий».

3 ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ БТЭЦ

На рисунке 1 представлена принципиальная схема энергоблоков первой очереди Благовещенской ТЭЦ с отбором мощности на собственные нужды №1, 2, 3.

По схеме отбора мощности блоки практически ничем не отличаются, различие заключается лишь в том что номинальное напряжение первого генератора равно 6,3 кВ (что равняется номинальному напряжению секций собственных нужд) и мощность от него передаётся к секциям СН через токоограничивающий ректор, на остальных генераторах №2, №3 номинальное напряжение составляет 10,5 кВ и связь с СН в данном случае осуществляется через понижающие трансформаторы 2ВТ, 3ВТ 10/6 кВ.

Рассмотрим подробно схему отбора мощности на примере второго блока. Как указано на схеме в блоке с генератором работает силовой двух обмоточный трансформатор типа ТДЦ 125000/110/10 номинальной мощностью 125 МВА, при этом стоит отметить что для вывода трансформатора в ремонт необходимо отключать от сети генератор. Перед двух обмоточным трансформатором производится отбор мощности на собственные нужды через силовой трансформатор типа ТРДНС 25000 /10/6 номинальной мощностью 25 МВА имеющий расщепленную обмотку низкого напряжения, от которой в свою очередь питаются две секции собственных нужд, в данном случае 2Р и 3Р (6кВ).

Каждая секция 6 кВ имеет резервное питание через токопроводы 6 кВ которые в свою очередь подключены к трансформатору РТСН типа ТРДН 25000/110, этот трансформатор имеет расщепленную обмотку низкого напряжения и в нормальном режиме работы находится на холостом ходу.

С каждой секции 6 кВ получают питание соответствующие трансформаторы собственных нужд 6/0,4 кВ которые предназначены для

питания секций собственных нужд 0,4 кВ.

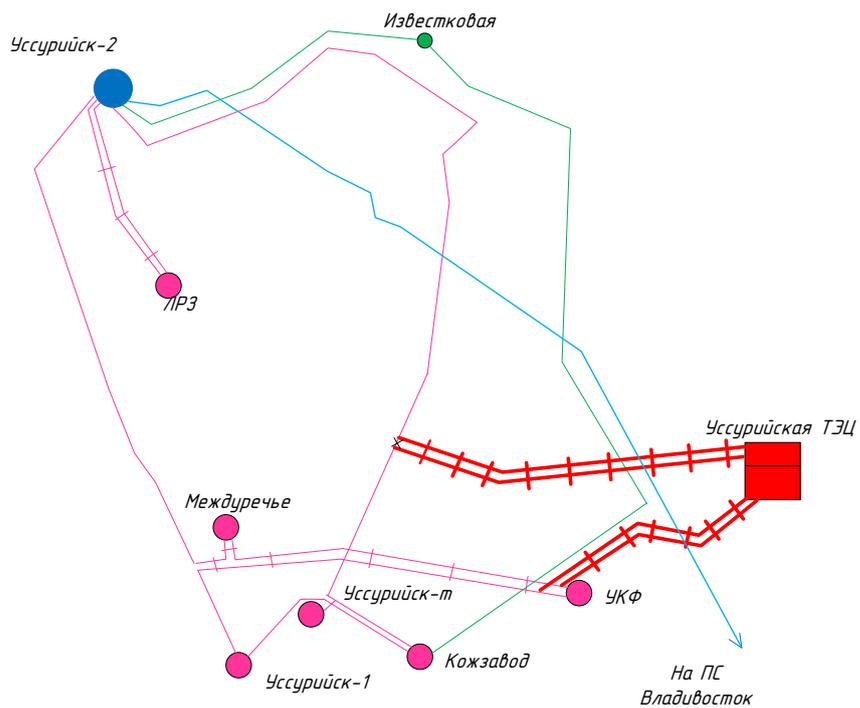


Рисунок 1 - Принципиальная схема первого энергоблока Благовещенской ТЭЦ с отбором мощности на собственные нужды

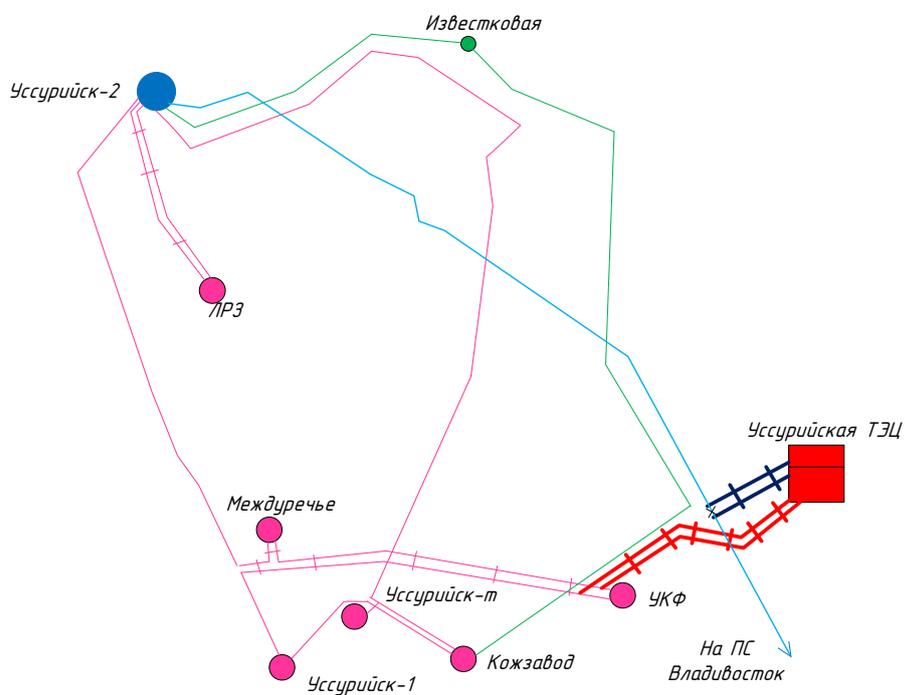


Рисунок 2 - Принципиальная схема второго энергоблока Благовещенской ТЭЦ с отбором мощности на собственные нужды

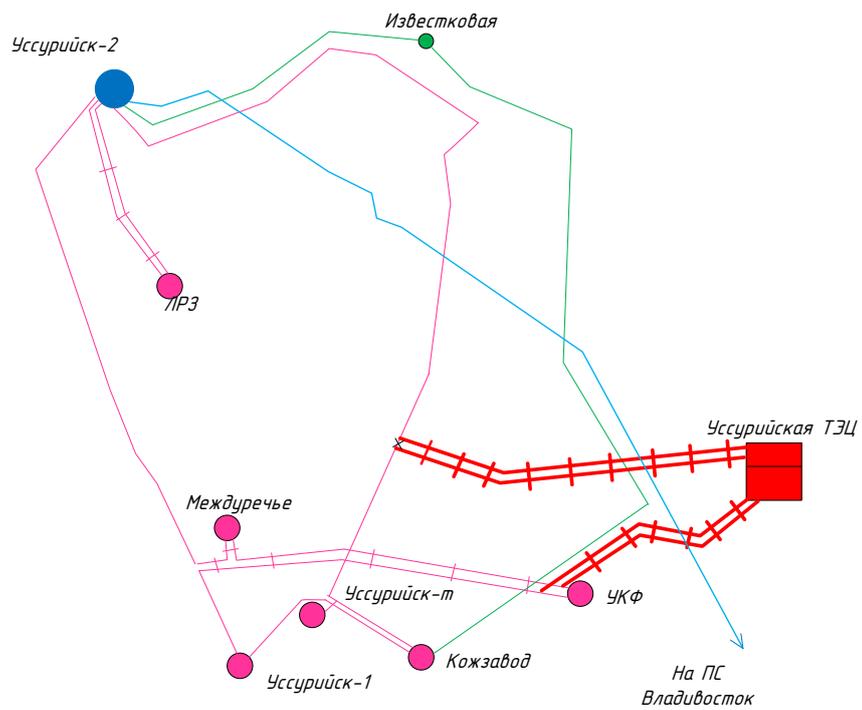


Рисунок 3 - Принципиальная схема третьего энергоблока Благовещенской ТЭЦ с отбором мощности на собственные нужды

4 ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ 6 и 0,4 кВ

Все потребители электроэнергии собственных нужд БТЭЦ условно делятся на следующие группы:

В зависимости от эксплуатационно - технических характеристик все они делятся:

- 1) по режиму работы;
- 2) по номинальной мощности и напряжению;
- 3) по типу тока;
- 4) по классификации надежности электроснабжения.

По режиму работы различают электроприемники:

- 1) с продолжительно неизменной или мало меняющейся нагрузкой.

Характеризуются тем, что длительно работают без превышения температуры над длительно допустимой. К ним относятся электродвигатели дутьевых вентиляторов, дымососов, молотковых мельниц, вентиляторов горячего дутья.

- 2) с кратковременной нагрузкой;

При работе электроприемников их температура не превышает длительно допустимой температуры, а за время остановки оборудования его токоведущие части остывают до температуры окружающей среды. К таким потребителям относятся электродвигатели вагоноопрокидывателей (ВО), дробильно - фрезерных машин (ДФМ).

- 3) с повторно - кратковременной нагрузкой.

Длительность цикла включения и отключения не превышает 10 минут. При работе таких электроприемников их температура находится в пределах ниже длительно допустимой, а за время остановки токоведущие части не остывают до температуры окружающей среды к таким приемникам можно отнести вибраторы бункеров сырого угля (БСУ).

Нагревательные аппараты, работающие в продолжительном режиме с практически постоянной нагрузкой, электроотопление помещений, тепловые пушки.

Освещение. Такие потребители характеризуются резким изменением нагрузки.

По мощности и напряжению электроприемники разделяются на:

1) Потребители большой мощности (80 – 100 кВт и больше) напряжением 6 – 10 кВ. Например питательные насосы (ПЭН), сетевые насосы (СН), багерные насосы (БН)

2) Потребители малой и средней мощности (менее 80 кВт) напряжением 380 – 660 В: насосы газового охлаждения (НГО), насосы охлаждения подшипников (НОП), различные насосы химической водоочистки.

По типу тока электроприемники разделяются на:

1) Потребители переменного тока промышленной частоты: это основная доля нагрузки в собственных нуждах БТЭЦ

2) Потребители переменного тока повышенной или пониженной частоты: в частности питатели сырого угля (ПСУ) по технологии производства имеют частотно регулируемый привод и могут менять скорость вращения в зависимости от прилагаемой нагрузки.

3) Потребители постоянного тока: аварийные маслососы (АМН), аварийные маслососы уплотнения вала генератора (АМНУГ) имеющего систему водородного охлаждения.

Надежность электроснабжения потребителей устанавливается в зависимости от последствий, которые имеют место при внезапном перерыве в электроснабжении. Различают электроприемники:

Первая категория - перерыв в электроснабжении таких потребителей связан с возникновением опасности для жизни людей, значительным ущербом для производства, повреждением оборудования, и т. д. К таким потребителям относятся все аварийные маслососы, в частности для

уплотнения вала генератора. Электроснабжение данных потребителей осуществляется от двух независимых источников питания.

Вторая категория - перерыв в электроснабжении таких потребителей связан с массовым недоотпуском электрической и тепловой энергии, простоем механизмов, промышленного транспорта. К таким потребителям относятся группы потребителей с общей нагрузкой от 300 до 1000 кВА (сетевые насосы, багерные насосы, насосы подпорные сетевые). Питание этих потребителей осуществляется от двух независимых источников питания.

Допускается перерыв в электроснабжении на время переключений по вводу резервного питания оперативным персоналом БТЭЦ. Длительность ремонта таких потребителей не должна превышать одни сутки. Остальная часть нагрузки собственных нужд БТЭЦ в основном относится ко второй категории по электроснабжению.

Третья категория это все остальные не указанные в первых двух категориях потребители электроэнергии.

Основная информация по потребителям секций 6 кВ и 0,4 кВ находящихся в главном корпусе БТЭЦ представлена в таблице 3, 4.

Таблица 2 – Основные данные по потребителям СН 6 кВ сек 1РО, 1Р, 2Р, 3Р

| Название ПС | P_{\max} , МВт | Q_{\max} , Мвар | $P_{\text{ср}}$, МВт | $Q_{\text{ср}}$, Мвар | P_{\min} , МВт | Q_{\min} , Мвар |
|----------------|---------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Широкая 220 | 108,4 | 72,4 | 98,6 | 65,8 | 92,2 | 61,5 |
| Перевал | 0,8 | 0,3 | 0,7 | 0,3 | 0,7 | 0,3 |
| Береговая2 220 | 56,4 | 40,7 | 51,2 | 37,0 | 47,9 | 34,6 |
| К 220 | 84,0 | 19,9 | 76,4 | 18,1 | 71,4 | 16,9 |
| Зелен.угол 220 | 56,7 | 4,3 | 51,5 | 3,9 | 48,2 | 3,6 |
| Волна 220 | 133,8 | 120,0 | 121,7 | 109,1 | 113,7 | 102,0 |
| Арсеньев2 220 | 111,3 | 7,3 | 101,2 | 6,6 | 94,6 | 6,2 |

| Название ПС | Pmax, МВт | Qmax, Мвар | Pcp, МВт | Qcp, Мвар | Pmin, МВт | Qmin, Мвар |
|-------------------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| Дальневосточ. 220 | 14,5 | 1,1 | 13,2 | 1,0 | 12,3 | 0,9 |
| Аэропорт 220 | 1,9 | 0,7 | 1,7 | 0,6 | 1,6 | 0,6 |
| НПС38 | 6,2 | 1,3 | 5,6 | 1,2 | 5,2 | 1,1 |
| Лесозаводск | 43,5 | 17,2 | 39,6 | 15,7 | 37,0 | 14,7 |
| Губерово/Т | 11,0 | 4,6 | 10,0 | 4,2 | 9,3 | 3,9 |
| Иман 220 | 47,2 | 7,0 | 42,9 | 6,4 | 40,2 | 6,0 |
| Кировка | 14,2 | 4,3 | 12,9 | 3,9 | 12,0 | 3,6 |
| Свиягино/Т | 16,5 | 6,6 | 15,0 | 6,0 | 14,0 | 5,6 |
| Спасск 220 | 25,8 | 32,7 | 23,5 | 29,8 | 21,9 | 27,8 |
| Спасс 110 | 78,8 | 13,0 | 71,6 | 11,8 | 67,0 | 11,0 |
| Уссурийск2 110 | 45,5 | 13,0 | 41,4 | 11,8 | 38,7 | 11,0 |
| Междуречье | 8,0 | 1,6 | 7,3 | 1,5 | 6,8 | 1,4 |
| УКФ | 8,2 | 3,1 | 7,5 | 2,8 | 7,0 | 2,6 |
| Уссурийск1 | 34,1 | 13,4 | 31,0 | 12,2 | 29,0 | 11,4 |
| Тереховка | 1,3 | 0,2 | 1,2 | 0,2 | 1,1 | 0,2 |
| Раздольное | 25,8 | 7,3 | 23,5 | 6,6 | 21,9 | 6,2 |
| Западная | 52,3 | 2,6 | 47,5 | 2,4 | 44,5 | 2,2 |
| Кожзавод | 26,3 | 16,5 | 23,9 | 15,0 | 22,3 | 14,0 |
| Надеждинская/Т | 12,0 | 11,6 | 10,9 | 10,6 | 10,2 | 9,9 |
| Дмитриевка | 5,7 | 1,9 | 5,2 | 1,7 | 4,9 | 1,6 |
| Ярославка | 32,0 | 4,5 | 29,1 | 4,1 | 27,2 | 3,8 |
| Павловка1 | 12,3 | 7,1 | 11,2 | 6,5 | 10,5 | 6,1 |
| Павловка2 | 18,8 | 6,8 | 17,1 | 6,2 | 16,0 | 5,8 |
| Полевая | 30,7 | 34,5 | 27,9 | 31,4 | 26,1 | 29,3 |
| Промышленная | 20,0 | 7,3 | 18,2 | 6,6 | 17,0 | 6,2 |

Таблица 3 – Основные данные по потребителям СН 6 кВ сек 4Р, 5Р, 6Р, 7Р

| Название ПС | P _{max} , МВт | Q _{max} , Мвар | P _{ср} , МВт | Q _{ср} , Мвар | P _{min} , МВт | Q _{min} , Мвар |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Широкая 220 | 108,4 | 72,4 | 98,6 | 65,8 | 92,2 | 61,5 |
| Перевал | 0,8 | 0,3 | 0,7 | 0,3 | 0,7 | 0,3 |
| Береговая2 220 | 56,4 | 40,7 | 51,2 | 37,0 | 47,9 | 34,6 |
| К 220 | 84,0 | 19,9 | 76,4 | 18,1 | 71,4 | 16,9 |
| Зелен.угол 220 | 56,7 | 4,3 | 51,5 | 3,9 | 48,2 | 3,6 |
| Студгородок | 7,6 | 1,9 | 6,9 | 1,7 | 6,4 | 1,6 |
| Гранит | 15,1 | 5,5 | 13,7 | 5,0 | 12,8 | 4,7 |
| 3 | 5,1 | 1,1 | 4,6 | 1,0 | 4,3 | 0,9 |
| Волна 220 | 133,8 | 120,0 | 121,7 | 109,1 | 113,7 | 102,0 |
| Арсеньев2 220 | 111,3 | 7,3 | 101,2 | 6,6 | 94,6 | 6,2 |
| Дальневосточ. 220 | 14,5 | 1,1 | 13,2 | 1,0 | 12,3 | 0,9 |
| Аэропорт 220 | 1,9 | 0,7 | 1,7 | 0,6 | 1,6 | 0,6 |
| НПС38 | 6,2 | 1,3 | 5,6 | 1,2 | 5,2 | 1,1 |
| Лесозаводск | 43,5 | 17,2 | 39,6 | 15,7 | 37,0 | 14,7 |
| Губерово/Т | 11,0 | 4,6 | 10,0 | 4,2 | 9,3 | 3,9 |
| Иман 220 | 47,2 | 7,0 | 42,9 | 6,4 | 40,2 | 6,0 |
| Кировка | 14,2 | 4,3 | 12,9 | 3,9 | 12,0 | 3,6 |
| Свиягино/Т | 16,5 | 6,6 | 15,0 | 6,0 | 14,0 | 5,6 |
| Спасск 220 | 25,8 | 32,7 | 23,5 | 29,8 | 21,9 | 27,8 |
| Спасс 110 | 78,8 | 13,0 | 71,6 | 11,8 | 67,0 | 11,0 |
| Уссурийск2 110 | 45,5 | 13,0 | 41,4 | 11,8 | 38,7 | 11,0 |
| Междуречье | 8,0 | 1,6 | 7,3 | 1,5 | 6,8 | 1,4 |
| УКФ | 8,2 | 3,1 | 7,5 | 2,8 | 7,0 | 2,6 |
| Уссурийск1 | 34,1 | 13,4 | 31,0 | 12,2 | 29,0 | 11,4 |
| Тереховка | 1,3 | 0,2 | 1,2 | 0,2 | 1,1 | 0,2 |

| Название ПС | P_{\max} , МВт | Q_{\max} , Мвар | $P_{\text{ср}}$, МВт | $Q_{\text{ср}}$, Мвар | P_{\min} , МВт | Q_{\min} , Мвар |
|----------------|---------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Раздольное | 25,8 | 7,3 | 23,5 | 6,6 | 21,9 | 6,2 |
| Западная | 52,3 | 2,6 | 47,5 | 2,4 | 44,5 | 2,2 |
| Кожзавод | 26,3 | 16,5 | 23,9 | 15,0 | 22,3 | 14,0 |
| Надеждинская/Т | 12,0 | 11,6 | 10,9 | 10,6 | 10,2 | 9,9 |
| Дмитриевка | 5,7 | 1,9 | 5,2 | 1,7 | 4,9 | 1,6 |
| Ярославка | 32,0 | 4,5 | 29,1 | 4,1 | 27,2 | 3,8 |
| Павловка1 | 12,3 | 7,1 | 11,2 | 6,5 | 10,5 | 6,1 |
| Павловка2 | 18,8 | 6,8 | 17,1 | 6,2 | 16,0 | 5,8 |
| Полевая | 30,7 | 34,5 | 27,9 | 31,4 | 26,1 | 29,3 |
| Промышленная | 20,0 | 7,3 | 18,2 | 6,6 | 17,0 | 6,2 |

Указанные данные применяем для дальнейших расчетов при определении мощности нагрузки на шинах низкого и высокого напряжения секций СН.

5 РАСЧЕТ НИЗКОВОЛЬТНОЙ НАГРУЗКИ НА ШИНАХ НН СН

В данном разделе приводится пример расчета низковольтной нагрузки на примере секции 11Н (питание осуществляется от трансформатора ТРУ-2).

Расчет выполняется на основании метода коэффициента использования механизма, при расчете данные о механизмах сводятся в таблицу в которой указывается общее количество электродвигателей одного назначения с указанием коэффициента использования их количества и коэффициента мощности, далее по приведенным ниже формулам проводится определение расчетной мощности нагрузки на шинах секции.

Данные по потребителям электрической энергии подключенным к шинам низкого напряжения СН секции 11Н БТЭЦ представлены в таблице 2

Предварительно определяем групповой коэффициент использования групп электроприемников по следующей формуле :

$$Z_n = L \cdot (r + j \cdot x_0), \quad (1)$$

где L – длина линии, км;

r_0 – активное сопротивление линии, Ом/км;

x_0 – реактивное сопротивление линии, Ом/км.

$$B_n = b_0 \cdot L \quad (2)$$

где b_0 – емкостная проводимость.

Таблица 4 – Данные по электрической нагрузке 0,4 кВ секции 11Н

| Название | R, Ом | X, Ом | B, мкСм |
|--------------------------------|-------|-------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Прим.ГРЭС 500 - Чугуевка 2 500 | 9,93 | 90,49 | -1158,8 |
| Чугуевка 2 500 - Лозовая 500 | 6,44 | 58,74 | -752,3 |
| Лозовая 220 - Козьмино 220 | 2,88 | 12,59 | -77,5 |

| Название | R, Ом | X, Ом | B, мкСм |
|------------------------------------|-------|--------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Козьмино 220 - Широкая 220 | 1 | 13,12 | -80,7 |
| Широкая 220 - Перевал | 3,94 | 17,26 | -106,2 |
| Перевал - Береговая2 220 | 3,42 | 15 | -92,1 |
| Чугуевка 2 220 - К 220 | 11,93 | 52,22 | -321,3 |
| Чугуевка 2 220 - Партизан.ГРЭС | 16,27 | 71,2 | -438,2 |
| Береговая2 220 - Артем.ТЭЦ 220 | 4,44 | 19,43 | -119,6 |
| Артем.ТЭЦ 220 - Влад.ТЭЦ2 220 | 4,58 | 20,04 | -123,3 |
| Влад.ТЭЦ2 220 - Зелен.угол 220 | 0,14 | 1,07 | |
| Зелен.угол 220 - Волна 220 | 1,54 | 19,43 | -119,6 |
| Чугуевка 2 220- Арсеньев2 220 | 7,17 | 25,78 | -154,1 |
| Прим.ГРЭС 500- Дальневосточ. 500 | 10,01 | 106,34 | -1243 |
| Дальневосточ. 500- Владивосток 500 | 3,24 | 29,6 | -378,7 |
| Владивосток 500- Лозовая 500 | 3,98 | 36,25 | -464,2 |
| Владивосток 220- Волна 220 | 4,96 | 21,7 | -133,6 |
| Владивосток 220- Зелен.угол 220 | 4,88 | 27,33 | -175,7 |
| Владивосток 220 - Аэропорт 220 | 1,56 | 8,73 | -56,1 |
| Аэропорт 220 - Артем.ТЭЦ 220 | 1,42 | 7,98 | -51,3 |
| Прим.ГРЭС 220- НПС38 | 10,86 | 47,53 | -292,5 |
| НПС38 - Лесозаводск | 6,13 | 26,84 | -165,2 |
| Прим.ГРЭС 220 - Губерово/Т | 4,57 | 20 | -123 |
| Прим.ГРЭС 220- Иман 220 | 7,78 | 34,1 | -209,7 |
| Губерово/Т - Иман 220 | 4,73 | 20,7 | -127,4 |
| Иман 220 - Лесозаводск | 6,81 | 29,82 | -183,5 |
| Иман 220 - Лесозаводск | 6,85 | 29,98 | -184,5 |
| Лесозаводск - Кировка | 5,46 | 23,89 | -147 |
| Свиягино/Т - Спасск 220 | 3,76 | 16,44 | -101,2 |

| Название | R, Ом | X, Ом | B, мкСм |
|-----------------------------------|-------|-------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Кировка - Свягино/Т | 4,28 | 18,75 | -115,4 |
| Дальневосточ. 220- Уссурийск2 220 | 6,66 | 29,17 | -179,5 |
| Дальневосточ. 220- Уссурийск2 220 | 4,77 | 20,86 | -128,4 |
| Уссурийск2 110 - Междуречье | 1,31 | 4,43 | -30,7 |
| Междуречье - УКФ | 0,67 | 2,26 | -15,7 |
| УКФ- Уссурийск1 | 0,91 | 3,09 | -21,4 |
| Уссурийск1 - Артем.ТЭЦ 110 | 10,07 | 25,01 | -159,5 |
| Уссурийск1 - Тереховка | 5,48 | 9,4 | -58,5 |
| Тереховка - Раздольное | 4,88 | 8,4 | -52 |
| Раздольное- Западная | 7,22 | 12,44 | -77 |
| Западная- Артем.ТЭЦ 110 | 3,8 | 6,2 | -35,7 |
| Уссурийск2 110 - Кожзавод | 4,6 | 6,5 | -39,2 |
| Кожзавод- НадеждинскаяТ | 9,1 | 18,7 | -124 |
| НадеждинскаяТ- Западная | 3,25 | 6,66 | -44,3 |
| Спасск 110- Дмитриевка | 4,32 | 9,52 | -62 |
| Дмитриевка- Ярославка | 11 | 20,37 | -128,4 |
| Дмитриевка- Ярославка | 11 | 20,37 | -128,4 |
| Ярославка - Павловка1 | 2,92 | 7,43 | -49,5 |
| Павловка1 - Уссурийск2 110 | 9,9 | 15,88 | -98,1 |
| Ярославка - Павловка2 | 3,8 | 9,7 | -64,6 |
| Павловка2- Уссурийск2 110 | 3,6 | 12,15 | -84,3 |
| Уссурийск2 110 - Полевая | 10 | 14,29 | -85,9 |
| Полевая - Промышленная2с | 7 | 12,14 | -75,6 |
| 3- Студгородок | 0,35 | 0,6 | -3,7 |
| Промышленная2с - 3 | 1,57 | 2,7 | -16,8 |
| Студгородок - Уссурийск1 | 0,52 | 0,9 | -5,6 |

| Название | R, Ом | X, Ом | B, мкСм |
|--|-------|-------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Отпайка (Гранит2с Новоник. Пром.1с)- Уссурийск2 110 | 1,5 | 3,36 | -21,6 |
| Дальневосточ.220- Арсеньев2 220 | 9,12 | 32,8 | -196 |
| Уссурийск2 220 - Владивосток | 5,12 | 22,39 | -85,5 |
| Лесозаводск- К 220 | 28,85 | 103,7 | -619,8 |
| Партизан.ГРЭС 220- Лозовая 220 | 2,16 | 9,44 | -58 |
| Спасск220- Дальневосточ. 220 | 6 | 26,43 | -162,6 |

По кривым зависимости определяем коэффициент расчетной нагрузки в зависимости от группового коэффициента использования и эффективного числа электроприемников. В данном случае принимаем $\alpha = 1$, определяем расчетную активную мощность для группы электроприемников (двигателей).

Аналогично проводится определение расчетных мощностей на остальных секциях собственных нужд 0,4 кВ БТЭЦ, результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5 – результаты расчета низковольтной нагрузки на шинах СН 0,4 кВ

| Место установки | Марка | R, Ом | X, Ом | B, мкСм | K _T |
|--------------------|---------------------------|----------|----------|------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Приморская ГРЭС | 2x3*АОДЦТН-167000/500/220 | 0,98 | 61,1 | 8 | 0,44 |
| | 2xАТДЦТН-240000/220/110 | 0,4 | 25,5 | 26 | 0,5 |
| ПС Чугуевка | 3*АОДЦТН-167000/500/220 | 0,98 | 61,1 | 8 | 0,44 |

| Место установки | Марка | R, Ом | X, Ом | B, мкСм | K _T |
|-----------------------|---------------------------|-------|-------|---------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ПС Лозовая | 3*АОДЦТН-167000/500/220 | 0,98 | 61,1 | 8 | 0,44 |
| ПС Владивосток | 3*АОДЦТН-167000/500/220 | 0,98 | 61,1 | 8 | 0,44 |
| ПС Дальневосточная | 2х3*АОДЦТН-167000/500/220 | 0,98 | 61,1 | 8 | 0,44 |
| ПС Спасск | 2х АТДЦТН-125000/220/110 | 1,03 | 59,2 | 13 | 0,5 |
| Владивостокская ТЭЦ-2 | 2х АТДЦТН-125000/220/110 | 1,03 | 59,2 | 13 | 0,5 |
| Артемовская ТЭЦ | 2х АТДЦТН-180000/220/110 | 0,6 | 30,4 | 21 | 0,5 |

Указанные в таблице 5 расчетные данные используем в дальнейших расчетах для выбора оборудования, в частности трансформаторов 6/0,4 кВ, коммутационных аппаратов и токоведущих частей.

6 РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СН 6 КВ

В данном разделе рассматривается расчет мощности силовых трансформаторов питающих секции СН первой очереди «Благовещенской ТЭЦ» напряжением 0,4 кВ, определение расчетных нагрузок, при этом вариант схемы электроснабжения СН оставляем исходным. В разделе так же производится выбор мощности трансформаторов в соответствии с расчетными нагрузками.

6.1 Выбор мощности трансформаторов СН 6/0,4 кВ.

Выбор мощности трансформаторов осуществляется по расчетной активной и реактивной мощности нагрузки на шинах низкого напряжения.

Учитывая тот факт что трансформатор будет находиться в сухом отапливаемом помещении следовательно принимаем к установке на секции 1НО трансформатор типа ТЛСЗ 1000/6, сухого исполнения с литой изоляцией с защитным кожухом с системой естественной циркуляции воздуха.

Коэффициент загрузки трансформатора практически равен расчетному следовательно мощность выбрана верно, далее проводим расчет для остальных ТП, учитываем количество трансформаторов.

Расчет мощности трансформаторов на остальных секциях приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Расчет электрических нагрузок СН и выбор трансформаторов

| Название | U_ном, кВ | Uрасч, кВ | dU, % |
|----------------|-----------|-----------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Чугуевка 2 500 | 500 | 516,25 | 3,25 |
| Чугуевка 2 220 | 220 | 227,55 | 3,43 |
| Лозовая 500 | 500 | 515,08 | 3,02 |
| Лозовая 220 | 220 | 225,16 | 2,35 |
| Козьмино 220 | 220 | 222,03 | 0,92 |

| Название | U_ном, кВ | Uрасч, кВ | dU, % |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Широкая 220 | 220 | 219,41 | -0,27 |
| Перевал | 220 | 221,29 | 0,59 |
| Береговая2 220 | 220 | 222,64 | 1,20 |
| К 220 (Горелое и т.д.) | 220 | 223,89 | 1,77 |
| Зелен.угол 220 | 220 | 229,62 | 4,37 |
| Волна 220 | 220 | 222,47 | 1,12 |
| Арсеньев2 220 | 220 | 224,93 | 2,24 |
| Дальневосточная 500 | 500 | 521,96 | 4,39 |
| Дальневосточ. 220(НПС40 41) | 220 | 228,6 | 3,91 |
| Владивосток 500 | 500 | 518,98 | 3,80 |
| Владивосток 220 | 220 | 227,34 | 3,34 |
| Аэропорт 220 | 220 | 227,8 | 3,55 |
| НПС38 | 220 | 226,32 | 2,87 |
| Лесозаводск(Ружино) | 220 | 225,04 | 2,29 |
| Губерово/Т | 220 | 226,65 | 3,02 |
| Иман 220 | 220 | 225,88 | 2,67 |
| Кировка | 220 | 223,03 | 1,38 |
| Свиягино/Т | 220 | 222,09 | 0,95 |
| Спасск 220(Новая) | 220 | 221,93 | 0,88 |
| Спасс 110(АСБ СпасскТ) | 110 | 109,72 | -0,25 |
| Уссурийск2 220 | 220 | 222,49 | 1,13 |
| Уссурийск2 110 | 110 | 111,76 | 1,60 |
| Междуречье | 110 | 110,5 | 0,45 |
| УКФ(отпайка на Уссур.ТЭЦ) | 110 | 109,94 | -0,05 |
| Уссурийск1 | 110 | 109,31 | -0,63 |
| Тереховка | 110 | 108,86 | -1,04 |
| Раздольное(1,2 Кипарисово) | 110 | 108,48 | -1,38 |

| Название | U_ном, кВ | Uрасч, кВ | dU, % |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Западная(Шахта7) | 110 | 110,17 | 0,15 |
| Кожзавод(УссурийскТ) | 110 | 109,76 | -0,22 |
| НадеждинскаяТ | 110 | 109,39 | -0,55 |
| Дмитриевка(Черниговка) | 110 | 109,3 | -0,64 |
| Ярославка | 110 | 108,38 | -1,47 |
| Павловка1 | 110 | 108,88 | -1,02 |
| Павловка2(ЖБИ130 Михайловка) | 110 | 109,34 | -0,60 |
| Полевая | 110 | 108,38 | -1,47 |
| Промышленная2с | 110 | 108,9 | -1,00 |
| Отпайка (Гранит2с Новоник. Пром.1с) | 110 | 111,22 | 1,11 |
| Студгородок | 110 | 109,13 | -0,79 |
| 3 (Гранит 1с) | 110 | 109,04 | -0,87 |

Марка и параметры выбранных типов трансформаторов представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Параметры холостого хода и короткого замыкания выбранных трансформаторов с литой изоляцией

| Название | Марка провода | I | Ид.д | Загрузка ЛЭП, % |
|---------------------------------|---------------|-----|------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Прим.ГРЭС 500 - Чугуевка 2 500 | 3хАС-300/66 | 507 | 2040 | 24,9 |
| Чугуевка 2 500 - Лозовая 500 | 3хАС-300/66 | 297 | 2040 | 14,6 |
| Лозовая 220 - Козьмино 220 | АСК-300/39 | 325 | 710 | 45,8 |
| Козьмино 220 - Широкая 220 | АСО-300/39 | 327 | 710 | 46,1 |
| Широкая 220 - Перевал | АСО-300/39 | 100 | 710 | 14,1 |
| Перевал - Береговая2 220 | АС-300/39 | 89 | 710 | 12,5 |
| Чугуевка 2 220 - К 220 (Горелое | АСО-300/39 | 61 | 710 | 8,6 |

| Название | Марка провода | I | Ид.д | Загрузка ЛЭП, % |
|--|------------------|-----|------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| и т.д.) | | | | |
| Чугуевка 2 220 - Партизан.ГРЭС 220 | АС-300/39 | 106 | 710 | 14,9 |
| Береговая2 220 - Артем.ТЭЦ 220 | АСО-300/39 | 174 | 710 | 24,5 |
| Артем.ТЭЦ 220 - Влад.ТЭЦ2 220 | АСО-300/39 | 113 | 710 | 15,9 |
| Влад.ТЭЦ2 220 - Зелен.угол 220 | АСК-300/66 | 113 | 680 | 16,6 |
| Зелен.угол 220 - Волна 220 | АСК-300/66 | 204 | 680 | 30,0 |
| Чугуевка 2 220 - Арсеньев2 220 | АС-240/32 | 230 | 605 | 38,0 |
| Прим.ГРЭС 500 - Дальневосточная 500 | 3хАС-330/43 | 577 | 2070 | 27,9 |
| Дальневосточная 500 - Владивосток 500 | 3хАС-300/66 | 206 | 2040 | 10,1 |
| Владивосток 500 - Лозовая 500 | 3хАС-300/66 | 104 | 2040 | 5,1 |
| Владивосток 220 - Волна 220 | АСО-300/39 | 294 | 710 | 41,4 |
| Владивосток 220 - Зелен.угол 220 | АС-400/64 | 222 | 860 | 25,8 |
| Владивосток 220 - Аэропорт 220 | АС-400/64 | 236 | 860 | 27,4 |
| Аэропорт 220 - Артем.ТЭЦ 220 | АС-400/64 | 230 | 860 | 26,7 |
| Прим.ГРЭС 220 (НПС-36) - НПС38 | АС-300/39 | 219 | 710 | 30,8 |
| НПС38 - Лесозаводск(Ружино) | АС-300/39 | 200 | 710 | 28,2 |
| Прим.ГРЭС 220 (НПС-36) - Губерово/Т | АСО-300/39 | 252 | 710 | 35,5 |
| Прим.ГРЭС 220 (НПС-36) - Иман 220 | АС-300/39 | 285 | 710 | 40,1 |
| Губерово/Т - Иман 220 | АСО-300/39 | 226 | 710 | 31,8 |

6.2 Определение расчетных нагрузок на стороне высокого напряжения трансформаторов СН 6/0,4 кВ

При определении расчетной нагрузки к ней прибавляются потери в трансформаторах.

Результаты расчета потерь мощности в остальных трансформаторах приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчетная электрическая нагрузка на стороне 6 кВ

| Название | Модель | Р ном | U _Г ном | COSΦ ном | Кдемп | Mj |
|------------------------------------|-------------|----------|-----------------------|-------------|-------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| PE 6FA | 3к-Mustang | 77 | 10 | 0,8 | | 4 |
| ТТК-40-2 УЗ | 3к-Mustang | 36 | 10 | 0,8 | | 3 |
| ТВФ-120- 2УЗ(Арт.ТЭЦ 220) | Ур.движения | 100 | 10 | 0,8 | 2 | 3 |
| ТВФ-120- 2УЗ(Арт.ТЭЦ 110) | Ур.движения | 100 | 10 | 0,8 | 2 | 3 |
| ТВФ-120- 2УЗ(Арт.ТЭЦ НН АТ)) | Ур.движения | 100 | 10 | 0,8 | 2 | 3 |
| ТВФ-120- 2УЗ(Влад.ТЭЦ 220) | Ур.движения | 100 | 10 | 0,8 | 2 | 3 |
| ТВФ-120- 2УЗ(Влад.ТЭЦ 110) | Ур.движения | 100 | 10 | 0,8 | 2 | 3 |
| ТГВ-200- 2МУЗ(ПримГРЭС 500) | ШБМ | 215 | 16 | 0,85 | 5 | 3 |
| ТГВ-200- 2МУЗ(ПримГРЭС 220) | Ур.движения | 210 | 16 | 0,85 | 5 | 3 |

| Название | Модель | Р НОМ | U _Г НОМ | COSΦ НОМ | Кдемп | M _j |
|-----------------------------------|-------------|----------|-----------------------|-------------|-------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ТГВ-200- 2МУЗ(ПримГРЭС 220) | Ур.движения | 210 | 16 | 0,85 | 5 | 3 |

Полученные данные используем в дальнейших расчетах при определении расчетной мощности нагрузки на шинах секций 6 кВ СН.

7 РАСЧЕТ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ НАГРУЗКИ НА ШИНАХ 6 кВ СН БТЭЦ

В данном разделе приводится пример расчета высоковольтной нагрузки на примере секции 6 кВ 1Р.

Расчет так же как и в случае низковольтной нагрузки проводится на основании метода коэффициента использования. Данные по потребителям электрической энергии подключенным к шинам 6 кВ СН секции 1Р электростанции представлены в таблице 9.

Предварительно определяем групповой коэффициент использования групп электроприемников для секции 1Р по следующей формуле:

Таблица 9 – Данные по электродвигательной нагрузке 6 кВ секции 1Р

| Название ПС | P_{\max} , МВт | Q_{\max} , Мвар | $P_{\text{ср}}$, МВт | $Q_{\text{ср}}$, Мвар | P_{\min} , МВт | Q_{\min} , Мвар |
|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Широкая 220 | 98,7 | 65,9 | 89,7 | 59,9 | 83,9 | 56,0 |
| Перевал | 0,7 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,3 |
| Береговая2 220 | 51,3 | 37,0 | 46,6 | 33,6 | 43,6 | 31,5 |
| К 220 | 76,5 | 18,1 | 69,5 | 16,5 | 65,0 | 15,4 |
| Зелен.угол 220 | 51,6 | 3,9 | 46,9 | 3,5 | 43,9 | 3,3 |
| Волна 220 | 121,8 | 109,2 | 110,7 | 99,3 | 103,5 | 92,8 |
| Арсеньев2 220 | 101,3 | 6,6 | 92,1 | 6,0 | 86,1 | 5,6 |
| Дальневосточ. 220 | 13,2 | 1,0 | 12,0 | 0,9 | 11,2 | 0,9 |
| Аэропорт 220 | 1,7 | 0,6 | 1,5 | 0,5 | 1,4 | 0,5 |
| НПС38 | 5,6 | 1,2 | 5,1 | 1,1 | 4,8 | 1,0 |
| Лесозаводск | 39,6 | 15,7 | 36,0 | 14,3 | 33,7 | 13,3 |

Основываясь на указанных данных, определяем расчетные данные по нагрузке секции 1Р.

Данные о нагрузках приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Данные по электрической нагрузке 6 кВ отходящих фидеров секции 1Р

| Название ПС | P _{max} , МВт | Q _{max} , Мвар | P _{ср} , МВт | Q _{ср} , Мвар | P _{min} , МВт | Q _{min} , Мвар |
|----------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Губерово/Т | 10,0 | 4,2 | 9,1 | 3,8 | 8,5 | 3,6 |
| Иман 220 | 43,0 | 6,4 | 39,1 | 5,8 | 36,6 | 5,4 |
| Кировка | 12,9 | 3,9 | 11,7 | 3,5 | 11,0 | 3,3 |
| Свиягино/Т | 15,0 | 6,0 | 13,6 | 5,5 | 12,8 | 5,1 |
| Спасск 220 | 23,5 | 29,8 | 21,4 | 27,1 | 20,0 | 25,3 |
| Спасс 110 | 71,7 | 11,8 | 65,2 | 10,7 | 60,9 | 10,0 |
| Уссурийск2 110 | 41,4 | 11,8 | 37,6 | 10,7 | 35,2 | 10,0 |
| Междуречье | 7,3 | 1,5 | 6,6 | 1,4 | 6,2 | 1,3 |
| УКФ | 7,5 | 2,8 | 6,8 | 2,5 | 6,4 | 2,4 |
| Уссурийск1 | 31,0 | 12,2 | 28,2 | 11,1 | 26,4 | 10,4 |
| Тереховка | 1,2 | 0,2 | 1,1 | 0,2 | 1,0 | 0,2 |
| Раздольное | 23,5 | 6,6 | 21,4 | 6,0 | 20,0 | 5,6 |
| Западная | 47,6 | 2,4 | 43,3 | 2,2 | 40,5 | 2,0 |
| Кожзавод | 23,9 | 15,0 | 21,7 | 13,6 | 20,3 | 12,8 |
| Надеждинская/Т | 10,9 | 10,6 | 9,9 | 9,6 | 9,3 | 9,0 |
| Дмитриевка | 5,2 | 1,7 | 4,7 | 1,5 | 4,4 | 1,4 |
| Ярославка | 29,1 | 4,1 | 26,5 | 3,7 | 24,7 | 3,5 |
| Павловка1 | 11,2 | 6,5 | 10,2 | 5,9 | 9,5 | 5,5 |
| Павловка2 | 17,1 | 6,2 | 15,5 | 5,6 | 14,5 | 5,3 |
| Полевая | 27,9 | 31,4 | 25,4 | 28,5 | 23,7 | 26,7 |
| Промышленная | 18,2 | 6,6 | 16,5 | 6,0 | 15,5 | 5,6 |
| Студгородок | 6,9 | 1,7 | 6,3 | 1,5 | 5,9 | 1,4 |
| Гранит | 13,7 | 5,0 | 12,5 | 4,5 | 11,6 | 4,3 |
| 3 | 4,6 | 1,0 | 4,2 | 0,9 | 3,9 | 0,9 |

При определении суммарной нагрузки на секции от отходящих фидеров необходимо учитывать коэффициент совмещения максимумов нагрузки трансформаторов. При количестве трансформаторов равном 5 данный коэффициент будет равен 0,8.

По аналогичным формулам проводится определение расчетных нагрузок на остальных секциях 6кВ БТЭЦ. Полученные данные указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Данные по электрической нагрузке 6 кВ секций СН

| Название ПС | Pmax, МВт | Qmax, Мвар | Pcp, МВт | Qcp, Мвар | Pmin, МВт | Qmin, Мвар |
|----------------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| Губерово/Т | 10,0 | 4,2 | 9,1 | 3,8 | 8,5 | 3,6 |
| Иман 220 | 43,0 | 6,4 | 39,1 | 5,8 | 36,6 | 5,4 |
| Кировка | 12,9 | 3,9 | 11,7 | 3,5 | 11,0 | 3,3 |
| Свиягино/Т | 15,0 | 6,0 | 13,6 | 5,5 | 12,8 | 5,1 |
| Спасск 220 | 23,5 | 29,8 | 21,4 | 27,1 | 20,0 | 25,3 |
| Спасс 110 | 71,7 | 11,8 | 65,2 | 10,7 | 60,9 | 10,0 |
| Уссурийск2 110 | 41,4 | 11,8 | 37,6 | 10,7 | 35,2 | 10,0 |
| Междуречье | 7,3 | 1,5 | 6,6 | 1,4 | 6,2 | 1,3 |
| УКФ | 7,5 | 2,8 | 6,8 | 2,5 | 6,4 | 2,4 |
| Уссурийск1 | 31,0 | 12,2 | 28,2 | 11,1 | 26,4 | 10,4 |
| Тереховка | 1,2 | 0,2 | 1,1 | 0,2 | 1,0 | 0,2 |
| Раздольное | 23,5 | 6,6 | 21,4 | 6,0 | 20,0 | 5,6 |
| Западная | 47,6 | 2,4 | 43,3 | 2,2 | 40,5 | 2,0 |
| Кожзавод | 23,9 | 15,0 | 21,7 | 13,6 | 20,3 | 12,8 |
| Надеждинская/Т | 10,9 | 10,6 | 9,9 | 9,6 | 9,3 | 9,0 |
| Дмитриевка | 5,2 | 1,7 | 4,7 | 1,5 | 4,4 | 1,4 |
| Ярославка | 29,1 | 4,1 | 26,5 | 3,7 | 24,7 | 3,5 |
| Павловка1 | 11,2 | 6,5 | 10,2 | 5,9 | 9,5 | 5,5 |
| Павловка2 | 17,1 | 6,2 | 15,5 | 5,6 | 14,5 | 5,3 |

| Название ПС | P_{\max} , МВт | Q_{\max} , Мвар | $P_{\text{ср}}$, МВт | $Q_{\text{ср}}$, Мвар | P_{\min} , МВт | Q_{\min} , Мвар |
|--------------|---------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Полевая | 27,9 | 31,4 | 25,4 | 28,5 | 23,7 | 26,7 |
| Промышленная | 18,2 | 6,6 | 16,5 | 6,0 | 15,5 | 5,6 |
| Студгородок | 6,9 | 1,7 | 6,3 | 1,5 | 5,9 | 1,4 |
| Гранит | 13,7 | 5,0 | 12,5 | 4,5 | 11,6 | 4,3 |
| 3 | 4,6 | 1,0 | 4,2 | 0,9 | 3,9 | 0,9 |

Полученные данные используем при расчете и выборе трансформаторов собственных нужд предназначенных для отбора мощности на генераторном напряжении блоков - 2,3.

8 ВЫБОР СЕЧЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6 КВ

В данном разделе проводится выбор и проверка кабельных линий питающих трансформаторы собственных нужд 6/0,4 Кв первой очереди «БТЭЦ» а так же оборудования в частности электродвигателей 6 Кв вспомогательного оборудования турбогенераторов станционных № - 2,3. Рассмотрим расчет сечения кабеля на примере участка от РУ 6 кВ секции 1РО до трансформатора ТСН-1НО, определяем расчетный ток на этом участке по определенной ранее расчетной мощности.

Для полученного значения тока подбираем соответствующее сечение кабеля. Принимаем кабель типа АПВПу 3×35 с изоляцией из сшитого полиэтилена и алюминиевыми жилами, длительно допустимым током 140 А, прокладка кабеля осуществляется в кабельном полуэтаже на кабельных лотках, следовательно вводятся поправочные коэффициенты на длительно допустимый ток. Проводим проверку по выражению, при этом вводим поправку на групповую прокладку кабелей на одном лотке: Длительно допустимый ток выбранного типа кабеля значительно больше расчетного в данном сечении следовательно этот тип кабеля выбран верно. Аналогично проводится выбор марки и сечения кабельных линий на остальных участках, результаты расчета приведены в таблице 12. Таблица 12 – Выбор и сечений для питания трансформаторов 6/0,4 кВ

Таблица 13 – Выбор и сечений для питания электродвигателей 6 кВ ТГ-2,3

При определении сечения для электродвигателей сравнение длительно допустимого тока кабеля проводим с номинальным током.

9 ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6 КВ

В данном разделе проводится расчет токов короткого замыкания в сети 6 кВ СН БТЭЦ с целью определения минимального сечения по условиям термической стойкости. По аналогичному алгоритму рассчитываются все остальные точки КЗ результаты расчетов сводятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчет токов КЗ в сети 6 кВ

| Название | U_ном | V | dV |
|------------------------|-------|--------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Прим.ГРЭС 500 | 500 | 509,9 | 1,98 |
| Прим.ГРЭС 220 (НПС-36) | 220 | 227,72 | 3,51 |
| Чугуевка 2 500 | 500 | 513,47 | 2,69 |
| Чугуевка 2 220 | 220 | 225,76 | 2,62 |
| Лозовая 500 | 500 | 511,89 | 2,38 |
| Лозовая 220 | 220 | 223,54 | 1,61 |
| Козьино 220 | 220 | 220,23 | 0,1 |
| Широкая 220 | 220 | 217,43 | -1,17 |
| Перевал | 220 | 219,83 | -0,08 |
| Береговая2 220 | 220 | 221,62 | 0,73 |
| К 220 (Горелое и т.д.) | 220 | 221,37 | 0,62 |
| Партизан.ГРЭС 220 | 220 | 223,34 | 1,52 |
| Артем.ТЭЦ 220 | 220 | 228,2 | 3,73 |
| Артем.ТЭЦ 110 | 110 | 114,09 | 3,72 |
| Влад.ТЭЦ2 220 | 220 | 229,8 | 4,45 |
| Влад.ТЭЦ2 110 | 110 | 116,37 | 5,79 |
| Зелен.угол 220 | 220 | 229,54 | 4,33 |
| Волна 220 | 220 | 221,43 | 0,65 |

| Название | U_ном | V | dV |
|-----------------------------|-------|--------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Арсеньев2 220 | 220 | 222,29 | 1,04 |
| Дальневосточная 500 | 500 | 517,95 | 3,59 |
| Дальневосточ. 220(НПС40 41) | 220 | 225,77 | 2,62 |
| Дальневосточная СК | 10,5 | 10 | -4,76 |

Далее проводим проверку выбранных сечений на термическую стойкость к токам короткого замыкания. Полученное значение больше сечения принятого на данном участке кабеля, следовательно оно не проходит проверку, принимаем на данном участке сечение такого же типа кабеля 70 мм². Аналогично проводится расчет минимального сечения для остальных участков, результаты которого сведены в таблицу 15.

Как видно из таблицы сечения должны быть увеличены для соответствия токам короткого замыкания. В таблице так же указаны значения сечений принятые на данных участках по результатам проверки.

Таблица 15 – Расчет минимального термически стойкого сечения КЛ

| Название | I_нач | Iдоп_расч | I/I_dop |
|---|-------|-----------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Прим.ГРЭС 500 - Чугуевка 2 500 | 478 | 2040 | 23,5 |
| Чугуевка 2 500 - Лозовая 500 | 275 | 2040 | 13,5 |
| Лозовая 220 - Козьмино 220 | 329 | 710 | 46,7 |
| Козьмино 220 - Широкая 220 | 332 | 710 | 47,1 |
| Широкая 220 - Перевал | 99 | 710 | 14 |
| Перевал - Береговая2 220 | 86 | 710 | 12,2 |
| Чугуевка 2 220 - К 220 (Горелое и т.д.) | 70 | 710 | 12,3 |
| Чугуевка 2 220 - Партизан.ГРЭС 220 | 105 | 710 | 14,8 |
| Береговая2 220 - Артем.ТЭЦ 220 | 212 | 710 | 29,8 |
| Артем.ТЭЦ 220 - Влад.ТЭЦ2 220 | 161 | 710 | 22,6 |

| Название | I_нач | Iдоп_расч | I/I_dop |
|---|-------|-----------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Влад.ТЭЦ2 220 - Зелен.угол 220 | 162 | 680 | 23,9 |
| Зелен.угол 220 - Волна 220 | 232 | 680 | 36,4 |
| Чугуевка 2 220 - Арсеньев2 220 | 218 | 605 | 36,3 |
| Прим.ГРЭС 500 - Дальневосточная 500 | 527 | 2070 | 25,5 |
| Дальневосточная 500 - Владивосток 500 | 221 | 2040 | 11,3 |
| Владивосток 500 - Лозовая 500 | 75 | 2040 | 7,8 |
| Владивосток 220 - Волна 220 | 329 | 710 | 46,8 |
| Владивосток 220 - Зелен.угол 220 | 254 | 860 | 29,6 |
| Владивосток 220 - Аэропорт 220 | 230 | 860 | 26,8 |
| Аэропорт 220 - Артем.ТЭЦ 220 | 224 | 860 | 26 |
| Прим.ГРЭС 220 (НПС-36) - НПС38 | 221 | 710 | 31,2 |
| НПС38 - Лесозаводск(Ружино) | 202 | 710 | 28,4 |
| Прим.ГРЭС 220 (НПС-36) - Губерово/Т | 258 | 710 | 36,3 |
| Прим.ГРЭС 220 (НПС-36) - Иман 220 | 291 | 710 | 41 |
| Губерово/Т - Иман 220 | 230 | 710 | 32,4 |
| Иман 220 - Лесозаводск(Ружино) | 200 | 710 | 28,1 |
| Иман 220 - Лесозаводск(Ружино) | 199 | 710 | 28 |
| Лесозаводск(Ружино) - Кировка | 329 | 605 | 54,4 |
| Свягино/Т - Спасск 220(Новая) | 250 | 710 | 35,2 |
| Кировка - Свягино/Т | 292 | 710 | 41,2 |
| Дальневосточ. 220(НПС40 41) - Уссурийск2 220 | 160 | 710 | 23 |
| Дальневосточ. 220(НПС40 41) - Уссурийск2 220 | 224 | 710 | 31,9 |
| Уссурийск2 110 - Междуречье | 97 | 610 | 15,8 |
| Междуречье - УКФ(отпайка на Уссур.ТЭЦ) | 137 | 610 | 22,5 |
| УКФ(отпайка на Уссур.ТЭЦ) - Уссурийск1 | 478 | 605 | 79 |

| Название | I_нач | Iдоп_расч | I/I_dop |
|---|-------|-----------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Уссурийск1 - Артем.ТЭЦ 110 | 39 | 422 | 9,2 |
| УКФ(отпайка на Уссур.ТЭЦ) - Уссур.ТЭЦ 110 | 329 | 610 | 54 |
| УКФ(отпайка на Уссур.ТЭЦ) - Уссур.ТЭЦ 110 | 329 | 610 | 54 |
| Уссурийск1 - Тереховка | 118 | 390 | 30,4 |
| Тереховка - Раздольное(1,2 Кипарисово) | 112 | 390 | 28,8 |
| Раздольное(1,2 Кипарисово) - Западная(Шахта7) | 32 | 390 | 8,2 |
| Западная(Шахта7) - Артем.ТЭЦ 110 | 268 | 422 | 63,5 |
| Кожзавод(УссурийскТ) - НадеждинскаяТ | 117 | 330 | 35,6 |
| НадеждинскаяТ - Западная(Шахта7) | 71 | 450 | 15,9 |
| Спасс 110(АСБ СпасскТ) - Дмитриевка | 70 | 390 | 18 |
| Спасс 110(АСБ СпасскТ) - Дмитриевка | 70 | 390 | 18 |
| Дмитриевка(Черниговка) - Ярославка | 58 | 390 | 15 |
| Дмитриевка(Черниговка) - Ярославка | 58 | 390 | 15 |
| Ярославка - Павловка1 | 70 | 330 | 21,2 |
| Павловка1 - Уссурийск2 110 | 141 | 330 | 42,8 |
| Ярославка - Павловка2 | 97 | 510 | 19,1 |
| Павловка2(ЖБИ130 Михайловка) - Уссурийск2 110 | 181 | 605 | 29,9 |
| Уссурийск2 110 - Полевая | 106 | 330 | 32,7 |
| Полевая - Промышленная2с | 54 | 390 | 13,8 |
| 3 (Гранит 1с) - Студгородок | 131 | 390 | 33,5 |
| Промышленная2с - 3 (Гранит 1с) | 61 | 390 | 15,6 |
| Студгородок - Уссурийск1 | 170 | 390 | 43,6 |
| Отпайка (Гранит2с Новоник. Пром.1с) - Уссурийск2 110 | 134 | 390 | 34,4 |
| Дальневосточ. 220(НПС40 41) - Арсеньев2 220 | 76 | 605 | 14,6 |

| Название | I_нач | Iдоп_расч | I/I_доп |
|--|-------|-----------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Уссурийск2 220 --Владивосток | 166 | 710 | 23,4 |
| Лесозаводск(Ружино) - К 220 (Горелое и т.д.) | 165 | 605 | 27,2 |
| Партизан.ГРЭС 220 - Лозовая 220 | 76 | 605 | 12,6 |
| Спасск 220(Новая) - Дальневосточ. 220(НПС40 41) | 173 | 710 | 24,3 |
| Уссурийск2 110 - Отпайка(Кожзав.) | 150 | 330 | 45,5 |
| Отпайка(Кожзав.) - Кожзавод(УссурийскТ) | 267 | 330 | 81 |
| Уссур.ТЭЦ 110 - Отпайка(Кожзав.) | 204 | 520 | 39,3 |
| Уссур.ТЭЦ 110 - Отпайка(Кожзав.) | 204 | 520 | 39,3 |

Потеря напряжения на участке меньше допустимого значения 5%, следовательно сечение кабеля выбрано верно, для остальных участков проводится подробный расчет результаты сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Проверка сечений линий 6 кВ на потерю напряжения

| Потери в ЛЭП, МВт | Потери в трансформаторах, МВт | Суммарные потери, МВт |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 42,58 | 1,49 | 44,07 |

Расчет потери напряжения в кабельных линиях показывает что они проходят проверку, наибольшие потери напряжения не превышают предельного значения в 5%.

10 ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ СН 10,5/6 КВ СН БТЭЦ

В данном разделе рассматривается расчет мощности силовых трансформаторов питающих секций СН первой очереди БТЭЦ напряжением 6 кВ.

Схема питания секций собственных нужд на примере секций 2Р и 3Р представлена на рисунке 4.

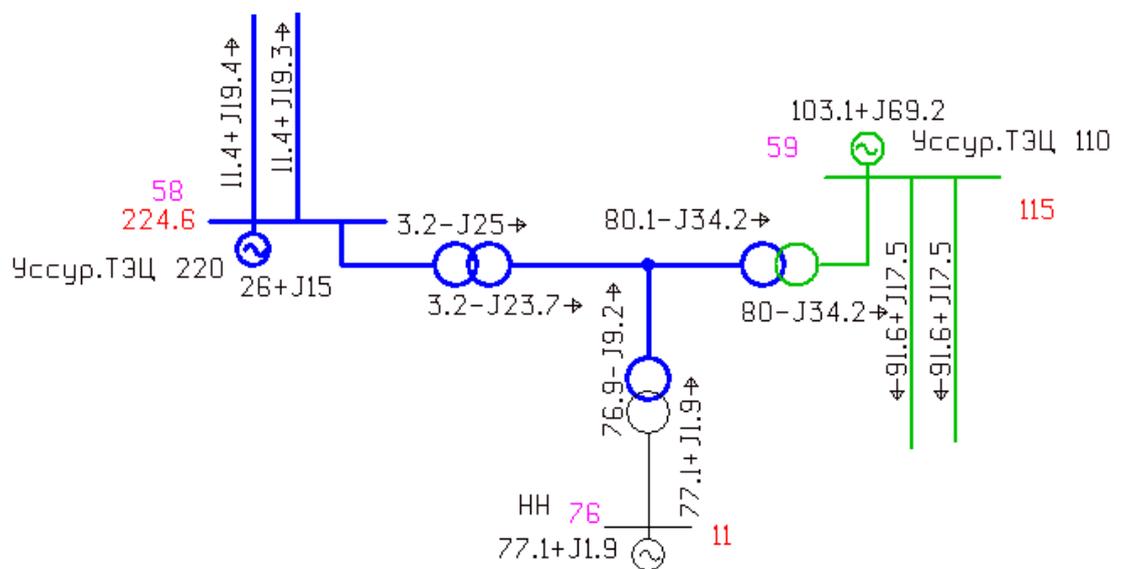


Рисунок 4 - Схема отбора мощности на генераторном напряжении

Как видно на рисунке отбор мощности с генераторного напряжения проводится через трансформатор собственных нужд (вспомогательный трансформатор 2ВТ), который имеет расщепленную обмотку низкого напряжения и питает одновременно две секции СН (2Р,3Р). Следовательно при расчете мощности данного трансформатора необходимо учитывать нагрузку обеих секций.

Мощность трансформатора 2ВТ в нормальных условиях эксплуатации должна обеспечивать питание электрической энергией всех потребителей, подключенных к нему. В данном случае резервирование секции проводится

через резервную систему шин (РСШ - 6 кВ), следовательно для питания потребителей секций требуется один трансформатор ТСН, что соответствует типовой компоновке электроснабжения СН электростанций. Проверка выбранного трансформатора осуществляется по коэффициенту загрузки в нормальном режиме работы.

Выбираем трансформатор с расщепленной обмоткой низкого напряжения типа ТРДНС 32000/10,5/6 с номинальной мощностью 32 МВА, номинальное напряжение высоко стороны 10,5 кВ низкой стороны 6 кВ. Охлаждение осуществляется принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла через встроенные в корпус трансформатора охладители, трансформатор имеет устройство регулирования напряжения под нагрузкой.

Коэффициент загрузки 2ВТ имеет приемлемое значение. Следовательно, данный тип трансформатора выбран, верно. Выбираем марку и мощность трансформатора устанавливаемого на БТЭЦ в качестве 3ВТ расчетная мощность трансформатора (определяется через расчетные мощности секций 4Р, 5Р): 12 (МВА).

Выбираем трансформатор с расщепленной обмоткой низкого напряжения типа ТРДНС 25000/10,5/6 с номинальной мощностью 25 МВА, номинальное напряжение высоко стороны 10,5 кВ низкой стороны 6 кВ. Охлаждение осуществляется принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла через встроенные в корпус трансформатора охладители, трансформатор имеет устройство регулирования напряжения под нагрузкой. Определяем коэффициент загрузки фактический:

Коэффициент загрузки 3ВТ имеет приемлемое значение. Следовательно, данный тип трансформатора выбран, верно. Питание секций СН 1РО, 1Р, в настоящее время выполняется через двоярный токоограничивающий реактор типа РБСДГ, который находится в

хорошем состоянии и не требует замены — номинальные ток и напряжение реактора обеих обмоток.

Коэффициент загрузки имеет приемлемое значение. Следовательно, данный тип реактора может быть оставлен в эксплуатации.

11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ТОКОВ КЗ В СН БТЭЦ

Данный расчет проводится для определения уровней токов короткого замыкания в электроустановках напряжением 6 кВ первой очереди БТЭЦ, в данном случае на секциях СН. Для этого проводим расчет токов КЗ на примере шин секции 1Р, при этом исходная схема с указанием типа оборудования и его маркировки представлена на рисунке 5. На рисунке 6 представлена схема замещения для расчета токов короткого замыкания с двумя расчетными точками КЗ на разных секциях СН БТЭЦ.

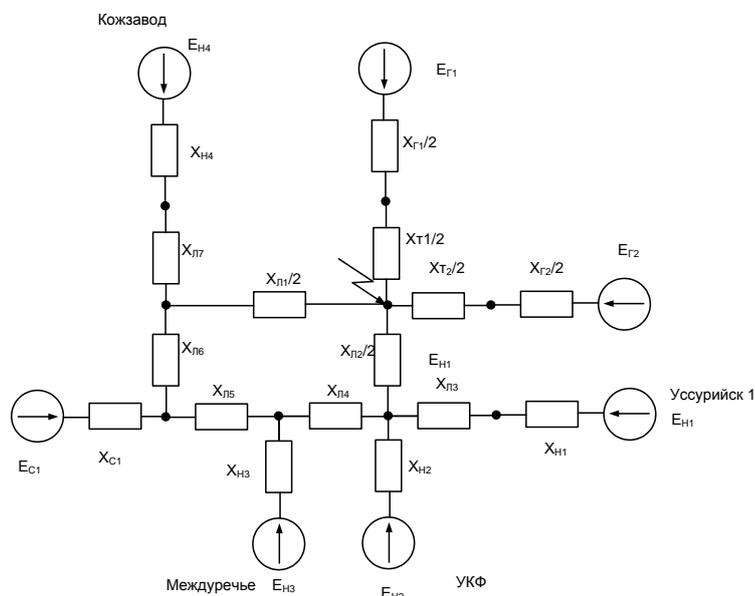


Рисунок 5 – Расчетные точки КЗ

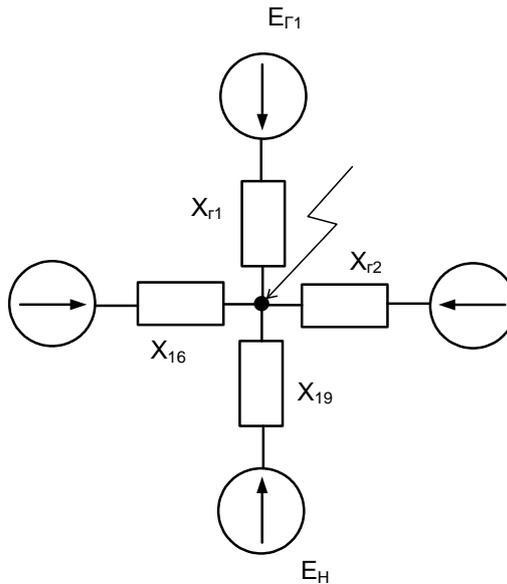


Рисунок 6 – Схема замещения

Расчет проводим в относительных единицах приближенным методом с использованием среднего ряда напряжений. Базисные условия указаны в таблице 17.

Таблица 17 – Базисные условия

| Условия выбора | Каталожные данные | Расчетные данные |
|----------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| $U_{ном} \geq U_p$ | $U_{ном} = 126 \text{ кВ}$ | $U_p = 110 \text{ кВ}$ |
| $I_{ном} \geq I_{max p}$ | $I_{ном} = 3150 \text{ А}$ | $I_{max p} = 1123 \text{ А}$ |
| $i_{дин} \geq i_{yд}$ | $i_{дин} = 102 \text{ кА}$ | $i_{yд} = 42,636 \text{ кА}$ |
| $I^2_m \cdot t_m \geq B_k$ | $I^2_m \cdot t_m = 4800 \text{ кА}^2\text{с}$ | $B_k = 57,06 \text{ кА}^2\text{с}$ |
| $I_{вкл} \geq I_{П0}$ | $I_{вкл} = 40 \text{ кА}$ | $I_{П0} = 17,333 \text{ кА}$ |
| $I_{откл} \geq I_{П0}$ | $I_{откл} = 40 \text{ кА}$ | $I_{П0} = 17,333 \text{ кА}$ |
| $i_{аном} \geq i_a$ | $i_{аном} = 32,27 \text{ кА}$ | $i_a = 24,512 \text{ кА}$ |

После определения значений всех элементов схемы замещения проводим последовательное преобразование относительно точки короткого замыкания. Подробное сворачивание схемы на примере точки Кз-1 представлено на рисунках 7, 8, 9:

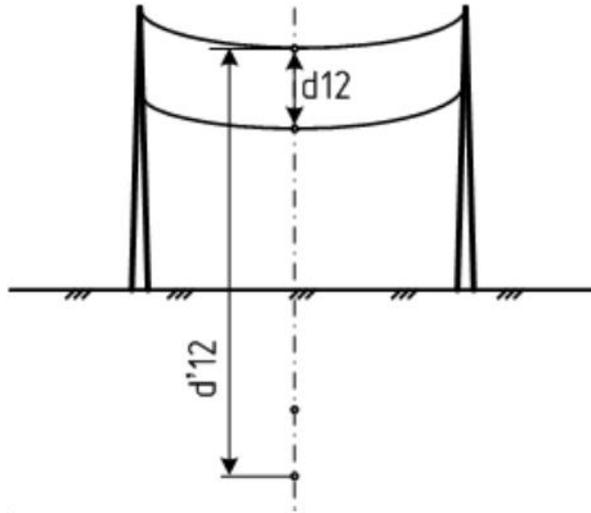


Рисунок 7 – Преобразование №1 схемы замещения относительно точки короткого замыкания № 1

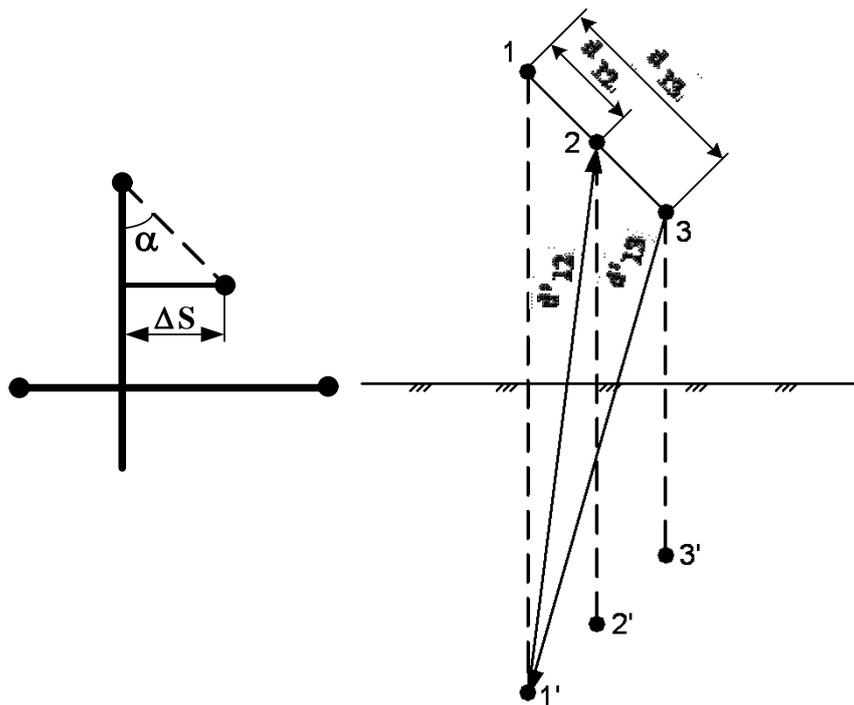


Рисунок - 8 Преобразование №2 схемы замещения относительно точки короткого замыкания № 1

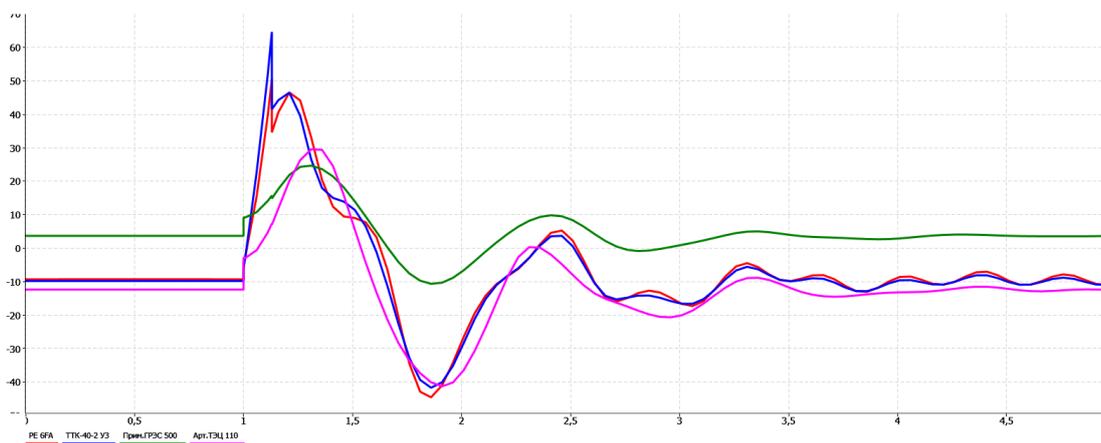


Рисунок – 9 Преобразование №3 схемы замещения относительно точки короткого замыкания № 1

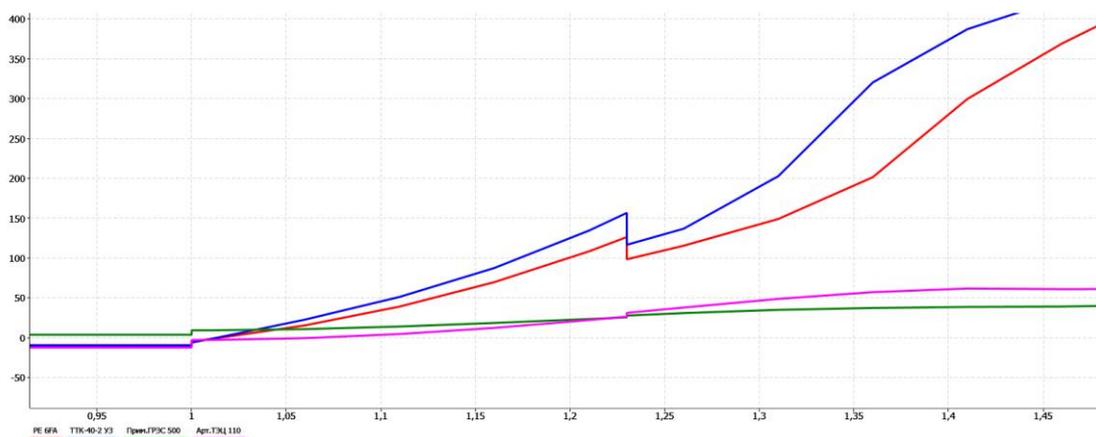


Рисунок – 10 Преобразование схемы замещения до результирующих ЭДС и сопротивления

Результаты расчета для обеих точек сводятся в таблицу 18.

Таблица 18 – Результаты расчета токов короткого замыкания

| Условия выбора | Каталожные данные | Расчетные данные |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| $U_{ном} \geq U_p$ | $U_{ном} = 126 \text{ кВ}$ | $U_p = 110 \text{ кВ}$ |
| $I_{ном} \geq I_{max p}$ | $I_{ном} = 3150 \text{ А}$ | $I_{max p} = 1123 \text{ А}$ |
| $i_{дин} \geq i_{yд}$ | $i_{дин} = 102 \text{ кА}$ | $i_{yд} = 42,636 \text{ кА}$ |

| Условия выбора | Каталожные данные | Расчетные данные |
|----------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| $I_m^2 \cdot t_m \geq B_k$ | $I_m^2 \cdot t_m = 4800 \text{ кА}^2\text{с}$ | $B_k = 57,06 \text{ кА}^2\text{с}$ |
| $I_{вкл} \geq I_{П0}$ | $I_{вкл} = 40 \text{ кА}$ | $I_{П0} = 17,333 \text{ кА}$ |
| $I_{откл} \geq I_{П0}$ | $I_{откл} = 40 \text{ кА}$ | $I_{П0} = 17,333 \text{ кА}$ |
| $i_{аном} \geq i_a$ | $i_{аном} = 32,27 \text{ кА}$ | $i_a = 24,512 \text{ кА}$ |

В дальнейшем при выборе оборудования указанные данные будут использованы в расчетах.

12 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

В данном разделе проводится выбор и проверка следующего стационарного оборудования: выключатели, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, жесткая ошиновка приборы контроля и учета электроэнергии в схеме собственных нужд первой очереди БТЭЦ. Определяем максимальные рабочие токи РУ 6 кВ «БТЭЦ» в частности на секции 2Р и 3Р относящиеся в основном к блокам №2,3 [6]:

Таблица 19 – Максимальные рабочие токи 2ВТ

| Справочные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| $I_{доп} = 210 \text{ А}$ | $I_{max} = 57 \text{ А}$ | $I_{max} \leq I_{доп}$ |

12.1 Выбор и проверка выключателей 6 кВ

Перед выбором типа выключателя принимаем к установке комплектное распределительное устройство напряжением 6 кВ для электроснабжения потребителей собственных нужд БТЭЦ типа К10-06М «КЕДР». Комплектное распределительное устройство «КЕДР» состоит из разных ячеек, соединенных между собой. Электрическое соединение ячеек внутри щита осуществляется с помощью сборных шин. Постоянная электрическая связь всех металлических корпусов обеспечивается с помощью подключения корпуса ячеек к главной заземляющей сборной шине РУ.

Электрические кабели вторичных цепей проходят через щит над отсеками автоматики. Подключение этих кабелей возможно с любой стороны, а также сверху и снизу каждой ячейки. Ячейка представляет собой заземленную металлическую оболочку, соответствующую требованиям международных стандартов. То есть все отсеки разделены металлическими перегородками друг от друга:

- 1) сборные шины (по заказу - изолированные или без изоляции),

2) выкатной элемент (выключатель, тележка разъединителя или тележка трансформаторов напряжения),

3) кабельные присоединения высокого напряжения, заземляющий разъединитель, датчики и, возможно, трансформаторы напряжения,

4) отсек автоматики и релейной защиты.

По специальному заказу возможна поставка ячеек с изолированными друг от друга отсеками магистральных шин. Для этого используются специальные изоляторы.

Изоляция между токопроводящими частями обеспечивается воздушными промежутками.

Устройство комплектное распределительное негерметизированное типа К10-06М "Кедр" Кедр в металлической оболочке, трехфазного переменного тока напряжением 6-10 кВ для сетей с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтрально, предназначенное для приёма и распределения электроэнергии.

Выбор выключателей для СН секций 2Р, 3Р осуществляется по номинальному напряжению и номинальному току.

На примере точки Кз-1,2. Первоначально принимаем выключатель вакуумный отечественного производства ВВЭ-М-10-1600. Сравнение параметров выбранного выключателя со значениями, полученными при расчете токов КЗ показано в таблице 20:

Таблица 20 – Выбор и проверка выключателей 6 кВ секций 2Р

| Характеристика | Вакуумный выключатель | Элегазовый выключатель | Реклоузер SMART35 |
|--|-----------------------|------------------------|-------------------|
| Стоимость, тыс. руб. | 200 | 680 | 810 |
| Полное время отключения, при номинальном напряжении на элементах | 80 | 55 | 45 |

| Характеристика | Вакуумный выключатель | Элегазовый выключатель | Реклоузер SMART35 |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| управления, мс. | | | |
| Срок службы, лет | 25 | 40 | 45 |
| Масса, кг | 950 | 1500 | 110 |
| Наличие дистанционного управления | - | - | + |
| Логическая защита трансформатора | - | - | + |

Таблица 21 – Выбор и проверка выключателей 6 кВ секций 3Р

| ПС 35 кВ | Марка | ΔP_x , кВт | ΔP_k , кВт | U_k , % | I_x , % |
|---------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
| Реммаш | ТМН - 1600/35 | 5,1 | 26 | 6,5 | 1,1 |
| Мухина, Георгиевка, Саскаль | ТМГ - 400/35 | 1,19 | 8,5 | 6,5 | 2,0 |
| Воскресеновка, Чагоян, Ураловка | ТМГ - 250/35 | 1,0 | 4,2 | 6,5 | 2,3 |

Выключатель проходит по всем параметрам его принимаем к установке в качестве рабочего и резервного ввода секций.

12.2 Выбор нелинейного ограничителя перенапряжений 6 кВ.

Ограничители перенапряжений выполнены как одноколонковые аппараты опорного типа вертикальной установки и предназначены для защиты электрических аппаратов от грозových и коммутационных перенапряжений.

Принимаем к установке в РУ 6 кВ ОПН-6/11-10(I) Сравнение параметров приведено в таблице 22.

Таблица 22 – Выбор и проверка ОПН секций 2Р,3Р

| Точка | $I_{по}^{(3)}$, кА | $i_{ao}^{(3)}$, кА | $i_{yo}^{(3)}$, кА |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| К1 | 0,319 | 0,451 | 0,744 |
| К2 | 0,936 | 1,32 | 2,14 |

ОПН 6 проходит проверку по всем показателям его принимаем к установке на секциях 2Р,3Р СН БТЭЦ.

12.3 Выбор трансформаторов тока для секций СН 6 кВ

Для определения величины сопротивления приборов необходимо найти их общую мощность, для этого в таблице 23 приведены данные по приборам подключенным к рассматриваемым трансформаторам тока

Таблица 23 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока секций 2Р,3Р

| Каталожные данные | Расчётные данные | Условия выбора |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| $U_{уст} = 35$ кВ | $U_{ном} = 35$ кВ | $U_{уст} \geq U_{ном}$ |
| $I_{ном} = 1250$ А | $I_{рmax} = 54$ А | $I_{ном} \geq I_{рmax}$ |
| $i_{скв} = 51$ кА | $i_{уд} = 0,744$ кА | $i_{скв} \geq i_{уд}$ |
| $B_{к.ном} = 1200$ кА ² с | $B_{к} = 0,154$ кА ² с | $B_{к.ном} \geq B_{к}$ |
| $I_{вкл} = 20$ кА | $I_{но} = 0,319$ кА | $I_{вкл} \geq I_{но}$ |
| $I_{откл} = 20$ кА | $I_{нт} = 0,319$ кА | $I_{откл} \geq I_{нт}$ |
| $i_{а.ном} = 8,5$ кА | $i_{ат} = 0,451$ кА | $i_{а.ном} \geq i_{ат}$ |

Принимаем трансформатор тока для РУ СН 6 кВ ТПЛК - 10 с номинальным током первичной обмотки 1600 А. Сравнение параметров приведено в таблице 24.

Таблица 24 – Проверка выбранного ТТ 6 кВ секций 2Р

| Каталожные данные | Расчётные данные | Условия выбора |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| $U_{уст} = 10$ кВ | $U_{ном} = 10$ кВ | $U_{уст} \geq U_{ном}$ |
| $I_{ном} = 630$ А | $I_{рmax} = 202$ А | $I_{ном} \geq I_{рmax}$ |
| $i_{скв} = 51$ кА | $i_{уд} = 2,14$ кА | $i_{скв} \geq i_{уд}$ |
| $B_{к.ном} = 1200$ кА ² с | $B_{к} = 0,937$ кА ² с | $B_{к.ном} \geq B_{к}$ |
| $I_{вкл} = 20$ кА | $I_{но} = 0,916$ кА | $I_{вкл} \geq I_{но}$ |
| $I_{откл} = 20$ кА | $I_{нт} = 0,916$ кА | $I_{откл} \geq I_{нт}$ |

Таблица 25 – Проверка выбранного ТТ 6 кВ секций 2Р

| Каталожные данные | Расчётные данные | Условия выбора |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| $U_{уст} = 35$ кВ | $U_{ном.р} = 35$ кВ | $U_{уст} \geq U_{ном.р}$ |
| $I_{ном} = 1000$ А | $I_{рmax} = 54$ А | $I_{ном} \geq I_{рmax}$ |
| $i_{скв} = 51$ кА | $i_{уд} = 0,744$ кА | $i_{скв} \geq i_{уд}$ |
| $B_{к.ном} = 1875$ кА ² с | $B_{к} = 0,322$ кА ² с | $B_{к.ном} \geq B_{к}$ |

Выбранные трансформаторы тока проходят проверку по всем требованиям.

12.4 Выбор трансформаторов напряжения для секций СН 6 кВ

В данном разделе проводится расчет вторичной нагрузки трансформаторов напряжения секций СН. Для этого в таблице 26 приведены данные о подключенных к трансформатору напряжения приборах.

Таблица 26 – Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения секций 2Р,3Р

| Прибор | Тип | Нагрузка, В·А по фазам | | |
|------------|-----------|------------------------|-----|-----|
| | | А | В | С |
| Амперметр | СА-3021 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Ваттметр | СР-3021 | 0,5 | - | 0,5 |
| Варметр | СТ-3021 | 0,5 | - | 0,5 |
| Счетчик АЭ | СЕ301-S31 | 0,1 | - | 0,1 |
| Счетчик РЭ | | | | |
| ИТОГО | | 1,6 | 0,5 | 1,6 |

Сравнение параметров выбранного трансформатора напряжения приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Проверка выбранного ТН секций 2Р,3Р

| Каталожные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|-------------------|---------------------|--------------------------|
| $U_{уст} = 35$ кВ | $U_{ном.р} = 35$ кВ | $U_{уст} \geq U_{ном.р}$ |
| $I_{ном} = 200$ А | $I_{рmax} = 54$ А | $I_{ном} \geq I_{рmax}$ |
| $Z_{2Н} = 1,2$ Ом | $Z_{Нр} = 0,423$ Ом | $Z_{2Н} \geq Z_{Нр}$ |

| Каталожные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| (для класса точности 0.5) | | |
| $B_{Kn} = 1587 \text{ кА}^2\text{с}$ | $B_{Kp} = 0,307 \text{ кА}^2\text{с}$ | $B_{Kn} \geq B_{Kp}$ |
| $i_{дин} = 51 \text{ кА}$ | $i_{уд} = 0,744 \text{ кА}$ | $i_{дин} \geq i_{уд}$ |

Данный тип трансформатора оставляем.

12.5 Выбор жестких шин КРУ 6 кВ 2Р, 3Р

В качестве токоведущих шин принимаем полосы из специального сплава сечением 80/6 мм, Шины располагаем в одной плоскости, устанавливаем их плашмя на изоляторы.

Данное напряжение не должно превышать 60% от разрушающего для выбранного материала шин равного 36 Мпа, следовательно можно сделать вывод что выбранная конструкция проходит проверку по динамической стойкости.

13 ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ ТСН-1, 2, 3

Проводим расчет основной защиты трансформатора 2ВТ «БТЭЦ». Произведем расчет уставок дифференциальной защиты терминала РЕТ 521. Для этого выберем трансформаторы тока. Соединение выполнено по схеме звезда с нулевым проводом.

Выбираем коэффициенты трансформации трансформаторов тока с учетом условия.

Для силовых трансформаторов и автотрансформаторов, со стороны низкого напряжения которых подключены токоограничивающие реакторы принимают значения и при первом приближении (принимается тормозная характеристика №3) выбираются из технического паспорта РЕТ521. Выбираем трансформаторы тока для 2ВТ.

Параметры тормозных характеристик приведены в таблице 28:
Таблица 28 – Тормозные характеристики.

| Прибор | Тип | Нагрузка, В.А по фазам | | |
|------------|-----------|------------------------|---|------|
| | | А | В | С |
| Амперметр | СА-3021 | 0,5 | | |
| Ваттметр | СР-3021 | 0,5 | - | 0,5 |
| Варметр | СТ-3021 | 0,5 | - | 0,5 |
| Счетчик АЭ | СЕ301-S31 | 0,1 | - | 0,1 |
| Счетчик РЭ | | | | |
| ИТОГО | | 1,6 | | 0,35 |

Принимаем тормозную характеристику №2.

14 ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Пожарная безопасность на БТЭЦ предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла.

Основными системами пожарной безопасности на БТЭЦ являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Систему предотвращения пожара. В собственных нуждах составляет комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение возможности возникновения пожара. Предотвращение пожара достигается: устранением образования горячей среды; устранением образования в этой среде источника зажигания; поддержанием температуры горячей среды ниже максимально допустимой; поддержание в горючей среде давления ниже максимально допустимого и другими мерами.

Систему противопожарной защиты на БТЭЦ составляет комплекс организационных и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него.

Большое значение в обеспечении пожарной безопасности принадлежит противопожарным преградам, огнезащитным перегородкам. Противопожарные преграды предназначены для ограничения распространения пожара внутри рассматриваемого помещения. К ним относятся противопожарные стены, перекрытия, двери, перегородки. Виды пожарной техники, применяемые на пристанционном узле БТЭЦ.

Пожарная техника, предназначенная для защиты электрооборудования, классифицируется на следующие группы: пожарные машины, средства пожарной и охранной сигнализации, пожарное

оборудование, ручной инструмент, инвентарь и пожарные специальные устройства.

На БТЭЦ широко применяют установки водяного, пенного, газового и порошкового пожаротушения. Тушение пожара водой на БТЭЦ является наиболее дешевым и распространенным средством. Попадая в зону горения, она нагревается и испаряется, отнимая большое количество теплоты от горящих веществ.

В качестве первичных средств пожаротушения применяется песок и огнетушители расположенный у каждого взрывоопасного оборудования в частности трансформаторов.

Проезжую часть по территории БТЭЦ и к водоисточникам необходимо содержать в исправном состоянии, а в зимний период регулярно очищать от снега. Производственные, административные, складские и вспомогательные здания, помещения и сооружения на подстанции обеспечены первичными средствами пожаротушения: огнетушителями, ящиками с песком, асбестовыми или войлочными покрывалами и др. Переносные огнетушители на секциях собственных нужд

БТЭЦ размещаются на высоте не более 1,5 м от уровня пола, считая от нижнего торца огнетушителя. Допускается установка огнетушителей в тумбах или шкафах, конструкция которых должна обеспечивать доступ к нему.

Для размещения первичных средств тушения пожара в производственных и других помещениях, на секциях собственных нужд БТЭЦ, а также на территории подстанции, устанавливаются пожарные щиты (посты). Запорная арматура углекислотных, химических, воздушно - пенных, порошковых и других огнетушителей должна быть опломбирована.

С наступлением морозов пенные огнетушители находящиеся на улице переносятся в отапливаемые помещения. Углекислотные и порошковые огнетушители допускается устанавливать на улице при температуре воздуха не ниже 20°C.

Запрещается установка огнетушителей любых типов непосредственно у обогревателей, горячих трубопроводов и оборудования для исключения их нагрева.

В результате механического повреждения корпуса силового трансформатора 2 ВТ, 3ВТ возможно растекание масла по земле. Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждении маслonaполненных силовых трансформаторов с массой более 1т. и выше должны быть выполнены маслоприемники, с отводом масла либо без него.

15 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

На рисунке 11 представлена упрощенная схема электроснабжения потребителей 6 кВ собственных нужд БТЭЦ на примере второго энергоблока.

Номерами указаны основные элементы которые участвуют в передаче мощности от источников питания, в данном случае это трансформатор и генератор, к потребителю – секциям собственных нужд. Для примера проводим расчет параметров надежности электроснабжения секции 2Р.

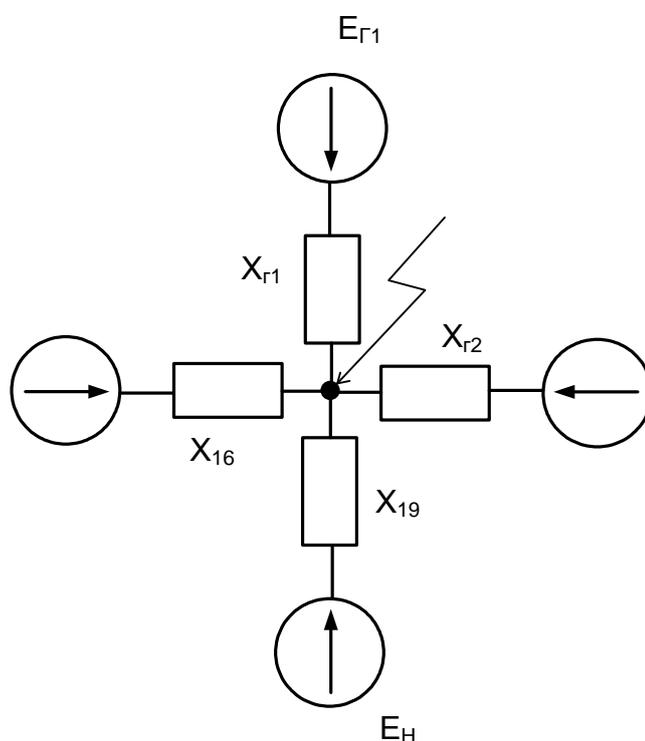


Рисунок 11 – Принципиальная однолинейная схема энергоблока №2 БТЭЦ.

При расчете принимаем следующие условия: в работе находятся как сам генератор так и блочный трансформатор секция 2Р получает питание от рабочего ввода

Параметрами характеризующими вероятность отключения элементов сети являются: параметр потокоотказов λ (1/год), среднее время восстановления $t_{в}$ (час), частота преднамеренных отключений $\lambda_{пр}$ (1/год),

среднее время преднамеренных отключений tпр. Параметры элементов согласно сведены в таблицу 29.

Таблица 29 - Параметры надежности элементов

| Название | I_нач | Iдоп_расч | I/I_доп |
|---|-------|-----------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Уссурийск2 110 - Отпайка(Кожзав.) | 107 | 330 | 32,4 |
| Отпайка(Кожзав.) - Кожзавод(УссурийскГ) | 259 | 330 | 78,5 |
| Уссур.ТЭЦ 110 - Отпайка(Кожзав.) (отключена) | | 520 | |
| Уссур.ТЭЦ 110 - Отпайка(Кожзав.) | 357 | 520 | 68,7 |
| УКФ(отпайка на Уссур.ТЭЦ) - Уссур.ТЭЦ 110 | 354 | 610 | 58 |
| УКФ(отпайка на Уссур.ТЭЦ) - Уссур.ТЭЦ 110 | 354 | 610 | 58 |

Для выключателя 110 кВ в данной схеме распределительного устройства защищаемым смежным элементом является трансформатор. Для выключателя 6 кВ смежными элементами являются трансформатор и шины 6 кВ. Для выключателя 15,75 кВ смежными элементами являются трансформатор и генератор.

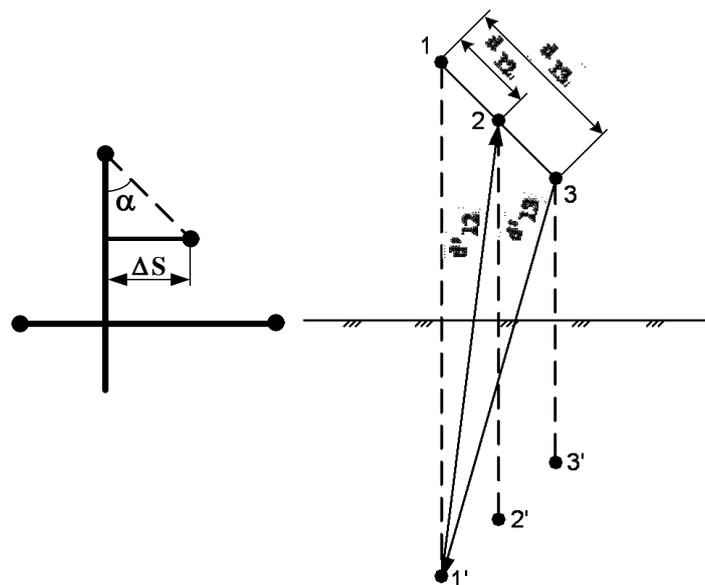


Рисунок 12 – Схема замещения энергоблока №2 БТЭЦ.

Расчет показал что среднее время безотказной работы имеет высокое значение, следовательно расчет закончен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был разработан вариант реконструкции системы электроснабжения собственных нужд «БТЭЦ».

Выполнен расчет электрических нагрузок на шинах низкого напряжения 0,4 кВ и высокого напряжения 6 кВ собственных нужд электростанции.

Произведен расчет токов короткого замыкания во всех характерных точках с учетом реконструкции СН.

Произведен выбор основного электрического оборудования как на секциях собственных нужд так и питающего трансформатора СН. Выбрана защита силовых трансформаторов СН.

Определены меры безопасности при реконструкции в области охраны окружающей среды, а так же рассмотрены различные чрезвычайные ситуации при эксплуатации оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Правила устройства электроустановок. Минэнерго РФ. – 7 изд.; Перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 617 с.
- 2 Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем. СО 153-34.20.118-2003.
- 5 Ананичева, С.С. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / С.С. Ананичева, А.Л.Мызин, С.Н.Шелюг. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2005. – 52 с.
- 6 Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б. И. Неклепаев, И. П. Крючков. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
- 7 Свод правил по проектированию тепловых электрических станций СП ТЭС-2007/ РАЭ ЕЭС России
- 8 РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования». – Введ. 23.03.1998 г. – М.: Московский энергетический институт. – 131 с.
- 9 Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов / Под ред. В.М. Блок. - М. : Высшая шк., 2011. – 383 с.
- 10 Динамика потребления электроэнергии как индикатор экономической активности/Аналитический центр при правительстве РФ-2016
- 11 Электротехнический справочник Т.3 / В. Г. Герасимов, П. Г. Грудинский, В. А. Лабунцов и др. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 964 с.
- 12 Программные комплексы в учебном проектировании электрической части станций / Р.А. Ванштейн – Томск: Издательство политехнического университета, 2010.
- 13 РД 153-34.3-35.125-99 «Руководство по защите электрических сетей 6 – 1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений». – Введ. 12.07.2001. – СПб.: Издательство ПЭИПК. – 185 с.

14 Блок, В.М. Электрические системы и сети. – М. : Высш.шк.,1986.

15 РД 34.03.301. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. – Челябинск: АТОКСО, 2005.