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: |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г. |

**УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕКОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ ОБЪЕКТА**

Пояснительная записка к курсовому проекту

ОТЖТ.3332250.000 ПЗ

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  | Руководитель проекта – |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е. А. Алексеева |
|  | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г. |
|  |  |
|  | Студент гр. ЭХ – 156 – III |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.А. Шель |
|  | «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г. |

Омск 2020

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 П(Ц)К 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Е.А. Алексеева  «28» августа 2020 г. |

Задание

на курсовой проект

Обучающемуся III курса, группы ЭХ-156, специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) Шель Максиму Андреевичу.

**Тема проекта:** «Устройство и техническое обслуживание электрической трансформаторной подстанции объекта» 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 2020-2021 учебного года № 2250/с от 24 сентября 2020 г.

**Исходные данные к проекту.**

Данные для расчета и выбора приведены в приложении А.

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

1 Расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок

1.1 Расчеты мощностей подстанции

1.2 Расчеты рабочих режимов действующих электроустановок

1.3 Расчеты аварийных режимов действующих электроустановок

2 Выбор оборудования для реконструкции тяговой подстанции

2.1 Выбор жестких ошиновок распределительных устройств

2.2 Выбор трансформаторов напряжения распределительных устройств

2.3 Выбор трансформаторов тока распределительных устройств

2.4 Выбор выключателей распределительных устройств

2.5 Выбор разъединителя распределительных устройств

3 Разработка и чтение электрической схемы устройств электрической подстанции

3.1 Разработка электрической схемы устройств электрической подстанции

3.2 Техника безопасности при выводе и вводе в ремонт силового оборудования

4 Обеспечение проведения работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок

4.1 Устройство вакуумного выключателя ВР1-10-20/630 У2

4.2 Техническое обслуживание вакуумного выключателя ВР1-10-20/630 У2

**Графический материал**

Лист 1 Однолинейная схема подстанции

**Дата выдачи задания**: 01 сентября 2020 г.

**Срок окончания ВКР:** 30 ноября 2020 г.

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

Задание к исполнению принял \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.А. Шель

**Отзыв**

руководителя на курсовой проект обучающегося группы ЭХ-155-III специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) СП СПО ОТЖТ Шель Максима Андреевича.

Тема проекта: «Устройство и техническое обслуживание электрической трансформаторной подстанции объекта».

Курсовой проект выполнен в полном объеме в соответствии с заданием и содержит пояснительную записку на 52 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:

- рассчитаны рабочие и аварийные режимы действующих электроустановок для распределительных устройств 110, 10 кВ;

- выбраны современные жесткие ошиновки, элегазовые и литые трансформаторы тока и напряжения, элегазовые и вакуумные высоковольтные выключатели и разъединители;

- разработаны однолинейные схемы тяговых подстанций в цветовом решении с распределительными устройствами 110/10/3,3 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 трансформатора тока, установленного во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора в соответствии с организационно-техническими мероприятиями по обеспечению электробезопасности: с предоставлением фрагмента оперативной схемы, его порядка и плакатов по электробезопасности;

- обеспечено проведение работ по обслуживанию вакуумного выключателя 10 кВ с описанием его назначения, устройства, принципа действия и разработкой технического обслуживания.

Положительным моментом является оформление пояснительной записки и графического материала с применением современного программных обеспечений MicrosoftWord 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. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г.

Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение………………………………………………………………………. | 6 |
| 1 Расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок…………………………………………………………….. | 7 |
| 1.1 Расчеты мощностей подстанции………………………………………… | 7 |
| 1.2 Расчеты рабочих режимов действующих электроустановок………….. | 12 |
| 1.3 Расчеты аварийных режимов действующих электроустановок………. | 13 |
| 1.4 Вывод по первому разделу………………………………………………. | 18 |
| 2 Выбор оборудования для реконструкции тяговой подстанции ………… | 19 |
| 2.1 Выбор жестких ошиновок распределительных устройств …………… | 19 |
| 2.2 Выбор трансформаторов напряжения распределительных устройств……………………………………………………………………… | 20 |
| 2.3 Выбор трансформаторов тока распределительных устройств ……….. | 22 |
| 2.4 Выбор выключателей распределительных устройств …………..…….. | 23 |
| 2.5 Выбор разъединителя распределительных устройств ….…………….. | 24 |
| 2.6 Вывод по второму разделу………………………………………………. | 24 |
| 3 Разработка и чтение электрической схемы устройств электрической подстанции……………………………………………………………………. | 25 |
| 3.1 Разработка электрической схемы устройств электрической подстанции……………………………………………………………………………... | 25 |
| 3.2 Техника безопасности при выводе и вводе в ремонт силового оборудования………………………………………………………………………… | 25 |
| 3.3 Вывод по третьему разделу………………………………………………. | 29 |
| 4 Обеспечение проведения работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок……………………………… | 30 |
| 4.1 Устройство вакуумного выключателя ВР1-10-20………………………. | 30 |
| 4.2 Техническое обслуживание выключателя ВР1-10-20/630 У2……….… | 32 |
| 4.3 Вывод по четвёртому разделу…………………………………………… | 35 |
| Заключение………………………………………………………………........ | 36 |
| Библиографический список……………………………………….…………. | 37 |
| Приложение А Исходные данные…………………………………………… | 38 |
| Приложение Б Параметры нормальных и аварийных режимов действующих электроустановок……………………………………………............... | 41 |
| Приложение В Выбор оборудования……………………………………….. | 42 |
| Приложение Г Уменьшенные копии документов…………………………. | 53 |
| Однолинейная схема подстанции ……………………….......лист Г1 |  |
| В конверте на обложке:  Диск CD-R. Пояснительная записка. Файл КП МДК.02.01 Шель.doc  Электронная презентация. Файл Шель.ppt  Однолинейная схема подстанции. Файл Шель.vsd в формате Visio | | |

Введение

Одним из основных элементов системы электроснабжения электрифицированных железных дорог являются тяговые подстанции. Они осуществляют преобразования из одного уровня напряжения в другой (тяговые подстанции переменного тока) или из одного рода тока в другой (тяговые подстанции постоянного тока). Тяговые подстанция железной дороги предназначены для распределения, преобразования электроэнергии, питания железнодорожных потребителей. Тяговые подстанции железной дороги получают электроэнергию от энергосистем через систему внешнего электроснабжения, после чего энергия распределяется между тяговыми (через систему тягового электроснабжения) и нетяговыми потребителями.

Проектирование подстанции выполняется в соответствии с действующими нормами и правилами, с применением современного электротехнического оборудования. Назначение тяговых подстанций заключается в электроснабжении тяговых (электровозы и электропоезда) и районных (машиностроение и металлообработка, ремонтно-механические предприятия, освещение и бытовая нагрузка, наружное освещение, вагоноремонтный завод) потребителей. В проект входят пояснительная записка, в которой представлены расчеты с пояснениями, выбор и проверка оборудования, и электрическая схема.

Цель работы: Выполнить выбор оборудования тяговой подстанции постоянного тока 110/10/3,3 кВ с разработкой однолинейной схемы подстанции и обеспечить проведение работ по обслуживанию высоковольтного выключателя 10 кВ.

Цель представлена в следующих задачах:

- выполнить расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок;

- выбрать электрооборудования;

- разработать электрическую схему устройств электрической подстанции;

- обеспечить проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок.

Объект исследования: тяговая подстанция для электрифицированных железных дорог постоянного тока с распределительными устройствами 110/10/3,3 кВ.

Метод исследования: аналитический.

1 Расчеты рабочих и аварийных режимов работы действующих электро-

установок

1.1 Расчеты мощностей подстанции

Мощность тяговой нагрузки [1, с 13-32]:

|  |  |
| --- | --- |
| Sтяг= 1,05Udн·Iд.т.п., | (1.1) |

Sтяг= 1,05·3,3·3800 = 13167 кВ·А.

Максимальные активные мощности машиностроения и металлообработки, ремонтно-механических предприятий, освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода:

|  |  |
| --- | --- |
| Pмакс =kс·Pуст, | (1.2) |

где P уст – установленная мощность потребителя, кВт;

kс – коэффициент спроса;

Pмакс р.п.1 =0,4·12000 = 4800 кВт;

Pмакс р.п.2 =0,5·2000 = 1000 кВт;

Pмакс р.п. 3 =0,65·800 = 520 кВт;

Pмакс р.п. 4 =0,75·1000 = 750 кВт;

Pмакс р.п.5 =0,33·8000 = 2640 кВт.

Активная мощность районного потребителя – машиностроения и металлообработки – для семнадцатого часа:

|  |  |
| --- | --- |
| P = pn·Рмакс; | (1.3) |

Р р.п. 1 17 = 0,5·4800 = 2400 кВт.

Подобным образом рассчитываются активные мощности машиностроения и металлообработки с 0 по 18, с 20 по 23 часы, ремонтно-механических предприятий, освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения и вагоноремонтного завода с 0 по 23 часы, результаты расчёта сводятся в таблицу 1.1.

Сумма активных мощностей машиностроения и металлообработки, ремонтно-механических предприятий освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода для семнадцатого часа:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.4) |

Таблица 1.1 – Результаты расчёта активных мощностей машиностроения и металлообработки, ремонтно-механического предприятия, освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы | Активная мощность, взятая из типового графика, % | | | | | Активная мощность, кВт | | | | | |
| Машиностроение и металлообработка | Ремонтно-механические предприятия | Освещение и бытовая нагрузка | Наружное освещение | Вагоноремонтный завод | Машиностроение и металлообработка | Ремонтно-механические предприятия | Освещение и бытовая нагрузка | Наружное освещение | Вагоноремонтный завод | Суммарная всех потребителей |
| 0 | 50 | 35 | 50 | 100 | 42 | 2400 | 350 | 260 | 750 | 1109 | 4869 |
| 1 | 52 | 35 | 25 | 60 | 34 | 2496 | 350 | 130 | 450 | 898 | 4324 |
| 2 | 48 | 35 | 25 | 30 | 30 | 2304 | 350 | 130 | 225 | 792 | 3801 |
| 3 | 46 | 35 | 25 | 30 | 36 | 2208 | 350 | 130 | 225 | 950 | 3863 |
| 4 | 47 | 35 | 25 | 30 | 34 | 2256 | 350 | 130 | 225 | 898 | 3859 |
| 5 | 50 | 35 | 25 | 30 | 35 | 2400 | 350 | 130 | 225 | 924 | 4029 |
| 6 | 52 | 35 | 40 | 30 | 34 | 2496 | 350 | 208 | 225 | 898 | 4177 |
| 7 | 67 | 75 | 55 | 30 | 38 | 3216 | 750 | 286 | 225 | 1003 | 5480 |
| 8  8 | 93 | 100 | 55 | 0 | 64 | 4464 | 1000 | 286 | 0 | 1690 | 7440 |
| 9 | 100 | 99 | 45 | 0 | 70 | 4800 | 990 | 234 | 0 | 1848 | 7872 |
| 10 | 95 | 95 | 45 | 0 | 100 | 4560 | 950 | 234 | 0 | 2640 | 8384 |
| 11 | 82 | 80 | 36 | 0 | 62 | 3936 | 800 | 187 | 0 | 1637 | 6560 |
| 12 | 85 | 48 | 36 | 0 | 64 | 4080 | 480 | 187 | 0 | 1690 | 6437 |
| 13 | 92 | 75 | 36 | 0 | 74 | 4416 | 750 | 187 | 0 | 1954 | 7307 |
| 14 | 90 | 90 | 45 | 0 | 70 | 4320 | 900 | 234 | 0 | 1848 | 7302 |
| 15 | 84 | 84 | 60 | 0 | 38 | 4032 | 840 | 312 | 0 | 1003 | 6187 |
| 16 | 85 | 75 | 95 | 100 | 75 | 4080 | 750 | 494 | 750 | 1980 | 8054 |
| 17 | 86 | 80 | 100 | 100 | 84 | 4128 | 800 | 520 | 750 | 2218 | 8416 |
| 18 | 82 | 90 | 100 | 100 | 82 | 3936 | 900 | 520 | 750 | 2165 | 8271 |
| 19 | 75 | 85 | 100 | 100 | 46 | 3600 | 850 | 520 | 750 | 1214 | 6934 |
| 20 | 77 | 100 | 100 | 100 | 64 | 3696 | 1000 | 520 | 750 | 1690 | 7656 |
| 21 | 74 | 95 | 95 | 100 | 66 | 3552 | 950 | 494 | 750 | 1742 | 7488 |
| 22 | 64 | 65 | 80 | 100 | 72 | 3072 | 650 | 416 | 750 | 1901 | 6789 |
| 23 | 52 | 54 | 50 | 100 | 62 | 2496 | 540 | 260 | 750 | 1637 | 5683 |

Тангенс угла φ районного потребителя – машиностроения и металлообработки:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.5) |

где сosφ – коэффициент мощности;

Максимальная реактивная мощность районного потребителя – машиностроения и металлообработки – для семнадцатого часа:

|  |  |
| --- | --- |
| Q макс = Pмакс tgφ; | (1.6) |

Q макс р.п. 1 17 = 4128 · 0,4 = 1651,2 квар.

Максимальная полная мощность районного потребителя – машиностроения и металлообработки – для семнадцатого часа:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.7) |

Таблица 1.2 – Результаты расчёта максимальных мощностей машиностроения и металлообработки, ремонтно-механических предприятий освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода ЗРУ-10 кВ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование потребителей | Тангес угла φ  tgφ | Максимальная активная мощность потребителя  Рмакс р.п.i, кВт | Максимальная реактивная мощность потребителяQмакс р.п.i, квар | Максимальная полная мощность потребителяSмакс р.п. i, кВ·А |
| Машиностроение и металлообработка | 0,4 | 4800 | 1651 | 4439 |
| Ремонтно-механические предприятия | 0,43 | 1000 | 344 | 870 |
| Освещение и бытовая нагрузка | 0,25 | 520 | 130 | 536 |
| Наружное освещение | 0,2 | 750 | 150 | 765,3 |
| Вагоноремонтный завод | 0,43 | 2640 | 954 | 2411 |
| Итого |  | 8416 | 3229 | 9916 |

Аналогично рассчитываются тангенсы угла φ для ремонтно-механического предприятия, освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода и для 17 часа их реактивные и полные мощности, результаты расчёта сводятся в таблицу 1.2.

Сумма максимальных реактивных мощностей машиностроения и металлообработки, ремонтно-механических предприятий, освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода – для семнадцатого часа:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.8) |

Максимальная полная мощность всех районных потребителей – машиностроения и металлообработки, ремонтно-механического предприятия, освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.9) |

где рпост – постоянные потери в стали трансформатора, принимается 8%;

рпер – переменные потери в стали трансформатора, принимается 2%;

Полная расчетная мощность подстанции:

|  |  |
| --- | --- |
| Sмакс= S10 =(Sтяг+ Sмакср.п.10кВ+ SПЭ+Sном.ТСН)kр, | (1.10) |

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

Sмакс= S10=(13167 + 9916 + 180+180)·0,95 = 22271 кВ·А.

Расчетная мощность главного понижающего трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.11) |

где kав – коэффициент допустимой аварийной перегрузки трансформатор по отношению к его номинальной мощности, принимается 1,4;

nтр – количество главных понижающих трансформаторов равно двум;

Выбираем главный понижающий трансформатор типа ТМН-16000/110 УХЛ1 (таблица 1.3):

|  |  |
| --- | --- |
| SГПТ. расч. ≤ Sном.ГПТ; | (1.12) |
| U1раб. ≤ U1ном; | (1.13) |
| U2раб. ≤ U2ном; | (1.14) |

15908 кВ·А<16000 кВ·А;

110кВ < 115кВ;

10кВ< 11кВ.

Таблица 1.3 – Электрические характеристики главного понижающего трансформатора

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номинальная мощность Sном.ГПТ, кВ·А | Номинальное напряжение обмоток, кВ | | Напряжение короткого замыкания uк, % | Схема и группа соединения  обмоток |
| высокое | низкое |
| ТМН-16000/ 110 УХЛ1 | 16000 | 115 | 11 | 10,5 | Y\*/Δ-11 |

Сумма мощностей подстанций, питающихся через шины проектируемой транзитной подстанции:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.15) |

Полная мощность транзитной тяговой подстанции:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.16) |

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

Мощность на шинах первичного напряжения подстанции составила 48000 кВ∙А. данные мощностей не тяговых и районных потребителей, сборных шин, главного понижающего трансформатора ТМН-16000/110 УХЛ1, трансформатора собственных нужд ТМ-180/10УХЛ3 и трансформатора тягового трансформатора ТРДП-12500/10ЖУ1 сведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Полная мощность в элементах распределительных устройств

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Полная мощность | | Номинальные напряжения распределительных устройств подстанции, кВ | |
| Обозначение параметра | Величина, кВ·А | U1 | U2 |
| Ввод главного понижающего трансформатора | Sном.ГПТ | 16000 | 110 | 10 |
| Сборные шины 10кВ | Sш10 | 22271 | – | 10 |
| Машиностроение и металлообработка | Sмакс р.п. 1 | 4439 | – | 10 |
| Ремонтно-механические предприятия | Sмакс р.п. 2 | 870 | – | 10 |
| Освещение и бытовая нагрузка | Sмакс р.п. 3 | 536 | – | 10 |
| Наружное освещение | Sмакс р.п. 4 | 765 | – | 10 |
| Вагоноремонтный завод | Sмакс р.п. 5 | 2411 | – | 10 |
| Фидер продольного электроснабжения | SПЭ | 180 | – | 10 |
| Ввод трансформатора собственных нужд | Sном.ТСН | 180 | – | 10 |
| Ввод тяговый трансформатора | Sном.тяг.тр | 12500 | – | 10 |

1.2 Расчеты рабочих режимов действующих электроустановок

Максимальный рабочий ток вводов линии электропередач:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.17) |

Максимальный рабочий ток рабочей и ремонтной перемычки:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.18) |

Максимальный рабочий ток ввода низкого напряжения главного понижающего трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.19) |

Аналогично рассчитываются максимальные рабочие токи ввода высокого напряжений главного понижающего трансформатора, ввода высокого напряжения трансформатора собственных нужд и ввода высокого напряжения тягового трансформатора, результаты сводятся в таблицу Б.1.

Максимальный рабочий ток сборной шины 10кВ:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.20) |

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

Максимальный рабочий ток фидера продольного электроснабжения:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.21) |
|  |  |
|  |  |

Аналогично рассчитываются максимальные рабочие токи фидеров машиностроения и металлообработки, ремонтно-механических предприятий, освещения и бытовой нагрузки, наружного освещения, вагоноремонтного завода, результаты сводятся в таблицу Б.1.

1.3 Расчет аварийных режимов действующих электроустановок

Рассчитать аварийные режимы действующих электроустановок напряжениями 115 и 10,5 кВ транзитной подстанции (ТП1). На рисунке 1.1 представлена схема питания подстанций.

Для определения параметров аварийных режимов действующих электроустановок применяем метод именованных единиц. Согласно расчетной схеме (рисунок А.1) составлена схема замещения (рисунках 1.1), затем схемы преобразований (рисунок 1.2). Базисное напряжение принимаем равным 10,5 кВ (Uб=10,5 кВ).

Сопротивление системы:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.22) |

Аналогично рассчитывается сопротивление системы . Результаты расчета сведены на рисунке 1.3.

Сопротивление линии:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.23) |

Аналогично рассчитываются сопротивления линии . Результаты расчета сведены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.1 – Схема замещения

Сопротивление трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.24) |

Аналогично рассчитываются сопротивления трансформатора . Результаты расчета сведены на рисунке 1.2.

Сопротивление двух параллельных соединений:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.25) |

Аналогично рассчитываются сопротивления двух параллельных соединений . Результаты расчета сведены на рисунке 1.2.



|  |
| --- |
| а |

|  |  |
| --- | --- |
| б | в |

|  |  |
| --- | --- |
| г | д |

|  |  |
| --- | --- |
| е | ж |

Рисунок 1.2 – Схема преобразований

Сопротивление последовательных соединений:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.26) |

Сопротивления треугольного соединения после преобразования звезда:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.27) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.28) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.29) |

Аналогично рассчитываются по формуле (1.26) сопротивления последовательных соединений и по формуле (1.25) сопротивление двух параллельных соединений . Результаты расчета сведены на рисунке 1.2.

Результирующие сопротивления до точек короткого замыкания К1, К2 определяется по формуле (1.26):

х΄К1=х΄22= 0,128+0,043=0,171 Ом;

х΄К2= х΄23=0,171+0,362=0,533 Ом.

Действующие значения токов короткого замыкания К1, К2:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.30) |

Ударные токи короткого замыкания:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.31) |
|  |  |

Результаты расчета действующих значений токов и ударных токов короткого замыкания сведены в таблицу Б.1.

Время отключения тока короткого замыкания для ввода низкого напряжения главного понижающего трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.32) |

где tрз – собственное время срабатывания защиты, с;

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

tсв – собственное время отключения выключателя, принимается 0,05 с;

Таблица 1.5 – 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 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ОРУ-110 кВ | Ввод ЛЭП | 3,2 | 2,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,65 | 28 |
| Ремонтная перемычка | 3,2 | 2,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,65 | 28 |
| Рабочая перемычка | 3,2 | 2,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,65 | 28 |
| Ввод высокого напряжения главного понижающего трансформатора | 3,2 | 2 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 2,65 | 23 |
| ЗРУ-10 кВ | Ввод низкого напряжения главного понижающего трансформатора | 11,4 | 1,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,65 | 221 |
| Сборные шины 10кВ | 11,4 | 1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 1,15 | 156 |
| Фидер машиностроения и металлообработки | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |
| Фидер ремонтно-механического предприятия | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |
| Фидер освещения и бытовой нагрузки | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |
| Фидер наружного освещения | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |
| Фидер вагоноремонтного завода | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |

Окончание таблицы 1.5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | Фидер продольного электроснабжения | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |
| Ввод высокого напряжения тягового трансформатора | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |
| Ввод высокого напряжения трансформатора собственных нужд | 11,4 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,65 | 91 |

Тепловой импульс тока короткого замыкания для ввода низкого напряжения главного понижающего трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.33) |

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

Аналогично рассчитываются время отключения, тепловой импульс тока короткого замыкания для вводов линий электропередач, ремонтной и рабочей перемычки, вводов высокого напряжения главного понижающего трансформатора, сборных шин 10 кВ, фидеров районных потребителей, фидера продольного электроснабжения, ввода высокого напряжения тягового трансформатора, ввода высокого напряжения трансформатора собственных нужд, результаты расчетов сведены в таблицу 1.5.

1.4 Выводы по первому разделу

Выполнены расчёты рабочих и аварийных режимов. При расчете рабочих режимов электроустановок определены значения мощностей и максимальных рабочих токов для всех элементов присоединений рассматриваемой подстанции.

Расчеты аварийных режимов электроустановок составили:

- для открытого распределительного устройства ОРУ-110 кВ действующее значение тока короткого замыкания 3,2 кА; ударный ток 11,4 кА и максимальные значения теплового импульса 28кА2·с;

- для закрытого распределительного устройства ЗРУ-10 кВ действующее значение тока короткого замыкания 11,4 кА; ударный ток 29,1 кА и максимальные значения теплового импульса 221кА2·с.

Выбран для преобразования электрической энергии напряжением 110 до 10 кВ главный понижающий трансформатор ТМН-16000/110 УХЛ1.

2 Выбор электрооборудования

2.1 Выбор сборных шин и присоединений распределительных устройств

Жесткая ошиновка предназначена для выполнения многопролетных сборных шин и электрических соединений между высоковольтными аппаратами в распределительных устройствах.

Выбирается жесткая ошиновка типа ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1, установленная во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора:

по роду установки – наружная;

по номинальному напряжению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1) |
|  |  |

по номинальному току:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2) |
|  |  |

на динамическую стойкость:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.3) |
|  |  |

на термическую стойкость:

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

Жесткая ошиновка типа ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1, установленная в во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора, является динамически и термически стойкой. Результат выбора сведен в таблицу В.1.

Аналогично выбирается жесткая ошиновка ОЖ-СЭЩ-110-1000УХЛ1 оставшихся присоединений для распределительных устройств 110, 3,3 кВ, являющиеся динамически и термически стойкими, результаты расчетов сведены в таблице В.2 и B3. Оборудование выбрано следующих фирм: Уралэлектротяжмаш, Самара Электрощит, Высоковольтный союз, Чебоксарский, электромеханический завод.

Расшифровка маркировок жесткой ошиновки:

ОЖ-СЭЩ-110-1000 УХЛ1 – жесткая ошиновка с номинальным напряжением 110 кВ на номинальный ток 1000 А умеренно-холодного климатического исполнения, наружной установки.

ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1– ошиновка жесткая комплектная производства АО «ЧЭМЗ» с номинальным напряжением 10 кВ, на номинальный ток 2000 А, умеренно-холодного климатического исполнения, наружной установки.

2.2 Выбор трансформатора напряжения распределительного устройств

Измерительный трансформатор напряжения служит для понижения высокого напряжения, подаваемого в установках переменного тока на измерительные приборы и реле защиты и автоматики [1, с 293-299].

Активные мощности приборов:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5) |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Сумма активных мощностей приборов для классов точностей 0,5 и 1:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.6) |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Результаты расчетов активных мощностей приборов и сумма активных мощностей приборов для классов точностей 0,5 и 1 сведены в таблицах 2.1, 2.2.

Реактивные мощности приборов:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.7) |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Сумма реактивных мощностей приборов для классов точностей 0,5 и 1:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.8) |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Результаты расчетов реактивных мощностей приборов и сумма реактивных мощностей приборов для классов точностей 0,5 и 1 сведены в таблицах 2.1, 2.2.

Таблица 2.1 – Расчетная вторичная мощность приборов для ЗРУ-10кВ на класс точности 0,5

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | ,  В∙А | cos | Кол-во n | sin | ,  Вт | ,  вар |
| Счетчик активной энергии | СА3У | 8 | 0,38 | 6 | 0,92 | 18,24 | 44,16 |
| Счетчик реактивной энергии | СР4У | 12 | 0,38 | 6 | 0,92 | 27,36 | 66,24 |
| Суммарная мощность всех приборов | | | | | | 45,6 | 110,4 |

Таблица 2.2 – Расчетная вторичная мощность приборов для ЗРУ-10кВ и ОРУ -110кВ на класс точности 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Тип | ,  В∙А | cos | Кол-во | sin | ,  Вт | ,  вар |
| Вольтметр | Э378 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| Реле напряжения | РН-50 | 2 | 1 | 3 | 0 | 6 | 0 |
| Суммарная мощность всех приборов | | | | | | 8 | 0 |

Расчетная мощность приборов:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.9) |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |
|  |

Выбирается трансформатор напряжения типа НАЛИ-СЭЩ-10У2, подключаемый к сборным шинам 10кВ:

по роду установки – внутренняя;

по конструктивному исполнению – литой;

по номинальному напряжению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.10) |

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

по классам точности 0,5 и 1:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.11) |

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

Трансформатор напряжения типа НАЛИ-СЭЩ-10У2, подключаемый к сборным шинам 10 кВ, соответствует классам точности 0,5 и 1, результаты выбора и проверки представлены в таблице В.1.

Аналогично выбирается трансформатор напряжения ЗНТ-УЭТМ-110 УХЛ1, подключаемый к ремонтной перемычке, который соответствует классам точности 0,5 и 1, результаты выбора и проверки представлены в таблице В.2.

Расшифровка марки трансформатор напряжения:

НАЛИ-СЭЩ-10 У2 – трансформатор напряжения, антирезонансный, с литой изоляцией, с номинальным напряжением 10 кВ, умеренного климатического исполнения внутренней установки.

ЗНГ-УЭТМ-110 УХЛ1 – заземляемый трансформатор напряжения, газонаполненный, с номинальным напряжением 110 кВ, умеренно-холодного климатического исполнения наружной установки.

2.3 Выбор трансформатора тока распределительного устройства

Трансформатором тока называется измерительный аппарат, служащий для преобразования тока, у которого первичная обмотка включается в цепь последовательно, а вторичная – содержит измерительные приборы и реле защиты и автоматики [1, с 285-293].

Выбирается трансформатор тока ТПЛ-СЭЩ-10 У2, установленный во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора [1, с 285-301]:

по роду установки – внутренняя;

по конструктивному исполнению – литой;

по номинальному напряжению по условию (2.1):

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

по номинальному току по условию (2.2):

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

на динамическую стойкость по условию (2.3):

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

на термическую стойкость по условию (2.4):

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

Трансформатор тока типа ТПЛ-СЭЩ-10 У2, установленный во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора, является динамически и термически стойким. Результат выбора сведен в таблицу В.1.

Аналогично выбирается трансформатор тока ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ 1 для распределительного устройства 110 кВ, являющийся динамически и термически стойким, результаты расчетов сведены в таблице В.2.

Расшифровка марки трансформатора тока:

ТПЛ-СЭЩ-10У2 – трансформатор тока, проходной, с литой изоляцией, с номинальным напряжением 10 кВ, умеренного климатического исполнения, внутренней установки.

ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ 1 – трансформатор тока, рымовидной конструкцией блока вторичных обмоток, газонаполненный, с номинальным током 110 кВ, умеренно-холодного климатического исполнения наружной установки.

2.4 Выбор выключателей распределительного устройства

Выключателем называется коммутационный аппарат, предназначенный для оперативных включений и отключений отдельных цепей или электрооборудования в энергосистеме в нормальных или аварийных режимах при ручном, дистанционном или автоматическом управлении [1, с 237-268].

Выбирается выключатель типа ВР1-10-20/1250У2, установленный во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора [1,с268-269]:

по роду установки – внутренняя;

по конструктивному исполнению – вакуумный;

по номинальному напряжению по условию (2.1):

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| по номинальному току по условию (2.2): |  |
| на динамическую стойкость по условию (2.3): |  |

на термическую стойкость по условию (2.4):

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

по номинальному току отключения:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.12) |
|  |  |

Выключатель типа ВР1-10-20/1250 У2, установленный во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора, является динамически, термически стойким и соответствует номинальному току отключения. Результат выбора сведен в таблицу В.1.

Аналогично выбирается выключатели ВГТ-УЭТМ-110-40/3150 У1, ВР1-10-20/630 (1000) У2 и ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 для распределительных устройств 110, 10 и 3,3 кВ, являющиеся динамически и термически стойкими, соответствуют номинальному току отключения, результаты расчетов сведены в таблице В.1, В.2, В.3.

Расшифровка марки выключателя:

ВР1-10-20/1250 (630; 1000) У2 – выключатель вакуумный с электромагнитным приводом с номинальным напряжением 10 кВ, с номинальным током отключения 20 кА и номинальным током 1250 (630; 1000) А, умеренного климатического исполнения, внутренней установки.

ВГТ-УЭТМ-110-40/3150 У1 – выключатель газовый трехполюсной, с номинальным напряжением 110 кВ, с номинальным током отключения 40 кА и номинальным током 3150 А, умеренного климатического исполнения, наружной установки.

ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 – выключатель автоматический быстродействующий, с номинальным током 3200 А, умеренно-холодного климатического исполнения внутренней установки.

2.5 Выбор разъединителя распределительного устройства

Разъединитель – контактный коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации электрической цепи без тока или с незначительным током, который для обеспечения безопасности имеет в отключенном положении изоляционный промежуток [1, с 224-232].

Выбирается разъединитель типа РВФЗ 10/1600 II-II УХЛ2, установленный во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора:

по роду установки – внутренняя;

по номинальному напряжению по условию (2.1):

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

по номинальному току по условию (2.2):

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

на динамическую стойкость по условию (2.3):

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

на термическую стойкость по условию (2.4):

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

Разъединитель типа РВФЗ 10/1600 II-II УХЛ2, установленный во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора, является динамически и термически стойким. Результат выбора сведен в таблицу В.1.

Аналогично выбирается разъединитель РПД-УЭТМ-110/1250 УХЛ1 и РВФЗ 10/630 (1000) II-II УХЛ2 для распределительных устройств 110, 10 и 3,3 кВ, являющиеся динамически и термически стойкими, результаты расчетов сведены в таблицах В.1 и В.2.

Расшифровка марки разъединителя:

РВФЗ 10/1600 (630; 1000) II-II УХЛ2 – разъединитель трехполюсный фигурный внутренней установки на напряжение 10 кВ и номинальный ток 1600 (630; 1000) А, с проходными изоляторами и заземляющими ножами со стороны шарнирных контактов, умеренно-холодного климатического исполнения, внутренней установки.

РПД-УЭТМ-110/1250 УХЛ1 – разъединитель подвесной с двухлучевой изоляцией, с номинальным напряжением 110 кВ и номинальным током 1250 А, умеренно-холодного исполнения наружной установки.

2.6 Вывод по второму разделу

В данном разделе выбрано следующие взрыво- и пожаробезопасное электрооборудование, марки которых указаны на однолинейной схеме:

- для открытого распределительного устройства 110кВ жёсткая ошиновка ОЖ-СЭЩ-110УХЛ1; трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ-110 УХЛ1; трансформаторы тока ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ1; высоковольтные выключатели ВГТ-УЭТМ-110-40/3150-У1; разъединители РПД-УЭТМ-110/1250УХЛ1;

- для закрытого распределительного устройства 10кВ жесткая ошиновка ОЖКЧ-10-2000УХЛ1; трансформаторы напряжения НАЛИ-СЭЩ-10У2; трансформаторы тока ТПЛ-СЭЩ-10У2; выключатели ВР1-10-20/630(1000, 1250) У2; разъединители РВФЗ-10/630(1000, 1600) II-II УХЛ2.

3 Разработка и чтение электрической схемы устройств электрической

подстанции

3.1 Разработка электрической схемы устройств электрической

подстанции

Схема ОРУ – 110 кВ транзитной подстанции показана на листе 1. Здесь питающая высоковольтная линий проходит через территорию подстанции, где секционируется выключателем и разъединителями, образуя рабочую перемычку, по которой осуществляется транзит мощности. Для выполнения ремонтных работа предусматривается ремонтная перемычка с двумя разъединителями [3, с 75-101].

Для преобразования электрической энергии со 110 до 3,3 кВ и из переменного в постоянный род тока применяется двухступенчатая трансформация главными понижающими трансформаторами Т1, Т2 со 110 до 10 кВ, преобразовательным агрегатом с 10 до 3,3 кВ и из переменного в постоянный род тока.

Схема ЗРУ – 10 кВ показана на листе 1. ЗРУ – 10 кВ получает электроэнергию непосредственно от трансформаторов. Здесь применяется двухсекционная система шин. К каждой секции подключены преобразовательный агрегат, трансформатор собственных нужд, фидера продольного электроснабжения и районного (машиностроение и металлообработка, ремонтно-механические предприятия, освещение и бытовая нагрузка, наружное освещение, вагоноремонтный завод) [4, с 56-71].

Схема ЗРУ – 3,3 кВ показана на листе 1. Схема ЗРУ-3,3 кВ выполняется рабочей, запасной и минусовой шинами. Рабочая и запасная шины состоят из трех секций. К первой секции присоединяется преобразовательный агрегат и три фидера контактной сети. Ко второй секции подключены резонансно - апериодическое сглаживающее устройство и отсасывающий фидер с реактором, запасной выключатель. К третьей секции подключаются второй преобразовательный агрегат и два фидера контактной сети. От минусовой шины отходит фидер обратного тока, по которому ток возвращается на подстанцию из тягового рельса.

3.2 Техника безопасности при выводе в ремонт силового оборудования

Во включённом состоянии на рисунке 3.2 а находятся выключатели Q1, Q3, Q5, Q6 и разъединители QS2 – QS12, в отключённом выключатели Q2, Q4, и разъединитель QS1.

Для вывода в ремонт трансформатора тока ТА5 на 10 кВ энергодиспетчеру необходимо (рисунок 3.2 б, в, 3.3):

* созвониться с допускающим;
* включить выключатель Q2;
* включить выключатель Q4, тем самым переведя на параллельную работу двух трансформаторов собственных нужд (ток на амперметрах, который установлен во вторичных обмотках трансформатора тока уменьшается в два раза на рабочем (втором) вводе и появляется на резервном (первом), равным току в рабочем);
* отключить выключатель Q3;
* убедиться, что на рабочем месте энергодиспетчера горит индикатор зелёным цветом выключатель Q3;
* отключить выключатель Q5;
* убедиться, что на рабочем месте энергодиспетчера горит индикатор зелёным цветом выключатель Q5;



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| а | б | в |

Рисунок 3.2 – Фрагменты оперативных схем двух вводов главных понижающих трансформаторов

Для подготовки рабочего места на трансформаторе тока ТА5 допускающим:

* убеждается, что на щите управления выключателя Q3 горит зелёная лампочка, вывешивает на привод выключателя Q3 плакат «Не включать работают люди» (таблица 3.1);
* вытащить клещами предохранители в цепях управления выключателям Q3;
* убеждается, что на щите управления выключателя Q5 горит зелёная лампочка, вывешивает на привод выключателя Q5 плакат «Не включать работают люди»;
* вытащить клещами предохранители в цепях управления выключателям Q5;
* развести главный нож QS8 и на его привод вывесить плакат «Не включать работают люди»;
* включить заземляющий нож QSR10 разъединителя QS10 и на его привод вывесить плакат «Заземлено» (таблица 3.1);
* проверить отсутствие напряжение на заземляющем ноже QSR8;
* включить заземляющий нож QSR8 разъединителя QS8 и на его привод вывесить плакат «Заземлено»;
* проверить отсутствие напряжение на заземляющем ноже QSR10;
* завесить переносное заземление с обеих сторон на трансформаторе тока ТА5 (переносное заземление сначала нужно присоединить к заземляющему устройству, а затем, после проверки отсутствия напряжения, установить на токоведущие части.);
* оградить рабочее место – на соседние ячейки вывесить плакат «Не влезай убъёт» (таблица 3.1);
* вывесить плакат «Работать здесь» (таблица 3.1) на трансформаторе тока ТА5.

Производит допуск бригады к работе. Производитель работ выполняет инструктаж, члену бригады, объяснив ему порядок и условия выполнения работы.

После ремонта трансформатора тока ТА5 вводить в работу в обратном порядке:

* снять плакат «Работать здесь» с трансформатора тока ТА5;
* снять ограждение с рабочего места – с соседних ячеек снять плакат «Не влезай убьёт»;
* снять переносное заземление с обеих сторон на трансформаторе тока ТА5;
* отключить заземляющий нож QSR8 разъединителя QS8 и с его привода снять плакат «Заземлено»;
* отключить заземляющий нож QSR10 разъединителя QS10 и с его привода снять плакат «Заземлено»;
* замкнуть главный нож QS8 и с его привода снять плакат «Не включать работают люди»;
* снять с привода выключателя Q5 плакат «Не включать работают люди»;
* вставить клещами предохранители в цепях управления выключателям Q5;
* снять с привода выключателя Q3 плакат «Не включать работают люди»;
* вставить клещами предохранители в цепях управления выключателям Q3;
* снять с ключа управления выключателя Q5 плакат «Не включать работают люди»;
* снять с ключа управления выключателя Q3 плакат «Не включать работают люди»;
* включить выключатель Q5;
* включить выключатель Q3;
* отключить выключатель Q4;
* отключить выключатель Q2.



Рисунок 3.3 – Фрагменты оперативной схемы при подготовке рабочего места на трансформаторе тока TA 5

Таблица 3.1 – Плакаты по электробезопасности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Обозначение | Назначение |
| 1 | 2 | 3 |
| «Не включать работают люди» |  | В электроустановках до и выше 1000 В вывешивают на приводах разъединителей и выключателей нагрузки, на ключах и кнопках дистанционного управления, на коммутационной аппаратуре до 1000 В (автоматах, рубильниках, выключателях), при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на рабочее место. На присоединениях напряжением до 1000 В, не имеющих в схеме коммутационных аппаратов, плакат вывешивают у снятых предохранителей. |
| «Заземлено» |  | В электроустановках должны быть вывешены плакаты "Заземлено" на приводах разъединителей, отделителей и выключателей нагрузки, при ошибочном включении которых не исключается подача напряжения на заземленный участок электроустановки, и на ключах и кнопках дистанционного управления коммутационными аппаратами. |

Окончание таблицы 3.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| «Испытание. Опасно для жизни» | Плакат Испытание Опасно для жизни - изготовление на заказ в виде знака или  таблички | Предупреждает об опасности поражения действием электрического тока при проведении высоковольтных испытаний. Такие знаки вывешиваются на ограждениях рабочих мест во время проведения высоковольтных испытаний. |
| «Не влезай. Убьёт» |  | Для предупреждения об опасности подъема по конструкциям, при котором возможно приближение к токоведущим частям, находящимся под напряжением. В РУ вывешивают на конструкциях, соседних с той, которая предназначена для подъема персонала к рабочему месту, расположенному на высоте. |
| «Стой! напряжение» | Знак Стой. Напряжение (вспомогательный) | Служит для предупреждения об опасности поражения электрическим током. Применяется в электроустановках электростанций и подстанций напряжением до и выше 1000 В. В ЗРУ его вывешивают на временных ограждениях токоведущих частей, находящихся под рабочим напряжением на временных ограждениях проходов, куда нельзя заходить. В ОРУ плакаты вывешивают при работах, выполняемых с земли, на канатах и шнурах, ограждающих рабочее место. |
| «Работать здесь» | http://www.impulstd.kz/upload/iblock/594/5943022efba4c67f5c0446c1a917ef59.jpg | Служит для указания рабочего места. Вывешивается на месте, отведенном для производства работ, в закрытом распредустройстве на открытой двери камеры или на открытом сетчатом ограждении, или непосредственно на оборудовании (выключателе, трансформаторе и т. п.), в открытом распределительном устройстве в том месте, где персонал должен входить в огражденное веревкой пространство. |

3.3 Вывод по третьему разделу

В данном разделе разработана электрическая схема устройств электрической подстанции: однолинейная схема тяговой подстанции постоянного тока (лист 1) на основании типовых схем распределительных устройств 110/10/3,3 кВ и выполнено её чтение, на примере, вывода в ремонт трансформатора тока, установленного вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора 110 кВ, с соблюдением техники безопасности.

4 Устройство и техническое обслуживание вакуумного выключателя

ВР1-10-20/630

4.1 Устройство вакуумного выключателя ВР1-10-20/630

Выключатель предназначен для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частоты 50 (60) Гц с номинальным напряжением 10 кВ для систем с изолированной и частично заземленной нейтралью.

На рисунке 4.1 представлена конструкция вакуумного выключателя ВР1-10-20/630.

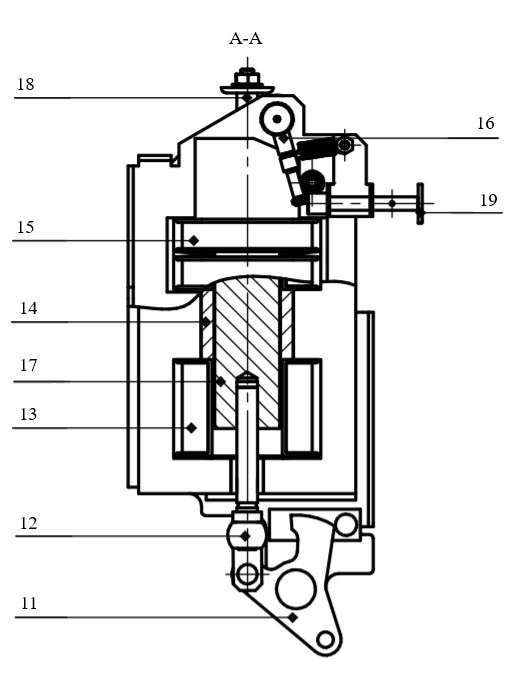
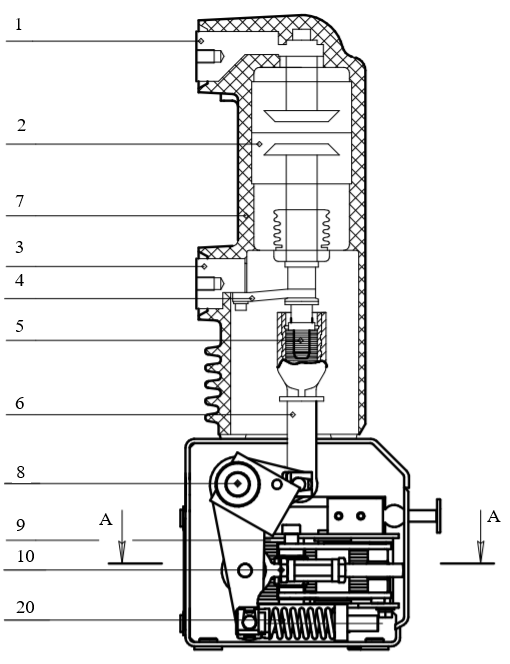


Рисунок 4.1 – Конструкция вакуумного выключателя ВР1-10-20/630:

1 – верхний контакт; 2 – вакуумная дугогасительная камера (ВДК); 3 – нижний контакт; 4 – гибкая связь; 5 – пружины поджатия; 6 – изоляционная тяга; 7 – изоляционный каркас полюса; 8 – основной вал; 9 – электромагнит; 10 – регулирующая тяга; 11 – промежуточный вал; 12 – вставка включения; 13 – катушка включения; 14 – постоянный магнит; 15 – катушка отключения; 16 – механизм ручного отключения; 17 – сердечник; 18 – шток отключения; 19 – кнопка ручного отключения; 20 – отключающая пружина

Вакуумный выключатель ВР1-10-20/630 состоит из трех полюсов с залитыми вакуумными дугогасительными камерами, размещенных на общем основании. Электромагнитный привод выключателя, который обеспечивает фиксацию выключателей в двух положениях «О» и «В» на магнитных защелках, размещен в корпусе выключателя. Практически во всех выключателях сердечник электромагнитного привода через серьги связан с валом выключателя. Вал выключателя соединен через изоляционные тяги с вакуумной дугогасительной камерой, и при повороте управляет контактами положения выключателя для внешних вспомогательных цепей. Тарельчатые пружины поджатия практически во всех выключателях установлены во втулках изоляционных тяг. Схемы блока управления реализованы на печатных платах, которые установлены в корпусах выключателей серии ВР.

Механизм гашения дуги в вакуумных выключателях основан на высокой электрической прочности и усиленных диэлектрических свойствах вакуума. В момент размыкания контактов в вакуумном промежутке возникает электрическая дуга, которая поддерживается за счет металла, испаряющегося с поверхности контактов.

При переходе тока через ноль, происходит гашение дуги и восстановление диэлектрических свойств вакуумного промежутка, и дуга между разомкнутыми контактами больше не возникает. Из-за большой электрической прочности вакуума гашение дуги может произойти до перехода тока через ноль, это явление называют срезом тока.

Срез тока негативно влияет на сеть, так как вызывает коммутационные перенапряжения, которые могут достигать огромных величин.

Современный высоковольтный выключатель серии ВР1-10-20/630У2 имеет ряд преимуществ перед традиционным выключателем ВМП-10. Сравнительный анализ представлен в таблице 4.1.

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

Таблица 4.1 – Сравнительная характеристика масляного ВМП-10 и вакуумного ВР1-10-20/630У2 выключателей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сравниваемые параметры | Масляный выключатель ВМП-10 | Вакуумный выключатель ВР1-10 |
| 1 | 2 | 3 |
| Номинальное напряжение, кВ | 10 | |
| Номинальный ток, А | 630, 1000, 1600 | 630, 1000, 1250 |
| Номинальный ток отключения, кА | 20 | |
| Внешний вид | https://st17.stblizko.ru/images/product/406/525/572_original.jpg | Выключатели вакуумные серии ВР1 |
| Механическая прочность | Наименьшая механическая прочность | Высокая механическая прочность |
| Гарантийный срок, лет | 25 | 30 |

Окончание таблицы 4.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| Коммутационный ресурс при номинальных токах отключения, циклов ВО | 20 | 100 |
| Механический ресурс, циклов ВО | 2500 | 100000 |
| Среда гашения дуги | Трансформаторное масло | Вакуум |
| Пожарная и экологическая безопасность | Опасные. Предъявляются повышенные требования пожарной безопасности. Оказывают наиболее вредное влияние на окружающую среду | Абсолютно безопасные. С точки зрения экологии, является самым безопасным |
| Масса, кг | 130-145 | 68 |

Наиболее простая конструкция и соответственно более высокая механическая прочность вакуумного выключателя.

Очень важным критерием надежности можно считать гарантийный срок обслуживания, у вакуумного выключателя это целых 30 лет непрерывной работы.

Высокая износостойкость при коммутационных номинальных токов отключения.

Вакуумный выключатель является более надежным, по сравнению с масляным выключателем. Соответственно, периодические ремонты производятся реже.

Вакуумный выключатель не требует обслуживания дугогасительной и контактной части, в целом он имеет более простую конструкцию, по сравнению с масляным выключателем, поэтому его обслуживать достаточно легко и для этого не требуется применение специализированного оборудования и инструмента.

Наиболее эффективными, качественными, надежными и предпочтительными с точки зрения пожаробезопасности и экологии являются вакуумные высоковольтные выключатели.

Вакуумный выключатель ВР1-10-20/630 У2 имеет в несколько раз меньший габаритный размер, чем масляный выключатель.

4.2 Техническое обслуживание вакуумного выключателя ВР1-10-20/630

Периодичность выполнения текущего ремонта, тепловизионного обследования у вакуумного выключателя:

* осмотр – каждые 2500 ВО, но не реже 1 раза в год.
* текущий ремонт – 1 раз в 5 лет:
* тепловизионные обследования – 1 раз в 2 года.

Осмотр без вывода из работы проводят в целях выявления видимых без приближения к токоведущим частям повреждений устройств и сооружения и визуальной оценки технического состояния объектов. Осмотр без вывода из работы проводит единолично начальник, старший электромеханик, электромеханик или дежурный электромонтер четвертого разряда.

Применяемые средства защиты, приборы, приспособления: **диэлектрические перчатки, диэлектрические ковры.**

При осмотре вакуумного выключателя ВР1-10-20/630 У2 без вывода из работы, без приближения к токоведущим частям должны быть проверены (таблица 4.2):

* соответствие сигнализации о положении выключателя его фактическому положению;
* состояние изоляторов вводов (целостность изоляции, отсутствие загрязнения);
* состояние подходящих к выключателю ошиновки и кабелей, отсутствие признаков нагрева контактных соединений и недопустимого увеличения или уменьшения стрелы провеса гибкой ошиновки;
* состояние заземляющих проводников;
* работа обогрева привода выключателя и его баков (в зимнее время);
* показания счетчика количества аварийных отключений.

Текущий ремонт выполняют для выявления тех несоответствий в техническом состоянии объекта, которые не могут быть выявлены в ходе осмотра без вывода из работы. **диэлектрические перчатки, диэлектрические ковры.**

Применяемые средства защиты, приборы, приспособления: **диэлектрические перчатки, диэлектрические ковры,** штанга для наложения заземления, переносное заземление, мегаомметр **MIC-2500, смазка ЦИАТИМ-203 и др.**

При текущем ремонте вакуумного выключателя выполняю (таблица 4.2):

* осмотр в объеме, аналогичном выполняемому при осмотре без вывода из работы;
* очистку элементов конструкции выключателя и камеры (шкафа), в которых он размещен;
* восстановление смазки трущихся частей механизма выключателя и привода. На трущиеся части механизмов выключателя и привода после удаления старой смазки тонким слоем наносят смазку (кроме главных и дугогасительных контактов);
* проверку сопротивления изоляции вторичных цепей, включающей и отключающей катушек. Измерению подлежит сопротивление изоляции электропроводок и иных элементов сети собственных нужд и системы оперативного тока по отношению к заземленным токопроводящим частям. Значения сопротивления изоляции, не должно быть ниже 1 МОм.

Межремонтные испытания выполняют в целях поддержания работоспособности устройства между двумя ремонтами [4, 111-112].

Применяемые средства защиты, приборы, приспособления: **диэлектрические перчатки, диэлектрические ковры,** штанга для наложения заземления, переносное заземление, мегаомметр **MIC-2500,** УИВ-100, **смазка ЦИАТИМ-203 и др.**

При межремонтных испытаниях вакуумного выключателя выполняют (таблица 4.2):

* технологические операции, проверки и испытания, входящие в объем текущего ремонта;
* испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты (продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин). Изоляция считается выдержавшей испытания, если в течении испытания не было перекрытий, разрядов, запаха дыма и гари, снижения напряжения, а также местных нагревов изоляции (проверяется сразу после окончания испытаний, отключения установки и наложения заземления);
* испытание многократными включениями и отключениями (только для выключателей с электромагнитным приводом, предназначенных для работы при автоматическом повторном включении). Испытание выключателя многократными включениями и отключениями должно производиться при номинальном натяжении отключающих пружин и номинальном напряжении на включающей и отключающей катушках. Количество циклов включения и отключения от 3 до 5, пауза между циклами не более 10 с.
* контроль срабатывания привода при пониженном напряжении. Приводы выключателей с электромагнитным приводом должны срабатывать на включение или отключение выключателя при номинальном натяжении отключающих пружин и следующих значениях напряжения на включающей и отключающей катушках:

а) на отключение:

* не более 0,70 номинального напряжения при постоянном и выпрямленном оперативном токе;

б) на включение:

* не более 0,80 номинального напряжения при постоянном и выпрямленном оперативном токе.

Таблица 4.2 – Виды проверок и испытаний вакуумного выключателя

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды проверок и испытаний | Осмотр | Текущий ремонт | Межремонтные испытания | Тепловизионное обследование |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Проверка соответствия сигнализации о положении выключателя его фактическому положению. | + | + | – | + |
| Проверка состояния изоляторов вводов. | + | + | – | + |
| Проверка состояния подходящих к выключателю ошиновки и кабелей. | + | + | – | + |
| Проверка состояния заземляющих проводников. | + | + | – | + |
| Проверка работы обогрева привода выключателя и его баков (в зимнее время). | + | + | – | + |

Окончание таблицы 4.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Проверка показаний счетчика количества аварийных отключений. | + | + | – | + |
| Проверку сопротивления изоляции вторичных цепей, включающей и отключающей катушек. | – | + | + | – |
| Испытание изоляции повышенным напряжением. | – | – | + | – |
| Испытание многократными включениями и отключениями. | – | – | + | – |
| Контроль срабатывания привода при пониженном напряжении. | – | – | + | – |
| Измерение температуры | – | – | – | + |

Тепловизионное обследование проводят на предмет выявления мест повышенного нагрева.

Применяемые средства защиты, приборы, приспособления: **диэлектрические перчатки, диэлектрические ковры, тепловизор,** инфракрасный термометр.

При тепловизионном обследовании вакуумного выключателя выполняют:

* осмотр без вывода из работы, без приближения к токоведущим частям (таблица 4.2);
* измерение температуры с помощью тепловизора.

К подлежащим обследованию узлам относятся:

* контактные соединения шин или проводов с выводами главной цепи;
* контактная система.

При обследовании контактной системы следует:

* убедиться в отсутствии локальных нагревов на корпусе полюса выключателя в зоне расположения вакуумной дугогасительной камеры;
* оценить состояние контактной системы по характеру распределения температуры по высоте вакуумной дугогасительной камеры.

Вывод об исправном состоянии контактной системы допустимо делать в случае, если на корпусе полюса выключателя отсутствуют локальные нагревы и резкие перепады температуры. Для двух- и трехфазных выключателей, кроме того, различие в температуре разных фаз не должно превышать 10 ºС. Такой же критерий применим для выключателей, имеющих в составе конструкции одной фазы несколько соединенных последовательно вакуумных дугогасительных камер.

4.3 Вывод по четвёртому разделу

В данном разделе обеспечено проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок с описанием назначения, устройства, принципа действия и разработкой технического обслуживания вакуумного выключателя В1-10-20/630 У2.

Заключение

В курсовом проекте по междисциплинарному курсу ПМ.02 МДК.02.01 «Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций» на тему «Устройство и техническое обслуживание электрической трансформаторной подстанции объекта» были выполнены выбор оборудования тяговой подстанции, электрифицированной на постоянном роде тока, разработана однолинейная схема тяговой подстанции с указанием всех выбранных маркировок оборудования.

Выполнены для всех элементов распределительных устройств 110/10 кВ выполнены расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок. 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-110кВ действующее значение тока короткого замыкания 3,2 кА; ударный ток 11,4 кА и максимальные значения теплового импульса 28кА2·с;
* для закрытого распределительного устройства ЗРУ-10кВ действующее значение тока короткого замыкания 11,4 кА; ударный ток 29,1 кА и максимальные значения теплового импульса 221кА2·с.

Выбран для преобразования электрической энергии напряжением 110 до 10кВ главный понижающий трансформатор ТМН-16000/110 УХЛ1.

Выбрано следующие взрыво- и пожаробезопасное электрооборудование, марки которых указаны на однолинейной схеме:

* для открытого распределительного устройства 110кВ жёсткая ошиновка ОЖ-СЭЩ-110УХЛ1; трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ-110 УХЛ1; трансформаторы тока ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ1; высоковольтные выключатели ВГТ-УЭТМ-110-40/3150-У1; разъединители РПД-УЭТМ-110/1250УХЛ1;
* для закрытого распределительного устройства 10кВ жесткая ошиновка ОЖКЧ-10-2000УХЛ1; трансформаторы напряжения НАЛИ-СЭЩ-10У2; трансформаторы тока ТПЛ-СЭЩ-10У2; выключатели ВР1-10-20/630(1000, 1250) У2; разъединители РВФЗ-10/630(1000, 1600) II-II УХЛ2;

Разработана электрическая схема устройств электрической подстанции: однолинейная схема тяговой подстанции постоянного тока (лист 1) на основании типовых схем распределительных устройств 110/10/3,3 кВ и выполнено её чтение, на примере, вывода в ремонт трансформатора тока, установленного во вводе низкого напряжения главного понижающего трансформатора 110 кВ, с соблюдением техники безопасности.

Обеспечено проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок с описанием назначения, устройства, принципа действия и разработкой технического обслуживания вакуумного выключателя ВР1-10-20/630 У2.

Данный курсовой проект дает дополнительные возможности повышения уровня подготовки специалиста среднего звена.

Библиографический список

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования /Л.Д. Рожкова, Л.Д. Карнеева, Т.В.Чиркова.- 11-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2014.-448с.
2. Сибикин, Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: учебник / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 501 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499471> (дата обращения: 29.08.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9977-5. – DOI 10.23681/499471. – Текст : электронный.
3. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справ.: Учебное пособие. – М.: Форум: Инфра-М, 2008. – 480 с.
4. 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: 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 . — 7-е изд. — Москва : ЭНАС, 2015. — 552 с. — ISBN 978-5-4248-0031-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/104571 (дата обращения: 29.08.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. http://www.minenergo.com/ Министерство энергетики Российской Федерации
6. http://eprussia. ru/lib/ Энергетика и промышленность России
7. http://forca.ru/ Энергетика, оборудование, документация
8. *Сафронова Д.С.* Эффект бережливого производства / Д.С. Сафронова // Локомотив. 2018. № 8. С. 46.
9. *Сафронова Д.С.* Всегда быть первым – залог успеха / Д.С. Сафронова // Локомотив. 2017. № 10. С. 38.

Приложение А

(справочное)

Исходные данные

Таблица А.1 – Характеристики параметров нагрузки тяговой подстанции

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметров | Параметр |
| Напряжения распределительных устройств, кВ |  |
| U1 | 110 |
| U2 | 10 |
| U3 | 3,3 |
| Действующее значение выпрямленного тока Iд.т.п, А | 3800 |
| Мощность линии продольного электроснабжения SПЭ, кВ∙А | 180 |
| Номинальная мощность трансформатора собственных нужд S ном.ТСН, кВ∙А | 180 |
| Преобразовательный агрегат |  |
| тип тягового трансформатора | ТРДП-12500/10ЖУ1 |
| схема и группа соединения обмоток | Y/ Y Δ-0-11 |
| тип преобразователя | ТПЕД-3150 |
| Максимальные рабочие токи фидеров контактной сети, А: |  |
| первый | 1900 |
| второй | 1950 |
| третий | 2000 |
| четвертый | 1900 |
| пятый | 2000 |
| шестой | 2400 |
| седьмой | 2200 |

Таблица А.2 – Характеристики параметров потребителей на 10кВ и их типовых графиков нагрузки

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметров | | Наименование потребителей | | | | |
| Машиностроение и металлообработка | Ремонтно-механические предприятия | Освещение и бытовая нагрузка | Наружное освещение | Вагоноремонтный завод |
| Установленная мощность Р уст, кВт | | 12000 | 2000 | 800 | 1000 | 8000 |
| Коэффициент спроса kс | | 0,4 | 0,5 | 0,65 | 0,75 | 0,33 |
| Коэффициент мощности соsφ | | 0,93 | 0,92 | 0,97 | 0,98 | 0,92 |
| Активная мощность, взятая из типового графика, % | 0 | 50 | 35 | 50 | 100 | 42 |
| 1 | 52 | 35 | 25 | 60 | 34 |
| 2 | 48 | 35 | 25 | 30 | 30 |
| 3 | 46 | 35 | 25 | 30 | 36 |
| 4 | 47 | 35 | 25 | 30 | 34 |
| 5 | 50 | 35 | 25 | 30 | 35 |
| 6 | 52 | 35 | 40 | 30 | 34 |
| 7 | 67 | 75 | 55 | 30 | 38 |
| 8 | 93 | 100 | 55 | 0 | 64 |
| 9 | 100 | 99 | 45 | 0 | 70 |
| 10 | 95 | 95 | 45 | 0 | 100 |
| 11 | 82 | 80 | 36 | 0 | 62 |
| 12 | 85 | 48 | 36 | 0 | 64 |
| 13 | 92 | 75 | 36 | 0 | 74 |
| 14 | 90 | 90 | 45 | 0 | 70 |
| 15 | 84 | 84 | 60 | 0 | 38 |
| 16 | 85 | 75 | 95 | 100 | 75 |
| 17 | 86 | 80 | 100 | 100 | 84 |
| 18 | 82 | 90 | 100 | 100 | 82 |
| 19 | 75 | 85 | 100 | 100 | 46 |
| 20 | 77 | 100 | 100 | 100 | 64 |
| 21 | 74 | 95 | 95 | 100 | 66 |
| 22 | 64 | 65 | 80 | 100 | 72 |
| 23 | 52 | 54 | 50 | 100 | 62 |



Рисунок А.1 – Схема питания подстанций

Таблица А.3 – Выбор оборудования

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Жесткая ошиновка | Выключатель  (Q) | Разъединитель  (QS) | Трансформатор тока (TA) | Трансформатор напряжения (TV) |
| 110 кВ | ОЖ-СЭЩ-110 УХЛ 1 | ВГТ-УЭТМ-110-40/3150У1 | РПД-УЭТМ-110/1250 УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ 1 | ЗНГ-УЭТМ-110 УХЛ 1 |
| 10 кВ | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630  II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10 У2 | НАЛИ-СЭЩ-10 У2 |
| ВР1-10-20/1000 У2 | РВФЗ 10/1000 II-II УХЛ2 |
| ВР1-10-20/1250У2 | РВФЗ 10/1600 II-II УХЛ2 |
| 3,3 | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 | РВФЗ 10/630  II-II УХЛ2 | – | – |

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное устройство | Элемент распределительного устройства | Рабочий режим | | Аварийный режим | | | Приложение Б  (справочное)  Параметры нормальных и аварийных 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-110кВ | Ввода линии электропередач | 110 | 336 | 8,2 | 28 | 3,2 |
| Ремонтная перемычка | 110 | 277 | 8,2 | 28 | 3,2 |
| Рабочая перемычка | 110 | 277 | 8,2 | 28 | 3,2 |
| Ввод высокого напряжения главного понижающего трансформатора | 110 | 109 | 8,2 | 23 | 3,2 |
| ЗРУ-  41  10 кВ | Ввод низкого напряжения главного понижающего трансформатора | 10 | 1201 | 29,1 | 221 | 11,4 |
| Сборные шины 10кВ | 10 | 643 | 29,1 | 156 | 11,4 |
| Фидер машиностроения и металлообработки | 10 | 384 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| Фидер ремонтно-механического предприятия | 10 | 75 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| Фидер освещения и бытовой нагрузки | 10 | 46 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| Фидер наружного освещения | 10 | 66 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| Фидер вагоноремонтного завода | 10 | 209 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| Фидер продольного электроснабжения | 10 | 16 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| Ввод высокого напряжения тягового трансформатора | 10 | 938 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| Ввод высокого напряжения трансформатора собственных нужд | 10 | 14 | 29,1 | 91 | 11,4 |
| ЗРУ-3,3кВ | Первый и четвёртый фидера контактной сети | 3,3 | 1900 | – | – | – |  |
| Второй фидер контактной сети | 3,3 | 1950 | – | – | – |  |
| Третий и пятый фидера контактной сети | 3,3 | 2000 | – | – | – |  |
| Шестой фидер контактной сети | 3,3 | 2400 | – | – | – |  |
| Седьмой фидер контактной сети | 3,3 | 2200 | – | – | – |  |

Таблица В.1 – Выбор жестких ошиновок, выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения для 10 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Параметры | | Расчетные данные | Паспортные данные | | | | | Приложение В  (справочное)  Выбор оборудования |
| Жесткая ошиновка | Выключателя | Разъединителя | Трансформатора тока | Трансформатора напряжения |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ввод низкого напряжения главного понижающего трансформатора  42 | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/1250У2 | РВФЗ 10/1600 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10 У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=1201А | Iном=2000 А | Iном=1250 А | Iном=1600 А | Iном=1500 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=80 кА | iдин=102 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=221 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=2977А2∙с | i2т tт=1600А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20 кА | – | – | – |
| Сборные шины 10кВ | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/1000У2 | РВФЗ 10/1000 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10 У2 | НАЛИ-СЭЩ-10 |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | внутренняя |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | литой |

Продолжение таблицы В.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 43 | Класс точности | 1 | S2расч=119 В∙А | – | – | – | – | Sном=150 В∙А |
| 0,5 | S2расч=8 В∙А | – | – | – | – | Sном=150 В∙А |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=643А | Iном=2000 А | Iном=1000 А | Iном=1000 А | Iном=750 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=80 кА | iдин=102 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=156 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=2977А2∙с | i2т tт=1600А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |
| Фидер машиностроения и металлообработки | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10 У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=384А | Iном=2000 А | Iном=630 А | Iном=630 А | Iном=400 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=50 кА | iдин=102 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1600А2∙с | – |

Продолжение таблицы В.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  | по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20 кА | – | – | – |
| Фидер ремонтно-механического предприятия  44 | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10 У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=75А | Iном=2000 А | Iном=630 А | Iном=630 А | Iном=75 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=50 кА | iдин=25,5 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=100 А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |
| Фидер освещения и бытовой нагрузки | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=46 А | Iном=2000 А | Iном=630 А | Iном=630 А | Iном=75 А | – |

Продолжение таблицы В.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=50 кА | iдин=25,5 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=100 А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |
| Фидер наружного освещения  45 | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=66 А | Iном=2000 А | Iном=630 А | Iном=630 А | Iном=75 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=50 кА | iдин=25,5 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=100А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |
| Фидер вагоноремонтного завода | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 | ТПОЛ-10У3 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литая изоляция | – |

Продолжение таблицы В.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=209А | Iном=2000 А | Iном=630 А | Iном=630 А | Iном=250 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=50 кА | iдин=80,33 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=922 А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |
| Фидер продольного электроснабжения  46 | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=16 А | Iном=2000 А | Iном=630 А | Iном=630 А | Iном=75 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=50 кА | iдин=25,5 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=100 А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |

Окончание таблицы В.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ввод высокого напряжения тягового трансформатора | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/1000У2 | РВФЗ 10/1000 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=938А | Iном=2000 А | Iном=1000 А | Iном=1000 А | Iном=1000 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=80 кА | iдин=102 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=2977А2∙с | i2т tт=1600 А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |
| Ввод высокого напряжения трансформатора собственных нужд  47 | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВР1-10-20/630У2 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 | ТПЛ-СЭЩ-10У2 | – |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя | внутренняя | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | вакуумный | трехполюсный | литой | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 10 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=14 А | Iном=2000 А | Iном=630 А | Iном=630 А | Iном=75 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=29,1 кА | iдин=102 кА | iдин=52 кА | iдин=50 кА | iдин=25,5 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=91 кА2∙с | i2т tт=4800А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=1200А2∙с | i2т tт=100 А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=11,4 кА | – | Iном.отк=20кА | – | – | – |

Таблица В.2 – Выбор жестких ошиновок, выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения для 110 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Параметры | | Расчетные данные | Паспортные данные | | | | |
| Жесткая ошиновка | Выключателя | Разъединителя | Трансформатора тока | Трансформатора напряжения |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ввод линии электропередач  48 | Тип | | – | ОЖ-СЭЩ-110-1000 УХЛ 1 | – | РПД-УЭТМ-110/1250 УХЛ1 | – | – |
| по роду установки | | – | наружная | – | наружная | – | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | – | трехполюсный | – | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =110 кВ | Uном= 110 кВ | – | Uном= 110 кВ | – | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=336А | Iном=1000 А | – | Iном=1250 А | – | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=8,2 кА | iдин=81 кА | – | iдин=64 кА | – | – |
| на термическую стойкость | Вк=28 кА2∙с | i2т tт=2977А2∙с | – | i2т tт=1875А2∙с | – | – |
| по отключающей способности | Iк=3,2 кА | – | – | – | – | – |
| Ремонтная перемычка | Тип | | – | ОЖ-СЭЩ-110-1000 УХЛ 1 | – | РПД-УЭТМ-110/1250 УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ 1 | – |
| по роду установки | | – | наружная | – | наружная | наружная | – |
| по конструктивному исполнению | | – | – | – | трехполюсный | элегазовый | – |

Продолжение таблицы В.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | | 3 | 4 | 5 | | 6 | 7 | 8 |
|  | Нормальный режим | по номинальному напряжению | | Uраб =110 кВ | Uном= 110 кВ | – | | Uном= 110 кВ | Uном= 110 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=277А | | Iном=1000 А | | – | Iном=500 А | Iном=500 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=8,2 кА | | iдин=81 кА | | – | iдин=102 кА | iдин=102 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=28 кА2∙с | | i2т tт=2977А2∙с | | – | i2тtт=1600А2∙с | i2тtт=1600А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=3,2 кА | | – | | – | – | – | – |
| Рабочая перемычка  49 | Тип | | – | | ОЖ-СЭЩ-110-1000 УХЛ 1 | | ВГТ-УЭТМ-110-40/3150У1 | РПД-УЭТМ-110/1250 УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ 1 | – |
| по роду установки | | – | | наружная | | наружная | наружная | наружная | – |
| по конструктивному исполнению | | – | | – | | элегазовый | трехполюсный | элегазовый | – |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =110 кВ | | Uном= 110 кВ | | Uном= 110 кВ | Uном= 110 кВ | Uном= 110 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=277А | | Iном=1000 А | | Iном=3150 А | Iном=1250 А | Iном=500 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=8,2 кА | | iдин=81 кА | | iдин=100 кА | iдин=64 кА | iдин=102 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=28 кА2∙с | | i2т tт=2977А2∙с | | i2т tт=4800 А2∙с | i2т tт=1875А2∙с | i2тtт=1600А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=3,2 кА | | – | | Iном.отк=40 кА | – | – | – |

Окончание таблицы В.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ввод высокого напряжения главного понижающего трансформатора  50 | Тип | | – | ОЖ-СЭЩ-110-1000 УХЛ 1 | ВГТ-УЭТМ-110-40/3150У1 | РПД-УЭТМ-110/1250 УХЛ1 | ТРГ-УЭТМ-110 УХЛ 1 | ЗНГ-УЭТМ-110 УХЛ1 |
| по роду установки | | – | наружная | наружная | наружная | наружная | наружная |
| по конструктивному исполнению | | – | – | элегазовый | трехполюснй | элегазовый | элегазовый |
| Класс точности | 1 | S2расч=119В∙А | – | – | – | – | Sном=150 В∙А |
| 0,5 | S2расч=8 В∙А | – | – | – | – | Sном=150 В∙А |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =110 кВ | Uном= 110 кВ | Uном= 110 кВ | Uном= 110 кВ | Uном= 110 кВ | – |
| по номинальному току | Iраб.макс=109А | Iном=1000 А | Iном=3150 А | Iном=1250 А | Iном=500 А | – |
| Аварийный режим | на динамическую стойкость | iу=8,2 кА | iдин=81 кА | iдин=100 кА | iдин=64 кА | iдин=102 кА | – |
| на термическую стойкость | Вк=23 кА2∙с | i2т tт=2977А2∙с | i2т tт=4800 А2∙с | i2т tт=1875А2∙с | i2тtт=1600А2∙с | – |
| по отключающей способности | Iк=3,2 кА | – | Iном.отк=40 кА | – | – | – |

Таблица В.3 – Выбор жестких ошиновок, выключателей, разъединителей для 3,3 кВ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент распределительного устройства | Параметры | Расчетные данные | Паспортные данные | | |
| Жесткая ошиновка | Выключателя | Разъединителя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Первый и четвёртый фидера контактной сети | Тип | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 |

Продолжение таблицы В.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя |
| по конструктивному исполнению | | – | – | – | трехполюсный |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =3,3 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 3,3 кВ | Uном= 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=1900А | Iном=2000 А | Iном=3200 А | Iном=630 А |
| Второй фидер контактной сети  51 | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя |
| по конструктивному исполнению | | – | – | – | трехполюсный |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =3,3 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 3,3 кВ | Uном= 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=1950А | Iном=2000 А | Iном=3200 А | Iном=630 А |
| Третий и пятый фидера контактной сети | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя |
| по конструктивному исполнению | | – | – | – | трехполюсный |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =3,3 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 3,3 кВ | Uном= 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=2000А | Iном=2000 А | Iном=3200 А | Iном=630 А |
| Шестой фидер контактной сети | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя |
|  | по конструктивному исполнению | | – | – | – | трехполюсный |

Окончание таблицы В.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =3,3 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 3,3 кВ | Uном= 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=2400А | Iном=2000 А | Iном=3200 А | Iном=630 А |
| Седьмой фидер контактной сети  52 | Тип | | – | ОЖКЧ-10-2000 УХЛ1 | ВАБ-УЭТМ-49/1-3200/30-Л УХЛ4 | РВФЗ 10/630 II-II УХЛ2 |
| по роду установки | | – | наружная | внутренняя | внутренняя |
| по конструктивному исполнению | | – | – | – | трехполюсный |
| Нормальный режим | по номинальному напряжению | Uраб =3,3 кВ | Uном= 10 кВ | Uном= 3,3 кВ | Uном= 10 кВ |
| по номинальному току | Iраб.макс=2200А | Iном=2000 А | Iном=3200 А | Iном=630 А |

