

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование электрической части ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод
Интернешнл»

Обучающийся

Д. В. Яковлев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Ю. В. Черненко

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

Консультант

к.п.н., доцент Т.С. Якушева

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

Тольятти 2022

Аннотация

В данной квалификационной работе производится проектирование электрической части ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Выпускная работа состоит из пояснительной записки на 62 страницы, введения, включая 10 рисунков и 7 таблиц, трех разделов, списка из 24 источников литературы, в том числе 5 источников на иностранном языке и графической части на 6 листах формата А1.

Целью данной работы является разработка проекта проектированию электрической понизительной подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

На основании проведённого в работе анализа исходных данных, а также исходя из результатов расчёта электрических нагрузок и токов короткого замыкания, разработаны технические мероприятия по проектированию электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», включающие выбор и проверку силовых трансформаторов, проводников и электрических аппаратов подстанции.

Обоснование данных мероприятий в работе подтверждено на основании проведённых расчётов и проверок.

В разделе по охране труда приведены основные мероприятия для безопасного выполнения работ на понизительной подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», включающие технику безопасности, пожарную безопасность и экологическую безопасность.

Abstract

In this qualification work "Designing the electrical part of the substation 110/10 kV for a network of hotels LLC" Svod International. The graduate work consists of an explanatory note of 62 pages, an introduction, including 10 figures and 7 tables, three chapters, a list of 24 sources of literature, including 5 sources in a foreign language and graphics on 6 sheets of A1 format.

The purpose of this work is to develop a project for the design of an electric step-down substation 110/10 kV for the Svod International hotel chain.

Based on the analysis of the initial data carried out in the work, as well as on the basis of the results of the calculation of electrical loads and short-circuit currents, technical measures were developed for the design of an electrical step-down substation of alternating voltage 110/10 kV for the Svod International LLC hotel chain, including the selection and verification of power transformers, conductors and electrical apparatus of the substation.

The rationale for these activities in the work is confirmed on the basis of the calculations and checks performed.

The section on labor protection contains the main measures for the safe performance of work at the 110/10 kV step-down substation for the Svod International LLC hotel chain, including safety, fire safety and environmental safety.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	8
1.1 Исходные данные на выполнение работы.....	8
1.2 Основные требования к трансформаторным подстанциям систем электроснабжения	133
2 Проектирование электрической части подстанции.....	166
2.1 Выбор схемы электрических соединений	166
2.2 Расчёт электрических нагрузок	21
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов.....	25
2.4 Выбор сечения проводников.....	31
2.5 Расчёт токов короткого замыкания	36
2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов	43
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда	50
3.1 Обеспечение безопасности жизнедеятельности	50
3.2 Обеспечение пожарной безопасности.....	55
3.3 Обеспечение экологической безопасности	56
Заключение	58
Список используемых источников.....	60

Введение

Известно, что основным направлением социального и экономического роста энергетики страны, необходимо и важно увеличивать эффективность использования электроэнергии, энерговооруженность труда, уровень электрификации, развитие электротехнической промышленности и электроэнергетики [1,2,4].

Согласно, что в системах современного электроснабжения отечественной электроэнергетики, важнейшими элементами являются понижающие трансформаторные подстанции, которые, получая электроэнергию из энергосистемы, понижают и непосредственно распределяют её между потребителями, таким образом являясь связующим звеном между источниками и потребителями электроэнергии в замкнутом цикле её передачи и распределения по классическим схемам, принятым в электроэнергетике [10].

Поэтому в случае сбоев и аварий на понижающих трансформаторных подстанциях энергосистемы, равно как и несоответствия поставляемой потребителям электроэнергии по нормам и качеству, все участники технологического процесса будут нести весомые технические и экономические убытки [10].

В современных системах электроснабжения к понижающим трансформаторным подстанциям предъявляются серьезные требования по условиям электробезопасности, надежности, экономичности, и соответственно качеству обеспечиваемой электроэнергии потребителям, в соответствии с нормами и требованиями основных положений нормативных документов. [1,3,4,6,8,14].

Основной целью работы является проектирование электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», которое осуществляется в работе путём выбора и проверки соответствующего оборудования указанной электрической

части данной подстанции с применением современных инновационных разработок, обладающих повышенной надёжностью, экономичностью, удобствами монтажа, обслуживания и ремонта, а также электробезопасностью и экологичностью.

В работе на основе исходных данных и потребителей электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», осуществлён выбор и проверка силовых трансформаторов, проводников, а также выбор новых современных электрических и коммутационных аппаратов напряжением 110 кВ и 10 кВ, обладающих повышенными показателями надёжности, экономичности, безопасности и экологичности.

Объектом исследования в работе является оборудование электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Предметом исследования работы являются схема электрических соединений, а также электрические сети и аппараты напряжением 110 кВ и 10 кВ рассматриваемой в работе ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Актуальность работы обусловлена необходимостью проектирования понизительных подстанций энергосистемы всех типов для обеспечения качественного, надёжного, безопасного, а также экономичного электроснабжения потребителей согласно требованиям и нормам нормативных документов [1,4,15].

Результатом работы является разработка, проверка и реализация технических решений, позволяющих осуществить качественное проектирование электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», включающее выбор оборудования распределительных устройств напряжением 110 кВ и 10 кВ, а также схемы электрических соединений подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для питания потребителей при неукоснительном

соблюдении требований нормативных документов.

Согласно основной цели работы, а также заданию на выполнение бакалаврской работы, необходимо решить следующие основные задачи:

- привести характеристику источников питания и потребителей электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл, являющейся объектом исследования в работе;

- провести анализ основных требований, предъявляемые к проектированию трансформаторных подстанций систем электроснабжения нормативными документами;

- осуществить расчёт электрических нагрузок электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл;

- провести выбор и проверку силовых трансформаторов на электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл;

- выбрать и проверить проводники на электрической части понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл;

- провести расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения объекта исследования;

- выбрать и проверить электрические коммутационные и защитные аппараты для установки в распределительных устройствах напряжением 110 кВ и 10 кВ объекта исследования;

- выбрать и описать мероприятия по безопасному проведению работ на объекте исследования.

Для решения главных обозначенных целей в работе проводится, с применением рекомендованной учебной литературы, типовых проектов, нормативно – технических источников и документов.

1 Анализ исходных данных

1.1 Исходные данные на выполнение работы

Согласно теме и заданию на выполнение работы, необходимо разработать проект тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», в которой ключевым фактом является, то что на ней находятся двухобмоточные силовые трансформаторы.

Известно, что характерной особенностью таких понижающих подстанций является [7,11]:

- в виду того, что используются двухобмоточные понижающие трансформаторы, следовательно, на подстанции будут присутствовать два распределительные устройства (РУ) следующих номинальных напряжений: высшего (ВН) – 110 кВ и низшего (НН) – 10 кВ;

- должны присутствовать значительные нагрузки потребителей подстанции, потому что силовые трансформаторы напряжением 110/10 кВ не производится на малые мощности, а в случае их подключения на указанные нагрузки данные трансформаторы будут недогружены, что приведёт к значительным потерям электроэнергии в трансформаторах и в целом во всей электрической сети;

- как правило, на понижающих подстанциях такого типа устанавливаются два силовых трансформатора, что обусловлено, помимо наличия больших нагрузок, категорией надёжности потребителей (как правило, преобладают потребители I и II категориями надёжности, а также имеются потребители III категории).

Проектируемая в работе ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» является одной из основных потребительских подстанций, обеспечивая питанием потребителей на номинальном напряжении 10 кВ.

ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» будет расположена на окраине города Сочи, территориально входящий в Краснодарский край Российской Федерации.

Необходимость для строительства данной понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ обусловлена значительным расширением мощностей в следствие развития курортного бизнеса в городе Сочи и ближайших районах Краснодарского края.

Данная проектируемая подстанция будет исключительно потребительская и будет числиться на балансе ООО «Свод Интернешнл».

Для организации ООО «Свод Интернешнл» введение в эксплуатацию данной понизительной подстанции с целью обеспечения собственных мощностей в виду расширения и строительства новых объектов курортной зоны (отелей, гостиниц, а также обслуживающих их водонапорных, водоотводящих, компрессорных и прочих станций), является приоритетной задачей ближайшего будущего.

Это позволит значительно сэкономить на оплате за потребляемую электроэнергию, ввести в работу новые потенциальные мощности, снизить себестоимость предоставляемых услуг. Именно эти факторы лежат в основе разработки проекта.

По месту расположения в энергосистеме рассматриваемая в работе подстанция 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» является тупиковой подстанцией.

В структурной схеме тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», рассматриваемой в работе, выделяются следующие основные составляющие [7]:

– распределительное устройство 110 кВ – необходимо для приёма и распределения электроэнергии, получаемой от энергосистемы на напряжении 110 кВ, на силовые трансформаторы подстанции;

– два силовых трансформатора 110/10 кВ, обеспечивающих понижение напряжения 110 кВ (высшее напряжение) до 10 кВ (низшее напряжение) с последующим питанием потребителей указанной подстанции на напряжении 10 кВ;

– (РУ – 10 кВ) распределительное устройство – которое необходимо для распределения и приёма электроэнергии, которая принимает от обмоток низшего напряжения силовых трансформаторов (10 кВ), для питания потребителей 10 кВ подстанции. В работе на данной подстанции планируется установка двух силовых трансформаторов напряжением 110/10 кВ, потому что среди потребителей есть значительная часть приёмников I и II категорий надёжности;

– потребители тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» на напряжении 10 кВ. Среди потребителей присутствует значительное количество приёмников I и II категорий надёжности (насосные и компрессорные установки водоснабжения и водоотведения отелей, пожарные установки и прочие подобные потребители). Всего планируется ввести в эксплуатацию четыре строящихся комплекса отелей, которые проектируются в перспективе построить в городе Сочи и ближайших районах в период до 2025 года.

На напряжении 10 кВ от рассматриваемой в работе тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», на напряжении 10 кВ получают питание указанные потребители с последующим преобразованием напряжения 10 кВ до величины 0,38/0,22 кВ на потребительских подстанциях отельных комплексов.

При этом, в виду того, что в четырёх строящихся отельных комплексах, как было указано выше, есть потребители, относящиеся к I и II категорий надёжности, следовательно, для каждого отельного комплекса

предусматривается в структурной схеме два источника питания [7], по одному от каждого силового трансформатора подстанции.

Это рекомендовано требованиями основных нормативных документов, а также типовых схем [8,9,14,15].

Основой для дальнейших расчётов электрических нагрузок тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» являются проектные значения максимальной установленной нагрузки потребителей отельных комплексов (далее – отели), исходные данные о которых приведены в работе в форме таблицы 1.

Таблица 1 – Проектные значения максимальной установленной нагрузки потребителей отельных комплексов проектируемой ПС-110/10 кВ ООО «Свод Интернешнл»

Наименование потребителя	Максимальная установленная нагрузка, $P_{уст}$, кВт
Трансформатор Т1 ПС-110/10 кВ	
Отель-1.1	850
Отель-2.1	970
Отель-3.1	650
Отель-4.1	720
Всего нагрузки Т1 ПС-110/10 кВ	3190
Трансформатор Т2 ПС-110/10 кВ	
Отель-1.2	850
Отель-2.2	970
Отель-3.2	650
Отель-4.2	720
Всего нагрузки Т2 ПС-110/10 кВ	3190
Всего нагрузки потребителей 10 кВ	6380

Все приведённые выше составляющие структурной схемы, для понижающей тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», составляют единое целое и рассматриваются как одна общая система.

Структурная схема проектируемой понижающей тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для

сети отелей ООО «Свод Интернешнл» с основными составляющими, перечисленными и охарактеризованными выше, представлена в данной работе на рисунке 1.

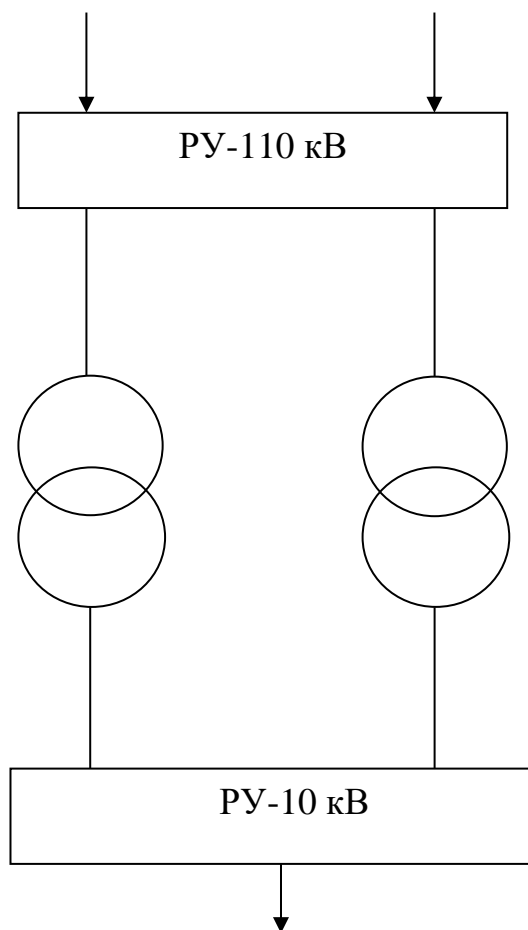


Рисунок 1 – Структурная схема проектируемой понижающей тупиковой трансформаторной подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

На основании исходных данных, а также структурной схемы подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», далее в работе проводится разработка схемы электрических соединений подстанции и решение основных задач работы.

Для расчётов электрических нагрузок подстанции переменного напряжения ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» в работе далее используются данные, представленные в таблице 1.

1.2 Основные требования к трансформаторным подстанциям систем электроснабжения

Известно, что в современных системах электроснабжения отечественной электроэнергетики, важнейшими элементами являются понижающие трансформаторные подстанции, которые, получая электроэнергию из энергосистемы, понижают и непосредственно распределяют её между потребителями, таким образом являясь связующим звеном между источниками и потребителями электроэнергии в замкнутом цикле её передачи и распределения по классической схеме [5].

Поэтому в случае сбоев и аварий на понижающих трансформаторных подстанциях энергосистемы, равно как и несоответствия поставляемой потребителям электроэнергии по нормам и качеству, все участники технологического процесса будут нести весомые технические и экономические убытки [6].

Такой подход категорически недопустим требованиями нормативных документов, которые предписывают обеспечить бесперебойным питанием электроэнергией потребителей, основываясь на их категории надёжности и назначении [1-6].

Следовательно, к понижающим трансформаторным подстанциям предъявляются жёсткие требования как в плане надёжности, так и по экономичности, а также безопасности работ и экологической безопасности согласно [1-6].

Известно, что трансформаторные подстанции (ТП) делятся на повышающие и понижающие [7].

В классической электроэнергетике повышающие трансформаторные подстанции устанавливаются на границе «электростанция – энергосистема» и служат для повышения генераторного напряжения до уровня 350-1150 кВ с целью его передачи на большие расстояния с минимальными потерями электроэнергии [6].

Все остальные трансформаторные подстанции, распределяя электроэнергию между соответствующими потребителями, образуют сеть понижающих подстанций [6].

Любая понизительная подстанция энергосистемы представляет собой совокупность силовых трансформаторов (как правило – один или два) и распределительных устройств, которых, как правило, столько, сколько классов напряжения присутствует на понизительной подстанции (как правило, не менее двух).

В распределительных устройствах низшего (РУ НН) и высшего (РУ ВН) напряжений всех типов трансформаторных подстанций нужно в обязательном порядке установлены коммутационные и защитные электрические аппараты, аппараты защиты от атмосферных (внешних) и коммутационных (внутренних) перенапряжений, а также устройства заземления и молниезащиты.

Связь между элементами на понижающих подстанциях осуществляется с помощью сетей разного назначения и устройства [2,3].

К сетям относятся воздушные, кабельные линии различных классов напряжения, а также шинопроводы. Каждый тип сетей включает в себе свои недостатки и преимущества, поэтому применяется в каждой конкретной ситуации на основании, как правило, технических и экономических критериев выбора.

Известно, что системам электроснабжения понижающих трансформаторных подстанций всех типов и классов напряжения предъявляются требования по надёжности, качеству и экономичности электроснабжения [1-5].

Для этой цели используют как отключающую коммутационную аппаратуру, так и отдельные устройства релейной защиты и автоматики, выполняющие роль «сигнализатора» повреждений.

«Непосредственная экономичность системы электроснабжения -это один из важных критерий при создании современных электрических сетей трансформаторных подстанции системы электроснабжения» [8].

В результате, можем сказать, что приведённые выше требования нормативных документов, которые предъявляются к схемам и системам электроснабжения понижающих трансформаторных подстанций в целом, обязательные к применению в энергосистемах современного типа.

Неукоснительное выполнение основных требований и аспектов к схемам и оборудованию трансформаторных подстанций приводит к исполнению технически грамотного проекта, предоставляющий высокую продуктивность введения получивших решений и экономическую целесообразность внедрения главных мероприятий по проектированию электрической части понизительной подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Выводы по разделу 1.

В итоге выполнения первого раздела, подведен исходный анализ объекта исследования и его технических характеристик.

Установлено, что объектом исследования является оборудование распределительных устройств, электрические сети и схема электрических соединений понизительной подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Проведён анализ и систематизация основных элементов проектируемой подстанции, включая потребители объекта проектирования, на основании чего детально рассмотрена структурная схема понижающей подстанции.

Указанное проектирование понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» в работе осуществляется с использованием рекомендованной литературы, а также применением типовых схем и рабочих проектов.

2 Проектирование электрической части подстанции

2.1 Выбор схемы электрических соединений

При разработке схем электрических соединений проектируемой подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», необходимо учесть количество присоединений (число линий) [7].

Потребители подстанции 110/10 кВ, включают в себя восемь линий, питающихся на напряжении 10 кВ от шин подстанции. С учётом этого, составляется схема уточнённая структурная схема понижающей подстанции ПС-110/10 кВ с указанием количества линий потребителей (рисунок 2).

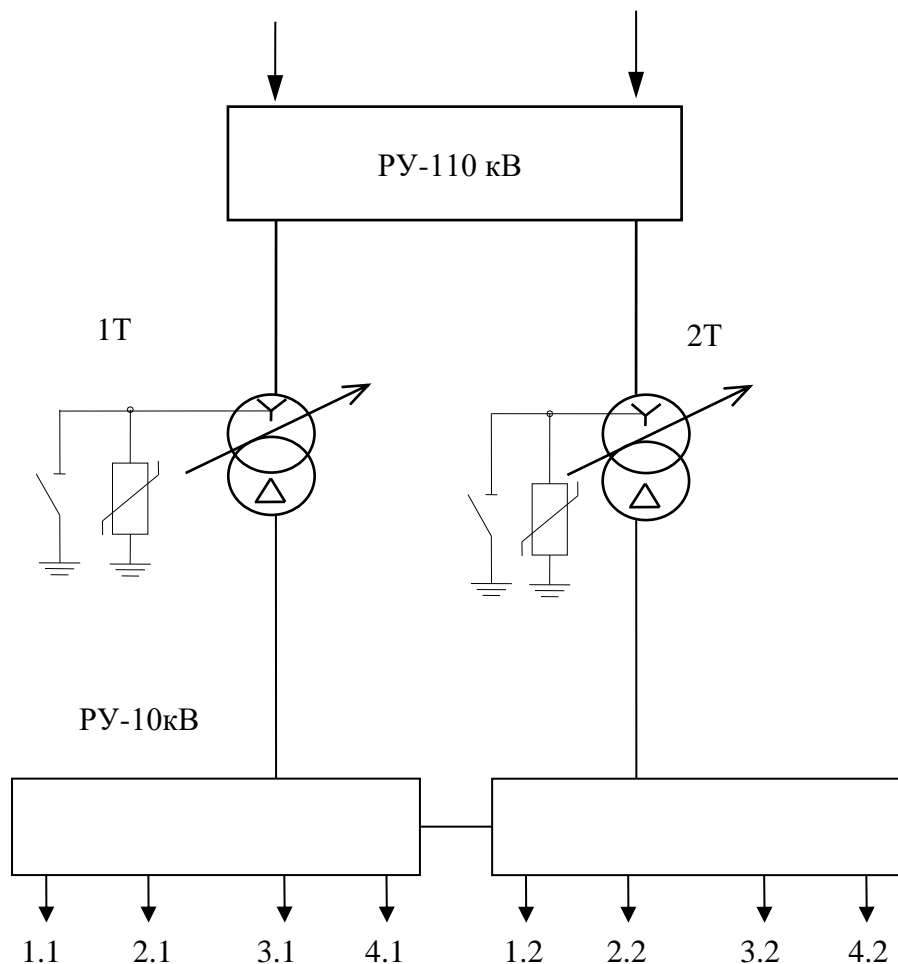


Рисунок 2 – Уточнённая структурная схема понижающей подстанции ПС-110/10 кВ с указанием количества линий потребителей

Далее в работе, на основании рассмотренной уточнённой структурной схемы и исходных данных потребителей понижающей подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», проводится выбор и описание принципиальной схемы указанной подстанции с разработкой схем электрических соединений распределительных устройств напряжением 110 кВ и 10 кВ.

Значительное количество потребителей подстанции относятся к I и II категориям надежности, значит, им необходимо иметь двух независимых источников питания и соответствующего уровня резервирования [7,10].

Поэтому, в первую очередь, необходимо обеспечить в схеме данные условия.

Для ОРУ-110 кВ тупиковой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» применяется схема электрических соединений «Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий» [7] с установленными двумя разъединителями в ремонтной перемычке (в нормальном режиме работы отключены), а также с применением двух блоков «выключатель – разъединитель» на линиях (рисунок 3).

В схеме ОРУ-110 кВ тупиковой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», рассматриваемой в работе, применяется отдельный режим работы линий, рекомендованный [7].

В работе для ОРУ-110 кВ тупиковой подстанции 110/10 кВ, следует обеспечить бесперебойное питание вторичных цепей (измерительные трансформаторы тока), нужно предусмотреть защиту от грозовых перенапряжений (ограничитель перенапряжения), а также предусмотреть и выбрать коммутационные и защитные аппараты (применяются блоки «выключатель-разъединитель», а также «линии-разъединитель»).

Схема электрических соединений ОРУ-110 кВ тупиковой понизительной ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» представлена на рисунке 3.

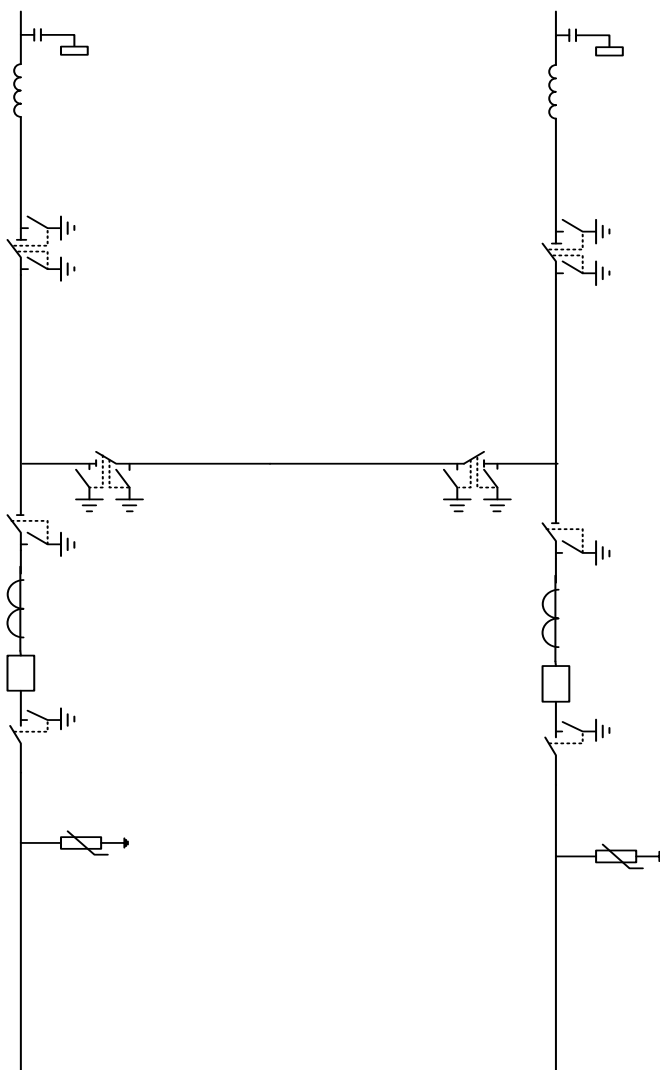


Рисунок 3 – Схема электрических соединений ОРУ-110 кВ тупиковой понизительной ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

РУ-10 кВ рассматриваемой понизительной подстанции тупикового типа 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» конструктивно выполняется с применением ячеек наружной установки типа КРУН-10 с установленными в них выключателями с использованием втычных контактов вместо разъединителей [11].

Исходя из рекомендаций [7], а также исходных данных к выполнению работы, при количестве отходящих линий $n=8$, которое имеется согласно исходных данных, для РУ-10 кВ ПС-110/10 кВ применяется схема «Одна рабочая секционированная выключателем система сборных шин».

Принятая схема электрических соединений РУ-10 кВ ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» представлена на рисунке 4.

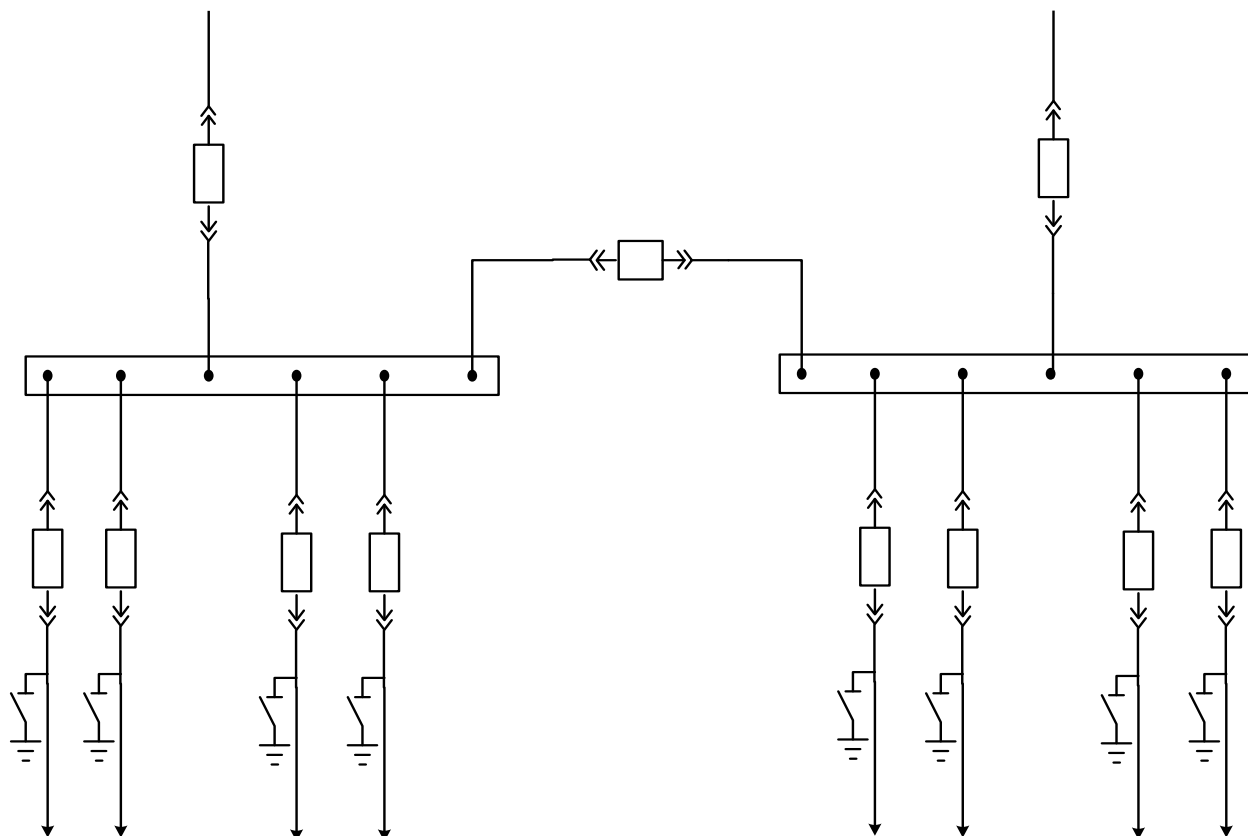


Рисунок 4 – Схема электрических соединений РУ-10 кВ ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

РУ-10 кВ рассматриваемой понизительной подстанции 110/10 кВ выполнено с применением ячеек наружной установки двухстороннего обслуживания типа КРУН-К-59 (производитель – ЗАО «Завод высоковольтного оборудования» (ЗАО «ЗВО»)) с установленными в них выключателями с использованием втычных контактов вместо разъединителей [18].

В схеме РУ-10 кВ тупиковой подстанции 110/10 кВ, рассматриваемой в работе, применяется отдельный режим работы, рекомендованный [7].

Секционный выключатель 10 кВ в нормальном режиме работы отключён, включаясь под действием устройства автоматического включения резерва (АВР) при исчезновении напряжения по каким-то причинам на одной из секций сборных шин напряжением 10 кВ.

Высоковольтные выключатели применяются для защиты и коммутации в РУ-10 кВ понизительной подстанции, в схеме выделяются линейные, вводные и секционные выключатели.

В виду того, что инновационные разработки оборудования КРУ(Н) предусматривают применение ячеек с наличием втычных контактов, следовательно, разъединители в ячейках КРУН-10 кВ ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», не устанавливаются [7].

Поэтому в РУ-10 кВ тупиковой подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», рассматриваемой в работе, применяются блоки «линия-выключатель» (без разъединителей) на питающей и отходящих линиях, а также на секционирующем соединении. Данных блоков в принципиальной схеме РУ-10 кВ ПС-110/10 кВ, рассматриваемой в работе, будет в количестве [7]:

- питающая линия – 2 блока;
- секционирующее соединение – 1 блок;
- отходящие линии – 8 блоков (по 4 блока на каждой секции шин).

Кроме того, в схеме должно обеспечено бесперебойное питание вторичных цепей (измерительные трансформаторы тока и напряжения), а также предусмотрена защита от внутренних и внешних перенапряжений (ограничители перенапряжения).

Разработанная схема электрических соединений проектируемой понизительной ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» соответствуют основным требованиям нормативных документов [1-10] и может применяться для питания потребителей I и II категорий надёжности.

В работе схема электрических соединений проектируемой подстанции представлена на графическом листе 1, где показаны все основные конструктивные элементы объекта исследования.

2.2 Расчёт электрических нагрузок

Расчёт электрических нагрузок в работе проводится с целью выбора и проверки силовых трансформаторов, проводников и электрических аппаратов на рассматриваемой в работе понизительной подстанции переменного тока тупикового типа 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

При этом учитываются нагрузки новых присоединений 10 кВ подстанции ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», которые будут подключены на ячейки в РУ-10 кВ.

Необходимо произвести расчет электрических нагрузок для каждого присоединения потребителей номинальным напряжением 10 кВ для проведения выбора сечения проводников, электрических аппаратов и силовых трансформаторов на понижающей подстанции ПС-110/10 кВ по следующим формулам [11]:

$$P_{\text{пр}} = K_3 \cdot P_{\text{уст.}}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

$$Q_{\text{пр}} = P_{\text{пр}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2)$$

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

где $P_{\text{пр.}}$, $Q_{\text{пр.}}$, $S_{\text{пр.}}$ – значения расчётных активной, реактивной и полной нагрузки присоединений потребителей напряжением 10 кВ, соответственно, кВт, квар, кВА;

K_3 – коэффициент загрузки потребителей напряжением 10 кВ. На стадии проектирования принимается значение $K_3 = 1$ [6];

$P_{\text{уст}}$ – максимальная установленная нагрузка присоединений потребителей напряжением 10 кВ, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, с учётом компенсации реактивной мощности до значения $\cos \varphi = 0,93$, в работе принимается соответствующее ему значение $\operatorname{tg} \varphi = 0,4$ [8].

В работе проводится расчёт электрических нагрузок присоединений на примере присоединения 1, получающего питание от трансформатора Т1 (1СШ 10 кВ) понизительной подстанции по условиям (1 – 3)

$$P_{\text{пр}} = 850 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{пр}} = 850 \cdot 0,4 = 340 \text{ квар.}$$

$$S_{\text{пр}} = \sqrt{850^2 + 340^2} = 915,5 \text{ кВА.}$$

Расчёт электрических нагрузок остальных присоединений напряжением 10 кВ подстанции 110/10 кВ проведён аналогично и в таблице 2 представлены результаты отчета.

Также в работе необходимо рассчитать значение расчётной активной, реактивной и полной нагрузки соответствующих секций сборных шин напряжением 10 кВ.

Причём расчёты проводятся отдельно для нагрузки 10 кВ (сначала для отдельных присоединений секций шин (СШ), потом – суммарная их нагрузка).

Значение расчётной активной нагрузки секций сборных шин 10 кВ определяется с учётом коэффициента одновременности максимумов нагрузки согласно [11]

$$P_c = K_o \sum_{i=1}^n P_{\text{пр.}}, \quad (4)$$

где K_o – значение коэффициента одновременности максимумов нагрузки на шинах и 10 кВ подстанции 110/10 кВ. Принимается значение $K_o = 0,85$ для нагрузки и $K_o = 0,9$ для нагрузки 10 кВ [11].

Значение расчётной реактивной нагрузки секций сборных шин 10 кВ с учётом коэффициента одновременности максимумов нагрузки [11]

$$Q_c = K_0 \sum_{i=1}^n Q_{пр.} \quad (5)$$

Значение расчётной полной расчётной нагрузки секций сборных шин 10 кВ [11]

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \quad (6)$$

Расчёт электрических нагрузок проводится на примере 1СШ 10 кВ понизительной подстанции переменного тока тупикового типа 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» по условиям (4) – (6).

Согласно условию (4)

$$P_c = 0,9 \cdot 3190 = 2871 \text{ кВт.}$$

Согласно условию (5)

$$Q_c = 0,9 \cdot 1276 = 1148,4 \text{ квар.}$$

Согласно условию (6)

$$S_c = \sqrt{2871^2 + 1148,4^2} = 3092,2 \text{ кВА.}$$

Полученные результаты расчёта электрических нагрузок 1СШ 10 кВ понизительной подстанции переменного тока тупикового типа 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» заносятся в таблицу 2.

Для остальных секций сборных шин и 10 кВ нагрузка рассчитана аналогично и результаты представлены в таблице 2.

Расчётная нагрузка всей понизительной подстанции переменного тока 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» определяется с учётом суммарной нагрузки потребителей и 10 кВ

$$P_{\text{ПС}} = \sum_{i=1}^n P, \text{ кВт.} \quad (7)$$

$$Q_{\text{ПС}} = \sum_{i=1}^n Q, \text{ квар.} \quad (8)$$

$$S_{\text{ПС}} = \sqrt{P_{\text{ПС}}^2 + Q_{\text{ПС}}^2}, \text{ кВА.} \quad (9)$$

Расчёт электрических нагрузок всей понизительной подстанции переменного тока 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» по условиям (7) – (9) с занесением результатов в таблицу 2

$$P_{\text{ПС}} = 2871 + 2871 = 5742 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{ПС}} = 1148,4 + 1148,4 = 2296,8 \text{ квар.}$$

$$S_{\text{ПС}} = \sqrt{5742^2 + 2296,8^2} = 6184,3 \text{ кВА.}$$

Таблица 2 – Результаты расчёта электрических нагрузок подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

Номер присоединения потребителя	Наименование потребителя	P_{np} , кВт	Q_{np} , квар	S_{np} , кВА
1СШ 10 кВ				
1	Отель-1.1	850	340	915,5
2	Отель-2.1	970	388	1044,7
3	Отель-3.1	650	260	700,1
4	Отель-4.1	720	288	775,5
Всего 1 СШ 10 кВ ($K_o = 0,9$)		2871	1148,4	3092,2
2СШ Т2				
1	Отель-1.2	850	340	915,5
2	Отель-2.2	970	388	1044,7

Продолжение таблицы 2

Номер присоединения потребителя	Наименование потребителя	P_{np} , кВт	Q_{np} , квар	S_{np} , кВА
3	Отель-3.2	650	260	700,1
4	Отель-4.2	720	288	775,5
Всего 2 СШ 10 кВ ($K_o = 0,9$)		2871	1148,4	3092,2
Всего 10 кВ		5742	2296,8	6184,3

Полученные результаты электрических нагрузок подстанции тупикового типа 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» используются в работе далее.

2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов

Выбор мощности силовых трансформаторов для установки на проектируемой подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» проводится по полной расчетной нагрузке подстанции с учётом рассчитанной ранее суммарной нагрузки подстанции, которая учитывает подключение дополнительной нагрузки 10 кВ [12,17].

Требуемая установленная номинальная (паспортная) мощность силового трансформатора для его установки на подстанции 110/10 кВ определяется по условию [12]

$$S_{\text{ном.т}} = 0,7 \cdot S_{\text{ПС}}, \text{МВА.} \quad (10)$$

где $S_{\text{расч}} S_{\text{ПС}}$ – полная расчетная нагрузка проектируемой трансформаторной

$$\text{подстанции, } S_{\text{расч}} S_{\text{ПС}} = 6184,3 \text{ кВА.}$$

По условию (10)

$$S_{\text{ном.т}} = 0,7 \cdot 6184,3 = 4329 \text{ кВА.}$$

Предварительно принимается к установке на понизительной подстанции переменного тока 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» два силовых двухобмоточных трансформатора марки ТДН–6300/110 (производства ООО «Гольяттинский трансформатор») [15].

В рассматриваемой работе общая установленная мощность трансформаторов на понижающей подстанции будет составлять 2×6300 кВА.

Техническая характеристика трансформатора марки ТДН–6300/110 согласно [15] для установки на понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика трансформатора понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

Тип трансформатора	Номинальное напряжение обмоток, кВ		$U_k, \%$	$P_k, \text{кВт}$	$P_x, \text{кВт}$	$I_x, \%$
	ВН	НН				
ТДН-6300/110	115	11	10,5	6,5	35,0	0,5

Далее выбранные в работе силовые трансформаторы марки ТДН-6300/110 на подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» необходимо проверить на нагрузочную способность в нормальном и послеаварийном режимах работы согласно [10].

Проверка силовых трансформаторов проводится на перегрузочную способность, как и в максимальном (послеаварийном), так и в нормальном режиме работы.

При этом для данной цели в работе используется упрощенный суточный график нагрузок потребителей проектируемой подстанции переменного тока 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», представленный на рисунке 5.

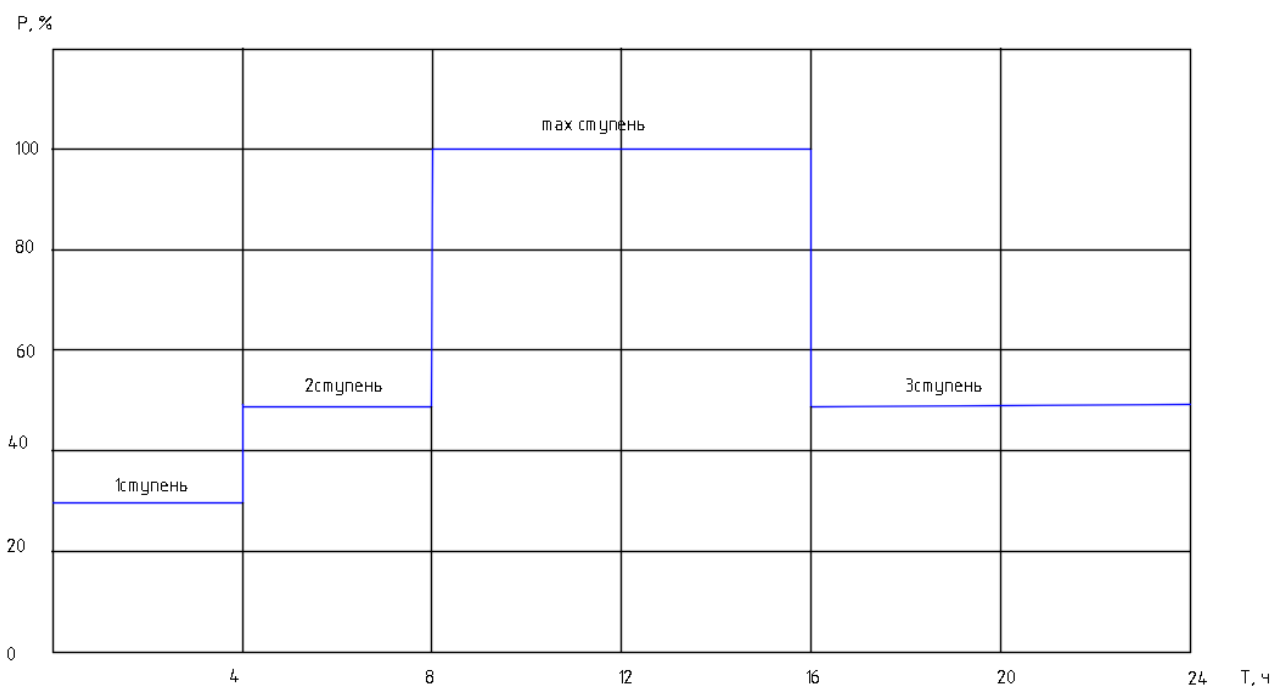


Рисунок 5 – Упрощенный суточный график нагрузок потребителей ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

Выбранные силовые трансформаторы проверяются на аварийную перегрузку таким образом [14]:

$$K_2 \leq K_{2\text{доп}}, \quad (11)$$

где K_2 – расчетный коэффициент аварийной перегрузки;

$K_{2\text{доп}}$ – коэффициент допустимой аварийной перегрузки.

При этом

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{ном.Т}} \cdot K_{2\text{доп}}. \quad (12)$$

Для решения поставленных задач на упрощённом суточном графике заданы нагрузки потребителей в виде максимальных значений активной мощности P_{max} , которая соответствует 100 % максимальной ступени для суточного графика (рисунок 5).

Согласно полученным результатам расчёта электрических нагрузок, значение $P_{\max} = 5742 \text{ кВт} \approx 5,7 \text{ МВт}$.

С использованием заданного значения коэффициента мощности потребителей график активной мощности преобразуется в график полной мощности по выражению:

$$S_{\max} = \frac{P_{\max}}{\cos \varphi}, \text{ МВА.} \quad (13)$$

$$S_{\max} = \frac{5,7}{0,93} \approx 6,1 \text{ МВА.}$$

Далее рассчитывается полная мощность для всех остальных ступеней, представленных на суточном графике, для этого решается пропорция

$$33 \text{ МВА} - 100 \%$$

$$S_{1 \text{ ступени}} - 30 \%.$$

Отсюда

$$S_{1 \text{ ступени}} = \frac{6,1 \cdot 30}{100} \approx 1,8 \text{ МВА.}$$

Аналогично рассчитываются остальные ступени графика:

$$S_{2 \text{ ступени}} = S_{3 \text{ ступени}} = \frac{6,1 \cdot 50}{100} \approx 3,1 \text{ МВА.}$$

Проводится проверка выбранных трансформаторов по графику нагрузки подстанции.

При этом сравнению подлежат расчётные коэффициенты перегрузки трансформаторов с учётом резервирования в схеме, а также технических условий и характеристик графика нагрузки.

Для этого проводится преобразование исходного графика нагрузки в эквивалентный график.

Значение начальной нагрузки K_1 эквивалентного графика нагрузки определяется так:

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{НОМ}}} \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}, \text{ о.е.} \quad (14)$$

По условию (14)

$$K_1 = \frac{1}{6,3} \sqrt{\frac{1,8^2 \cdot 4 + 3,1^2 \cdot 4 + 3,1^2 \cdot 8}{16}} \approx 0,45.$$

Предварительное значение нагрузки K'_2 эквивалентного графика нагрузки подстанции:

$$K'_2 = \frac{1}{S_{\text{НОМ}}} \sqrt{\frac{(S'_1)^2 \Delta h_1 + (S'_2)^2 \Delta h_2 + \dots + (S'_p)^2 \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}}, \text{ о.е.} \quad (15)$$

По условию (15)

$$K'_2 = \frac{1}{6,3} \sqrt{\frac{6,1^2 \cdot 8}{8}} \approx 0,97.$$

Должно выполняться следующее условие

$$K'_2 \geq 0,9 \cdot K_{\max} \cdot \quad (16)$$

Условие (16) выполняется

$$K'_2 = 0,97 \geq 0,9 \cdot \frac{6,1}{6,3} = 0,87.$$

Следовательно, принимается для дальнейших расчётов с продолжительностью перегрузки $h = 8$ ч

$$K_2 = K'_2 = 0,97.$$

Все полученные в работе значения откладываются на эквивалентном графике нагрузки, полученном путём преобразования исходного упрощённого графика нагрузки понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» (рисунок 6).

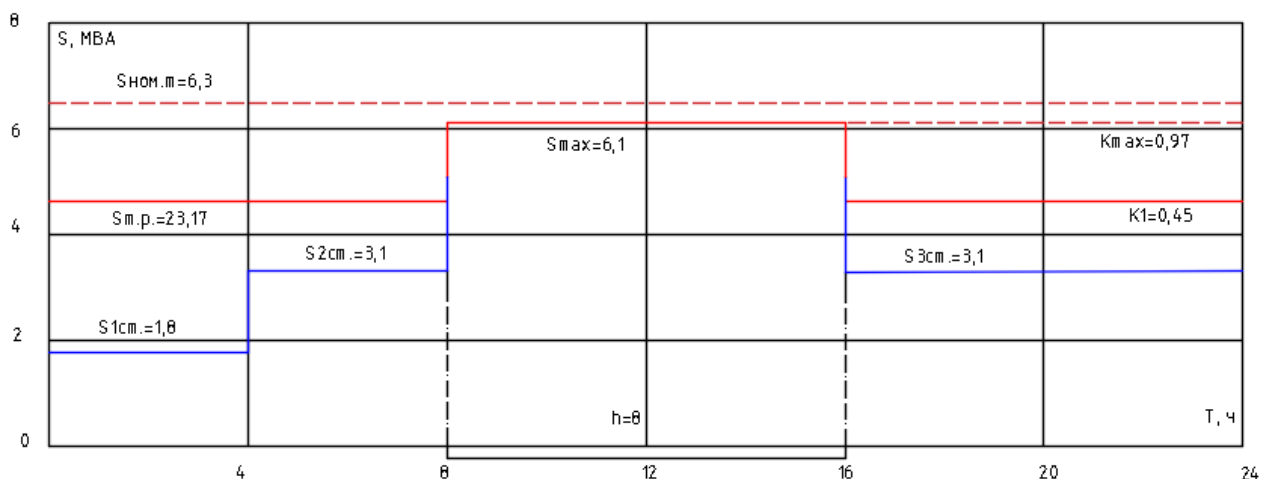


Рисунок 6 – Преобразование упрощённого суточного графика нагрузки в эквивалентный график

Для допустимых аварийных перегрузок силового трансформатора при системе охлаждения типа Д и полученных результатах расчётных

коэффициентов и времени перегрузки, по [12] определяется $K_{2\text{доп}}=1,4$, что значительно превышает полученный расчётный коэффициент фактической перегрузки, равный $K_2= 0,97$. Условие соблюдается.

С учётом этого, необходимо проверить соблюдение в работе условия (12)

$$S_{\text{max}} = 6,1 \text{ МВА} \leq S_{\text{ном.Т}} \cdot K_{2\text{доп}} = 6,3 \cdot 0,97 = 6,11 \text{ МВА}.$$

Условие проверки (12) соблюдается, следовательно, силовые трансформаторы марки ТДН–6300/110, выбранные для установки на ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», выдержат допустимую перегрузку на данной подстанции в нормальном и послеаварийном режимах работы.

2.4 Выбор сечения проводников

Выбор сечений проводников напряжением выше 1 кВ (питающей воздушной линии напряжением 110 кВ и распределительных воздушных линий напряжением 10 кВ) подстанции 110/10 кВ тупикового типа для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», в работе осуществляется непосредственно по экономической плотности тока [11]:

$$F_3 = \frac{I_p}{j_3}, \quad (17)$$

где j_3 – «экономическая плотность тока, А/мм²» [10].

Необходимо рассчитать рабочий ток нормального режима работы для выбора сечения проводников проектируемой подстанции 110,10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» по следующему условию [11]

$$I_{p.} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}} \quad (18)$$

где S_p – «расчётная полная нагрузка линии, кВА» [10];

$U_{ном.}$ – «номинальное напряжение линии, кВ» [10].

После выбора сечения провода воздушных линий, проводится их проверка на допустимый нагрев в нормальном, послеаварийном режимах, а также проверки по условиям короны и минимального сечения по условиям механической прочности с учётом потерь напряжения в линии согласно положениям, приведённым в [11,24].

Проверка выбранного сечения провода линии в нормальном режиме работы системы [11]:

$$I_{доп} \geq I_{p.}, \quad (19)$$

где $I_{доп}$ – «предельно – допустимое справочное значение тока выбранного проводника линии, А» [10];

$I_{p.}$ – «рабочий ток нормального режима работы линии, А» [10].

Проверка выбранного сечения линии в послеаварийном режиме работы системы [11]:

$$I_{доп} \geq I_{p.маx}, \quad (20)$$

где $I_{p.маx}$ – максимальный расчётный ток линии, А.

При этом значение максимального расчётного тока линии с учётом подключения дополнительной нагрузки (резервирования) в схеме, где есть потребители I и II категорий надёжности (с учётом требуемых двух источников питания при наличии условий резервирования) [10]

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot I_p. \quad (21)$$

В работе проводится выбор сечения провода питающей воздушной линии ВЛ-110 кВ проектируемой подстанции 110/10 кВ тупикового типа для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» по приведенным выше условиям выбора и проверки.

Так как на рассматриваемой в работе понижающей подстанции 110/10 кВ в дальнейшей перспективе планируется дополнительное расширение с введением новых нагрузок потребителей [16], а также исходя из рекомендаций, приведённых в таблице 2.5.5 [11], сечение питающей воздушной линии напряжением 110 кВ выбирается, исходя из номинальной мощности силовых трансформаторов, которые от неё питаются.

В связи с этим, ток нормального режима питающей ВЛ-110 кВ для питания каждого трансформатора подстанции будет определяться так:

$$I_p = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 110} \approx 33,1 \text{ А.}$$

Сечение питающей ВЛ-110 кВ понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» по экономической плотности тока

$$F_s = \frac{33,1}{1,1} = 30,1 \text{ мм}^2.$$

Принимается для питающей воздушной линии ВЛ-110 кВ проектируемой подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» ближайшее стандартное минимальное сечение провода, исходя из условий короны и механической прочности при гололёде и ветре для г. Сочи, равное $F_{cm} = 70 \text{ мм}^2$ [10].

В работе выбирается из [10,18,23] сталеалюминевый провод ВЛ марки АС-70/11 с предельным значением допустимого тока 265 А, на основании составленных результатов расчета и методике выбора, для питающей воздушной линии ВЛ-110 кВ проектируемой подстанции 110/10 кВ тупикового типа.

Проверка выбранного сечения провода питающей воздушной линии ВЛ-110 кВ проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» в нормальном режиме работы выполняется

$$265 \text{ А} \geq 33,1 \text{ А.}$$

Значение максимального расчётного тока провода ВЛ-110 кВ проектируемой понизительной подстанции тупикового типа переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» с учётом резервирования в схеме

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot 33,1 \approx 46,3 \text{ А.}$$

Проверка выбранного сечения провода питающей воздушной линии ВЛ-110 кВ проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» в послеаварийном режиме работы её системы электроснабжения выполняется

$$265 \text{ А} \geq 46,3 \text{ А.}$$

Проверка выбранного сечения питающей воздушной линии ВЛ-110 кВ проектируемой подстанции 110/10 кВ по условию коронирующего разряда и механической прочности по гололёду и ветру также выполняется

$$70 \text{ мм}^2 = 70 \text{ мм}^2.$$

По условию допустимой потери напряжения, выбранные сечения линии нужно дополнительно проверить [10].

Известно, что потери напряжения в линиях питающей сети определяется таким образом [10]:

$$\Delta U = \frac{PR_{\text{л}} + QX_{\text{л}}}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100, \% \quad (22)$$

Проверка по потере напряжения проводится для питающей воздушной линии напряжением 110 кВ не проводится согласно [17], потому что что ВЛ-35 кВ и выше она не обоснована с экономической точки зрения.

В работе по допустимой потере напряжения проверке подлежат только проводники воздушных линий электропередачи номинальным напряжением 10 кВ [17,19,20].

Исходя из полученных результатов расчёта, в работе для питающей воздушной линии ВЛ-110 кВ проектируемой подстанции 110/10 кВ тупикового типа, окончательно принимается сталеалюминиевый провод стандартной марки АС-70/11 с предельным допустимым током при прокладке вне помещений, равном $I_{\text{дон}} = 265 \text{ А}$.

Аналогично проведен выбор сечений проводов отходящих линий напряжением и 10 кВ подстанции.

При этом в работе, с учётом климатической зоны по гололёду и ветру [5] для, а также с учётом механической прочности, принимаются следующие минимальные сечения проводов воздушных линий электропередачи [11]:

- для ВЛ-110 кВ – не менее 70 мм^2 ;
- для ВЛ-10 кВ – не менее 25 мм^2 .

Результаты выбора сечения проводников воздушных линий подстанции переменного тока 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» вписаны в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты выбора сечения проводников воздушных линий подстанции переменного тока 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

Линия	S_p , кВА	I_p , А	$F_\Sigma / F_{ст}$, мм ²	$I_{p,max}$, А	Марка провода	$I_{доп.}$, А
Питающая ВЛ-110 кВ						
ВЛ-110 кВ-Т1	6300	33,1	30,1/70	46,3	АС-70/11	265
ВЛ-110 кВ-Т2	6300	33,1	30,1/70	46,3	АС-70/11	265
Потребители 10 кВ (отели)						
1СШ Т1						
РУ 10 кВ-Отель-1.1	915,5	52,9	48,1/50	74,0	АС-50/8	210
РУ 10 кВ-Отель-2.1	1044,7	60,4	54,9/50	84,5	АС-50/8	210
РУ 10 кВ-Отель-3.1	700,1	40,5	36,8/35	56,6	АС-35/6,2	175
РУ 10 кВ-Отель-4.1	775,5	44,8	40,8/35	62,7	АС-35/6,2	175
2СШ Т2						
РУ 10 кВ-Отель-1.2	915,5	52,9	48,1/50	74,0	АС-50/8	210
РУ 10 кВ-Отель-2.2	1044,7	60,4	54,9/50	84,5	АС-50/8	210
РУ 10 кВ-Отель-3.2	700,1	40,5	36,8/35	56,6	АС-35/6,2	175
РУ 10 кВ-Отель-4.2	775,5	44,8	40,8/35	62,7	АС-35/6,2	175

В результате установлено, что все выбранные в работе сечения воздушных линий электропередачи номинальным напряжением 110 кВ и 10 кВ из полученных результатов расчётов с последующим выполнением соответствующих проверок, что они обеспечат экономичное, надежное и бесперебойное питание потребителей подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

2.5 Расчёт токов короткого замыкания

На проектируемой подстанции напряжением 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» производим расчет токов короткого замыкания (далее токов КЗ).

Расчёт проводится от источника питания напряжением 110 кВ до выводов на шинах РУ напряжением 10 кВ (в месте установки коммутационных и защитных электрических аппаратов).

Необходимо произвести расчет токов КЗ, для этого составляется расчетная схема для расчета токов КЗ, на которой расчетные токи, а также основные элементы схемы (рисунок 7).

Выбираются расчетные точки короткого замыкания, которые отмечаются на рисунке 7:

– точка К1 – на стороне высшего напряжения силового трансформатора в ОРУ-110 кВ проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ;

– точка К2 – на стороне низшего напряжения силового трансформатора в ОРУ-10 кВ проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ.

Исходная схема представлена на рисунке 7.

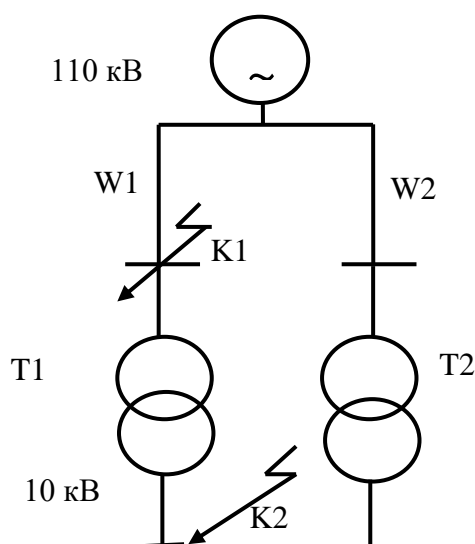


Рисунок 7 – Исходная схема для расчёта токов КЗ

В работе на рисунке 8 представлена исходная схема замещения для расчёта токов КЗ на проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ.

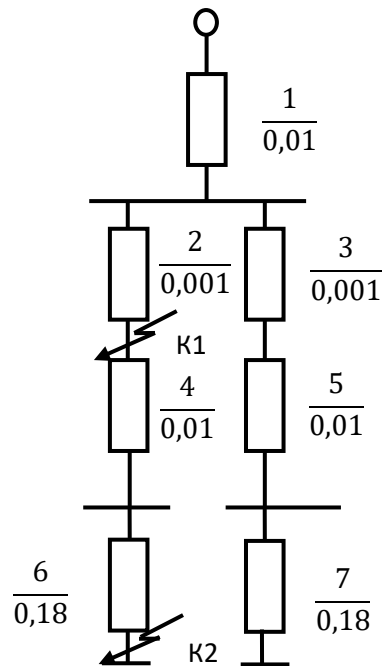


Рисунок 8 – Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ

Расчет токов короткого замыкания в работе проводится в относительных единицах по методике, приведённой в [12].

Для проведения расчёта, на первом этапе принимаются базисные условия.

Базисная мощность принимается равной мощности силового трансформатора, установленного на подстанции

$$S_6 = 6300 \text{ кВА} = 6,3 \text{ МВА.}$$

Базисные напряжения для двух ступеней трансформации (110 кВ и 10 кВ)

$$U_{61} = 115 \text{ кВ.}$$

$$U_{62} = 11 \text{ кВ.}$$

Базисный ток определяется с учётом принятых значений базисной мощности и напряжений

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6}. \quad (23)$$

$$I_{61} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,03 \text{ кА.}$$

$$I_{62} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 11} = 0,33 \text{ кА.}$$

Далее проводится непосредственный расчёт параметров схемы замещения, представленной на рисунке 8.

Все полученные результаты расчётов наносятся на схему замещения (рисунок 8).

Сопротивление энергосистемы

$$x_{c*} = \frac{S_6}{S_K}, \text{ о.е.} \quad (24)$$

где S_K'' - полная мощность трёхфазного КЗ на шинах источника питания (по данным энергосистемы).

$$x_{c*} = \frac{6,3}{500} = 0,01 \text{ о.е.}$$

Сопротивление питающей линии 110 кВ с учётом её длины:

$$x_{л*} = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \text{ о.е.}, \quad (25)$$

где x_0 - удельное сопротивление ВЛ, Ом/км [10];

L- суммарная длина ВЛ, км.

$$x_{л*} = 0,4 \cdot 6 \cdot \frac{6,3}{115^2} = 0,001 \text{ о.е.}$$

Относительные сопротивления схемы замещения двухобмоточного трансформатора, приведенные к базисным условиям, определяются по методике, приведённой в [12].

Для обмотки высшего напряжения трансформатора (110 кВ) проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ

$$X_{\epsilon} = \frac{0,125 \cdot U_{\kappa, \%} S_{\delta}}{100 \cdot S_{н.т.}} \quad (26)$$

$$X_{\epsilon} = \frac{0,125 \cdot 10,5 \cdot 6,3}{100 \cdot 6,3} = 0,01 \text{ о.е.}$$

Для обмотки низшего напряжения трансформатора (10 кВ) проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ

$$X_{н} = \frac{1,75 \cdot U_{\kappa, \%} S_{\delta}}{100 \cdot S_{н.т.}} \quad (27)$$

$$X_{н} = \frac{1,75 \cdot 10,5 \cdot 6,3}{100 \cdot 6,3} = 0,18 \text{ о.е.}$$

Далее определяется начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания [12] по следующему выражению с учётом результирующих сопротивлений к каждой точке КЗ:

$$I'' = \frac{E''}{X_{рез}^*} \cdot I_{\delta} \quad (28)$$

Схема замещения для расчётной точки К1 (выводы трансформатора 110 кВ проектируемой понизительной подстанции переменного напряжения 110/10 кВ) представлена на рисунке 9.

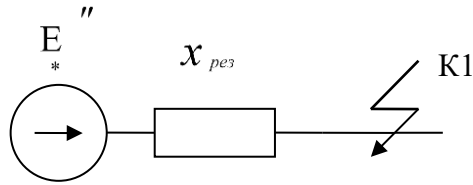


Рисунок 9 – Схема замещения для расчётной точки K1

Результирующее сопротивление к точке K1

$$x_{рез} = x_c + x_{л}, \text{ о.е.} \quad (29)$$

Согласно (29)

$$x_{рез} = 0,01 + 0,001 = 0,011.$$

Начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания в точке K1 (выводы трансформатора 110 кВ) при приведении к базисным условиям

$$I''_{к1} = \frac{1}{0,011} \cdot 0,03 = 2,29 \text{ кА.}$$

Схема замещения для расчётной точки K2 представлена на рисунке 10.

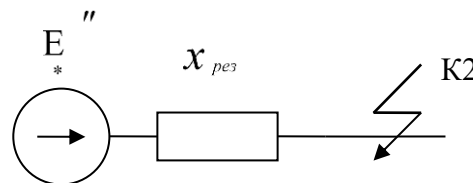


Рисунок 10 – Схема замещения для расчётной точки K2

Результирующее сопротивление к точке K2

$$X_{рез} = X_C + X_L + X_B + X_H, \text{ о.е.} \quad (30)$$

Согласно (30)

$$X_{рез} = 0,01 + 0,001 + 0,01 + 0,18 \approx 0,2 \text{ о.е.}$$

Начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания [7] в точке К2 (выводы трансформатора 10 кВ)

$$I''_{K2} = \frac{1}{0,2} \cdot 0,32 \approx 2,31 \text{ кА.}$$

Значение «ударного тока в расчётных точках схемы» [12]

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I''_{K}, \text{ кА,} \quad (31)$$

где $k_{уд}$ – «ударный коэффициент» [12].

По условию (31) для расчётных точек схемы К1 и К2 значение ударных токов:

– в точке К1

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 2,29 = 5,51 \text{ кА.}$$

– в точке К2

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 2,31 = 4,57 \text{ кА.}$$

В системе электроснабжения подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», расчеты токов короткого замыкания, а также ударных токов, все результаты получены в работе указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов токов короткого замыкания и ударных токов на ПС-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»

Параметр	Расчётная точка КЗ	
	Точка К1	Точка К2
I_k , кА	2,29	5,69
$i_{уд}$, кА	5,51	8,85

При проверке и выборе электрических аппаратов напряжением 110 кВ и 10 кВ, которые будут устанавливаться на подстанции переменного тока, при использовании полученных результатов расчетов токов трехфазного короткого замыкания и ударных токов трехфазного замыкания в системе электроснабжения подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов

Высоковольтные выключатели применяются для коммутации и защиты присоединений напряжением 110 кВ и 10 кВ, установленные в соответствующих распределительных устройствах на подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Для обеспечения видимого разрыва с целью безопасного проведения работ согласно [8], в ОРУ-110 кВ подстанции 110/10 кВ тупикового типа для питания потребителей, предусматривается установка разъединителей, а в РУ-10 кВ их заменяют втычные контакты в ячейках типа КРУН-10 [8].

Для питания вторичных цепей (измерения, релейная защита, автоматика и сигнализация) в системе электроснабжения подстанции 110/10 кВ используются трансформаторы тока и напряжения.

Ограничители напряжения применяются от внутренних перенапряжений, для защиты атмосферных перенапряжений вследствие удара молнии, в схеме понижающей подстанции 110/10 кВ.

Выбор аппаратов высокого напряжения в общем виде производится по номинальным значениям напряжения и тока по условиям [12,24]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (32)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (33)$$

Аппараты высокого напряжения должны обладать по условиям термической и динамической стойкостью и подлежат следующим проверкам по условиям отключения токов приведенным ниже [12]. Проводится проверка для отключающих аппаратов на симметричный ток отключения по условию:

$$I_{п.т} \leq I_{отк.ном}. \quad (34)$$

Также для отключающих аппаратов должна быть проведена проверка на «возможность отключения апериодической составляющей тока» [12]:

$$i_{а.т} \leq i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{отк.ном}, \quad (35)$$

где $\beta_{ном}$ – «номинальное значение относительного содержания апериодической составляющей в отключаемом токе» [12];

$i_{а.ном}$ – «номинальное допускаемое значение апериодической составляющей в отключаемом токе для времени» [12].

«Проверка электрических аппаратов на электродинамическую стойкость» проводится по двум условиям [12]:

- «по условию номинального тока отключения» [12]:

$$I'' \leq I_{\text{отк.ном}}; \quad (36)$$

- «по величине ударного тока» [6,7]:

$$i_y \leq i_{\text{дин.}}, \quad (37)$$

где $i_{\text{дин.}}$ – «номинальный ток электродинамической стойкости аппарата».

«Проверка электрических аппаратов на термическую стойкость» [12]

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T, \quad (38)$$

где I_T – «А, предельный ток термической стойкости аппарата по каталогу,»

[12];

t_T – «с, длительность протекания тока термической стойкости аппарата» [12].

Проводятся выбор и проверка электрических аппаратов напряжением 110 кВ, и 10 кВ проектируемой понижающей подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» по условиям (32) – (38).

При этом в работе выбираются новые, современные электрические аппараты для их непосредственной установки в ОРУ-110 кВ и РУ-10 кВ понизительной подстанции, а также проводится их проверка по условиям (36-40).

Для удобства все расчёты и проверки электрических аппаратов в работе сводятся в следующие таблицы:

– результаты выбора и проверки электрических аппаратов напряжением 110 кВ – таблица 6;

– результаты выбора и проверки электрических аппаратов напряжением 10 кВ – таблица 7.

В данных таблицах параметры сети подлежат сравнению с выбранными электрическими аппаратами.

Таблица 6 – Результаты выбора и проверки электрических аппаратов напряжением 110 кВ

Наименование и марка аппарата	Условие	Расчетные величины	Каталожные данные	Выполнение условия
Выключатели ВГТ-110П- 40/2500 У1	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{max}} = 46,3 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2500 \text{ А}$	$46,3 \text{ А} \leq 2500 \text{ А}$
	$I_{\text{п.т}} \leq I_{\text{отк.ном}}$	$I_{\text{п.т}} = 2,29 \text{ кА}$	$I_{\text{отк.ном}} = 40 \text{ кА}$	$2,29 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$
	$i_y \leq i_{\text{дин.}}$	$i_y = 5,51 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.}} = 40 \text{ кА}$	$5,51 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$I_T^2 \cdot t_T =$ $= 2,29^2 \cdot 3 =$ $= 15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 40^2 \cdot 3 =$ $= 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq$ $4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Разъединители РН-СЭЩ-1-Пн- 110-1250 УХЛ1	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{max}} = 46,3 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$	$46,3 \text{ А} \leq 1000 \text{ А}$
	$i_y \leq i_{\text{дин.}}$	$i_y = 5,51 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.}} = 40 \text{ кА}$	$5,51 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$I_T^2 \cdot t_T =$ $= 2,29^2 \cdot 3 =$ $= 15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 40^2 \cdot 3 =$ $= 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq$ $4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Разъединители РН-СЭЩ-2-Пн- 110-1250 УХЛ1	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{max}} = 46,3 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$	$46,3 \text{ А} \leq 1000 \text{ А}$
	$i_y \leq i_{\text{дин.}}$	$i_y = 5,51 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.}} = 40 \text{ кА}$	$5,51 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$
Разъединители РН-СЭЩ-2-Пн- 110-1250 УХЛ1	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$I_T^2 \cdot t_T = 15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 40^2 \cdot 3 =$ $= 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq$ $4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Продолжение таблицы 6

Наименование и марка аппарата	Условие	Расчетные величины	Каталожные данные	Выполнение условия
ТТ марки ТФЗМ 110Б-I У1	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{max}} = 46,3 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 600 \text{ А}$	$46,3 \text{ А} \leq 600 \text{ А}$
	$i_y \leq i_{\text{дин}}$	$i_y = 5,51 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 26 \text{ кА}$	$5,51 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$I_T^2 \cdot t_T =$ $= 2,29^2 \cdot 3 =$ $= 15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 26^2 \cdot 3 =$ $= 2028 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$15,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq$ $2028 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Ограничитель перенапряжения марки ОПН-110	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ}$

Таблица 7 – Результаты выбора и проверки электрических аппаратов напряжением 10 кВ

Наименование и марка аппарата	Условие	Расчетные величины	Каталожные данные	Выполнение условия
Выключатель ВВ/TEL-10-20/1000-У2-48 (вводной и секционный) ВВ/TEL-10-20/1000-У2-48 (линейный – ко всем потребителям)	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{max}} = 510 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$	$510 \text{ А} \leq 1000 \text{ А}$
	$I_{\text{п.т}} \leq I_{\text{отк.ном}}$	$I_{\text{п.т}} = 5,69 \text{ кА}$	$I_{\text{отк.ном}} = 20 \text{ кА}$	$5,69 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА}$
	$i_y \leq i_{\text{дин}}$	$i_y = 8,85 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 80 \text{ кА}$	$8,85 \text{ кА} \leq 31,5 \text{ кА}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$I_T^2 \cdot t_T =$ $= 5,69^2 \cdot 3 =$ $= 97,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$97,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq$ $1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
ТТ марки ТЛК -10-2500/5 У3	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{max}} = 510 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 2500 \text{ А}$	$510 \text{ А} \leq 2500 \text{ А}$
	$i_y \leq i_{\text{дин}}$	$i_y = 8,85 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 80 \text{ кА}$	$8,85 \text{ кА} \leq 31,5 \text{ кА}$

Продолжение таблицы 7

Наименование и марка аппарата	Условие	Расчетные величины	Каталожные данные	Выполнение условия
ТТ марки ТЛК -10-2500/5 УЗ	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$I_T^2 \cdot t_T =$ $= 5,69^2 \cdot 3 =$ $= 97,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$97,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq$ $1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
ТН марки ЗНОЛ.06-10 УЗ	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$
Предохранитель для защиты ТН марки ПКТ-101-10-УЗ	$U_{\text{сети}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$

Все выбранные в работе электрические аппараты напряжением 110 кВ и 10 кВ проектируемой подстанции переменного тока 110/10 кВ тупикового типа для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» удовлетворяют всем поставленным условиям выбора и проверки, поэтому могут быть использованы для установки на указанной подстанции переменного тока в соответствующих распределительных устройствах.

Выводы по разделу 2.

В результате выполнения второго раздела работы, исходя из результатов анализа, на трансформаторной подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл» внедрены следующие практические мероприятия по проектированию оборудования РУ-подстанции, в результате чего выбраны и проверены:

- выключатели марки ВГТ-110П-40/2500 У1 со встроенными трансформаторами тока;
- новые разъединители марки РН-СЭЩ-2-Пн-110-1250 УХЛ1;
- а также новые ограничители перенапряжения марки ОПН-У/TEL-110-УХЛ1 для установки в ОРУ-110 кВ понижающей подстанции ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл»;

– выключатели ВВ/TEL-10-20/1000-У2-48 (вводной и секционный), ВВ/TEL-10-20/1000-У2-48 (линейный – ко всем потребителям) для установки в ячейках РУ-10 кВ ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Также в работе, на основе расчёта электрических нагрузок понизительной подстанции 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл», выбраны и проверены:

– силовые трансформаторы подстанции (установлено, что силовые трансформаторы ТДН-6300/110 удовлетворяют условиям выбора и выдержат перегрузку как в нормальном, так и в послеаварийном режимах работы, исходя из графика нагрузки подстанции);

– сечения проводников 110 кВ и 10 кВ (питающая сеть 110 кВ – провод воздушной линии АС-70/11, распределительная сеть и 10 кВ – проводами марки АС разных сечений).

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Обеспечение безопасности жизнедеятельности

Известно, что обеспечение безопасности работающего персонала и соблюдение трудовой производственной дисциплины лежит в основе любого производственного процесса [16,22].

При этом на первое место выходит забота о жизни и здоровье людей, которые работают на данном производстве.

В силу различных обстоятельств и производственных факторов, существуют следующие виды опасностей:

- производственные опасности, которые заключаются в нарушении режима и технологии производства, а также установленных правил по технике безопасности. Такие виды опасности приводят к различным видам производственных травм вплоть до летального исхода;

- опасность поражения электрическим током – заключается в соблюдении профилактических, организационных и технических мероприятий, позволяющих обезопасить обслуживающий персонал от поражения электрическим током в электроустановках;

- пожарная опасность – заключается в соблюдении профилактических, организационных и технических мероприятий по недопущению возгорания материалов, зданий и сооружений;

- экологическая опасность – состоит в недопущении или устранении вредного и опасного воздействия на окружающую среду.

Мероприятия по всем видам опасностей, перечисленных выше, имеют цель не допустить появления этих опасностей, а в случае их возникновения – быстро ликвидировать их очаг (очаги).

На любом предприятии для безопасного проведения работ есть человек, ответственный за соблюдение норм охраны труда (как правило, это – руководитель предприятия и инженер по охране труда).

Кроме того, имеются отделы по охране труда, работниками которых проводится разъяснительная и предупредительная работа среди рабочего персонала предприятия: разработка документации, проведения инструктажей, а также дней охраны труда и соответствующих мероприятий по охране труда в зависимости от направлений (электробезопасность, пожарная безопасность и т.д.).

Кроме того, непосредственную ответственность за соблюдение охраны труда в подразделениях несут и руководители этих подразделений: начальники служб, смен, участков, мастера и прочие ответственные работники, которые назначаются приказами по предприятию.

Особое место занимают инструктажи по технике безопасности и охране труда. В зависимости от назначения и инструктируемых работников, они могут быть следующих видов: первичные инструктажи, инструктажи на рабочем месте, повторные инструктажи.

Из числа первичных инструктажей выделяется вводный инструктаж, который имеет целью осветить общий принцип и порядок работы на предприятии.

Любой инструктаж должен быть доведён под подпись того, кому он предназначен.

Также должна стоять подпись ответственного лица, проводившего данный инструктаж.

Без проведения всех необходимых инструктажей и отсутствия соответствующих подписей в установленных журналах, инструктируемое лицо к работам не допускается [16].

Производственные опасности заключаются в нарушении режима и технологии производства, а также установленных правил по технике безопасности.

Такие виды опасности приводят к различным видам производственных травм вплоть до летального исхода.

Для каждого предприятия в зависимости от специфики и характера работы производственные опасности имеют различный характер.

На объекте исследования производственные опасности заключаются в получении травм различной степени тяжести при выполнении работ по монтажу, ремонту и обслуживанию оборудования, получение ожогов частей тела и слизистых оболочек, падение с высоты при выполнении работ, травмы, обусловленные попаданием частей тела под различные трущиеся и вращающиеся поверхности и т.п.

Профилактическими мероприятиями при производственных видах опасностей являются их недопущение применением организационных и технических мероприятий.

К таким мероприятиям относятся проведение инструктажей, ограждение рабочих и опасных мест, контроль выполнения работы несколькими членами бригады и т.п.

Следующий вид опасности – это опасность поражения электрическим током.

Для объекта исследования в работе в виду его специфики он представляется наиболее важным и вероятным, поэтому данному виду опасности следует уделить особое внимание.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности в электроустановках многогранны и, как правило, носят следующий характер:

- профилактический;
- организационный;
- технический.

Профилактические мероприятия по недопущению и предупреждению поражения электрическим током заключаются в проведении разъяснительной работы среди персонала, установки защитных средств, изоляции опасных участков электрической сети.

Также к профилактическим мероприятиям относятся установка световой и звуковой сигнализации, а также релейной защиты и автоматики на объектах энергетики.

Организационные мероприятия по недопущению поражения электрическим током заключаются в организации выполнения работ строго по инструкции и нормам охраны труда, назначение ответственных лиц для контроля выполнения работ и норм безопасности, выдачу нарядов и распоряжений для выполнения работ, допуск персонала к работе, организацию работ на рабочем месте, премирование исполнительных работников и наказание злостных нарушителей.

Технические мероприятия по недопущению поражения электрическим током заключаются во внедрении технических мер при строгом соблюдении всех нормативов.

К таким мероприятиям относятся, например, установка запрещающих, предписывающих и информационных плакатов на месте работы, ограждение рабочего места, проведение оперативных переключений, заземление оборудования и т.д.

При работе в электроустановках нужно уделить внимание средствам защиты от поражения электрическим током.

К таким средствам относятся перчатки, диэлектрические коврики и подставки, инструменты, защитные маски и очки. Все они должны быть проверены непосредственно перед началом работ. Кроме того, срок их эксплуатации должен быть в норме.

Просроченный рабочий и защитный инструмент ни в коем случае использовать нельзя, так как это является прямой угрозой жизни и здоровью людей.

Кроме того, для уменьшения поражения электрическим током людей, в электроустановках необходимо заземлять и занулять (только в сетях до 1 кВ) оборудование.

Применение переносных заземляющих устройств для безопасного проведения работ целесообразно только после проведения оперативных переключений коммутационных аппаратов и проверки отсутствия напряжения на шинах электроустановок.

Далее следует привести краткий алгоритм порядка выполнения работ в электроустановках при неукоснительном соблюдении мероприятий по охране труда.

Перед началом любых работ в электроустановках персонал обязан пройти инструктаж на рабочем месте, в котором указываются как его обязанности, так и обязанности других членов бригады, а также характер и расположение опасностей.

Далее старший (руководитель работ) даёт команду на подготовку рабочего места.

Рабочее место подготавливают, как правило, опытные работники с соответствующими группами по электробезопасности (в электроустановках до 1 кВ – не ниже третьей, а в электроустановках выше 1 кВ – не ниже четвёртой группы).

После этого проводятся оперативные переключения и отключения, которые согласовываются с диспетчером сетей.

Затем указателями напряжения соответствующих классов проверяют отсутствие напряжения на токоведущих частях оборудования, где будут проводиться работы.

После этого накладывается переносное заземление на токоведущие части либо включаются заземляющие ножи оборудования (если таковые предусмотрены конструкцией).

Затем ограждается рабочее место и вывешиваются плакаты по технике безопасности.

Только после всех перечисленных мероприятий бригада может приступить к выполнению работ.

В процессе выполнения работ при необходимости можно организовать перерыв, для чего бригада полностью выводится с места работ, а двери электроустановок закрываются на ключ.

Допуск посторонних лиц на объект работ при этом категорически запрещён.

3.2 Обеспечение пожарной безопасности

«Возникновения пожара на объектах возможно при следующих обстоятельствах» [16]:

- «при коротких замыканиях» [16];
- «при прямых попаданиях молнии» [16,23];
- «при разрушении и перегрева изоляции с последующим возгорания» [16];
- «при перегреве масла в трансформаторе» [16];
- «при перегреве токоведущих частей от перегрузки при неправильном их выборе» [16].

Пожарная безопасность объекта исследования в работе обеспечивается применением и использованием следующих мероприятий:

- применением негорючих материалов в электроустановках и несгораемых конструкций оборудования, зданий и сооружений;
- наличием средств пожаротушения на объекте (пожарный щит, огнетушители, гидранты и т.п.);
- профилактическими проверками и инспекциями, выявляющих общее состояние пожарной безопасности оборудования;
- работой пожарной дружины на объекте, а также постоянным источником связи с пожарной инспекцией.

С точки зрения пожаробезопасности, наибольшую опасность представляет на объекте силовой трансформатор и прочее маслonaполненное оборудование, в котором существует высокая вероятность пожара и взрыва.

Поэтому данные объекты необходимо контролировать самым тщательным образом как во время обходов (плановых и внеплановых), так и во время проверок.

Как показывают статистические исследования [19], также для обеспечения пожарной безопасности очень важное значение играет поддержание территории объекта в чистоте.

Для этого необходимо скашивать сухую траву, утилизировать ветошь, поддерживать чистоту на объекте.

Указанные мероприятия позволят не допустить самовозгорание на объекте в сухую жаркую погоду, а также не допустить распространение пожара на объекте и быстро его локализовать.

3.3 Обеспечение экологической безопасности

Среди опасностей также следует упомянуть и экологическую опасность, актуальность которой всё больше приобретает смысл в последние годы. Загрязнение окружающей среды в свете изменения климата стало злободневной темой.

На объекте наибольшую опасность с экологической точки зрения представляют следующие возможные факторы:

- утечка масла в грунт из маслonaполненного оборудования (в частности, с силовых трансформаторов);
- загрязнение септиками и химикатами окружающей среды;
- загрязнение и запылённость воздуха;
- опасность для флоры и фауны;
- влияние шумов на живые организмы;
- влияние высоких напряжений на биосферу.

Экологический риск от перечисленных факторов должен быть сведён к минимуму путём внедрения качественных мероприятий, к которым относятся такие мероприятия, как-то:

- проведения организационных мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности;
- техническое обеспечение экологической безопасности;
- профилактические меры по обеспечению экологической безопасности;
- законодательное обеспечение экологической безопасности.

Все указанные мероприятия по обеспечению экологической безопасности обязательны к применению и внедрению.

Выводы по разделу 4.

В результате выполнения третьего раздела работы, осуществлена разработка мероприятий по технике безопасности при выполнении работ на электрооборудовании и в электрических сетях ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Детально рассмотрены актуальные мероприятия по пожарной безопасности, экологической безопасности, электробезопасности, и технике безопасности при проведении работ на понизительной подстанции переменного тока 110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Заключение

В результате выполнения работы осуществлено проектирование электрической части понизительной трансформаторной понизительной подстанции переменного напряжения ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Разработаны структурная и принципиальная схемы электрических соединений ПС-110/10 кВ с установкой двух силовых трансформаторов марки ТДН-6300/110, мощность которого выбрана и проверена в работе на основе результатов расчёта электрических нагрузок и проверена по типичному графику нагрузки подстанции.

В работе на основании анализа нормативных документов, приняты и детально обоснованы следующие схемы электрических соединений подстанции переменного тока ПС-110/10 кВ:

- для РУ-110 кВ принята схема электрических соединений «Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий»;
- для РУ-10 кВ принята схема «Одна рабочая секционированная выключателем система сборных шин».

На основании полученных данных расчёта электрических нагрузок, осуществлены выбор и проверка сечения проводников воздушных линий электропередач с использованием провода марки АС, а также современных электрических аппаратов для их установки в распределительных устройствах напряжением 110 кВ и 10 кВ.

В работе выбраны современные типы и марки коммутационных и защитных аппаратов отечественного производства, характеризующиеся хорошими технико-экономическими показателями:

- в РУ 110 кВ: выключатели ВГТ-110 (производитель – ЗАО «ЗЭТО»), разъединители РГ-110 (ЗАО «ЗЭТО»), трансформаторы тока ТФЗМ 110Б (ООО «Эпромстрой»), ОПН-110 (ЗАО «ЗЭТО»);

– в РУ 10 кВ: выключатель ВВ/TEL-10-20/1000-У2-48 (производитель – ООО «Энергосфера»), трансформатор тока марки ТЛК-10 (ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока» (СЗТТ), г. Екатеринбург), трансформатор напряжения марки ЗНОЛ.06-10 (ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока» (СЗТТ), г. Екатеринбург).

На основании полученных результатов расчёта токов КЗ, осуществлена проверка выбранных электрических аппаратов на термическую и электродинамическую стойкость.

Проведён анализ вредных и опасных факторов при выполнении работ на понижающей подстанции 110/10 с последующим рассмотрением актуальных мероприятий по электробезопасности, технике безопасности, экологической безопасности, и пожарной безопасности понизительной подстанции переменного тока ТП-110/10 кВ для сети отелей ООО «Свод Интернешнл».

Все принятые решения в работе соответствуют требованиям нормативных документов.

Результаты работы соответствуют всем требованиям основных нормативных документов.

В следствие решения данных указанных аспектов, основная цель работы достигнута.

Список используемых источников

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных	8
1.1 Исходные данные на выполнение работы	8
1.2 Основные требования к трансформаторным подстанциям систем электроснабжения..	13
2 Проектирование электрической части подстанции	16
2.1 Выбор схемы электрических соединений.....	16
2.2 Расчёт электрических нагрузок.....	21
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов.....	25
2.4 Выбор сечения проводников	31
2.5 Расчёт токов короткого замыкания.....	36
2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов	43
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда.....	50
3.1 Обеспечение безопасности жизнедеятельности.....	50
3.2 Обеспечение пожарной безопасности	55
3.3 Обеспечение экологической безопасности.....	56
Заключение	58
Список используемых источников	60

1. ГОСТ 32144-2013. «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 22.03.2022).

2. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 343 с.

3. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: Колос, 2016. 184 с.

4. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001): (серия 17, норматив. док. по надзору в электроэнергетике). – М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2016. 208 с.

5. Михайлов Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2015. 224 с.

6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. – 5-е издание, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2014. 608 с.

7. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018. 316 с.

8. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 01.12.2021) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/902087949> (дата обращения: 22.03.2022).

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

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

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

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

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

14. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.twirpx.com/file/24666/> (дата обращения: 12.02.2022).

15. ТМН-6300/110 – Тольяттинский Трансформатор. Электронный

ресурс]: URL: <https://silovoytransformator.ru/110kv/tmn-6300-110.htm> (дата обращения: 05.04.2022).

16. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 22.03.2022).

17. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 22.03.2022).

18. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: Форум, Инфра. 2015. 136 с.

19. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года // РД РАО «ЕЭС России». Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р – М.: Министерство энергетики, 2020.

20. Copley P. Marketing Communications Management: Concepts and Theories, Cases and Practices. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2018. 441 p.

21. Hirsch J.E. An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output that Takes into Account the Effect of Multiple Co-authorship. *Scientometrics*, 2020, vol. 85, no. 3, pp. 741–754. doi: 10.1007/s11192-010-0193-9

22. Potter E.H. Branding Canada. Projecting Canada's Soft Power through Public Diplomacy. Montreal: McGill-Queen's University Press, 2019. 464 p.

23. Lezhnyuk P.D., Petrushenko O.J., Petrushenko J.V. Approximation of implicitly expressed optimality criteria by pozynom and analysis of their sensitivity. Materials digest of the XXXIX international Research and Practice Conference «Physico-mathematical and technical sciences as postindustrial foundation of the informational society evolution». London, 2018. P. 23–26.

24. Lezhniuk P., Netrebskiy V., Teptia V., Vydmysh V. Hamilton's Principle

as the Method of Self-Optimization Electric Systems. Nauka i Studia. Przemysl.
2019. №5 (136). P. 63–69. ISSN 1561–6894.