Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Омский государственный университет путей сообщения» –

структурное подразделение среднего профессионального образования

«Омский техникум железнодорожного транспорта»

(СП СПО ОТЖТ)

Специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

|  |  |
| --- | --- |
| Проект защищен с оценкой | К защите допустить: |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |

**ВЫБОР И ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ**

**ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ**

Пояснительная записка к курсовому проекту

ОТЖТ.3218705.000 ПЗ

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  | Руководитель проекта – |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е. А. Алексеева |
|  | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |
|  |  |
|  | Студент гр. ЭХ – 150 – III |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ A.A. Булгаков |
|  | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 г. |

Омск 2018

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Омский государственный университет путей сообщения»

структурное подразделение среднего профессионального образования

«Омский техникум железнодорожного транспорта»

(СП СПО ОТЖТ)

|  |
| --- |
| Утверждаю |
| председатель ПЦК 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Е.А. Алексеева  «31» августа 2018 г. |

Задание

на курсовой проект

Обучающемуся III курса, группы ЭХ-150, специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) Булгакову Андрею Андреевичу.

**Тема проекта** «Выбор и проверка оборудования тяговой подстанции» задана в соответствии с приказом по университету об утверждении тем курсовых проектов и курсовых работ студентов СП СПО ОТЖТ очной формы обучения на I семестр 2018-2019 учебного года № 2187/с от “24” сентября 2018г.

**Исходные данные к проекту.**

Данные для расчета и выбора приведены в приложении А.

**Содержание расчетно-пояснительной записки** (перечень подлежащих разработке вопросов).

1 Разборка однолинейной схемы

1.1 Схемы электрических соединений

1.2 Техника безопасности при выводе в ремонт силового оборудования

2 Расчет рабочих и аварийных режимов действующей подстанции

2.1 Мощность подстанции

2.2 Максимальные рабочие токи

2.3 Расчет токов короткого замыкания

3 Выбор и проверка оборудования

3.1 Выбор и проверка сборных шин и присоединений распределительного устройства

3.2 Выбор и проверка выключателей

3.3 Выбор и проверка разъединителей

3.4 Выбор и проверка измерительных трансформаторов тока

3.5 Выбор и проверка измерительных трансформаторов напряжения

**Графический материал**

Лист 1 Однолинейная схема подстанции

**Дата выдачи задания**: 01 сентября 2018 г.

**Срок окончания КП:** 03 декабря 2018 г.

Руководитель проекта \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.А. Алексеева

Задание к исполнению принял \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.А. Булгаков

**Отзыв**

руководителя на курсовой проект обучающегося группы ЭХ-150- III специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) СП СПО ОТЖТ Булгаков Андрей Андреевич.

Тема проекта:«Выбор и проверка оборудования тяговой подстанции».

Курсовой проект выполнен в полном объеме в соответствии с заданием и содержит пояснительную записку на 44 страниц и графическую часть на одном листе.

Проект выполнен на актуальную и имеющую практическое значение тему. Актуальность темы обусловлена проблемой повышения надежности системы электроснабжения тяговых, нетяговых и районных потребителей, за счет применения современных схематических решений распределительных устройств и однотипных (в пределах одного распределительного устройства), малогабаритных, экологических, взрыво- и пожаробезопасных коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов.

В рамках курсового проекта решены успешно следующие вопросы:

- выполнен анализ устаревшего оборудования и даны рекомендации по модернизации тяговой подстанции Кичера дистанции электроснабжения;

- рассчитаны рабочие и аварийные режимы действующих электроустановок для распределительных устройств 220, 27,5 и 10 кВ;

- даны рекомендации по реконструкции распределительных устройств 220; 27,5; и 10;

- разработана однолинейная схема тяговой подстанции в цветовом решении с распределительными устройствами 220/55/27,5/10 кВ в соответствие с условно-графическими обозначениями элементов, логически построена с применением типовых схематических решений; представлено её чтение, на примере, вывода в ремонт и ввода в работу трансформатор тока, установленного во фидере «два провода - рельс» в соответствии с организационно-техническими мероприятиями по обеспечению электробезопасности: с предоставлением фрагмента оперативной схемы, бланков переключений и плакатов по электробезопасности.

Положительным моментом является оформление пояснительной записки и графического материала с применением современного программных обеспечений Microsoft Word и Visio.

Во время проектирования обучающийся работал ответственно, самостоятельно принимал различные технические решения, применяя современную литературу. Разделы по курсовому проекту выполнялись в срок. Проект может быть допущен к защите и заслуживает оценки «отлично».

Руководитель проекта

преподаватель СП СПО ОТЖТ

Алексеева Е. А. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г.

Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение………………………………………………………………………. | 5 |
| 1 Разборка однолинейной схемы………………………………………….. | 6 |
| 1.1 Схемы электрических соединений………………………………………. | 6 |
| 1.2 Техника безопасности при выводе в ремонт силового оборудования... | 7 |
| 2 Расчет рабочих и аварийных режимов действующей подстанции…… | 9 |
| 2.1 Мощность подстанции…………………………………………………… | 9 |
| 2.2 Максимальные рабочие токи……………………………………………. | 14 |
| 2.3 Расчет токов короткого замыкания…………………………………….. | 15 |
| 3 Выбор и проверка оборудования……………………………………….. | 20 |
| 3.1.Выбор и проверка сборных шин и присоединений распределительного устройства ………………………………………… | 20 |
| 3.2 Выбор и проверка выключателей………………………………………. | 23 |
| 3.3 Выбор и проверка разъединителей…………………………………….. | 24 |
| 3.4 Выбор и проверка измерительных трансформаторов тока…………… | 24 |
| 3.5 Выбор и проверка измерительных трансформаторов напряжения…. | 25 |
| Заключение……………………………………………………………………. | 31 |
| Библиографический список………………………………………………… | 33 |
| Приложение А Исходные данные…………………………………………… | 34 |
| Приложение Б Параметры нормального и аварийного режимов  действующих электроустановок……………………………………………. | 36 |
| Приложение В Выбор выключателей, разъединителей и  трансформаторов тока……………………………………………………….. | 37 |
| Диск CD-R. Пояснительная записка. Файл КП МДК01.01 Булгаков.doc  Однолинейная схема подстанции. Файл Булгаков.vsd в формате Viseo. | | |
| Демонстрационный лист:  Однолинейная схема подстанции…………………………………лист 1 | | |

Введение

Основным элементом системы электроснабжения электрифицированных железных дорог являются тяговые подстанции. Они преобразовывают напряжение из одного уровня в другой (тяговые подстанции переменного тока) или из одного рода тока в другой (тяговые подстанции постоянного тока).

Подстанции проектируются в соответствии с действующими нормами и правилами, с применением современного электротехнического оборудования. Тяговые подстанций предназначены для электроснабжения тяговых и районных потребителей. В проект входят пояснительная записка, в которой представлены расчеты с пояснениями, выбор и проверка оборудования, и электрическая схема.

Цель работы: Выполнить выбор и проверку оборудования тяговой подстанции переменного тока 220/55/27,5/10 кВ с разработкой однолинейной схемы подстанции.

Цель представлена в следующих задачах:

- выполнить расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок;

- выбрать и проверить электрооборудования;

- разработать однолинейную схему тяговой подстанции.

Объект исследования: тяговая подстанция для электрифицированных железных дорог переменного тока с распределительными устройствами 220/55/27,5/10 кВ.

Метод исследования: аналитический.

1 Разборка однолинейной схемы

1.1 Схемы электрических соединений

В схеме открытого распределительного устройства(ОРУ) 220 кВ транзитной тяговой подстанции системы 2х25 кВ, включенной в рассечку ВЛ-220 кВ между вводами 1 и 2 тяговой подстанции расположены две перемычки:

- ремонтная с отключенными разъединителями QS2 и QS3 и трансформаторами тока TA1 ;

- рабочая с выключателем Q2 , трансформаторами тока TA4 и разъединителями QS6 и QS7 .

Выключатель и разъединитель рабочей перемычки нормально включены, через нее осуществляется транзит электроэнергии. Один однофазный, питающий ОРУ-55кВ, T1 и два трехфазных, питающих ОРУ-27,5кВ, трехобмоточных тяговых трансформатора T4, Т5 присоединяются к вводам с помощью выключателей Q9, Q10, Q11 с трансформаторами тока TA10, TA11, ТА12.Для защиты вводов от атмосферных и коммутационных перенапряжений присоединяются нелинейные ограничители перенапряжений R1,R2,R3. [ 1, с.309; 3.]

В схеме открытого распределительного устройства 27,5кВ секционирование осуществляется секционными разъединителями QS19, QS20. Они нормально включены и отключаются при выводе в ремонт секции шин. Питание контактной сети в ОРУ-27,5кВ осуществляется по фидерам оборудованными однополюсными выключателями Q24, 25, Q28, Q29 и по три однополюсных разъединителя – шинный, линейный, обходной. Обходное выключатели Q26 и Q27 предназначены для замены любого фидерного выключателя при выводе его в ремонт без перерыва питания ЭПС по этому фидеру контактной сети. Наличие дистанционного управления приводами разъединителей даёт возможность производить операцию замены фидерного выключателя обходным выключателем по телеуправлению. Нетяговые линейные потребители снабжаются электроэнергией по линиям «два провода - рельс» (ДПР), 25кВ которые получают питание по фидерам ДПР. Для питания сетей собственных нужд подстанции устанавливаются трансформаторы собственных нужд(ТСН) Т2 и Т6 присоединяются к шинам 27,5 кВ через трехполюсные выключатели Q15, Q18 со встроенными трансформаторами тока TA15, TA18 и двуполюсные разъединители QS15, QS24. [ 1, с.299]

Питание шин закрытого распределительного устройства(ЗРУ) 10 кВ осуществляется как от вторичных обмоток трансформаторов соединенных в “треугольник”. К ним подключаются фидера районных потребителей через выкатные выключатели Q4, Q5, Q7, Q8 . Для контроля напряжения на сборных шинах, питания приборов учета электроэнергии и защиты, к шинам присоединяются однофазные трансформаторы напряжения TV1, TV2. Через общие с ними разъединители к шинам присоединяются нелинейные ограничители перенапряжений R1, R2 ,которые защищают изоляцию ЗРУ от атмосферных и коммутационных перенапряжений.

Распределительное устройство 2х25 кВ имеет одинарную систему сборных шин. Ввод в ОРУ осуществляются от одного рабочего тягового трансформатора присоединенного к шинам К1, П1 от которых осуществляется питание контактного и питающего проводов. Питание контактной сети осуществляется по фидерам через выключатели Q20, Q21 и разъединители QS25, QS26 и QS28, QS29 или от обходной(запасной) шины К, П через обходные разъединители QS31, QS32 . Для контроля напряжения на сборных шинах, питания приборов учета электроэнергии и защиты, к шинам К1 и П1 присоединяются однофазные трансформаторы напряжения TV5, TV6. Через общие с ними разъединители к шинам присоединяются нелинейные ограничители перенапряжений R6,R7, которые защищают изоляцию открытого распределительного устройства от атмосферных и коммутационных перенапряжений. [1, с. 311]

1.2 Техника безопасности при выводе в ремонт силового оборудования

Фидер «два провода - рельс» укомплектован трансформатором тока типа ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ, разъединитель типа РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1 выключателем типа ВВН-СЭЩ 27,5-20/1600 У2.

Для вывода в ремонт трансформатора тока убедиться в отключенном положении Q1. Вывесить плакат «Не включать работают люди» на кнопку включения. Отключить ручным приводом разъединители QS1, QS2 и вывесить запрещающие плакаты, включить заземляющие ножи и вывесить предупреждающие плакаты. Убедиться в отсутствии напряжения и наложить переносное заземление, затем оградить рабочее место и вывесить плакаты «Стой! Напряжение» лицом внутрь ограждения, «Работать здесь» на входе в ограждение. Запросить у энергодиспетчера разрешение на допуск бригады, провести инструктаж на месте работы с росписями в наряде ЭУ-44. Сборка схемы после окончания работ и запроса у энергодиспетчера об вводе в работу производят по бланку переключений в обратном порядке(рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Фрагмент эксплуатационной схемы «два провода - рельс»

ОАО «РЖД»

ЭЧ-1 Зап. Сиб. ж.д.

ЭЧЭ-124

**Бланк переключения № 45**

Наименование электроустановки ЭЧЭ-124, ОРУ 35кВ, TA1

«30»\_\_\_11 2018г. Начало 06 час. 10 мин.

Конец 06 час. 20 мин.

Задание на переключение Вывод в ремонт TA1

**Последовательность производства операций при переключении**

|  |
| --- |
| 1. Убедиться в отключенном положении Q1 2. Вывесить плакат «Не включать работают люди» на Q1 3. Отключить QS1 4. Вывесить плакат «Не включать работают люди» на QS1 |
| 1. Отключить QS2 2. Вывесить плакат «Не включать работают люди» на QS2 |
| 1. Включить QSR1 |
| 1. Вывесить плакат «Заземлено» на привод разъединителя QS1 2. Включить QSR2 3. Вывесить плакат «Заземлено» на привод разъединителя QS2   8   1. Проверить отсутствие напряжения |
| 1. Установить переносное заземление № 8 с двух сторон Q1 |
| 1. Оградить рабочее место |
| 1. Вывесить плакат «Стой! Напряжение» |
| 1. Вывесить плакат «Работать здесь» на TA1 |

Лицо, производящее операции Контролирующее лицо

подпись подпись

**Примечание:**

1. Бланк производства операций заполняется лицом оперативного персонала, получившим распоряжение о производстве переключений от вышестоящего лица оперативного или административного электротехнического персонала.

2. О выполнении каждой операции или производства переключений контролирующим лицом делает отметка в бланке.

3. Срок хранения бланка после заполнения и исполнения – 3 месяца.

Рисунок 1.2 – Бланк переключений по выводу в ремонт трансформатора тока TA1

ЭЧЭ-124

**Бланк переключения № 46**

Наименование электроустановки ЭЧЭ-124, ОРУ 35кВ, TA1

«30»\_\_\_11 2018г. Начало 06 час. 50 мин.

Конец 07 час. 00 мин.

Задание на переключение Ввод в работу TA1

**Последовательность производства операций при переключении**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Снять плакат «Работать здесь» с Q1 2. Снять ограждение и плакат «Стой! Напряжение» |  |
| 1. Убрать ограждения 2. Снять переносное заземление № 8 с двух сторон Q1 |  |
| 1. Отключить QSR2 |  |
| 1. Снять плакат «Заземлено» с привода разъединителя QS3 |  |
| 1. Отключить QSR1 2. Снять плакат «Заземлено» с привода разъединителя QS1 3. Включить QS3 |  |
| 1. Снять плакат «Не включать работают люди» с QS3 |  |
| 1. Включить QS1 |  |
| 1. Снять плакат «Не включать работают люди» с QS1 |  |

Лицо, производящее операции Контролирующее лицо

подпись подпись

**Примечание:**

1. Бланк производства операций заполняется лицом оперативного персонала, получившим распоряжение о производстве переключений от вышестоящего лица оперативного или административного электротехнического персонала.

2. О выполнении каждой операции или производства переключений контролирующим лицом делает отметка в бланке.

3. Срок хранения бланка после заполнения и исполнения – 3 месяца.

Рисунок 1.3 – Бланк переключений по вводу в работу трансформатора тока TA1

2 Расчет рабочих и аварийных режимов действующей подстанции 2.1 Мощность районных потребителей

## Максимальная активная мощность потребителя:

## Рмакс р.п. = Ру р.п. · kс; (2.1)

## Рмакс р.п. 1 = 620∙ 0,51 = 316 кВт.

Тангенс угла φ:

Максимальная реактивная мощность районного потребителя:

, (2.3)

Qмакср.п.1 = 316 ∙ 0,36 = 114 квар.

Максимальная полная мощность пост электрической централизации:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |

Результаты расчетов максимальных активной, реактивной и полной мощностей пост электрической централизации и фабрика пищевых продуктов сведены в таблице 2.1. Аналогично рассчитываем максимальные активные, реактивной и полной мощности освещения и бытовой нагрузки для ЗРУ-10 кВ (таблица 2.1).

Сумма максимальных активных мощностей потребителей:

Таблица 2.1 – Максимальные мощности потребителей ЗРУ-10 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  потребителя | Исходные данные | | | | | Расчетные данные | | | |
| Установленная мощность потребителя Ру, кВт | Коэффициент спроса kc | | Коэффициент мощности cosφ | | Тангенс угла φ tgφ | Максимальная активная мощность потребителя Рмакс р.п.i,  кВт | Максимальная реактивная мощность потребителя Qмакс р.п.i, квар | Максимальная полная мощность потребителя Sмакс р.п. i, кВ·А |
| Пост электрической централизации | 620 | 0,51 | | 0,94 | | 0,36 | 316 | 114 | 336 |
| Фабрика пищевых продуктов | 2750 | 0,46 | | 0,92 | | 0,43 | 1265 | 544 | 1375 |
| Итого |  |  |  | |  | | 1581 | 658 | 1841 |

Сумма максимальных реактивных мощностей потребителей:

Максимальная полная мощность всех районных потребителей:

где Рпост – постоянные потери в стали трансформатора, принимаем 6%;

Рпер – переменные потери в стали трансформатора, принимаем 1,5%;

Мощность тяговой нагрузки:

Sтяг=27,5(2I'д+0,65I''д)·0,83kм (2.8)

Sтяг= 27,5(2·490+0,65·460)0,83·1,45=42300 кВ·А.

Полная расчетная мощность подстанции:

S27,5= (Sтяг+ SДПР +Sном.ТСН)·kр, (2.9)

где kр– коэффициент разновременности максимальных нагрузок, принимаем 0,95;

S27,5 = (42330+320+250)·0,95 = 40755 кВ·А.

Выбор главных понижающих трансформаторов

Расчетная мощность обмотки напряжением 10 кВ силового трансформатора:

S10 = Sмакс р.п.;. (2.10)

S10 = 1841 кВ∙А.

Полная расчетная мощность подстанции:

Sмакс = (S 27,5+ S10)·kр; (2.11)

Sмакс = (40755+1841) ·0,95 = 40466 кВ∙А.

Расчетная мощность главного понижающего трансформатора:

где kав– коэффициент допустимой аварийной перегрузки трансформатор по

отношению к его номинальной мощности, принимаем 1,4;

nтр– количество главных понижающих трансформаторов, принимаем

равным 2;

Выбираем главный понижающий трансформатор типа ТДТНЖ 40000/ 220 УХЛ1 (таблица 2.2):

UГПТ. расч. ≤ Sном.ГПТ; (2.13)

U1раб. ≤ U1ном; (2.14)

U2раб. ≤ U2ном; (2.15)

кВ·А<40000кВ·А;

220кВ <230кВ;

10кВ<11кВ.

Таблица 2.2 – Электрические характеристики масляных трансформаторов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номинальная мощность, кВ·А | Номинальное напряжение  обмоток, кВ | | | Напряжение короткого замыка-ния, % среднего напряжения | | Схема и группа соединения  обмоток |
| высшего напряжения | среднего напряжения | низшего напряжения | uкВ-С | uкВ-Н |
| ТДТНЖ 40000/ 220 УХЛ1 | 40000 | 230 | 27,5 | 11 | 12,5 | 22 | Y\*/Δ- Δ-11-11 |
| ОРДТЖ 25000/  220  У1 | 25000 | 230 | 27,5 | 11 | 13,2 | 20,7 | 1/1/1-1-0-0 |

Полная мощность подстанции

Сумма мощностей подстанций, питающихся через шины проектируемой транзитной подстанции:

ΣSтранз= nтрSном.ГПТ; (2.16)

Sтранз= 2·40000=80000 кВ·А.

Полная мощность транзитной тяговой подстанции:

Sтп= (nтрSном.ГПТ.+ΣSтранз)∙k'р, (2.17)

где k'р– коэффициент разновременности максимальных нагрузок проектируемой и соседних подстанции, для двухпутных участков принимаемый 0,75;

Sтп=(2·40000+80000) ·0,75 = 120000 кВ·А.

В таблице 2.3 сведены данные мощностей ТДТНЖ-40000/220 УХЛ1, трансформатора собственных нужд ТМ-250/10 УХЛ3. Определена мощность на шинах первичного напряжения подстанции, которая составила 120000 кВ∙А.

Таблица 2.3 – Полная мощность в элементах распределительных устройств

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного  устройства | Полная мощность | | Номинальные напряжения распределительных устройств подстанции, кВ | | |
| Обозначение параметра | Величина, кВ·А | U1 | U2 | U2 |
| Ввод тягового трансформатора | Sном.ГПТ | 40000 | 220кВ | 27,5кВ | 10кВ |
| Ввод второго понижающего трансформатора | Sном.ВПТ | 25000 | 220кВ | 27,5кВ | 10кВ |
| Сборные шины 10кВ | S10 | 1841 | – | – | 10кВ |
| Фидер «два провода - рельс» | SДПР | 320 | – | – | 10кВ |
| Пост электрической централизации | Sмакс р.п. 1 | 336 | – | – | 10кВ |
| Фабрика пищевых продуктов | Sмакс р.п. 2 | 1375 | – | – | 10кВ |
| Сборные шины 27,5кВ | S27,5 | 40755 | – | 27,5кВ | – |
| Ввод трансформатора собственных нужд | Sном.ТСН | 250 | – | 27,5кВ | – |

2.2 Максимальный рабочий ток

Максимальные рабочие токи вводов линии электропередач:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.18) |
|  |  |

Максимальные рабочие токи рабочей и ремонтной перемычки :

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.19) |
|  |  |

Максимальные рабочие токи вводов высокого и низкого напряжений тягового трансформатора, а также ввода высокого напряжения трансформатора собственных нужд:

(3.4)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | |  | (2.20) | |  |  | |  |
| |  |  | | --- | --- | |  |  | |  |

Подобным образом рассчитываем ввод низкого напряжений тягового трансформатора, а также ввода высокого напряжения трансформатора собственных нужд и сведены в таблице Б.1.

Максимальные рабочие токи сборных шин:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.21) |

где kрн2 – коэффициент распределения нагрузки на шинах среднего или низкого напряжения, принимаем 0,5 при числе присоединений 5 и более;

Подобным образом рассчитываем сборную шину 10 кВ и сводим в таблицу Б.1.

Максимальный рабочий ток фидеров «два провода - рельс»:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.21) |

Таким же образом рассчитываем фидер пост электрической централизации и фидер фабрика пищевых продуктов и сводим в таблицу Б.1.

В данном разделе для всех элементов распределительных устройств ОРУ-220кВ, ОРУ-27,5кВ и ЗРУ-10 кВ определены параметров нормального режима действующих электроустановок, результаты которых приведены в таблице Б.1: рабочее напряжение и максимальный рабочий ток.

2.3 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания до точки короткого замыкания определяем методом именованных единиц. Согласно схеме внешнего электроснабжения составлена расчетная схема (рисунок 4.1), по которой составлена схема замещения (рисунках 4.2), затем схемы преобразований

(рисунок4.3)[1. c.46] Рисунок 4.1 – Расчетная схема

Сопротивление систем:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.22) |

Аналогичным способом выполняем расчет сопротивлений х4-х6, результаты расчетов представлены на рисунке 4.2.

Сопротивление ЛЭП:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.23) |

Подобным способом выполняем расчет сопротивлений х5-х13, результаты расчетов представлены на рисунке 4.2.

Сопротивление трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.24) |

 Рисунок 4.2 – Схема замещения

Суммарное сопротивление:

Аналогичным способом выполняем расчет сопротивлений х19-х26, результаты расчетов представлены на рисунке 4.3, 4.4.



 



Рисунок 4.3 – Схема преобразования

Действующее значение тока короткого замыкания:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.25) |

где - коэффициент трансформации трансформатора, отношение базисного напряжения к напряжению в точке короткого замыкания;

Ударный ток:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.26) |

Результаты расчетов токов короткого замыкания сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты расчетов токов короткого замыкания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка короткого замыкания | , кВ |  |  |  |
| K1(3) | 230 | 52,047 | 2,6 | 6,6 |
| K2(3) | 26,2 | 134,704 | 7,5 | 19 |
|  | 10,5 | 197,522 | 14,7 | 37,5 |

Рассчитываем время отключения тока короткого замыкания для ввода высокого напряжения тягового трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.27) |

где tрз – собственное время срабатывания защиты, с;

tср– время выдержки срабатывания защиты, принимаем 0,1 с;

tсв – собственное время отключения

Рассчитываем тепловой импульс тока короткого замыкания для сборных шин:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.28) |

где Та – периодическая составляющая тока короткого замыкания, принимаем 0,05 с;

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Минимальное сечение:   |  |  | | --- | --- | |  | (2.29) |   где С – коэффициент для алюминиевых шин равный 88 |  |

Подобным образом рассчитываем время отключения, тепловой импульс тока короткого замыкания и минимальное сечение для ввода высокого напряжения тягового трансформатора, вводов высокого, среднего и низкого напряжения тягового трансформатора, сборных шин 27,5 и 10 кВ, фидеров тяговых, нетяговых и районных потребителей, результаты расчетов сведены в таблицу 4.1.

В данном разделе для всех элементов распределительных устройств ОРУ-220кВ, ОРУ-27,5кВ и ЗРУ-10кВ выполнены расчеты параметров аварийных режимов действующих электроустановок, результаты которых приведены в таблице Б.1:

-ударные токи короткого замыкания и тепловой импульс тока короткого замыкания для проверки выключателей, разъединителей и трансформаторов тока;

-действующие значения токов короткого замыкания для проверки выключателей.

Таблица 4.1 – Тепловые импульсы токов короткого замыкания

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное устройство | Элемент распределительного устройства | Iк, кА | tрз, с | tср, с | tсв, с | Tа, с | tотк, с | Bк, кА2∙с | qмин, мм2 |
| ОРУ-220 кВ | Ввод ЛЭП | 2,6 | 2,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,65 | 18 | 48 |
| Ремонтная перемычка | 2,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,65 | 18 | 48 |
| Рабочая перемычка | 2,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,65 | 18 | 48 |
| Ввод высокого напряжения тягового трансформатора | 2 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,15 | 15 | 44 |
| ОРУ-27,5кВ | Ввод среднего напряжения тягового трансформатора | 7,5 | 1,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,65 | 96 | 111 |
| Сборные шины 27,5 кВ | 1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,15 | 68 | 94 |
| Фидер «два провода - рельс» | 1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,15 | 68 | 94 |
| Ввод высокого напряжения трансформатора собственных нужд | 1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,15 | 68 | 94 |
| Фидер контактной сети 1 | 0 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 11 | 37 |
| Фидер контактной сети 2 | 0 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 11 | 37 |
| Фидер контактной сети 3 | 0 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 11 | 37 |
| Фидер контактной сети 4 | 0 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 11 | 37 |
| ЗРУ-10кВ | Сборные шины 10 кВ | 14,7 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 151 | 140 |
| Пост электрической централизации | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 151 | 140 |
| Фабрика пищевых продуктов | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,15 | 259 | 183 |
| Ввод низкого напряжения тягового | 1,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,65 | 367 | 217 |

3 Выбор и проверка оборудования

3.1 Выбор и проверка сборных шин и присоединений

распределительного устройства

Выбираем жесткие шины типа 2А-100х6, установленные в ЗРУ-10кВ:

по длительно допустимому току:

|  |  |
| --- | --- |
| Iраб.макс ≤Iдоп, | (3.1) |

где – допустимый ток, А;

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

по термической стойкости:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.2) |

где q – площадь сечения жесткой шины, мм2;

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Момент сопротивлений при расположении на ребро:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.3) |

где b – ширина и высота жёсткой шины, мм;

h – высота жёсткой шины, мм;

Электродинамическая стойкость:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5) |
|  |  |

где – расстояние между шинами, м;

– расстояние между изоляторами, м.



Проверяем на электродинамическую стойкость:

|  |  |
| --- | --- |
| σрасч. ≤ σдоп; | (3.6) |

184 МПа ˃ 80 МПа.

Условие не выполняется.

Момент сопротивлений при расположении плашмя:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.7) |

Электродинамическую стойкость определяем по формуле:

Проверяем на электродинамическую стойкость по условию:

|  |  |
| --- | --- |
| 11 МПа < 80 МПа. | (3.9) |

Жесткие шины типа А-100х6, установленные в ЗРУ-10кВ, является термически и динамически стойкими результаты сведены в таблицу 3.1.

Выбираем гибкие провода типа 2АС-240, установленные в ОРУ-35кВ:

по длительно допустимому току по условию (3.1):

1092 А < 1220 А;

по термической стойкости по условию (3.2):

111 мм2 < 240 мм2.

Радиус провода:

где – диаметр провода, мм:

Максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля при котором возникает разряд в виде короны:

где m – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности провода, принимаемый для многопроволочных проводов 0,82;

Среднее геометрическое расстояние между проводами фаз при горизонтальном расположении:

где D – расстояние между соседними фазами, для ССШ 35 кВ – 150 см;

Напряженность электрического поля около поверхности провода:

где U – линейное напряжение, приложенное к шинам, кВ;

Проверяем по отсутствию коронирования:

1,07· кВ/см < 0,9·32 кВ/см;

5,4 кВ/см < 28,8 кВ/см.

Гибкие провода 2АС-240, установленные в ОРУ-35кВ, являются термически стойкими. Подобным образом выбираем АС-240 в ОРУ-220 и АС-300 в ОРУ-27,5 результаты сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Выбор проводов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное устройство | Параметры | | Расчетные данные | Паспортные данные |
| ОРУ-220 | Тип | | – | АС-240 |
| Материал провода | | Сталеалюминий |
| Нормальный режим | по длительному допустимому току | Iраб.макс= 420А | Iраб.макс=610А |
| Аварийный режим | на термическую стойкость | qмин= 48мм2 | q=240мм2 |
| ОРУ-35 | Тип | | – | 2АС-240 |
| Материал провода | | Сталеалюминий |
| Нормальный режим | по длительному допустимому току | Iраб.макс=1092А | Iраб.макс=1220А |
| Аварийный режим | на термическую стойкость | qмин=111мм2 | q=240мм2 |
| ОРУ-27,5 | Тип | | – | АС-300 |
| Материал провода | | Сталеалюминий |
| Нормальный режим | по длительному допустимому току | Iраб.макс= 640А | Iраб.макс=690А |
| Аварийный режим | на термическую стойкость | qмин=37мм2 | q=240мм2 |
| ЗРУ-10 | Тип | | – | 2А-100х6 |
| Материал провода | | Алюминий |
| Расположение | | Плашмя |
| Нормальный режим | по длительному допустимому току | Iраб.макс=3002А | Iраб.макс=3250А |
| Аварийный режим | на электродинамическую стойкость | σрасч=11МПа | σдоп=80МПа |
| на термическую стойкость | qмин=217мм2 | q=600мм2 |

3.2 Выбор и проверка выключателей

Выбираем выключатель типа ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2, установленный в фидере «два провода - рельс»:

по роду установки – наружный;

по конструктивному исполнению – вакуумный;

по номинальному напряжению:

27,5кВ35кВ;

по номинальному току:

Проверка выключатель на динамическую стойкость:

19кА < 50 кА;

на термическую стойкость:

по номинальному току отключения:

7,5кА < 20 кА.

Выключатель ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2, установленный в фидере «два провода - рельс», является динамически, термически стойким и соответствует номинальному току отключения, результаты выбора и проверки представлены в таблице В.2. [1. c.146; 8.]

Аналогично выбираем выключатели **ВЭБ-УЭТМ-220 -50/2500-УХЛ1** и ВВУ-СЭЩ-10-П-10-40/3150 У2 для распределительных устройств 220/ 27,5/10 кВ, являющиеся термически, динамически стойкими и соответствующие номинальному току отключения, результаты расчетов сведены в таблице В.2, В.3.

3.3 Выбор и проверка разъединителя

Выбираем выключатель типа РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1, установленный в фидере «два провода - рельс»:

по роду установки – наружный;

по конструктивному исполнению – горизонтально-поворотный;

по номинальному напряжению по условию:

27,5кВ35кВ (3.18)



по номинальному току по условию:

(3.19)

Проверка выключатель на динамическую стойкость по условию:

21кА < 80 кА; (3.20)

на термическую стойкость по условию:

(3.21)

Разъединитель типа РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1, установленный в фидере «два провода - рельс», является динамически, термически стойким и соответствует номинальному току отключения, результаты выбора и проверки представлены в таблице В.2. [1. c.153]

Аналогично выбираем разъединители РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 и РВ-СЭЩ-10/630 У2 для распределительных устройств 220 и 10 кВ, являющиеся термически, динамически стойкими и соответствующие номинальному току отключения, результаты расчетов сведены в таблицы В.2, В.3.

3.4 Выбор и проверка трансформатора тока

Выбираем трансформатора тока типа ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ, установленный в фидере «два провода - рельс»:

по роду установки – внутренний;

по конструктивному исполнению – литой;

по номинальному напряжению по условию:

27,5кВ35кВ; (3.22)



по номинальному току по условию:

Проверка выключатель на динамическую стойкость по условию:

19кА < 80 кА; (3.24)

на термическую стойкость по условию:

Трансформатора тока типа ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ, установленный в фидере «два провода - рельс», является динамически, термически стойким и соответствует номинальному току отключения, результаты выбора и проверки представлены в таблице В.2. [1. c.81]

Подобным выбираем трансформаторы тока **ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1 и** ТШЛ-СЭЩ-10/4000 У2 для распределительных устройств 220 и 10 кВ, являющиеся термически, динамически стойкими и соответствующие номинальному току отключения, результаты расчетов сведены в таблицы В.2, В.3.

3.5 Выбор и проверка измерительных трансформаторов напряжения

Расчетная мощность приборов:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.30) |

где – номинальная мощность вторичной обмотки трансформатора в соответствующем классе точности, В∙А;

– активные мощности приборов и реле (таблицы 7.1, 7.2), В·А;

– реактивные мощности приборов и реле (таблицы 7.1, 7.2), В·А;

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Таблица 3.2 – Расчетная вторичная мощность приборов

для ОРУ-27,5кВ по классу точности 0,5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Класс точности |  |  | Кол-во |  |  |  |
| Счетчик активной энергии | СА3У | 0,5 | 8 | 0,38 | 6 | 0,92 | 18,24 | 44,16 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4У | 0,5 | 12 | 0,38 | 6 | 0,92 | 27,36 | 66,24 |
| Суммарная мощность всех приборов | | | | | | | 45,6 | 110,4 |

Таблица 3.3 – Расчетная вторичная мощность приборов

для ОРУ-220кВ по классу точности 0,5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Класс точности |  |  | Кол-во |  |  |  |
| Счетчик активной энергии | СА3У | 0,5 | 8 | 0,38 | 2 | 0,92 | 6,08 | 14,72 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4У | 0,5 | 12 | 0,38 | 2 | 0,92 | 9,12 | 22,08 |
| Суммарная мощность всех приборов | | | | | | | 15,2 | 36,8 |

Таблица 3.4 – Расчетная вторичная мощность приборов для ОРУ-10кВ по классу точности 0,5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Класс точности |  |  | Кол-во |  |  |  |
| Счетчик активной энергии | СА3У | 0,5 | 8 | 0,38 | 2 | 0,92 | 6,08 | 14,72 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4У | 0,5 | 8 | 0,38 | 2 | 0,92 | 9,12 | 22,08 |
| Суммарная мощность всех приборов | | | | | | | 15,2 | 36,8 |

Таблица 3.5 – Расчетная вторичная мощность приборов для ОРУ-27,5кВ,

ОРУ -220кВ и ЗРУ -10кВ по классу точности 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | Класс точности |  |  | Кол-во |  |  |  |
| Вольтметр | Э378 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| Реле напряжения | РН-50 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 4 | 0 |
| Суммарная мощность всех приборов | | | | | | | 6 | 0 |

Выбираем трансформатор напряжения типа ЗНОЛ-ТН3-35 III, подключаемый к фидеру контактной сети 27,5 кВ,:

по роду установки – внутренняя;

по конструктивному исполнению – литой;

по номинальному напряжению по условию (5.1):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.31) |

Проверяем трансформатор напряжения по классам точности 0,5 и 1:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.32) |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Трансформатор напряжения типа ЗНОЛ-ТН3-35 III, подключаемый к фидеру «два провода - рельс» 35кВ, соответствует классам точности 0,5 и 1, результаты выбора и проверки представлены в таблице 7.5.

Аналогично выбираем трансформатор напряжения ЗНГ-УЭТМ-220 У1 и НАЛИ-СЭЩ-10У2, которые соответствует классам точности 0,5 и 1. Расчетные данные по классу точности, сведены в таблицы 7.2, 7.3, 7.4, по выбору и проверке – с таблицу 7.5.

Таблица 3.6– Результаты выбора и проверки трансформаторов напряжения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Параметры | | Расчетные  данные | Трансформатор  напряжения | Ограничитель перенапряжения |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 |
| Ввод высокого напряжения тягового трансформатора | Тип | | – | ЗНГ-УЭТМ-220 У1 |  |
| по роду установки | | наружный |  |
| по конструктивному исполнению | | элегазовый |  |
| по номинальному напряжению | | Uраб =220 кВ | Uном= 220 кВ |  |
| Класс точности | 1 | S2расч = 6В·А | Sном = 600В·А |  |
| 0,5 | S2расч = 40В·А | Sном = 400В·А |  |
| Ввод среднего напряжения тягового трансформатора | Тип | | – | ЗНОЛ-СЭЩ-35 IV | ОПН-П/ЗЭУ-27,5 |
| по роду установки | | внутренний |  |
| по конструктивному исполнению | | литой |  |
| по номинальному напряжению | | Uраб =27,5 кВ | Uном= 35 кВ | Uном=27,5кВ |
| Класс точности | 1 | S2расч = 6В·А | Sном = 200В·А |  |
| 0,5 | S2расч = 119В·А | Sном = 150В·А |  |
| Сборные шины 27,5 кВ | Тип | | – | ЗНОЛ-СЭЩ-35 IV |  |
| по роду установки | | внутренний |  |
| по конструктивному исполнению | | литой |  |
| по номинальному напряжению | | Uраб =27,5 кВ | Uном= 35 кВ |  |
| Класс точности | 1 | S2расч = 6В·А | Sном = 200В·А |  |
| 0,5 | S2расч = 119В·А | Sном = 150В·А |  |
| Сборные шины 10 кВ | Тип | | – | НАЛИ-СЭЩ-10У2 | ОПН-П-10 |
| по роду установки | | наружный |  |
| по конструктивному исполнению | | литой |  |
| по номинальному напряжению | | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном=10кВ |
| Класс точности | 1 | S2расч = 6В·А | Sном = 225В·А |  |
| 0,5 | S2расч = 40В·А | Sном = 150В·А |  |

В данном разделе для всех элементов распределительных устройств ОРУ-220кВ, ОРУ-27,5(35)кВ, ЗРУ-10кВ выбрано электрооборудование:

- для открытого распределительного устройства 220кВ выключатель **ВЭБ-УЭТМ-220 -50/3150-УХЛ1,** трансформаторами тока **ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1**, разъединитель РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 и трансформатор напряжения ЗНГ-УЭТМ-220 У1;

- для открытого распределительного устройства 27,5кВ выключатель ВВН-СЭЩ 27,5-20/1600 У2**,** трансформаторами тока ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ, разъединитель РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1и трансформатор напряжения ЗНОЛ-ТН3-35 III;

- для закрытого распределительного устройства 10кВ выключатель ВВУ-СЭЩ-П-10 50/1600 У2**,** трансформаторами тока ТПЛ-СЭЩ-10/2000 У2, разъединитель РВ-СЭЩ-10/630 У2 и трансформатор напряжения НАЛИ-СЭЩ-10У2.

Таблица 3.7 – Оборудование открытого распределительного устройства 220кВ

ОАО «Уралэлектротяжмаш»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование электрооборудования | Маркировка  с ее расшифровкой | Внешний вид электрооборудования для элементов распределительного устройства | | | |
| Ввод ЛЭП | Ввод высокого напряжения тягового трансформатора | Рабочая перемычка | Ремонтная перемычка |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Выключатель | ВЭБ-УЭТМ-220 -50/3150-УХЛ1 – Выключатель элегазовый баковый с номинальным напряжением 220кВ на номинальный ток 3150 А умеренно-холодного климатического исполнения. | http://www.uetm.ru/fs/cache/b6/6c/0f/0c/dd603134e88b7bd50f5a0c3a.jpg | | |  |
| Разъединитель | РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 – Разъединитель с двумя поворотными колонками изоляторов на номинальное напряжение 220кВ с номинальным током 2500 А умеренно-холодного климатического исполнения внутренней установки | http://www.uetm.ru/fs/cache/93/25/54/c6/4f4e67d33386a2b42043843e.jpg | | | |
| Трансформатор тока | ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1 – Трансформатор тока для подключения релейной защиты на номинальное напряжение 220кВ с номинальным током 2500 А умеренного климатического исполнения внутренней установки | /fs/cache/c7/b4/52/2f/e6d71a7b7a19bdc8e6102953.jpg/fs/cache/c7/b4/52/2f/e6d71a7b7a19bdc8e6102953.jpg/fs/cache/c7/b4/52/2f/e6d71a7b7a19bdc8e6102953.jpg | | | |

Окончание таблицы 3.7

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Трансформатор напряжения | ЗНГ-УЭТМ-220 У1 – трансформатор напряжения с заземлённым выводом высокого напряжения с номинальным напряжением 220 кВ умеренного климатического исполнения наружной установки | /fs/cache/4e/9d/16/6b/f894ee8f2b1e3930c611a5d5.jpg/fs/cache/4e/9d/16/6b/f894ee8f2b1e3930c611a5d5.jpg/fs/cache/4e/9d/16/6b/f894ee8f2b1e3930c611a5d5.jpg | | | |

Таблица 3.8 – Оборудование открытого распределительного устройства

ОАО «Самарский завод «Электрощит»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование электрооборудования | Маркировка  с ее расшифровкой | Внешний вид электрооборудования для элементов распределительного устройства | | | |
| Ввод среднего напряжения тягового трансформатора | Ввод высокого напряжения трансформатора собственных нужд | Фидер «два провода - рельс» | Фидера контактной сети |
| Выключатель | ВВН-СЭЩ 27,5(35)-20/1600 У2 Выключатель вакуумный наружной установки с номинальным напряжением 27,5 кВ на номинальный ток 1600 А умеренного климатического исполнения. | http://energobalt.com/wp-content/uploads/2016/10/vvn_seshch_35-_27_5.jpg | | | 136681413430_1135 |
| Разъединитель | РГПЗ СЭЩ - 1 -III-35/2000 УХЛ1– Разъединитель с двумя поворотными колонками изоляторов с заземляющим контактом на номинальное напряжение 35кВ с номинальным током 2500 А умеренно-холодного климатического исполнения внутренней установки | http://www.uetm.ru/fs/cache/93/25/54/c6/4f4e67d33386a2b42043843e.jpg | | | 13788499 |
| Трансформатор тока | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ – трансформатор тока опорный с литой изоляцией с номинальным напряжением 35 кВ с номинальным током 1200 А на умеренно-холодного климатического исполнения | https://im0-tub-ru.yandex.net/i?id=8ce4c2b7ff1fe30e0c3303fff3d8f8c5-sr&n=13https://im0-tub-ru.yandex.net/i?id=8ce4c2b7ff1fe30e0c3303fff3d8f8c5-sr&n=13https://im0-tub-ru.yandex.net/i?id=8ce4c2b7ff1fe30e0c3303fff3d8f8c5-sr&n=13 | | | |

Окончание таблицы 3.8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Трансформатор напряжения | ЗНОЛ-ТН3-35 III УХЛ трансформатор напряжения с заземлённым выводом высокого напряжения с литой изоляцией однофазный с номинальным напряжением 35 кВ умеренно-холодного климатического исполнения наружной установки | https://electroshield.ru/upload/resize_cache/iblock/df2/910_475_1/znol_seshch_10kv-u2.jpghttps://electroshield.ru/upload/resize_cache/iblock/df2/910_475_1/znol_seshch_10kv-u2.jpghttps://electroshield.ru/upload/resize_cache/iblock/df2/910_475_1/znol_seshch_10kv-u2.jpg |

Таблица 3.9– Оборудование закрытого распределительного устройства 10кВ

из КРУ-СЭЩ-61М 10

ОАО «Самарский завод «Электрощит»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование электрооборудования | Маркировка  с ее расшифровкой | Внешний вид электрооборудования для элементов распределительного устройства | | | |
| Фидер локомотивное депо | Фидер пост электрической централизации | Ввод низкого напряжения трансформатора собственных нужд | Сборные шины 10 кВ |
| Выключатель | ВВУ-СЭЩ-П-10 50/1600 У2 – Выключатель вакуумный унифицированный с номинальным напряжением 10 кВ на номинальный ток 1600 А умеренного климатического исполнения. | http://f1.ds-russia.ru/u_dirs/087/87384/ecaf8124fb548969924e0405761e8e9a.jpg | | | |
| Трансформатор тока | ТШЛ-СЭЩ-10/4000 У2– трансформатор тока продольный с литой изоляцией с номинальным напряжением 10 кВ на номинальный ток 4000 А на умеренно-холодного климатического исполнения | ÐÐ°ÑÑÐ¸Ð½ÐºÐ¸ Ð¿Ð¾ Ð·Ð°Ð¿ÑÐ¾ÑÑ Ð¢Ð¨Ð-Ð¡Ð­Ð©-10/4000 Ð£2 ÐÐ°ÑÑÐ¸Ð½ÐºÐ¸ Ð¿Ð¾ Ð·Ð°Ð¿ÑÐ¾ÑÑ Ð¢Ð¨Ð-Ð¡Ð­Ð©-10/4000 Ð£2ÐÐ°ÑÑÐ¸Ð½ÐºÐ¸ Ð¿Ð¾ Ð·Ð°Ð¿ÑÐ¾ÑÑ Ð¢Ð¨Ð-Ð¡Ð­Ð©-10/4000 Ð£2 | | | |
| Трансформатор напряжения | НАЛИ-СЭЩ-10 У2 –трансформатор напряжения антирезонансный литой для контроля изоляции с номинальным напряжением 10 кВ умеренного климатического исполнения внутренней установки |  | | | |

Заключение

В курсовом проекте по междисциплинарному курсу ПМ.01 МДК.01.01 «Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций» на тему «Выбор и проверка оборудования тяговой подстанции» были выполнены выбор и проверка оборудования тяговой подстанции электрифицированной на переменном роде тока, разработана однолинейная схема тяговой подстанции с указанием всех выбранных маркировок оборудования.

При расчете рабочих режимов электроустановок выполнены значения мощностей и максимальных рабочих токов для всех элементов присоединений рассматриваемой подстанции.

Расчеты аварийных режимов электроустановок составили:

- для открытого распределительного устройства ОРУ-220кВ действующее значение тока короткого замыкания 2,6 кА; ударный ток 6,6 кА, максимальные значения теплового импульса 18кА2·с и минимального сечения 48 мм2;

- для открытого распределительного устройства ОРУ-27,5(35)кВ действующее значение тока короткого замыкания 7,5 кА; ударный ток 19 кА, максимальные значения теплового импульса 96кА2·с и минимального сечения 111 мм2;

- для закрытого распределительного устройства ЗРУ-10кВ действующее значение тока короткого замыкания 14,7 кА; ударный ток 37,5 кА, максимальные значения теплового импульса 367кА2·с и минимального сечения 217 мм2;

Реконструкция тяговой подстанции современным взрыво- и пожаробезопасным оборудованием:

- для преобразования электрической энергии напряжением 220кВ до 27,5кВ и 10 кВ тяговые трансформаторы ТДТНЖ-40000/220 УХЛ1 и ОРДТЖ-25000/220 У1,

- для открытого распределительного устройства 220кВ выключатель ВМТ-220Б-25/1250 был модернизирован на ВЭБ-УЭТМ-220 -50/3150-УХЛ1**,** трансформаторами тока ТФЗМ-220-500 был модернизирован на ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1, разъединитель РНДЗ-220-1000 был модернизирован на РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 и трансформатор напряжения НАЛИ-220УХЛ1 был модернизирован на ЗНГ-УЭТМ-220 У1 и выбраны гибкие провода АС-240;

- для открытого распределительного устройства 35(27,5)кВ: выключатель ВМУЭ-35(27,5)Б-25/1250УХЛ1 был модернизирован на ВВН-СЭЩ 35(27,5)-20/1600 У2**,** трансформаторами тока ТФЗМ-35А-У1-1000 был модернизирован на ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ, разъединитель РНДЗ-35-1000 был модернизирован на РГПЗ СЭЩ - 1 -III-35/2000 УХЛ1 и трансформатор напряжения ЗНОМ-35-65У1 был модернизирован на ЗНОЛ-ТН3-35 III;

- для закрытого распределительного устройства 10кВ выключатель ВМПЭ-10/1000 был модернизирован на ВВУ-СЭЩ-10-П-10-40/3150 У2**,** трансформаторами тока ТВК-10/100 был модернизирован на ТШЛ-СЭЩ-10/4000 У2 и трансформатор напряжения НТМИ-10У1 был модернизирован на НАЛИ-СЭЩ-10У2;

По выбранному оборудованию ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2, ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ, РГПЗ СЭЩ - 1 -III-35/2000 УХЛ1 и гибкие провода 2АС-240; проведена проверка для конкретного элемента присоединения – «два провода - рельс» – которая удовлетворяет аварийному режиму работы распределительного устройства ОРУ – 35кВ.

Разработана однолинейная схема тяговой подстанции переменного тока (лист 1) на основании типовых схем распределительных устройств 220/55/27,5/10 кВ с указанием всех выбранных маркировок электрического оборудования и с чтением ее, на примере вывода в ремонт трансформатора тока, установленного в фидере «два провода - рельс», с соблюдением техники безопасности.

Данный курсовой проект может быть полезен молодым специалистам энергетикам при проектировании тяговой подстанции на вновь электрифицированных участках и для изучения особенностей действующих подстанций.

Библиографический список

1. *Кожунов В. И.* Устройство электрических подстанций [Текст] : учебное пособие для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта : допущено Федеральным агентством железнодорожного транспорта / В. И. Кожунов ; Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. - М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. - 401 с. - (Среднее профессиональное образование) (Федеральный государственный образовательный стандарт) (Учебное пособие). - ISBN978-5-89035-951-3
2. Сибикин, Ю.Д. [Электронный ресурс] Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин, 2014. – 249 с.– Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=259060>
3. Правила устройства электроустановок. Главы 1.1, 1.2, 1.7–1.9, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 6.1–6.6, 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.10 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Москва : ЭНАС, 2015. — 552 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/104571>
4. Тяговое электроснабжение [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://вики.жд.рф/wiki/Тяговое_электроснабжение>
5. Локомотив. Раздел электроснабжение [Электронный ресурс] Режим доступа <http://lokomo.ru/elektrosnabzhenie.html>
6. Все о тяговой подстанции и даже больше [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://generatorvolt.ru/ehlektrogenerator/vse-o-tyagovojj-podstancii-i-dazhe-bolshe.html>
7. Синицин Н.Ф. Устройство защиты персонала от наведенного напряжения // Локомотив. 2016. №1. С. 42.
8. Чекулаев В.Е., Бекренев В.Ю. Надёжность изоляторов – важнейшая задача производителей и потребителей // Локомотив. 2014. №4. С. 39.

Приложение А

(справочное)

Исходные данные

Таблица А.1 – Характеристики районных потребителей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование потребителя | Напряжение линии потребителя, кВ | Установленная мощность потребителя Ру, кВт | Коэффициент спроса kc | Коэффициент мощности соsφ | Категория потребителя |
| Пост электрической централизации | 10 | 620 | 0,51 | 0,94 | 1 |
| Фабрика пищевых продуктов | 10 | 2750 | 0,46 | 0,92 | 2 |

Таблица А.2 – Исходные данные для выбора оборудования подстанции

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Параметр |
| Тип подстанции | транзитная |
| Напряжения распределительных устройств, кВ |  |
| U1 | 220 |
| U2 | 55 |
| U3 | 27,5 |
| U4 | 10 |
| Ток наиболее загруженного плеча питания I'д, А | 490 |
| Ток наименее загруженного плеча питания I''д, А | 460 |
| Мощность фидера два провода – рельс SДПР, кВ∙А | 320 |
| Номинальная мощность трансформатора собственных нужд Sном.СН, кВ∙А | 250 |
| Максимальные рабочие токи фидеров контактной сети, А: | |
| первый | 550 |
| второй | 640 |
| третий | 500 |
| четвертый | 600 |

Таблица А.3 – Характеристики для схемы внешнего электроснабжения

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Параметр |
| Номер подстанции | 4 |
| Длина воздушных линий, км: | |
| l1 | 58 |
| l2 | 85 |
| l3 | 60 |
| l4 | 58 |
| l5 | 50 |
| l6 | 50 |
| l7 | 54 |
| l8 | 61 |
| l9 | 50 |
| l10 | 53 |
| l11 | 54 |
| l12 | 61 |
| l13 | 50 |
| l14 | 57 |
| Мощность короткого замыкания на шинах вторичного напряжения 230 (115) кВ районной подстанции | |
| РП-1 Sкс1, МВ∙А | 1700 |
| РП-2 Sкс2, МВ∙А | 2200 |
| РП-3 Sкс3, МВ∙А | 1700 |

Рисунок А.1 – Схема внешнего электроснабжения

Таблица Б.1– Параметры нормальных и аварийных режимов действующих электроустановок

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное устройство | Элемент распределительного устройства | Нормальный режим | | Аварийный режим | | | Приложение Б  (справочное)  Параметры нормального и аварийного режимов  действующих электроустановок |
| Рабочее напряжение Uраб, кВ | Максимальный рабочий ток  Iраб макс , А | Ударный ток iу, кА | Тепловой импульс Bк, кА2∙с | Действующее значение тока короткого замыкания Iк, кА |
| ОРУ-220 кВ | Ввод ЛЭП | 220 | 420 | 6,6 | 18 | 2,6 |
| Ремонтная перемычка | 346 | 18 |
| Рабочая перемычка | 346 | 18 |
| Ввод высокого напряжения тягового трансформатора | 136 | 15 |
| ОРУ-27,5кВ  36 | Ввод среднего напряжения тягового трансформатора | 27,5 | 1092 | 19 | 96 | 7,5 |
| Сборные шины 27,5 кВ | 428 | 68 |
| Фидер «два провода - рельс» | 10 | 68 |
| Ввод высокого напряжения трансформатора собственных нужд | 6,8 | 68 |
| Фидер контактной сети 1 | 550 | 11 |
| Фидер контактной сети 2 | 640 | 11 |
| Фидер контактной сети 3 | 500 | 11 |
| Фидер контактной сети 4 | 600 | 11 |
| ЗРУ- 10кВ | Пост электрической централизации | 10 | 29 | 37,5 | 151 | 14,7 |
| Фабрика пищевых продуктов | 119 | 151 |
| Сборные шины 10 кВ | 53 | 259 |  |
| Ввод низкого напряжения тягового трансформатора | 3002 | 367 |  |

Таблица В.1 – Выбор выключателей, разъединителей и трансформаторов тока для 27,5 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Параметры | | | Расчетные данные | Паспортные данные | | | Приложение В  (справочное)  Выбор выключателей, разъединителей и  трансформаторов тока |
| Выключателя | Разъединителя | Трансформатора тока |
| 1 | 2 | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ввод среднего напряжения тягового трансформатора  37 | Тип | | | – | ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2 | РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1 | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ |
| по роду установки | | | наружный | наружный | наружный |
| по конструктивному исполнению | | | вакуумный | Горизонтально-поворотный | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | | Uраб =27,5 кВ | 27,5 кВ | 35 кВ | 27,5 кВ |
| по номинальному току | | Iраб.макс= 1092А | 1600А | 2000А | 1200А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | | iу= 19кА | 51 кА | 80 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | | Вк= 96кА2∙с | 1200 кА2∙с | 2977кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | | Iк= 7,5кА | 25 кА | – | |
| Ввод высокого напряжения трансформатора собственных нужд | Тип | | | – | ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2 | РГПЗ СЭЩ -2-III-35/1000 УХЛ1 | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ |
| по роду установки | | | внутренний | внутренний | внутренний |
| по конструктивному исполнению | | | вакуумный | Горизонтально-поворотный |  |
| Нормальный режим | | по номинальному напряжению | Uраб =27,5 кВ | 27,5 кВ | 35 кВ | 27,5 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=6,8 А | 1600А | 2000А | 1200А |
| Аварийный режим | | на динамическую стойкость | iу=19кА | 51 кА | 80 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк=68 кА2∙с | 1200 кА2∙с | 2977кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 7,5кА | 20 кА | – | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Продолжение таблицы В.1 | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Фидер «два провода - рельс»  38 | Тип | | – | ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2 | РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1 | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | Горизонтально-поворотный |  |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =27,5 кВ | 27,5 кВ | 35 кВ | 27,5 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс= 10А | 1600А | 2000А | 1200А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=19кА | 51 кА | 80 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк= 68кА2∙с | 1200 кА2∙с | 2977кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 7,5кА | 20 кА | – | |
| Фидер контактной сети 1 | Тип | | – | ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2 | РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1 | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | Горизонтально-поворотный |  |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =27,5 кВ | 27,5 кВ | 35 кВ | 27,5 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс= 550 А | 1600А | 2000А | 1200А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=19кА | 51 кА | 80 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк=11 кА2∙с | 1200 кА2∙с | 2977кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 7,5кА | 20 кА | – | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Продолжение таблицы В.1 | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Фидер контактной сети 2  39 | Тип | | – | ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2 | РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1 | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ | |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный | |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | Горизонтально-поворотный |  | |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =27,5 кВ | 27,5 кВ | 35 кВ | 27,5 кВ | |
| по номинальному току | Iраб.макс= 640 А | 1600А | 2000А | 1200А | |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=19кА | 51 кА | 80 кА | 100 кА | |
| на термическую стойкость | Вк=11 кА2∙с | 1200 кА2∙с | 2977кА2∙с | 1600 кА2∙с | |
| по отключающей способности | Iк= 7,5кА | 20 кА | – | | |
| Фидер контактной сети 3 | Тип | | – | ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2 | РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1 | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ | |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный | |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | Горизонтально-поворотный |  | |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =27,5 кВ | 27,5 кВ | 35 кВ | 27,5 кВ | |
| по номинальному току | Iраб.макс= 500 А | 1600А | 2000А | 1200А | |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=19кА | 51 кА | 80 кА | 100 кА | |
| на термическую стойкость | Вк=11 кА2∙с | 1200 кА2∙с | 2977кА2∙с | 1600 кА2∙с | |
| по отключающей способности | Iк= 7,5кА | 20 кА | – | | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Окончание таблицы В.1 | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Фидер контактной сети 4  40 | Тип | | – | ВВН-СЭЩ 35-20/1600 У2 | РГПЗ СЭЩ -1-III-35/2000 УХЛ1 | ТОЛ-СЭЩ-35/1200 УХЛ |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | Горизонтально-поворотный |  |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =27,5 кВ | 27,5 кВ | 35 кВ | 27,5 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс= 600 А | 1600А | 2000А | 1200А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=19кА | 51 кА | 80 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк=11 кА2∙с | 1200 кА2∙с | 2977кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 7,5кА | 20 кА | – | |

Таблица В.2 – Выбор выключателей, разъединителей и трансформаторов тока для 220 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Параметры | | Расчетные данные | Паспортные данные | | |
| Выключателя | Разъединителя | Трансформатора тока |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ввод ЛЭП  41 | Тип | | – | ВЭБ-УЭТМ-220 -50/3150-УХЛ1 | РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1 |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный |
| по конструктивному исполнению | | элегазовый |  |  |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =220 кВ | 220 кВ | 220 кВ | 220 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс= 420А | 3150А | 2500А | 2500 А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=6,6 кА | 125 кА | 102 кА | 102 кА |
| на термическую стойкость | Вк=18 кА2∙с | 7500 кА2∙с | 4800 кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк=2,6 кА | 50 кА | – | |
| Ремонтная перемычка | Тип | | – | – | РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1 |
| по роду установки | | наружний | наружний |
| по конструктивному исполнению | |  |  |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =220 кВ | 220 кВ | 220 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс= 346А | 2500А | 2500 А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=6,6 кА | 102 кА | 102 кА |
| на термическую стойкость | Вк=18 кА2∙с | 4800 кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк=2,6 кА | – | |

Окончание таблицы В.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Рабочая перемычка | Тип | | – | ВЭБ-УЭТМ-220 -50/3150-УХЛ1 | РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1 |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный |
| по конструктивному исполнению | | элегазовый |  |  |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =220 кВ | 220 кВ | 220 кВ | 220 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс= 346А | 3150А | 2500А | 2500 А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=6,6 кА | 125 кА | 102 кА | 102 кА |
| на термическую стойкость | Вк=18 кА2∙с | 7500 кА2∙с | 4800 кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк=2,6 кА | 50 кА | – | |
| Ввод высокого напряжения тягового трансформатора  42 | Тип | | – | ВЭБ-УЭТМ-220 -50/3150-УХЛ1 | РПД-УЭТМ-220/2500УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-220/2500 У1 |
| по роду установки | | наружный | наружный | наружный |
| по конструктивному исполнению | | элегазовый |  |  |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =220 кВ | 220 кВ | 220 кВ | 220 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс= 136А | 3150А | 2500А | 2500 А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=6,6 кА | 125 кА | 102 кА | 102 кА |
| на термическую стойкость | Вк=15 кА2∙с | 7500 кА2∙с | 4800 кА2∙с | 1600 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк=2,6 кА | 50 кА | – | |

Таблица В.3 – Выбор выключателей, разъединителей и трансформаторов тока для 10 кВ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Параметры | | Расчетные данные | Паспортные данные аппаратов из КРУ-СЭЩ-61М 10 | |
| Выключателя | Трансформатора тока |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 |
| Пост электрической централизации  43 | Тип | | – | ВВУ-СЭЩ-10-П-10-40/3150 У2 | ТШЛ-СЭЩ-10/4000 У2 |
| по роду установки | | внутренний | внутренний |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | проходной |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | 10 кВ | 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=29 А | 3150А | 4000А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=37,5кА | 128 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк=151 кА2∙с | 4800кА2∙с | 58800 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 14,7 кА | 40 кА | – |
| Фабрика пищевых продуктов | Тип | | – | ВВУ-СЭЩ-10-П-10-40/3150 У2 | ТШЛ-СЭЩ-10/4000 У2 |
| по роду установки | | внутренний | внутренний |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | проходной |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | 10 кВ | 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=119 А | 3150А | 4000А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=37,5кА | 128 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк=151 кА2∙с | 4800кА2∙с | 58800 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 14,7кА | 40 кА | – |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Окончание таблицы В.3 | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 6 |
| Сборные шины 10 кВ  44 | Тип | | – | ВВУ-СЭЩ-10-П-10-40/3150 У2 | ТШЛ-СЭЩ-10/4000 У2 |
| по роду установки | | внутренний | внутренний |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | проходной |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | 10 кВ | 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=53 А | 3150А | 4000А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=37,5кА | 128 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк=296 кА2∙с | 4800кА2∙с | 58800 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 14,7 кА | 40 кА | – |
| Ввод низкого напряжения тягового трансформатора | Тип | | – | ВВУ-СЭЩ-10-П-10-40/3150 У2 | ТШЛ-СЭЩ-10/4000 У2 |
| по роду установки | | внутренний | внутренний |
| по конструктивному исполнению | | вакуумный | проходной |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | 10 кВ | 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=3002 А | 3150А | 4000А |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=37,5кА | 128 кА | 100 кА |
| на термическую стойкость | Вк=367 кА2∙с | 4800кА2∙с | 58800 кА2∙с |
| по отключающей способности | Iк= 14,7кА | 40 кА | – |