

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Проектирование тяговой подстанции переменного тока 110/35/10 кВ с использованием трансформаторов с сухой изоляцией

Обучающийся

А. К. Попов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д. А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Объектом исследования бакалаврской работы является тяговая подстанция переменного тока 110-35-10 кВ г. Челябинск.

Предмет бакалаврской работы – система электроснабжения тяговой подстанции переменного тока 110-35-10 кВ ОАО «РЖД», г. Челябинск.

Цель бакалаврской работы заключалась в разработке проекта системы электроснабжения тяговая подстанция 110-35-10 кВ ОАО «РЖД».

При выполнении выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы) были выполнены следующие задачи:

- собраны исходные данные и общая информация для создания проекта тяговая подстанция (ТП) 110-35-10 кВ.
- найдены и подобраны схемы для распределительных устройств в ТП;
- определены электрические нагрузки для ТП «тяговой подстанции»;
- свершен выбор и подборка силовых трансформаторов, измерительных трансформаторов тока и напряжения для тяговой подстанции (ТП);
- произведен выбор питающих линий (ЛЭП) 110 кВ по расчетам, на тяговую подстанцию;
- сделаны расчеты токов короткого замыкания для системы электроснабжения на тяговой подстанции;
- подобраны и проверены на совместимость электрооборудования для тяговой подстанции;
- разборка и описание трансформатора с сухой изоляцией.

ВКР содержит пояснительную записку, дополняемой таблицами 3шт, рисунками 12шт, а также чертежами в количестве 6шт формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Расчет тяговой подстанции переменного тока	5
1.1 Составление структурной схемы тяговой подстанции	5
1.2 Определение трансформаторной мощности тяговой подстанции	6
1.3 Выбор трансформаторов и выпрямительных преобразователей	8
1.4 Расчет токов	9
1.5 Выбор электрических частей подстанции	19
2 Расчет экономической части подстанции	32
3 Охрана труда или техника безопасности	35
4 Транспортная безопасность на ТП	39
4.1 Основные методики и рекомендации по выявлению угроз	39
4.2 Перечень потенциальных угроз	40
Заключение	42
Список используемой литературы и используемых источников	44

Введение

Система электроснабжения РЖД должна обеспечивать потребителей необходимым количеством электроэнергии при допустимых пределах показателей качества по графику потребления соответствующему плану.

Проектирование тяговой подстанции выполняется с учетом действующих правил и норм на основании имеющегося опыта эксплуатации и имеющихся достижений науки и техники в области электрифицированного железнодорожного транспорта. Устанавливаются более экономичные и совершенные преобразовательные агрегаты, коммутационное оборудование, внедрена автоматика и телемеханика, позволяющие повысить надежность работы и сократить численность обслуживающего персонала.

Для достижения более эффективного электроснабжения необходимо правильно спроектировать систему, разместить подстанции вблизи центров нагрузки и равномерно распределить электрические нагрузки. Это позволит снизить потери электроэнергии, повысить надежность электроснабжения, а также уменьшить затраты и удельные нормы расхода электроэнергии [16].

Цель выпускной квалификационной работы заключается в проведении расчётов для проектирования тяговой подстанции переменного тока, выбора оборудования более экономичного в обслуживании и потреблении электроэнергии, выполнении экономической части, рассмотрении вопросов по охране труда, безопасности жизнедеятельности человека и транспортной безопасности, изучении вопроса на тему «Тяговые трансформаторы с сухой изоляцией»

Задачи квалификационной работы заключаются в проведении расчетов для тяговой подстанции переменного тока, также в выборе оборудования для тяговой подстанции, в расчете токов КЗ, рассмотрении вопросов по охране труда и безопасности жизнедеятельности человека, и транспортной безопасности [1].

1 Расчет тяговой подстанции переменного тока

1.1 Составление структурной схемы тяговой подстанции

Проектируемая тяговая подстанция имеет два ввода и два головных трех обмоточных трансформатора. На подстанции находятся следующие распределительные подстанции (РУ): открытое (О)РУ-110, закрытые (З)РУ-35 и (З)РУ-10, а также на подстанции 3,3 кВ и РУ-0,4 кВ для питания собственных нужд [6].

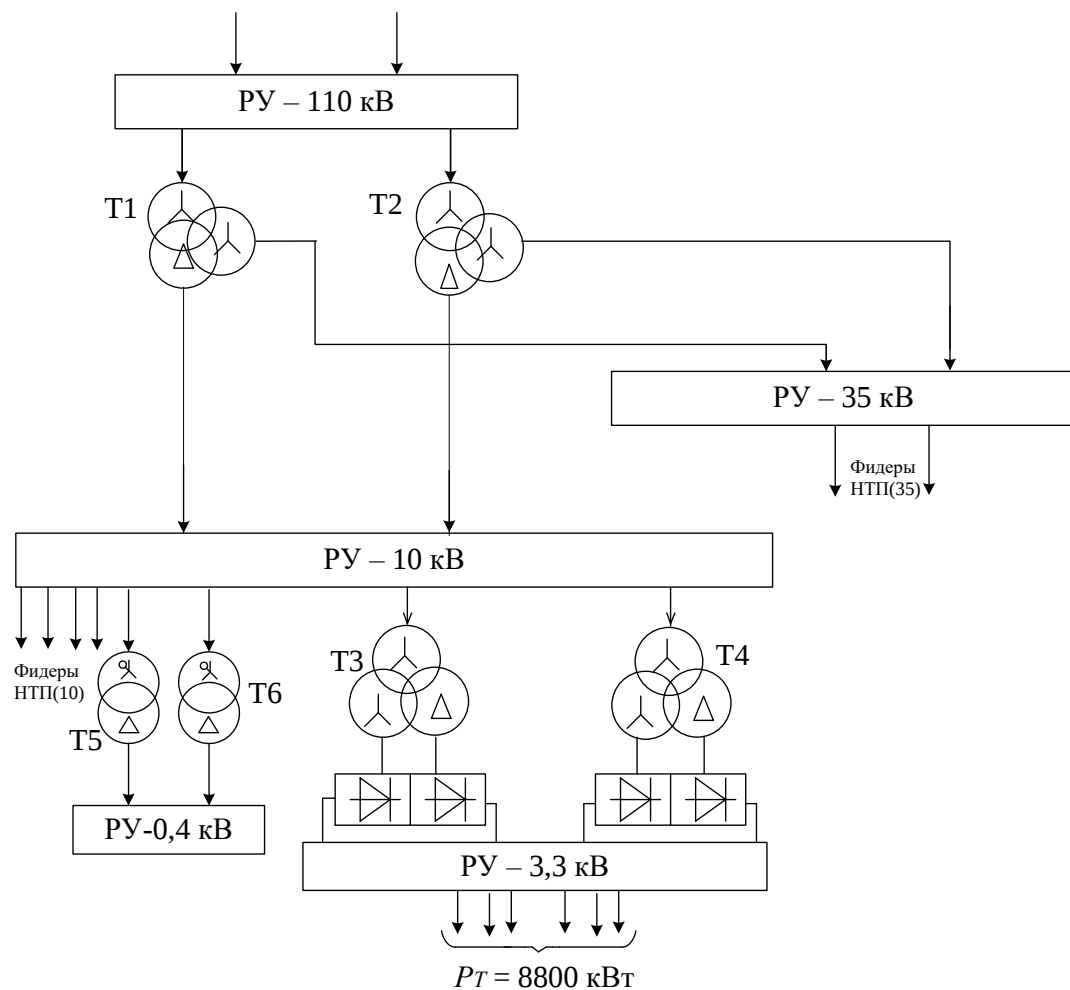


Рисунок 1 – Структурная схема тяговой подстанции

1.2 Определение трансформаторной мощности тяговой подстанции

При расчете тяговой подстанции, в первую очередь производится расчет мощности для потребительских нагрузок [3]:

$$S = (S_{\Sigma 35} + S_{\Sigma 10}) \cdot k_p, \quad (1)$$

где $S_{\Sigma 35}$ – общая мощность трансформатора по расчетам, кВА; общая мощность трансформаторов, предназначенная для питания тяговых не тяговых потребителей напряжением 35 кВ, в кВА;

$S_{\Sigma 10}$ – общая мощность трансформатора по проекту, необходимая для питания 10кВ не тяговых нагрузок, кВА;

k_p – коэффициент равный 0,95 для произведения расчета максимальных нагрузок.

Трансформаторная мощность имеет обозначение $S_{\Sigma j}$ (j – это количество напряжения для РУ – 10кВ или 35кВ) по формуле:

$$S_{\Sigma j} = (S_{\text{тяги}j} + n_{\text{ТСН}j} \cdot S_{\text{ТСН}j} + S_{\phi j}) \cdot k_p, \quad (2)$$

где $S_{\text{тяги}j}$ – мощность трансформатора, необходимая для питания тяговых нагрузок, кВА;

$n_{\text{ТСН}j}$ – число трансформаторов собственных нужд, равное двум;

$S_{\text{ТСН}j}$ – мощность одного ТСН, равная 400 кВА;

$S_{\phi j}$ - оценка мощности трансформаторов, необходимых для питания фидеров с не тяговой нагрузкой, кВА.

Произведем расчет мощности для трансформатора тяговой нагрузки:

$$S_{\text{тяги}} = \frac{P_{\text{тяги}}}{\cos \phi_T}, \quad (3)$$

где $P_{\text{тяги}}$ – заданное значение мощности для питания тяги, кВт;

$\cos\varphi_T$ – величина косинуса угла сдвига первой гармоники сетевого тока преобразовательного агрегата относительно питающего напряжения для 12-пульсовых выпрямителей, которую принимаем 0,98 [9].

Для не тяговых потребителей произведем расчет мощности, обозначаемый $S_{\phi j}$, по формуле:

$$S_{\phi j} = K_p \cdot \sum_{j=1}^m S_{\phi j/i}, \quad (4)$$

где $S_{\phi j/i}$ – расчетная трансформаторная мощность, необходимая для питания не тяговой нагрузки по i -му фидеру, кВА;
 m – число фидеров не тяговых потребителей.

Рассчитаем тяговую трансформаторную мощность по формуле:

$$S_T = \frac{8800}{0,98} = 8979,6 \text{ кВА.}$$

Для трансформатора тяги выбираем (12 – пульсового выпрямителя) ТРСЗП – 12500/10 с $S_{1H} = 11400$ кВА.

Мощность всего количества фидеров НТП РУ – 10 кВ равна:

$$S_{\phi 10} = 0,95 \cdot (1400 + 1700 + 700) = 3610 \text{ кВА.}$$

Трансформаторная мощность для питания всего РУ-10/35 кВ равна:

$$S_{\Sigma T} = 0,95 \cdot (8979,6 + 2 \cdot 400 + 3610) = 12720,12 \text{ кВА;}$$

$$S_{\phi 35} = (1500 + 2600) \cdot 0,95 = 3895 \text{ кВА.}$$

Трансформаторная мощность тяговой подстанции равна:

$$S = (12720,12 + 3895) 0,95 = 15889,152 \text{ кВА.}$$

1.3 Выбор трансформаторов и выпрямительных преобразователей

Головной трансформатор выбирается по (не) равенству мощностей, ниже предложена формула [17]:

$$S_{\text{ГТ}} \geq S, \quad (5)$$

где $S_{\text{ГТ}}$ – мощность константа понижающего трансформатора, кВА;

S – трансформаторная мощность ТП расчетная, кВА.

По условию $16000 \text{ кВА} > 15889,15 \text{ кВА}$, берем на подстанцию трансформатор ТДТН-16000/110У1.

Выбор трансформаторов собственных нужд (ТСН), на проектируемой подстанции устанавливаем (ТСН) мощностью 400 кВА. На расчетной подстанции установим два трансформатора ТСЗ-400/10 УЗ.

Для создания гальванической развязки и тасовки напряжения питания на линии электропередач, на подстанции устанавливаются выпрямители. Количество выпрямителей на подстанции зависит от типа трансформаторов.

Чтобы посчитать количество выпрямителей существует формула:

$$N_{\text{В.РАСЧ}} = \frac{I_{\text{дТП}}}{I_{\text{дН}}}, \quad (6)$$

где $I_{\text{дТП}}$ – выпрямленный ток подстанции, А;

$I_{\text{дН}}$ – номинал выпрямленного тока выпрямителя, А.

Для определения выпрямительного тока используем формулу:

$$I_{дТП} = \frac{P_T}{U_{дН}}, \quad (7)$$

где $U_{дН}$ – напряжение на шинах после выпрямления, $U_{дН} = 3,3$ кВ;

P_T – заданная мощность для тяги поездов, $P_T = 8800$ кВт.

Электрические параметры для выбранного 12 импульсного преобразователя В-ТПЕД-3,3-3115 следующие:

- номинальное напряжение равно 3300 В;
- номинальный ток равен 3150 А.

Выполним расчет по формулам (6) и (7):

$$I_{дТП} = \frac{8800}{3,3} = 2666,7 \text{ А};$$

$$N_{В.РАСЧ} = \frac{2666,7}{3150} = 0,846.$$

Значение параметра $N_{врасч}$ следует округлить до ближайшего большего целого числа и прибавить к нему единицу. Это означает, что необходимо предусмотреть наличие одного дополнительного выпрямителя в резерве. Таким образом, принимаем $N_B = 2$ [21].

Выбираем преобразовательные трансформаторы типа ТРСЗП-12500/10 УХЛ1.

1.4 Расчет токов

Создание расчетной схемы электроснабжения, произведем создание схемы для расчета тяговой подстанции для схемы внешнего электроснабжения, параметры и элементы указаны на схеме [6]. Схема для расчета представлена на рисунке 2.

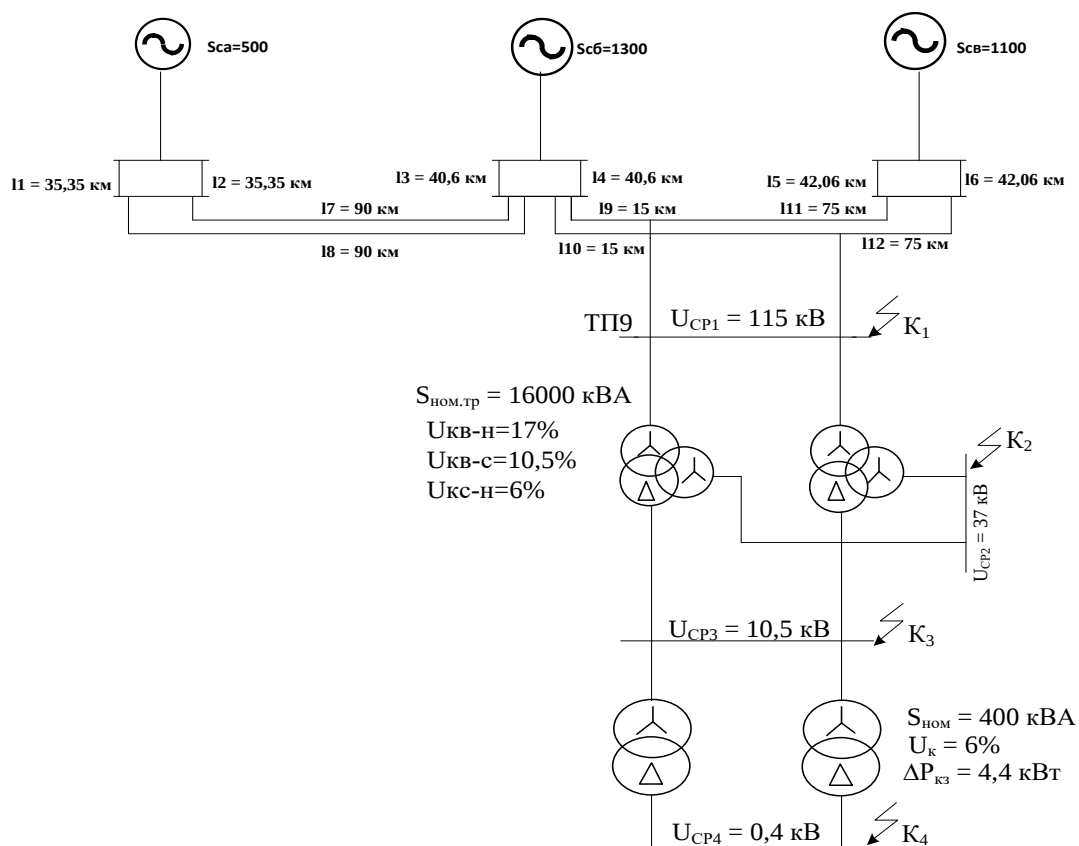


Рисунок 2 – Расчетная схема тяговой подстанции

Схема замещения для подстанции по чертежам, элементы изменяются на индуктивное сопротивление. При расчете схемы замещения для вспомогательных трансформаторов на подстанциях необходимо учитывать как активное, так и индуктивное сопротивление [8]:

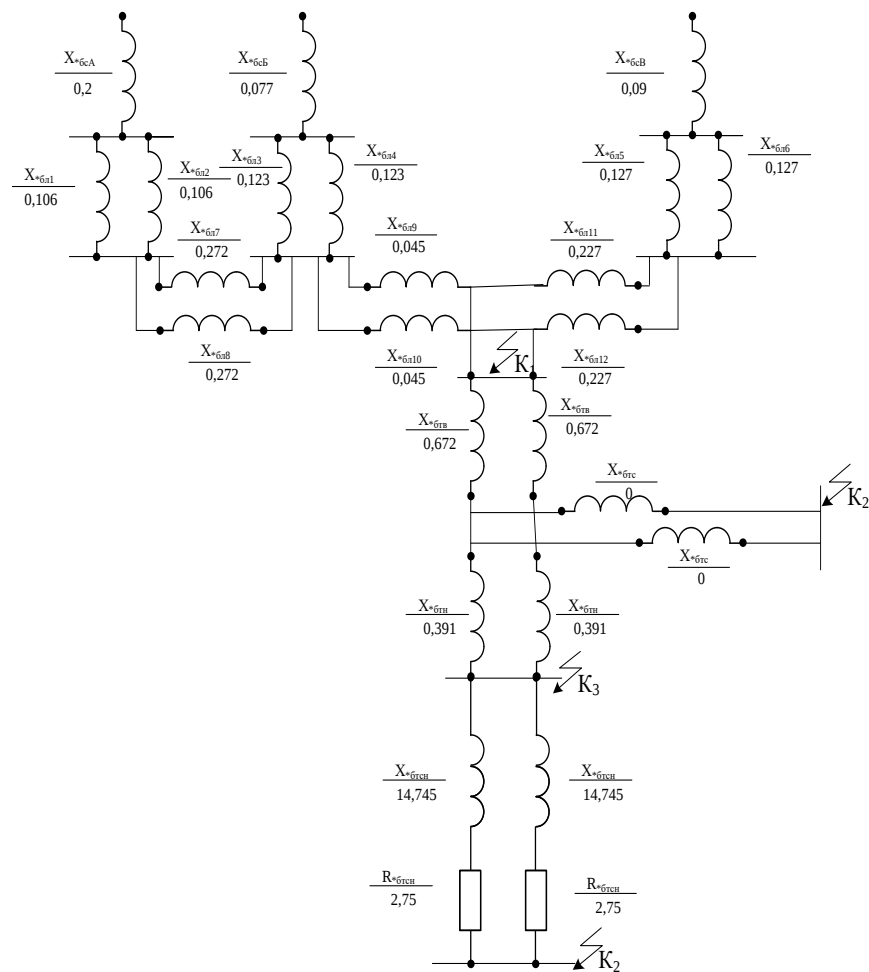


Рисунок 3 – Схема замещения отпаечной тяговой подстанции

Методом относительных единиц выполним расчет сопротивлений схемы при $S_B = 100$ МВА [15].

Относительное сопротивление базисное системы посчитаем по формуле:

$$X_{*BC} = \frac{S_6}{S_{KC}}, \quad (8)$$

где S_B – мощность базисная, МВА;

S_{KC} – мощность «КЗ» на шинах 110 кВ, МВА.

Относительное сопротивление тяговых и головных трансформаторов посчитаем по формуле:

$$X_{*6T} = \frac{u_K}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{H.T}}, \quad (9)$$

где $S_{H.T}$ – номинал мощности трансформатора, МВА;

u_K – напряжение «КЗ» трансформатора, %.

Для «ТСН» трансформаторов собственных нужд, суммарное сопротивление, а также активное сопротивление считается по формулам[18]:

$$Z_{*6ТСН} = \frac{u_{KТСН}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{H.ТСН}}; \quad (10)$$

$$R_{*6ТСН} = \frac{\Delta P_{K3}}{S_{H.ТСН}} \cdot \frac{S_6}{S_{H.ТСН}}, \quad (11)$$

где $u_{KТСН}$ – напряжение КЗ ТСН, которое равно 6 %;

$S_{H.ТСН}$ – номинал мощности ТСН, $S_{H.ТСН} = 0,4$ МВА.

ΔP_{K3} – мощность короткого замыкания ТСН, $\Delta P_{K3} = 4,4$ кВт.

Произведем структуризацию схемы замещения и расчет относительного сопротивления $X_{*БС}$.

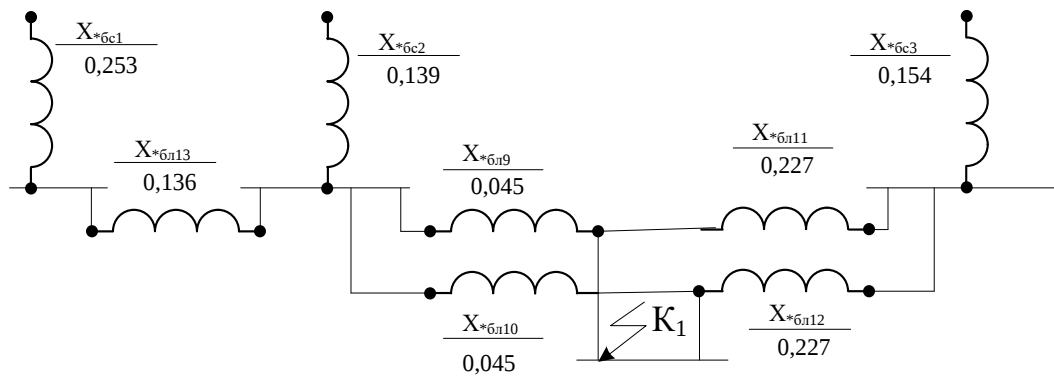


Рисунок 4 – Схема замещения до точки K_1 .

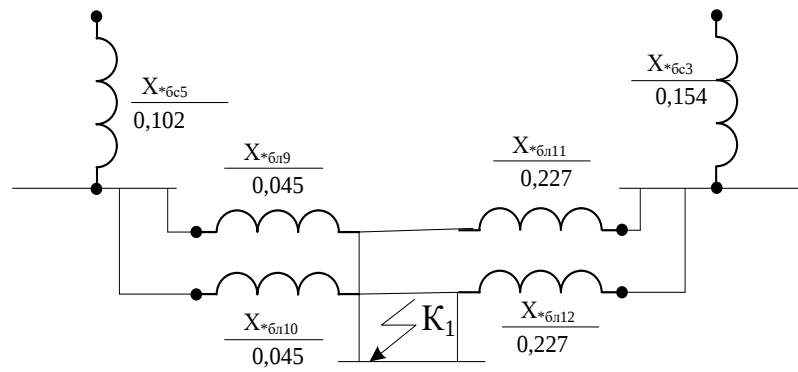


Рисунок 5 – Схема замещения до точки K_1 .

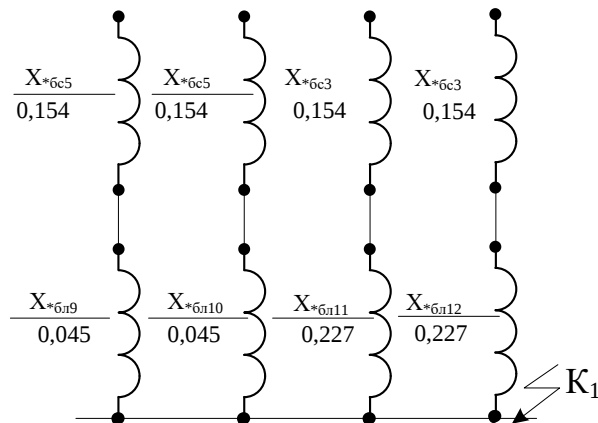


Рисунок 6 – Схема замещения до точки K_1 .

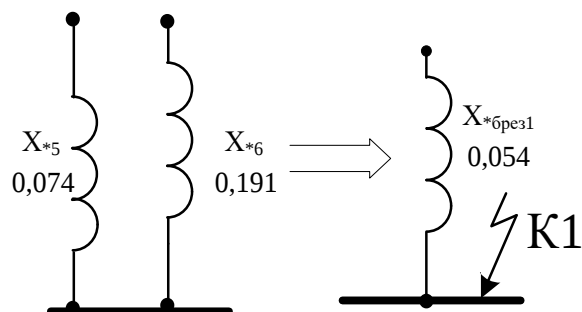


Рисунок 7 – Схема замещения до точки K_1 .

Последовательность изменения схемы до точки K_2 приведена на рисунке 8:

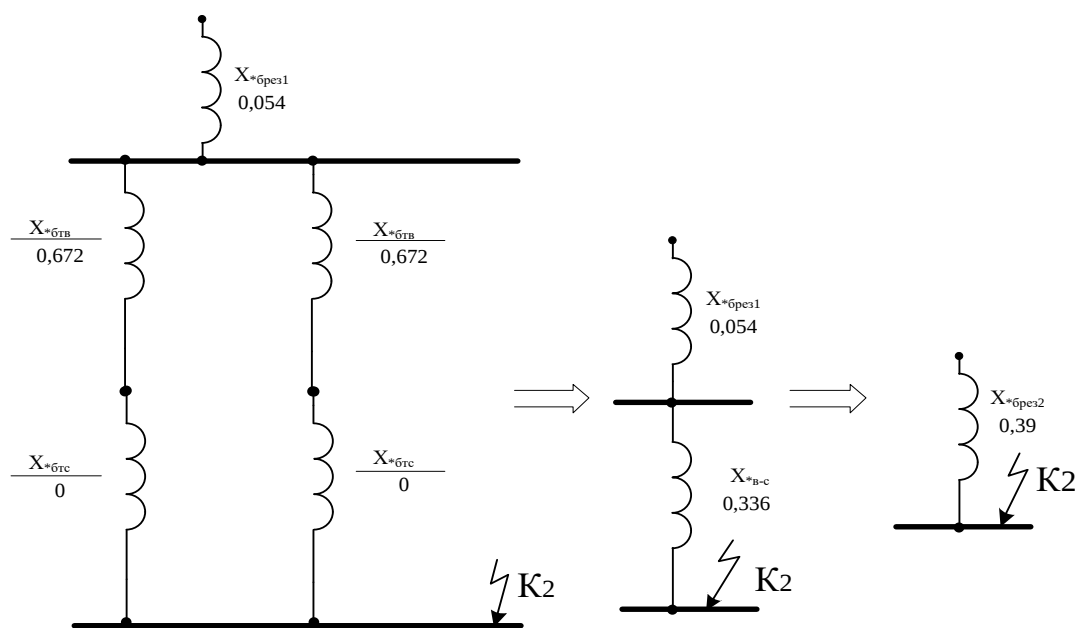


Рисунок 8 – Схема замещения до точки K_2 .

Последовательность изменения схемы до точки K_3 приведена на рисунке 9:

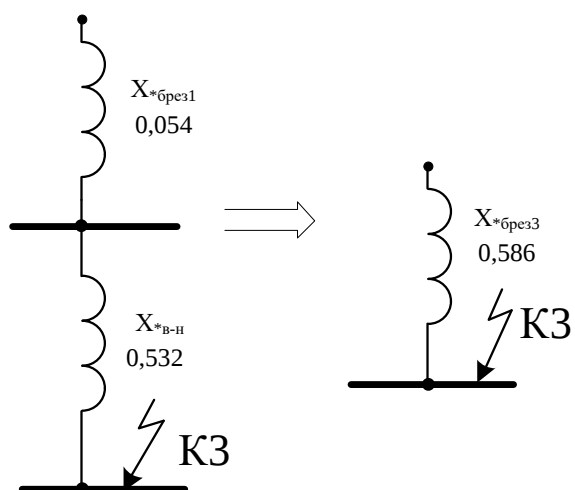


Рисунок 9 – Схема замещения до точки K_3

Порядок изменения схемы замещения до точки К₄ приведен на рисунке 10:

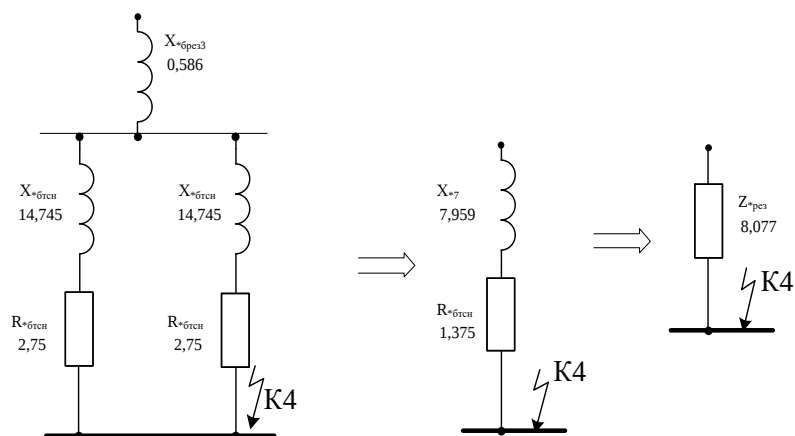


Рисунок 10 – Схема замещения до точки К₄

Таблица 1 – Результаты расчета токов короткого замыкания

Точка КЗ ($U_{ср}$)	$X(Z)_{*Б}$, о.е.	$I_{КЗ}$, кА	i_y , кА	$S_{КЗ}$, МВА	I_6 , кА
К ₁ (115 кВ)	0,054	9,315	23,753	1851,852	0,503
К ₂ (37 кВ)	0,39	4,005	10,213	56,41	1,562
К ₃ (10,5 кВ)	0,586	9,394	23,955	170,648	5,505
К ₄ (0,4 кВ)	8,077	17,891	45,622	12,381	144,509

Для нахождения и расчета тока короткого замыкания $I_{КЗ}$, на подстанции в первой точке мы воспользуемся следующей формулой:

$$I_{КЗ} = \frac{I_Б}{X_{*БС}}, \quad (12)$$

где $X_{*БС}$ – ветвяное сопротивление до 1 точки короткого замыкания;

$I_Б$ – ток базисный КЗ, кА, который определяется по формуле:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{CP}}, \quad (13)$$

где S_B – базисное значение мощности, $S_B = 1000$ МВА;

U_{CP} – «усредненное напряжение РУ», кВ.

Ударный ток короткого замыкания посчитаем по формуле:

$$i_{уд} = 2,55 \cdot I_{K3}. \quad (14)$$

Мощность короткого замыкания посчитаем по формуле:

$$S_{K3} = \sqrt{3} \cdot U_{CP} \cdot I_{K3}. \quad (15)$$

Расчет базисного тока КЗ по формуле (9):

$$I_{61} = \frac{100}{1,73 \cdot 115} = 0,503 \text{ кА};$$

$$I_{62} = \frac{100}{1,73 \cdot 37} = 1,562 \text{ кА};$$

$$I_{63} = \frac{100}{1,73 \cdot 10,5} = 5,505 \text{ кА};$$

$$I_{64} = \frac{100}{1,73 \cdot 0,4} = 144,509 \text{ кА}.$$

Расчет токов КЗ формуле (8):

$$I_{K31} = \frac{0,503}{0,054} = 9,315 \text{ кА};$$

$$I_{K32} = \frac{1,562}{0,39} = 4,005 \text{ кА};$$

$$I_{K33} = \frac{5,505}{0,586} = 9,394 \text{ кА};$$

$$I_{K34} = \frac{144,509}{8,077} = 17,891 \text{ кА}.$$

Расчет ударных токов КЗ формуле (9):

$$I_{уд1} = 2,55 \cdot 9,315 = 23,753 \text{ кА};$$

$$I_{уд2} = 2,55 \cdot 4,005 = 10,213 \text{ кА};$$

$$I_{уд3} = 2,55 \cdot 9,394 = 23,955 \text{ кА};$$

$$I_{уд4} = 2,55 \cdot 17,891 = 45,622 \text{ кА}.$$

Расчет мощности КЗ формуле (10):

$$S_{кз1} = \frac{100}{0,054} = 1851,852 \text{ МВА};$$

$$S_{кз2} = \frac{100}{0,39} = 256,41 \text{ МВА};$$

$$S_{кз3} = \frac{100}{0,586} = 170,648 \text{ МВА};$$

$$S_{кз4} = \frac{100}{8,077} = 12,381 \text{ МВА}.$$

Для определения установившегося максимального токов «КЗ» короткого замыкания в шинах распределительного устройства постоянного тока 3,3 кВ используется следующая формула:

$$I_{кз3,3} = \frac{1,1 \cdot I_{дН} \cdot N}{\frac{u_{к, \%}}{100} + \frac{\sum S_{1Н}}{S_{кз}}}, \quad (16)$$

В РУ постоянного тока при напряжении 3,3 кВ мощность КЗ будет можно рассчитать по формуле:

$$S_{кз3,3} = U_{дН} \cdot I_{кз3,3}, \quad (17)$$

где $U_{дН}$ – номинальное напряжение выпрямителя, кВ.

По формулам (12), (13) проведем расчет выпрямительных агрегатов:

$$I_{кз 3,3} = \frac{1,1 \cdot 3150 \cdot 1}{\frac{8,7}{100} + \frac{1 \cdot 11,4}{160,77}} = 22,4 \text{ кА};$$

$$S_{кз3,3} = 3,3 \cdot 22,4 = 73,92 \text{ МВА}.$$

Для определения максимальных рабочих токов в элементе РУ используется следующая формула:

$$I_{\text{рmax}} = \frac{S_{\text{MAX}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}}, \quad (18)$$

где S_{MAX} – максимальная мощность элемента распределительного устройства, кВА;

U_{H} – Номинал напряжение РУ - это напряжение, указанное в документации ($U_{\text{H}} = 110; 10; 3,3; 0,4 \text{ кВ}$).

Мощность тяговой подстанции посчитаем по формуле:

$$S_{\text{ТП}} = \text{MAX}\{ S_{\text{ГТ}}; S \}, \quad (19)$$

где $S_{\text{ГТ}}$ – мощность одного головного понижающего трансформатора на тяговой подстанции, указанная в номинале, $S_{\text{ГТ}} = 16000 \text{ кВА}$ [4];

Расчетная мощность трансформатора (S) тяговой подстанции, условия сравнения:

$S = 15784,36 \text{ кВА}$. Так как $S_{\text{ГТ}} > S$, то $S_{\text{ТП}} = S_{\text{ГТ}} = 16000 \text{ кВА}$.

$$S_{\text{MAX}} = N_{\text{ТП}} \cdot S_{\text{ТП}}, \quad (20)$$

где $N_{\text{ТП}}$ – наибольшее число промежуточных тяговых подстанций,

$S_{\text{ТП}}$ – номинальная мощность сетевой обмотки тягового трансформатора, кВА;

Давайте рассмотрим пример расчета для вводов напряжением 110 кВ:

$$S_{ТП} = 16000 \text{ кВА};$$

$$S_{МАХ} = 2 \cdot 16000 \cdot 1 = 32000 \text{ кВА};$$

$$I_{рmax} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 168,155 \text{ А}.$$

1.5 Выбор электрических частей подстанции

Выбор токоведущих частей для ОРУ – 110 кВ, на модернизированных тяговых подстанциях распределительные устройства 110 кВ открытым ОРУ. Открытое (распределительное устройство). Применяются гибкие сталеалюминевые провода марки АС [25].

Подберем сечение провода по данному неравенству:

$$I_{ДОП} \geq I_{Р МАХ}, \quad (21)$$

где $I_{ДОП}$ – максимальный ток на проводнике, А;

$I_{Р МАХ}$ – максимальный рабочий ток для ОРУ, А.

На открытом воздухе элементы, смонтированные на изоляторах на испытания, на стойкость не испытываются.

Провода на напряжение 110 кВ сечение не меньше, чем 70мм², проверка сечений ведущих проводников для питания подстанции подбираются с учетом экономической плотности тока:

$$S = \frac{I_{РМАХ}}{j_{ЭК}}, \quad (22)$$

где $j_{ЭК}$ – константное значение «экономической плотности тока» определяется исходя из количества часов использования максимальной нагрузки в год для сталеалюминевых проводников, $j_{ЭК} = 1,3 \text{ А/мм}^2$.

Выберем гибкие сталеалюминевые провода для ввода в РУ – 110 кВ, питающихся от энергосистемы, на $I_{\text{РМАХ}} = 168,155 \text{ А}$.

В соответствии с расчетными условиями выбран проводник АС-150, у которого ИДОП = 450 А. Механическая прочность обеспечена проводом АС-50, а от коррозии- провод АС-70 [21].

Плотность экономическая тока считываем по формуле:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{168,155}{1,3} = 129,35 \text{ мм}^2.$$

Приближен к данному значению является сечение провода 70 мм². Поэтому для коммутации РУ-110 кВ системе используется провод АС-120 с номиналом тока ИДОП = 350 А.

Таким же образом выбираем для ОРУ-110кВ.

Подбор токопроводов для РУ – 10 кВ, РУ – 10 кВ на тяговой подстанции, как правило, выполняется закрытым. В качестве токоведущих частей используем проводники из алюминия прямоугольного сечения. Сечение шин проводника выбирается по условию (17). Шины могут быть положены на ребро или плашмя. Выбираем способ расположения шин "плашмя" [21].

Для обеспечения безопасности при работе сборных шин в РУ, производят проверку на термическую и электродинамическую стойкость

Рассмотрим тест на термическую стабильность. Последовательность этого испытания следующая [18].

Поперечное сечение проводника рассчитывается по следующему уравнению:

$$q_B = b \cdot h. \quad (23)$$

Тепловой импульс тока короткого замыкания определяется $B_K, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$:

$$B_K = I_K^2 \cdot (t_{\text{ЗАЩ МАХ}} + t_{\text{СВ}} + t_{\Gamma} + T_A), \quad (24)$$

где $t_{\text{ЗАЩ МАХ}}$ – максимальное время сработки релейной защиты равно 1,5 сек, и это равно сработки вторых классов защит;

$t_{\text{СВ}}$ – выключатель отключается за 0,1 секунды;

T_A – константа времени, равна 0,05 с.

Тепловую нагрузку при коротком замыкании, подбираем сечение провода по формуле:

$$q_{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}, \quad (25)$$

где C – коэффициент алюминиевых проводников равен $90 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$.

По неравенству, жесткий проводник будет термически стойкий если его сечение будет более или равен сечению проводника [2]:

$$q_B \geq q_{\text{MIN}}. \quad (26)$$

При $h > 60$ мм допустимый ток равен:

$$I'_{\text{ДОП}} = 0,95 \cdot I_{\text{ДОП}}. \quad (27)$$

$$I'_{\text{ДОП}} = 0,95 \cdot 870 = 826,5 \text{ А};$$

$$870 \text{ А} \geq 826,5 \text{ А}.$$

Момент изгиба равен:

$$M = \frac{\sqrt{3} \cdot 23,955^2 \cdot 1^2}{100 \cdot 0,25} = 39,757 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Посчитаем момент сопротивления для провода, в положение плашмя:

$$W = \frac{6 \cdot 60^2}{6} = 3600 \text{ мм}^3.$$

Расчетное максимальное напряжение в проводе:

$$\sigma_{\text{РАСЧ}} = \frac{39,757}{3600} \cdot 10^3 = 11,043 \text{ МПа}$$

$$11,043 \text{ МПа} < 65 \text{ МПа}.$$

Проверка прошла успешно.

Проведем проверку на термическую устойчивость:

$$q_B = 60 \cdot 6 = 360 \text{ мм}^2.$$

Полный тепловой импульс тока КЗ равен:

$$W_K = 9,394^2 \cdot (1,5 + 0,1 + 0,05 + 0,05) = 150,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Минимальная площадь поперечного сечения проводника, способного выдержать тепловое воздействие тока короткого замыкания, равна:

$$q_{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{150,02 \cdot 10^3}}{90} = 43,04 \text{ мм}^2;$$

$$360 \text{ мм}^2 > 43,04 \text{ мм}^2.$$

Условие проверки на термическую стойкость выполняется.

Остальные проводники РУ – 10 кВ рассчитываются аналогично. Выбор токоведущих частей для ЗРУ – 3,3 кВ, в качестве токоведущих частей в распределительном устройстве постоянного тока 3,3 кВ также используют шины марки АДО [14].

Находящаяся под напряжением часть 3,3 кВ защищена быстродействующими выключателями поэтому не испытывается на электродинамическую и термическую стойкость [14].

Фидерные и всасывающие проводники КРУ3,3 кВ выполняются из проволоки А-150 или А-185; Количество параллельных проволок в подающем устройстве не должно превышать шести, а количество параллельных проволок во всасывающем устройстве не должно превышать десяти [9].

В модульные конструкции РУ – 3,3 кВ входят медные шины прямоугольного сечения $2 \times \text{АДО-120} \times 8$, предназначенные для тока сборных шин в 3350 А. Расчетный рабочий ток на сборных шинах составляет 3150 А.

Проводники открытого распределительного устройства РУ-110 кВ подвешены в едином венце, состоящем из подвесного изолятора типа ЛК-70. Для ОРУ – 110 кВ выбираем изоляторы типа ЛК-70/110-3 УХЛ 1 по 8 штук в гирлянде. Для ОРУ – 35 кВ выбираем изоляторы типа ЛК-70/35-3 УХЛ 1 по 5 штук в гирлянде.

Выберем опорные изоляторы для ЗРУ – 10 кВ типа ИО-10-3,75 УЗ.

Выполним его проверку на электродинамическую стойкость:

$$F_{\text{РАСЧ}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 23,955^2 \cdot 1}{10 \cdot 0,25} \cdot 1 = 155,098 \text{ Н} = 1,55 \text{ кН};$$
$$1,55 \text{ кН} < 0,6 \cdot 3,75 = 2,25 \text{ кН}.$$

Выбранный изолятор проходит проверку.

Выберем проходной изолятор для ввода ОРУ – 10 кВ ИП -10/1000-750, проверим на электродинамическую стойкость:

$$F_{\text{РАСЧ}} = 1,55 \text{ кН};$$
$$1,55 \text{ кН} < 1,2 \cdot 7,5 = 9 \text{ кН}.$$

Изолятор проходит проверку. Остальные изоляторы рассчитываем аналогично.

Выбор изоляторов для ЗРУ – 3,3 кВ, 3.3кВ Опорные изоляторы для распределительных устройств напряжением 3.3 кВ имеют тип IO и выбираются в соответствии с условием (27). Проходные изоляторы для ОРУ напряжением 3.3 кВ имеют тип IP и выбираются в соответствии с условием (30).

КРУ постоянного производит защиту быстродействующими выключателями, на стойкость изоляторы не проверяют.

Опорный изолятор ИО-6-3,75 УЗ подбирают по условиям (27), и изолятор ИП-10/5000-4250 УХЛ1 идентично.

Выключатели переменного тока для коммутации электрических цепей в электрических выключателях тяговых подстанций подбираются с учетом всех режимов работы: короткого замыкания, нагрузки и холостого хода. Для этих целей используются газовые, вакуумные и гидравлические выключатели.

Произведем расчет для выбора выключателя рабочей переемычки транзитной подстанции в РУ-110 кВ, $I_{p\max} = 168,155 \text{ А}$.

По условию выбираем элегазовый выключатель типа ВГТ-110- 40/2000 У1, для которого $I_H = 2500 \text{ А}$, $t_{CB} = 0,03 \text{ с}$.

Выполним проверку выключателя:

Выполним проверку на отключение периодической составляющей тока КЗ: $I_K = 9,315 \text{ кА}$, $I_{H.\text{откл}} = 40 \text{ кА}$. $9,315 \text{ кА} < 40 \text{ кА}$.

По данному расчёту определим полный тепловой импульс B_K :

$$B_K = 9,315^2 \cdot (1,5 + 0,03 + 0,05 + 0,05) = 147,508 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$I_T^2 \cdot t_T = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$147,508 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Как видно из расчетов, выключатель ВГТ-110П-40/2500 проходит все условия проверки. Выключатели для остальных присоединений РУ – 110 кВ и для РУ – 10 кВ выбираются аналогично.

Выбор выключателей постоянного тока, быстродействующий автоматический выключатель VAB-206 используется в качестве автоматического выключателя для распределительных устройств 3,3 кВ. Этот выключатель сочетает в себе две функции: прерывание цепи постоянного тока и мгновенную защиту от сверхтоков [2].

Выбор разъединителей переменного тока, разъединитель 110 кВ на открытом воздухе используется для визуального подтверждения разрыва цепи распределительного устройства 110 кВ. Разъединители выбираются в соответствии с условием (24).

Для проверки термической и электродинамической стойкости разъединителей переменного тока используются условия (26) и (27).

Закрытые распределительные устройства переменного тока 10 кВ, состоящие из целых ячеек, не требуют использования разъединителя, за исключением ввода КРУ, где устанавливается разъединитель наружной установки в открытой части КРУ.

Выберем разъединитель для вводов ОРУ – 110 кВ. $I_{p\max} = 168,155$ А. По условию выбираем разъединитель РГ.2 - 110/1000 УХЛ 1.

Выбранный разъединитель проходит условия проверки. Аналогичным образом выбираем остальные разъединители.

Выбор разъединителей постоянного тока осуществляется на основе параметров. Разъединители серии RVRZ предназначены для установки на ОРУ напряжением 3,3 кВ. Разъединители с моторным приводом типа РКС-3,3/3000 устанавливаются на фидерах контактной сети [9].

Токовые трансформаторы применяются для понижения токовых значений до номинала приборов измерения.

Выберем трансформаторы тока для вводов на распределительные устройства напряжением 10 кВ: $I_{P\text{ MAX}} = 734,4 \text{ A}$, $i_y = 23,955 \text{ кА}$. По условию (27) выбираем трансформатор тока типа ТОЛ–10 с $I_{1Н} = 1000 \text{ A}$, $i_{\text{MAX}} = 102 \text{ кА}$.

Расчетные параметры оказались ниже паспортных данных трансформатора тока, поэтому указанный трансформатор проходит испытания на тепловую и динамическую устойчивость. Трансформаторы тока выбираем аналогично для других мест установки [18].

Трансформаторы напряжения служат для снижения уровня напряжения до значений, соответствующих номиналам измерительных приборов (100 В и $100/\sqrt{3} \text{ В}$), а также обеспечивают изоляцию от высоковольтной первичной цепи [5]. Снижение напряжения достигается за счет конструктивных особенностей обмоток, таких как число витков и площадь поперечного сечения. Выбор подходящего трансформатора напряжения осуществляется на основании условия (28).

В соответствии с условием выбираем три однофазных трехобмоточных трансформатора напряжения ЗНОГ-110 УХЛ 1. Аналогично выберем трансформатор напряжения для РУ – 10 кВ.

Выбор ограничителей перенапряжения. Нелинейные разрядники (NLA) — это современные устройства на основе «оксида цинка» (ZnO), которые защищают электрооборудование от перенапряжений.

Разрядные устройства используются для гашения больших токов с помощью быстродействующих переключателей питания на ОРУ 3,3 кВ в индукторах реакторов сглаживающих устройств.

Однако такое гашение может привести к возникновению избыточного напряжения, которое, в свою очередь, может привести к перегоранию контактов главного выключателя, повреждению дугогасительной камеры и разряду в 3,3 килограмма [4].

В условиях превышения допустимого уровня напряжения в контактной сети, для его гашения используются разрядники.

В нормальных эксплуатационных условиях реактор характеризуется чрезвычайно высоким сопротивлением, близким к бесконечности. Однако при возникновении перенапряжения его сопротивление резко снижается, приближаясь к нулю. За счет этого можно рассеивать энергию в реакторе в сопротивление, и так же это увеличивает разрывную способность.

На подстанциях с постоянным током используют разные виды разрядных устройств, основных четыре вида [19].

На электрических подстанциях для минимизации влияния высших гармоник на контактную сеть устанавливаются сглаживающие фильтры и реакторы. Появление высших гармоник обусловлено работой генераторов напряжения, которые передают их на контактную сеть. Выбор типа сглаживающих устройств осуществляется в зависимости от характеристик используемых датчиков.

Для минимизации радиопомех, генерируемых выпрямителями тяговой подстанции, катод подключается к земле через конденсатор емкостью 8 мкФ. Это обусловлено тем, что помимо звуковых частот, трансформатор также создает высокочастотные помехи, которые негативно сказываются на качестве передачи сигналов. Для повышения эффективности фильтрации высокочастотных помех конденсаторы типа VST 4-16 U2 соединяются последовательно в блоки из двух или более элементов[13].

Использование трансформаторов с сухой изоляцией представляет повышенную опасность, поэтому они всегда устанавливаются в специально защищенном отсеке комплектной трансформаторной подстанции. В этом отсеке также имеются электрические выключатели низкого и высокого напряжения, недоступные снаружи, что обеспечивает защиту от поражения электрическим током. Важно отметить, что прикосновение к внешней поверхности литой обмотки включенного сухого трансформатора может привести к поражению электрическим током. Поэтому у сухого трансформатора без ограждения поражающая поверхность значительно больше, чем у масляного трансформатора [13].

В сухих трансформаторах рабочую часть охлаждают воздухом - естественным образом или с помощью вентиляторов. Производители также обеспечивают обмотки сухого трансформатора надежной изоляцией, поскольку воздух обладает более слабыми изоляционными свойствами по сравнению с маслом.

Достоинства сухих трансформаторов:

- безопасность является приоритетом. В масляных устройствах существует высокий риск утечки масла или возгорания преобразователя;
- установка и использование очень просты;
- перегрузка, возможна очень высокого напряжения;
- экологичность. Эти устройства можно устанавливать на участках, где необходимо обеспечить высокую экологическую безопасность.

Однако модели высоковольтных сухих трансформаторов имеют больший размер по сравнению с моделями с жидкостным охлаждением. Другими словами, трансформаторы, которые имеют одинаковые рабочие параметры, но работают на разных изоляторах, будут значительно отличаться по размеру.

Трансформатор ТСЗ-400 кВА класса напряжения -6(10) кВ представляет собой трёхфазный силовой трансформатор сухого типа. Он допускает как естественное воздушное охлаждение, так и принудительную циркуляцию воздуха.

Данная модель может быть изготовлена в открытом или защищенном варианте исполнения и предназначена для применения в электроустановках общего назначения. Основное назначение трансформатора — преобразование напряжения 6(10) кВ в более низкое напряжение 0,69 кВ при частоте 50 Гц [3].

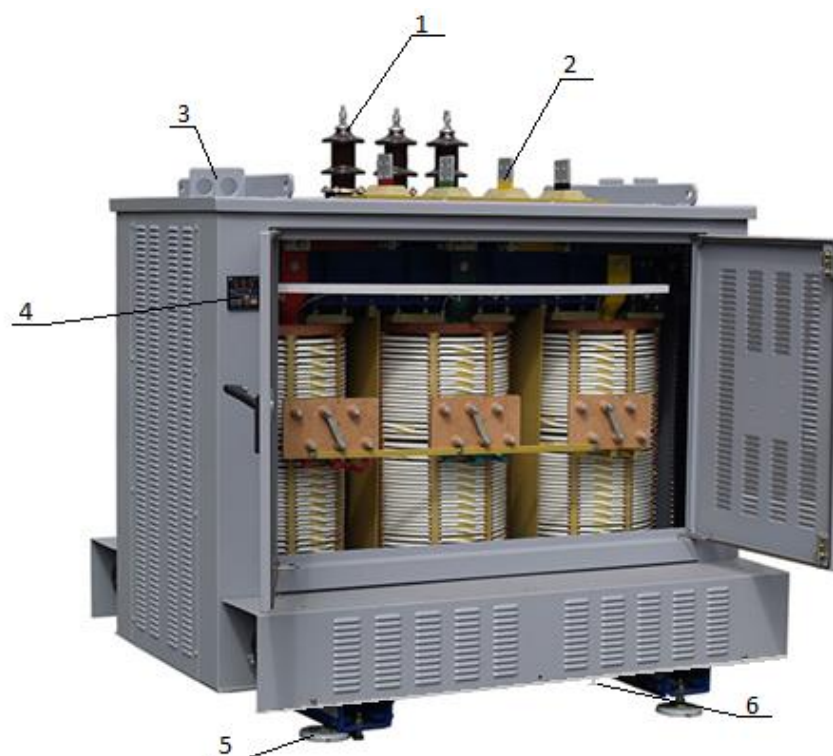


Рисунок 11 - Внешний вид трансформатора ТСЗ 400

Конструкция ТСЗ 400:

- выводы обмоток высокого напряжения (позиция 1 рисунок 11);
- выводы обмоток низкого напряжения (НН) (позиция 2 рисунок 11);
- подъёмный скобы (позиция 3 рисунок 11);
- панель ПБВ (позиция 4 рисунок 11);
- опорный лапы (позиция 5 рисунок 11);
- клемма заземление (позиция 6 рисунок 11).

Описание и характеристики сухого трансформатор марки ТРСЗП-12500/10 ЖУХЛ1, высокая механическая и термическая прочность, высокая стойкость к повышенным внешним механическим воздействиям, способность выдерживать резкие смены температур, повышенная импульсная прочность, как у масляных трансформаторов, способность выдерживать кратковременные перегрузки [21].

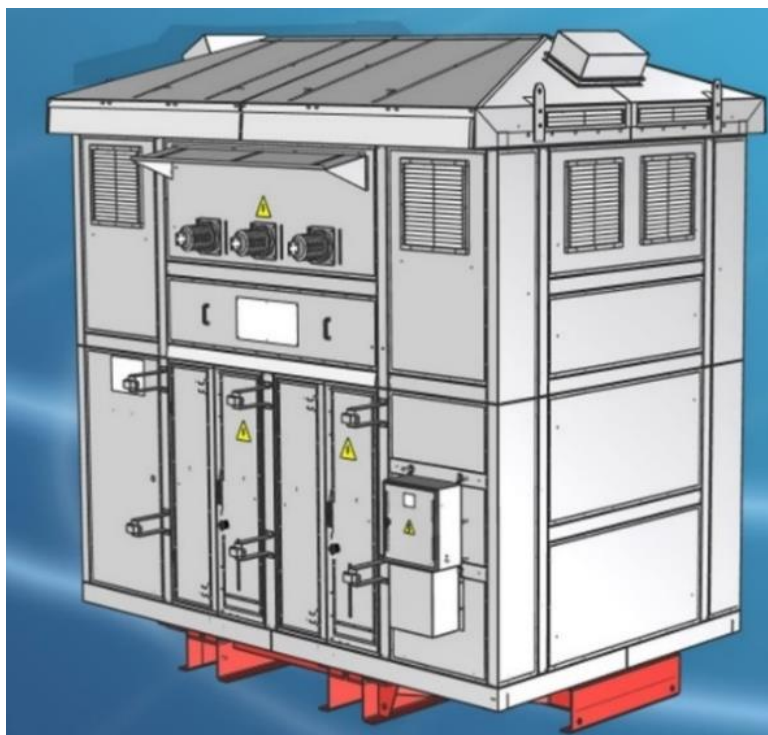


Рисунок 12 - Внешний вид ТРСЗП -12500/10

Трансформатор ТРСЗП-12500/10-УХЛ1 состоит из следующих основных частей:

- активной части с обмотками высшего и низшего напряжения;
- защитного кожуха с вентиляторами охлаждения;
- системы воздушного охлаждения;
- системы термоконтроля;
- устройства трансформатора.

Остов трансформатора выполнен из магнитопровода трехстержневой конструкции, верхних и нижних ярмовых балок, опорной рамы.

На опорной раме установлены катки для перемещения по рельсам, места для домкратов и отверстия для крепления. Заземление установлено на нижних ярмовых балках и кожухе.

Для поддержания температуры во время работы не выше 45°C внутри корпуса трансформатора, установлена система охлаждения с помощью воздуха, вентилятор с термостатом.

Трансформатор сухой с тремя фазами с естественным воздушным охлаждением защищенной конструкции, типичной мощностью 12 500 кВА, напряжением на обмотке 10 кВ, с разъемной обмоткой в конструкции [21].

Таблица 2— Область применения преобразовательных трансформаторов

Область применения	Выпрямленное напряжение, В	Выпрямленный ток, А	Типовая мощность трансформатора, кВА	Напряжение сети, кВ
Электрифицированный железнодорожный транспорт	3300; 3700	1250; 1600; 3200	630-2000	6; 10; 35
Электрифицированный городской транспорт	600; 825	800; 1250; 1600; 2000; 2500	630-4000	6; 10

Трансформаторная техника предназначена для перевода переменного тока в постоянный ток и инвертирования в обратную сторону, для изменения частоты, а также числа фаз и напряжение постоянного тока.

Выпрямление используется в ЭУ постоянного тока для отрасли, гор. транспорта, на буровых установках и ж.д. транспорте.

Трансформаторы, применяемые в преобразовательных установках, используются для изменения значений сети и их согласования с входным напряжением преобразователя.

Так же трансформаторы распределяются по классификации: силовые и измерительные. Силовые трансформаторы коммутируют напряжение на силовые агрегаты для их стабильной и бесперебойной работы.

Измерительные, в свою очередь предназначены для понижения напряжения и токов, удобных для измерения. К ним подключаются приборы для измерения данных силового агрегата, счетчики и датчики [20].

2 Расчет экономической части подстанции

Основные и оборотные фонды подстанции. Основные производственные фонды представляют собой средства труда, которые непосредственно участвуют в производственном процессе или создают предпосылки для его осуществления. В то же время, существуют непроизводственные фонды, такие как жилые дома, детские сады и другие, которые входят в состав хозяйства, но не принимают непосредственного участия в производственном процессе.

К основным фондам электроснабжения относятся:

- устройства подстанции;
- производственные здания;
- кабельные линии.

Производственных запасов, авансирования затрат в процессе производства и реализации продукции.

Оборотными средствами электроснабжения являются:

- материальные ресурсы, которые используются в производстве и хранятся на предприятии;
- сумма долгов, которую предприятие имеет перед поставщиками материальных ресурсов;
- сумма долгов, которую предприятие имеет перед сторонними потребителями, которые обслуживаются дистанцией электроснабжения;
- оборудование, которое временно не используется в производстве.

Оборотные средства ДЭС могут быть классифицированы следующим образом:

- нормируемые - средства, которые имеют определенные нормы использования;
- ненормируемые - средства, которые не имеют определенных норм использования;

- резервные - средства, которые предназначены для использования в экстренных ситуациях;
- собственные - средства, которые принадлежат самому предприятию.

Показателями, которые используются для оценки использования оборотных средств дистанции электроснабжения, являются:

- коэффициент оборачиваемости - показывает, сколько раз оборотные средства были использованы за определенный период времени;
- продолжительность оборота - показывает, сколько времени занимает один оборот оборотных средств;
- фонд оборачиваемость - показывает, какая часть оборотных средств была использована за определенный период времени;
- фондовооруженность - показывает, насколько эффективно оборотные средства используются для обеспечения электроснабжения.

Коэффициент оборачиваемости основных фондов показывает:

- сколько раз основные фонды были использованы за определенный период времени;
- сколько времени занимает один оборот основных фондов;
- какая часть основных фондов была использована за определенный период времени;
- насколько эффективно основные фонды используются для производства продукции [8].

В состав норматива оборотных средств, производственным запасам входят запасы материалов для ремонта устройств электроснабжения.

Составим таблицу по затратам на оборудование:

Таблица 3 – Затраты на оборудование тяговой подстанции

Наименования	Количество, шт.	Стоимость за единицу, руб.	Сумма, руб.
ЛК-70/110-3 УХЛ1	18	1 200,00	14 400,00
ВГТ-110-40/2500 УХЛ1	3	2 500 000,00	7 500 000,00
РГ.2-110/1000 УХЛ1	6	88 550,00	531 300,00
РГ.1-110/1000 УХЛ1	6	76 450,00	458 700,00
ТРГ-110 II У1	4	1 500 000,00	6 000 000,00
ЗНОГ-110-УХЛ1	2	2 700 000,00	5 400 000,00
ТДТН-16000	2	12 000 000,00	24 000 000,00
ОПН-110 УХЛ1	2	24 000,00	48 000,00
ОПНСН-110 УХЛ1	2	35 000,00	70 000,00
ЛК-70/35 УХЛ1	15	1 780,00	26 700,00
ВГБЭ-35II-12,5/630 УХЛ1	6	425 000,00	2 550 000,00
РГ.2-35/1000 УХЛ1	7	51 450,00	360 150,00
РГ.1-35/1000 УХЛ1	7	29 920,00	209 440,00
ТОЛ-35-III-IV	7	68 000,00	476 000,00
ЗНОЛ-35 УХЛ1	2	70 000,00	140 000,00
ОПН-35А УХЛ1	2	18 000,00	36 000,00
ИО-10-3,75 У3	9	200,00	2 400,00
ИП-10/1000 УХЛ1	4	3 500,00	14 000,00
ТОЛ-10 УХЛ	8	20 000,00	160 000,00
ЗНОЛП-10 У3	2	46 000,00	92 000,00
ОПН-10А УХЛ1	2	1 500,00	3 000,00
ТС3-400/10	2	500 000,00	1 000 000,00
ВВ/TEL-10-12,5/630 У2	9	100 000,00	900 000,00
ИП-10/5000 УХЛ1	2	26 000,00	52 000,00
ВАБ-206	5	250 000,00	1 250 000,00
РВРЗ-10/4000	4	46 500,00	186 000,00
РКС-3,3/3000 У1	5	45 000,00	225 000,00
ОПН-1,5 УХЛ 1	12	7 600,00	91 200,00
ОПН-3,3 У1	5	9 000,00	45 000,00
Всего	131	-	75 768 290,00

В ходе расчетов экономической части подстанции, получили финансовый нагрузку на покупку оборудования, общая сумма составила 75 768 290,00 руб. Подробные расчеты и маркировки оборудования указаны выше в записке.

3 Охрана труда или техника безопасности

Множество факторов влияет на разнообразие воздействия электрического тока на человека. Различают несколько видов воздействия: термическое, биологическое, электролитическое химическое и механическое повреждения.

Термическое действие тока проявляется ожогами, нагревом органов и тканей. Электролитическое действие приводит к разложению жидкостей организма. Химическое действие вызывает химические реакции в организме. Биологическое действие приводит к раздражению тканей, судорогам и изменениям в работе сердца. Механическое действие проявляется в сокращении мышц и разрыве тканей.

Сила тока, прошедшего через организм, определяет тяжесть поражения. Переменный ток более опасен, чем постоянный, особенно при высоком напряжении. Основная масса промышленного оборудования работает на частоте 50 Гц, которая входит в опасный диапазон. Высокочастотные токи менее опасны и вызывают лишь поверхностные ожоги.

Для безопасного проведения работ должны выполняться следующие организационные мероприятия [9]:

- оформление работы нарядом, распоряжением, перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации, или приказом энергодиспетчера при выполнении работ;
- проведение выдающим наряд, распоряжение инструктажа ответственному руководителю работ, производителю работ (наблюдающему);
- выдача разрешения на подготовку места работы и на допуск к работе (приказ, согласование);
- допуск к работе;
- инструктаж членам бригады;
- надзор во время работы;

- оформление перерывов в работе, переходов на другое рабочее место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются [9]:

- выдающий наряд;
- ответственный руководитель работ;
- допускающий;
- производитель работ;
- члены бригады.

Оформить наряд - допуск и передать его оперативному персоналу для подготовки рабочего места.

Выдающий наряд определяет необходимость и возможность безопасного выполнения работы.

Ответственный руководитель работ назначается при работах в электроустановках напряжением выше 1000 В.

Допускающий отвечает за правильность и достаточность принятых мер безопасности и соответствие их мерам, указанным в наряде, характеру и месту работы, за правильный допуск к работе, а также за полноту и качество проводимого им целевого инструктажа.

Производитель работ отвечает:

- за соответствие подготовленного рабочего места указаниям наряда, дополнительные меры безопасности, необходимые по условиям выполнения работ;
- за четкость и полноту целевого инструктажа членов бригады;
- за наличие, исправность и правильное применение необходимых средств защиты, инструмента, инвентаря и приспособлений;
- за сохранность на рабочем месте ограждений, плакатов, заземлений, запирающих устройств;
- за безопасное проведение работы и соблюдение требований «Инструкции по охране труда электрослесаря по ремонту

электрооборудования распределительных устройств» им самим и членами бригады;

- за осуществление постоянного контроля за членами бригады.

Производитель работ, выполняемых по наряду в электроустановках напряжением выше 1000 В, должен иметь группу IV [21].

Состав бригады должен быть не менее 2-х человек, включая производителя работ. Член бригады, руководимой производителем работ, должен иметь группу III. В бригаду на каждого работника, имеющего группу III, допускается включать одного работника, имеющего группу II, но общее число членов бригады, имеющих группу II, не должно превышать трех.

Ответственный руководитель и производитель работ перед допуском к работе должны выяснить у допускающего, какие меры приняты при подготовке рабочего места, и совместно с допускающим проверить эту подготовку личным осмотром в пределах рабочего места. При отсутствии оперативного персонала, но с его разрешения, проверку подготовки рабочего места ответственный руководитель работ совместно с производителем работ могут выполнять самостоятельно.

Допуск к работе по нарядам должен проводиться непосредственно на рабочем месте.

При обнаружении нарушений требований, влияющих на безопасное выполнение работы, или выявлении других обстоятельств, угрожающих безопасности работающих, бригада должна быть удалена с рабочего места и у производителя работ должен быть отобран наряд. Только после устранения обнаруженных нарушений бригада может быть вновь допущена к работе с оформлением нового наряда[13].

После полного окончания работы производитель работ должен удалить бригаду с рабочего места, снять установленные бригадой временные ограждения, переносные плакаты безопасности, флажки и заземления, закрыть двери электроустановки на замок и оформить в наряде полное окончание работ

своей подписью. Ответственный руководитель работ после проверки рабочих мест должен оформить в наряде полное окончание работ.

Производитель работ должен сообщить дежурному оперативному персоналу или работнику, выдавшему наряд, о полном окончании работ.

Для подготовки рабочего места при работах со снятием напряжения необходимо [9]:

- произвести необходимые отключения и принять меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;
- вывесить запрещающие плакаты на приводах ручного и на ключах (кнопках) дистанционного управления коммутационной аппаратурой;
- проверить отсутствие напряжения на отключенных токоведущих частях;
- заземлить отключенные токоведущие части включением заземляющих ножей и наложением переносных заземлений;
- вывесить предупреждающие, указательные плакаты;
- оградить, при необходимости, рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части;
- вывесить предписывающие плакаты [12].

Охрана труда и безопасность жизнедеятельности является одним из важнейших этапов в данной работе, так как безопасность — это самый важный фактор в выполнении рабочего процесса. Соблюдение техники — это обязательно и беспрекословно, в противном случаи при несоблюдении ТБ работники наносят себе травмы и так же происходят летальные исходы.

4 Транспортная безопасность на ТП

4.1 Основные методики и рекомендации по выявлению угроз

Основополагающее значение в вопросах обеспечения транспортной безопасности имеет четкое определение и мониторинг угроз совершения актов незаконного вмешательства в деятельность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств [11]. В этой связи угрозы разделены на три группы – потенциальные, непосредственные, прямые – которые отличаются по степени вероятности совершения акта незаконного вмешательства.

Потенциальные угрозы – как совокупность вероятных условий и факторов, создающих опасность совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса. Непосредственные угрозы, включающие в себя совокупность конкретных условий и факторов, создающих опасность совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса. Прямые угрозы, содержащие совокупность конкретных условий и факторов, создавших опасность совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса. Существуют нормативные правовые документы, определяющие возможные потенциальные угрозы актов незаконного вмешательства на объекты транспортной инфраструктуры и транспортные средства железнодорожного транспорта [9].

Совместным Приказом Министерства транспорта РФ, ФСБ РФ, МВД РФ от 5.03.2010 № 52/112/134 «Об утверждении перечня потенциальных угроз совершения актов незаконного вмешательства (АНВ) в деятельность ОТИ и ТС», а также пунктом 2 части 2 статьи 2 Федерального закона от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» утвержден перечень потенциальных угроз совершения актов незаконного вмешательства в

деятельность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств.

4.2 Перечень потенциальных угроз

Потенциальные угрозы совершения актов незаконного вмешательства в деятельность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств:

- угроза захвата – возможность захвата объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ) и/или транспортных средств (ТС), установления над ними контроля силой, или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания;
- угроза взрыва – возможность разрушения ОТИ и/или ТС или нанесения им и/или их грузу, здоровью персонала, пассажирам и другим лицам повреждений путем взрыва (обстрела);
- угроза размещения или попытки размещения на ОТИ и/или ТС взрывных устройств (взрывчатых веществ) – возможность размещения или совершения действий в целях размещения каким бы то ни было способом на ОТИ и/или ТС взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить ОТИ и/или ТС, нанести им и/или их грузу повреждения;
- угроза поражения опасными веществами – возможность загрязнения ОТИ и/или ТС или их критических элементов опасными химическими, радиоактивными или биологическими агентами, угрожающими жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;
- угроза захвата критического элемента ОТИ и/или ТС – возможность захвата критического элемента ОТИ и/или ТС, установления над ним 19 контроля силой, или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания [10];

- угроза взрыва критического элемента ОТИ и/или ТС – возможность разрушения критического элемента ОТИ и/или ТС или нанесения ему повреждения путем взрыва (обстрела), создающего угрозу функционированию ОТИ и/или ТС, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;
- угроза размещения или попытки размещения на критическом элементе ОТИ и/или ТС взрывных устройств (взрывчатых веществ);
- возможность размещения или совершения действий в целях размещения каким бы то ни было способом на критическом элементе ОТИ и/или ТС взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить критический элемент ОТИ и/или ТС или нанести ему повреждения, угрожающие безопасному функционированию ОТИ и/или ТС, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;
- угроза хищения – возможность совершения хищения элементов ОТИ и/или ТС, которое может привести их в негодное для эксплуатации состояние, угрожающее жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц.

Соблюдения техники безопасности на транспорте очень важный и приоритетный раздел, при соблюдении норм и правил, уменьшается процент аварий, несчастных случаев и террористических актов [21].

Заключение

Результатом выпускной квалификационной работы является, проект системы электроснабжения тяговой подстанции 110-35-10 кВ ОАО «РЖД», г. Челябинск.

Для этого были решены следующие задачи:

- для создания проекта тяговой подстанции выполнили сбор информации;
- подобраны и применены схемы для распределительных устройств на тяговой подстанции;
- произвели расчет электрических нагрузок для тяговой подстанции;
- расчет полной мощности;
- были выбраны трансформаторы силы и измерения для тяговой подстанции переменного тока;
- был проведен расчет питающих линий напряжением 110 кВ для тяговой подстанции;
- выполнен расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения тяговой подстанции;
- выбрано оборудование тяговой подстанции и выполнена его проверка;
- выполнен расчет молниезащиты тяговой подстанции;
- выбран трансформатор с сухой изоляцией.

Для ОРУ-110 кВ выбрана однолинейная схема тяговой подстанции с разъединителями в рабочей перемычки и без ремонтной перемычки, Система РУ–35 кВ состоит из двухфазной рабочей секции, разделенной разъединителями, а также запасной системы шин, а РУ–10 кВ представляет собой комплектное распределительное устройство.

Так же рассчитано, что суммарная максимальная мощность подстанции составила 15889,152 кВА.

К установке на тяговой подстанции приняты понижающие трансформаторы типа ТДТН-16000/ 110У1.

По расчетам так же выбрано оборудования для секционирования и коммутации подстанции в (О)РУ:

- РУ-110 кВ комплектуется выключателями ВГТ-110П-40/250, РУ-35 кВ комплектуется выключателями ВГБЭ-35- 12,5/630 УХЛ, КРУ-10 кВ комплектуется выключателями ВВ/TEL-10-1 6/800 У2, которые удовлетворяет всем проверкам;
- РУ-110 кВ комплектуется разъединителями ВВ/TEL-10-1 6/800 У2, РУ-35 кВ комплектуется разъединителями РГ-2-35/1000 У1, которые удовлетворяет всем проверкам. В КРУ 10кВ разъединители не уславливаются, так как они комплектуются ячейками «КРУ»;
- В ОРУ 110 кВ установили трансформаторы тока ТРГ-110П, для РУ 35 кВ ТОЛ-35, а в КРУ 10кВ токовые трансформаторы ТОЛ-10;
- Для обеспечения работы подстанций были выбраны следующие трансформаторы напряжения: на подстанции 110 кВ установлен трансформатор ЗНОГ-110 УХЛ1, на подстанции 35 кВ установлен трансформатор ЗНОЛ-35-УХЛ1, на КРУ-10 кВ установлен трансформатор ЗНОЛ.06-10 УЗ.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Ачитаев А. А. Электроснабжение: Учебно-методическое пособие. Саяногорск, Черемушки: Сибирский федеральный университет, 2022. 88 с.
2. Васюков С. А. Переходные процессы в линейных электрических цепях. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. 32 с.
3. Данилов М. И. Инженерные системы зданий и сооружений (электроснабжение с основами электротехники) : Учебное пособие. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. 118 с.
4. Евминов Л. И. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Гомель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, 2010. 418 с.
5. Извеков Е. А. Проектирование систем электроснабжения. Курсовое проектирование. 2-е издание, исправленное и дополненное. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 152 с.
6. Конюхова Е. А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры): Учебное пособие. Москва: «Русайнс», 2017. 160 с.
7. Котова Е. Н. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебно-методическое пособие. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2014. 216 с.
8. Кузнецова Н. С. Проектирование систем электроснабжения: учеб.-метод. пособие. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. 100 с.
9. Левин В. М. Эксплуатация электрических сетей и систем электроснабжения: учебно-методическое пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2022. 92 с.

10. Мякишев В. М. Переходные процессы в линейных электрических цепях (в примерах): Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018. 347 с.

11. Назимко А. И. Система электроснабжения. Многофункциональная космическая платформа навигатор: посвящается 80-летию Научно-производственного объединения имени Семёна Алексеевича Лавочкина и 60-летию космической эры. Химки: Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина, 2017. С. 126-131.

12. Нараева Р. Р. Переходные процессы в электрических цепях: учебное пособие. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Теоретические основы электротехники». Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 88 с.

13. Почаевец В. С. Электрические подстанции. Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. 491 с.

14. Русина А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем: Учебник. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. 400 с.

15. Сазыкин В. Г. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» для профиля подготовки «Электроснабжение» по программе бакалавриата. 2-е издание, исправленное и дополненное. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – 255 с.

16. Сибикин Ю. Д. Основы электроснабжения объектов Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2020. 329 с.

17. Сибикин Ю. Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2014. 337 с.

18. Сивков А. А. Основы электроснабжения: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2018. 173 с.
19. Стрельников Н. А. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие. Новосибирск: НГТУ, 2013. 100 с.
20. Сулыненков И. Н., Скоробогатов А. А., Новоселов Е. М. Проектирование электрической части электрических станций: учебно-методическое пособие для студентов факультета заочного и вечернего обучения. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2022. 144 с.
21. Трофимова С. Н. Электрические станции и подстанции: Учебное пособие. Ч. 1. Министерство образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет, Филиал в г. Златоусте, Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. 71 с.
22. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебник для электротехнических и энергетических вузов и факультетов. Изд. 2-е, стер. Москва: АРИС, 2010. 518 с.
23. Хрущев Ю. В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : Учебное пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2012. 154 с.
24. Хрущев Ю. В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы: Учебное пособие. 1-е изд. Москва: Издательство Юрайт, 2017. 153 с.
25. Эксплуатация распределительных устройств. Главные схемы распределительных устройств. [Электронный ресурс]: URL: <https://forca.ru/knigi/oborudovanie/ekspluatatsiya-raspredelitelnyh-ustroystv-2.html> (дата обращения: 26.10.2023).