

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 Электроснабжение группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода.

Студент

А.О. Видинеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И.В. Горохов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Для того, чтобы решить поставленную задачу, анализировались исходные сведения для реализации мероприятий, направленных на разработку проекта системы электроснабжения «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18].

Благодаря полученным результатам выполненного расчета всех нагрузок потребителей, а также токов КЗ появилась возможность для выбора, а также обоснования схемы электроснабжения проектируемого объекта, выбора проводников разных электрических сетей, электрических аппаратов, системы контроля и учета на исследуемом объекте «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18].

Обоснованность разработанных мероприятий подтверждается выполненными техническими расчётами, проверками, выбором разных современных типов оборудования и сетей.

Также в работе проводился анализ, разработка мероприятий для безопасного исполнения работ с дальнейшим внедрением их на проектируемом объекте.

Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика объекта проектирования	6
1.1 Характеристика технологического процесса завода.....	6
1.2 Характеристика потребителей завода.....	8
2 Разработка проекта системы электроснабжения завода	14
2.1 Выбор схемы электроснабжения завода.....	14
2.2 Расчёт электрических нагрузок	19
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов ГПП.....	27
2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов цеховых ТП.....	30
2.5 Выбор сечения проводников	32
2.6 Расчёт токов короткого замыкания.....	35
2.7 Выбор и проверка электрических аппаратов	44
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда ...	49
3.1 Анализ вредных и опасных факторов на объекте	49
3.2 Охрана труда и техника безопасности на объекте	50
Заключение	55
Список используемых источников.....	57

Введение

В данном проекте разрабатывается система электроснабжения «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18], продукцией этой отрасли (оптические, электронные и медицинские приборы, оргтехника, волоконная оптика, лазеры и т.п.) является основной элементной базой систем автоматизации, управления технологическими процессами, информационных систем и т.д.

Системы электроснабжения – важное звено энергетики государства, его субъектов.

Использование современного оборудования, схем для реализации производства различной продукции отрасли приборостроения обеспечивает технологический процесс предприятия мощностями, что затруднительно сделать при использовании устаревших схем и оборудования.

По этой причине считаю необходимым изучить в настоящей работе одну из указанных систем электроснабжения «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18].

Цель работы – разработка проекта системы электроснабжения «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18].

Объект исследования - система электроснабжения завода, производящего оптические, электронные и медицинские приборы, оргтехника, волоконная оптика, лазеры и т.п.

Предмет исследования - схема электрических соединений в системе электроснабжения приборостроительного завода. Элементы данной системы: электрические линии распределительной и питающей сети, электрические аппараты номинальных классов напряжения, которые рассматриваются в данной работе.

«Актуальность работы обусловлена требованиями нормативных документов к проектируемым, реконструируемым и модернизируемым системам электроснабжения объектов промышленных предприятий (в

частности – предприятий приборостроительной отрасли), а именно: обеспечение необходимого уровня надёжности, экономичности и электробезопасности объектов и систем промышленности, находящихся на стадии проектирования, необходимой реконструкции и модернизации» [1,3,7].

Также актуальность настоящего исследования подтверждается наличием необходимости реализовать качественные мероприятия, связанные с проектированием, модернизацией, реконструкцией систем снабжения электроэнергией предприятий российского промышленного, энергетического комплекса в соответствии с программой «Энергетическая стратегия РФ на период до 2030г.» [20].

Задачи исследования:

- Анализ исходных сведений по объекту исследования с изучением ключевых теоретических положений для того, чтобы решить основные задачи. Полученные сведения используются для обоснования необходимости использовать изменения в исходной схеме всех электрических соединений на проектируемом объекте;
- Разработка проекта системы снабжения объекта электрической энергией;
- Создание мероприятий для того, чтобы обеспечить безопасность жизнедеятельности в процессе исполнения работ непосредственно в системе электроснабжения, электробезопасности, экологической, пожарной безопасности в системе снабжения электрической энергией «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18].

1 Краткая характеристика объекта проектирования

1.1 Характеристика технологического процесса завода

Приборостроительный завод необходимо размещать в промышленной зоне, где отсутствуют жилые кварталы, населенные пункты. Причины данного размещения: «прямым и косвенным загрязнением окружающей среды вредными выбросами и веществами; влияние на атмосферный воздух; высокой опасностью прохождения по территории городской застройки воздушных линий электропередач высоких классов напряжений; влияние мощных шумов на здоровье и людей, и экологическую систему в целом» [18].

В результате развития в РФ приборостроения появилась необходимость открыть промышленные предприятия по производству оптических, электронных, лазерных, медицинских приборов, которые используются в системах автоматизации и управлении технологическими процессами, а также при производстве различных информационных систем.

Проектирование группы цехов, корпусов и производств приборостроительного завода в современном мире в условиях жёсткой конкуренции, требует применения современных технологий производства.

«Данный аспект обуславливает практическую ценность работы, так как проектирование и ввод в эксплуатацию данного предприятия с учётом инноваций в технологии производства и использовании современного энергосберегающего оборудования, способно частично решить вопросы с производством приборов различного типа в регионе и стране в целом» [19].

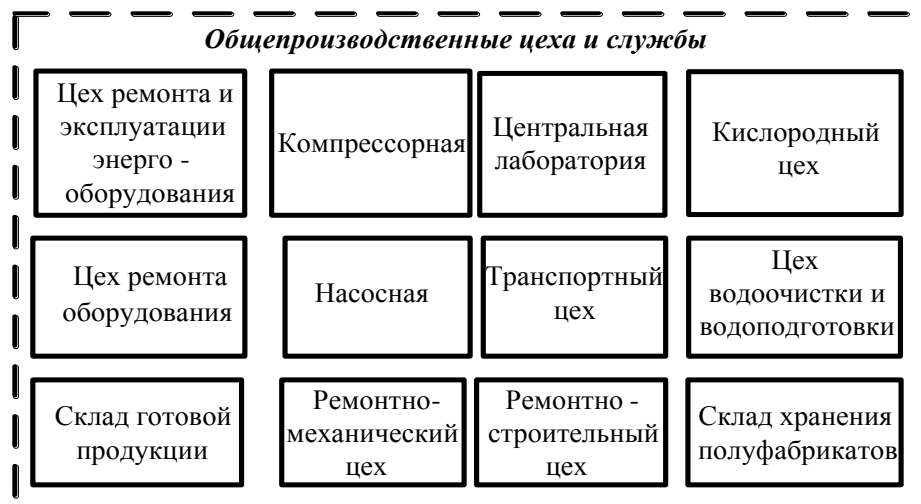
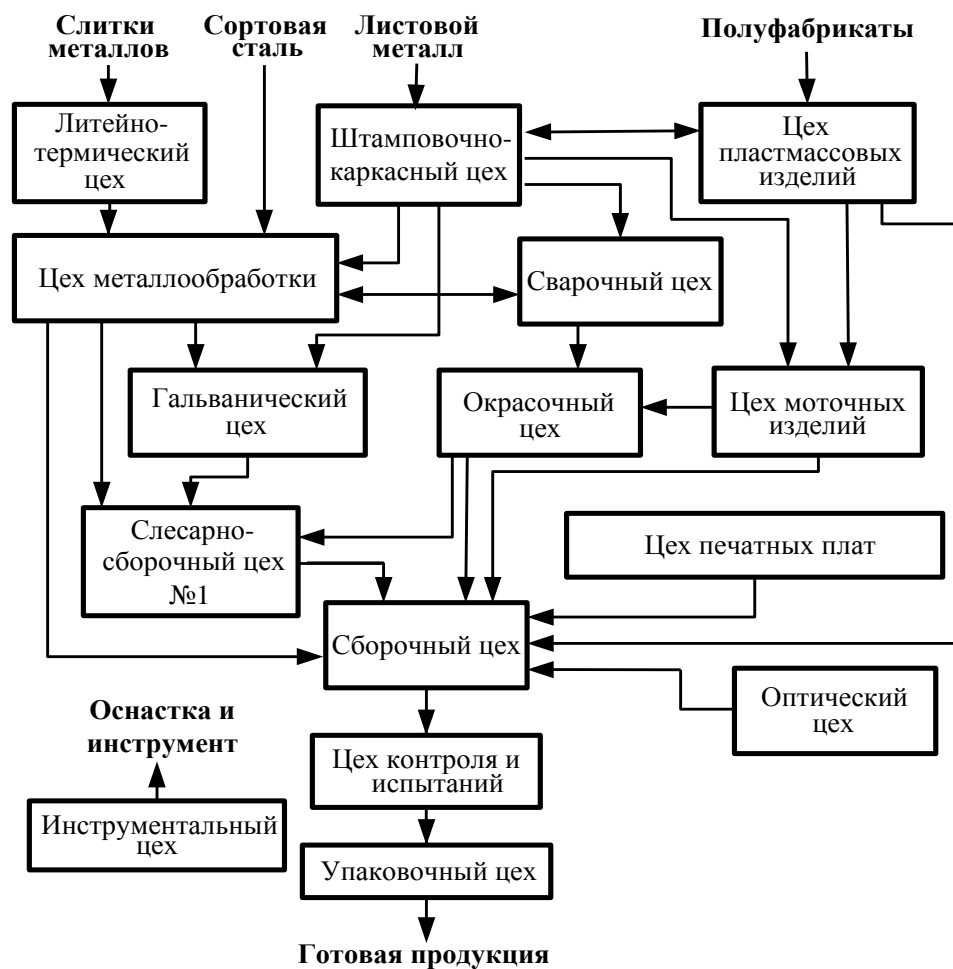


Рисунок 1 – Схема технологического процесса завода приборостроения

Технология производства продукции на проектируемом предприятии, соответствует основным современным требованиям и нормам [18]. Схема технологического процесса предприятия представлена на рисунке 1.

1.2 Характеристика потребителей завода

Рассматриваемое предприятие включает 7 производственных цехов, участков, участвующих в изготовлении продукции.

В данную группу цехов, корпусов, производств приборостроительного завода, согласно технологии производства, к основным цехам относятся [18]:

- сварочный цех;
- штамповочно-каркасный цех;
- цех пластмассовых изделий;
- цех металлообработки;
- гальванический цех;
- окрасочный цех;
- сборочный цех.

Сегодня каждое предприятие вынуждено использовать все имеющиеся у него возможности для того, чтобы получить прибыль [12].

По этой причине кроме изготовления продукции требуется создание участков по обслуживанию, ремонту оборудования, техники завода, что повысит спрос на реализуемую продукцию, сократит ее стоимость по причине уменьшения затрат, связанных с ремонтом, использованием оборудования.

В соответствии с исходными сведениями, на заводе имеются вспомогательные участки и цеха, относимые к СЭС завода: цех по ремонту и эксплуатации энерго-оборудования, склад готовой продукции, ремонтно-механический цех, центральная лаборатория, компрессорная, насосная с оборудованием (высоковольтные двигатели напряжением 10 кВ).

Все указанные вспомогательные участки, цеха влияют на технологический вспомогательный процесс реализации, производства продукции завода, что требует включение их в разрабатываемую СЭС завода [18].

Исходные технические сведения вспомогательных, производственных участков/цехов проектируемого завода отображены в таблице 1, где также указывается мощность для всех участков/цехов завода по отдельности в соответствии с совокупностью оборудования, подлежащего установке, что требует процесс по производству готовой продукции.

Таблица 1 – Исходные технические сведения участков/цехов завода

Номер участка/цеха по плану	Наименование участка/цеха	Назначение участка/цеха	Проектная мощность, $P_{пр}$, кВт
1	Сварочный цех	Основной производственный	3200
2	Штамповочно-каркасный цех	Основной производственный	960
3	Цех пластмассовых изделий	Основной производственный	530
4	Цех металлообработки	Основной производственный	655
5	Гальванический цех	Основной производственный	125
6	Окрасочный цех	Основной производственный	200
7	Сборочный цех	Основной производственный	360
8	Цех ремонта и эксплуатации энергооборудования	Неосновной вспомогательный	85
9	Компрессорная	Основной вспомогательный	150
10	Склад готовой продукции	Неосновной вспомогательный	55
11	Ремонтно-механический цех	Неосновной вспомогательный	95
12	Центральная-лаборатория	Основной вспомогательный	120
13	Насосная: а) 0,4 кВ б) АД 10 кВ	Основной вспомогательный	100 2x400=800
Итого по производству группы цехов приборостроительного завода			7435

Исходный план по расположению указанных цехов/участков в принятом масштабе, учитывая взаимное их расположение с отображением длины,

направления линии непосредственно от самого источника питания, представлен в работе на графическом листе 1.

Требуется отметить, что после того, как было выполнено проектирование, на указанный лист занесению подлежат следующие виды сетей:

- распределительные,
- питающие.

В соответствии с указанными исходные сведениями вспомогательных, производственных участков/цехов, исходного плана по расположению их на объекте исследования, решаются основные задачи проектирования, которые были поставлены.

В таблице 1 указано, что совокупная проектная установленная мощность всех участков/цехов завода равна 7435 кВт.

Надежность электроснабжения всех потребителей должна находиться в соответствии с требованиями [10].

Классификация электроприемников по уровню надежности электроснабжения:

- первая категория,
- первая особая категория,
- вторая категория,
- третья категория [10].

В соответствии с данной классификацией делятся цеха/участки завода на категории надежности.

В соответствии с анализом исходных данных в таблице 1, в разрабатываемой СЭС группы цехов, корпусов и производств приборостроительного завода имеются следующие типы среди участков и цехов, которые подлежат следующей классификации [10]:

- основные производственные участки/цеха – I категория по надёжности снабжения электрической энергией [10];

- основные вспомогательные участки/цеха – II категория по надёжности снабжения электрической энергией [10];
- «неосновные вспомогательные участки/цеха – III категории по надёжности снабжения электрической энергией [10].

Выполним в работе далее классификацию всех основных участков/цехов завода.

I категория по надёжности снабжения электрической энергией - основные производственные участки/цеха технологического основного производства завода:

- сварочный цех;
- штамповочно-каркасный цех;
- цех пластмассовых изделий;
- гальванический цех;
- окрасочный цех;
- сборочный цех;
- компрессорная;
- насосная [18].

II категория по надёжности снабжения электрической энергией - основные вспомогательные участки/цеха завода, обеспечивающие функционирование основного технологического производства [18]:

- цех ремонта и эксплуатации энерго-оборудования;
- ремонтно-механический цех;
- центральная лаборатория.

III категория по надёжности снабжения электрической энергией – иные объекты [18].

В таблице 2 цеха и участки завода систематизированы по категориям надёжности.

Таблица 2 – Систематизация цехов и участков завода по категориям

Номер по плану	Наименование цеха (участка)	Категория надёжности потребителей цеха (участка)
1	Сварочный цех	I
2	Штамповочно-каркасный цех	I
3	Цех пластмассовых изделий	I
4	Цех металлообработки	I
5	Гальванический цех	I
6	Окрасочный цех	I
7	Сборочный цех	I
8	Цех ремонта и эксплуатации энерго-оборудования	II
9	Компрессорная	II
10	Склад готовой продукции	III
11	Ремонтно-механический цех	II
12	Центральная-лаборатория	II
13	Насосная	I

Далее сформируем характеристику каждому цеху/участку Завода по производственной среде [18]. Отообразим эти характеристики в таблице 3, приведенной ниже.

Таблица 3 – Характеристика производственной среды помещений цехов и участков «группы цехов приборостроительного завода» [18]

Номер участка/ плану	Наименование цеха (участка) «завода по производству сухих строительных смесей» [18]	Производственная среда
1	Сварочный цех	Пыльная, жаркая, сухая
2	Штамповочно-каркасный цех	Пыльная, сухая
3	Цех пластмассовых изделий	Пыльная, жаркая, сухая
4	Цех металлообработки	Пыльная, сухая
5	Гальванический цех	Влажная
6	Окрасочный цех	Пыльная, жаркая, сухая
7	Сборочный цех	Пыльная, сухая
8	Цех ремонта и эксплуатации энерго-оборудования	Нормальная
9	Компрессорная	Нормальная
10	Склад готовой продукции	Пыльная, сухая
11	Ремонтно-механический цех	Пыльная, сухая
12	Центральная-лаборатория	Нормальная
13	Насосная	Влажная

Получается, что основное количество участков и цехов, создаваемой системы электрического снабжения (далее – СЭС) – объекты повышенной опасности, что подлежит учету в процессе выбора марки электрических аппаратов и кабелей.

Далее считаем необходимым выбрать распределительные, питающие электрические сети, что сменяется выбором, а также проверкой всех силовых трансформатора проектируемого в работе завода [18].

Выводы по разделу 1.

В данном разделе отображен исходный выполненный анализ СЭС завода, тщательно рассмотрены циклы, технологии производства, технические характеристики составляющих, потребителей цехов, участков проектируемого объекта [18].

Проведен тщательный анализ, систематизация по уровню надежности, производственной среде участков, цехов системы электроснабжения [18].

Используя исходные и нормативные сведения, источников, была обоснована целесообразность, необходимость создания проекта системы для снабжения объекта электроэнергией.

2 Разработка проекта системы электроснабжения завода

2.1 Выбор схемы электроснабжения завода

Выбор СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]» опирается на установленные положения, требования [10].

Первый этап выбора заключается в определении номинальных классов напряжения, количества источников на понизительной питающей подстанции. В соответствии с требованиями [10] не рекомендуется использовать распределительный центральный пункт (далее – ЦРП) как источник питания для того, чтобы поставлять на завод электрическую энергию [18]. Указанное обуславливается наличием на заводе 8 участков (цехов), которые относятся к потребителям 1-ой категории. Не учитывая потребителей цехов (участков) 2-ой категории предварительно можно сказать о наличии на заводе более 16 отходящих линий, т.к. питание потребителей 1-ой категории должно выполняться по 2-ум линиям [10].

Получается, что на ЦРП будет более 16 присоединений, тогда как в соответствии с нормами ЦРП применяется при количестве присоединений до 8 [10].

По этой причине необходимо использовать главную понизительную подстанцию (далее – ГПП).

Основные потребители «группы цехов приборостроительного завода» [18]» относятся к 1-ой и 2-ой категориям надежности. Получается, что на ГПП требуется использование 2-х независимых источников питания. Считаем необходимым установить на ГПП 2 силовых трансформатора, тогда как схема ГПП должна иметь резервирование [10].

Мероприятия 2-ого этапа: выбор высшего напряжения на ГПП [18]. В настоящей работе номинальное напряжение разрабатываемой сети принимается через расчетное значение самого напряжения, подлежащее

рациональному применению для всех участков создаваемой сети, а также для всей сети.

Для всей сети происходит выбор 1 значения низшего и высшего напряжений, входящих в шкалу всех номинальных значений [6].

«Номинальное напряжение U_H участков определяется по эмпирической формуле Г.А. Илларионова» [12]

$$U_H = \frac{1000}{\sqrt{500/L + 2500/P}}, \quad (1)$$

где L – «длина линии, км» [12];

P - «передаваемая мощность в сети, МВт» [12].

По условию (1) для ГПП «группы цехов приборостроительного завода» [18]

$$U_H = \frac{1000}{\sqrt{500/4,8 + 2500/7,4}} = 47,6 \text{ кВ.}$$

«По шкале стандартных номинальных напряжений, принимается ближайшее стандартное значение номинального напряжения, равного 35 кВ» [14].

Окончательно в работе для питания ГПП «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]» принимается высшее напряжение, равное 35 кВ.

В процессе выбора низшего напряжения из номинального стандартного ряда напряжений, используется напряжение, равное 10 кВ, которое имеет большую эффективность, экономическую целесообразность, чем напряжение, равное 6 кВ.

На напряжении, равном 10 кВ, имеется возможность передачи в сеть больших мощностей. По этой причине выбор указанного класса напряжения является целесообразным [14].

В процессе создания схем необходимых электрических соединений разрабатываемой ГПП 35/10 кВ для «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]», требуется обязательный учет количества всех присоединений (т.е. количества линий) [7].

В соответствии с предварительными данными, в состав потребителей ГПП 35/10 кВ Завода входит 18-28 линий, которые питаются от шин подстанции на напряжении, равном 10 кВ. Данные сведения необходимы для того, чтобы осуществлять составление уточненной структурной схемы понижающей подстанции ПС-35/10 кВ. Отобразим данную схему на рисунке 1.

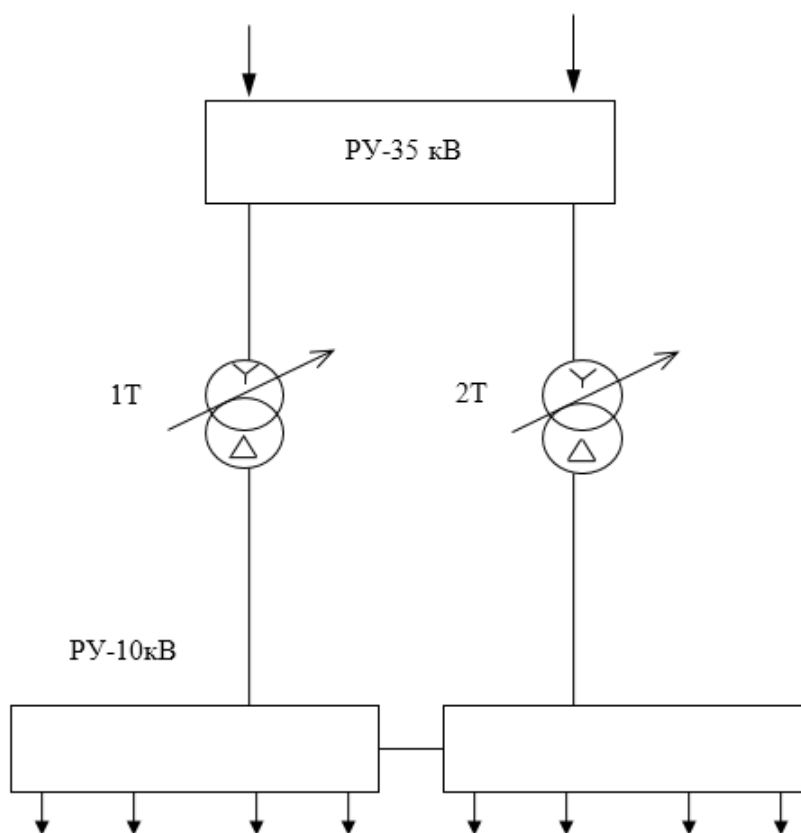


Рисунок 1 – Структурная уточнённая схема ГПП-35/10 кВ завода

«Далее в работе в соответствии с уточненной рассмотренной структурной схемой, исходных сведений по потребителям, главная понижающая подстанция переменного напряжением 35/10 кВ для данного объекта выбирается и описывается принципиальная схема данной подстанции с созданием схем разных электрических соединений всех распределительных устройств, где напряжение составляет 35 кВ и 10 кВ» [10].

По причине отнесения основного количества потребителей «группы, корпусов, производств цехов приборостроительного завода» [18] к 1-ой, 2-ой категориям надежности, то имеется потребность в 2-х независимых источниках питания, а также и в соответствующем уровне резервирования [7,10].

В результате этого следует в обязательном порядке обеспечить указанные условия в схеме.

Для ОРУ-35 кВ главной тупиковой понизительной подстанции с переменным напряжением в 35/10 кВ, происходит применение схемы электрических соединений «Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий» с 2-мя установленными в ремонтной перемычке разъединителями (отключены при нормальном функционировании), с 2-мя на линиях блоками «выключатель – разъединитель» [7].

«В работе для ОРУ-35 кВ тупиковой ГПП 35/10 кВ, необходимо предусмотреть и выбрать коммутационные и защитные аппараты (применяются блоки выключатель-разъединитель, а также линия-разъединитель), предусмотреть защиту от грозовых перенапряжений (ограничители перенапряжения), а также обеспечить бесперебойное питание вторичных цепей (измерительные трансформаторы тока)» [6].

Схема всех электрических соединений ОРУ-35 кВ главной тупиковой понизительной ПС-35/10 кВ непосредственно для «группы цехов приборостроительного завода» [18]», указана в графическом листе 2.

РУ-10 кВ главной понизительной рассматриваемой подстанции 35/10 кВ анализируемого объекта проектирования, выполнено было при использовании ячеек непосредственно наружной установки 2-хстороннего обслуживания КРУН-К-59 (производителем является ЗАО «ЗВО» («Завод высоковольтного оборудования»)) с установленными выключателями в них с применением вместо разъединителей втычных контактов [18].

Опираясь на рекомендации [7,11], исходные сведения для выполнения работы, если количество отходящих линий составляет $n=18-28$, то РУ-10 кВ ГПП-35/10 кВ Завода происходит применение схемы «Одна рабочая секционированная выключателем система сборных шин» [18].

Схема электрических соединений, которая была принята в работе РУ-10 кВ ГПП-35/10 кВ «группы цехов приборостроительного завода» [18]» указана на графическом листе 2.

В схеме РУ-10 кВ непосредственно у тупиковой подстанции ГПП-35/10 кВ Завода, которая рассматривается в работе, происходит применение раздельного режима работы, что рекомендуется [7].

По этой причине «в РУ-10 кВ ГПП-35/10 кВ «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]», применяются блоки линия-выключатель (без разъединителей) на питающей и отходящих линиях, а также на секционирующем соединении» [18]. «Количество данных блоков в принципиальной схеме РУ-10 кВ ГПП-35/10 кВ, рассматриваемой в работе, будет определено в работе далее при выборе количества цеховых трансформаторных подстанций ТП-10/0,4 кВ завода» [7].

Созданная схема всех электрических соединений разрабатываемой понизительной ГПП-35/10 кВ соответствуют ключевым требованиям, установленным в нормативных документах [1-10], подлежит применению для питания потребителей, относящихся к 1-ой, 2-ой категориям надежности.

Данная схема отображена на графическом листе под номером 2, где указаны все ключевые конструктивные элементы изучаемого объекта.

«От шин 10 кВ ГПП-35/10 кВ питание получают цеховые понизительные подстанции, имеющие напряжение 10/0,4 кВ. Они необходимы для питания соответствующих потребителей участков/цехов СЭС проектируемого объекта» [18].

Получается, что «в виду рассмотрения укрупнённых показателей, можно сказать, что основными потребителями заводской главной понизительной подстанции 35/10 кВ (ГПП) являются трансформаторные подстанции ТП-10/0,4 кВ, обеспечивающие питание конечных потребителей группы цехов приборостроительного завода на номинальном напряжении 0,38/0,22 кВ» [18].

В соответствии с [10] в работе было решено проектировать «все цеховые ТП-10/0,4 кВ с применением 2-х силовых трансформаторов с резервированием на шинах 0,38/0,22 кВ. Питание всех цеховых ТП-10/0,4 кВ от шин 10 кВ ГПП-35/10 кВ завода должно осуществляться по радиальной схеме (так как преобладают потребители I и II категорий надёжности). Окончательное количество цеховых ТП-10/0,4 кВ принимается в работе далее на основе обоснования распределения потребителей системы электроснабжения группы цехов приборостроительного завода» [18].

В результате выполненного описания, выбора схем непосредственно для электрических соединений ГПП-35/10 кВ становится очевидно, что заводская ГПП необходима для работы, снабжения электрической энергией СЭС «группы цехов приборостроительного завода» [18]».

В соответствии с указанными техническими сведениями источников питания, выступающих в качестве основы для изучаемой в работе СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]», требуется выполнить выбор, проверку элементов СЭС проектируемого объекта [18].

2.2 Расчёт электрических нагрузок

В соответствии с указанными мероприятиями, связанными с проектированием схемы всех электрических соединений СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]», что осуществляется за счет использования ключевых нормативных документов, требуется выполнение расчета электрических нагрузок СЭС с выбором, проверкой электрических сетей, проводников, аппаратов.

В результате использования выбранной схемы непосредственно для электрических соединений СЭС завода, требуется учет условий, в соответствии с которыми проводится резервирование на стороне с напряжением 10 кВ, что осуществляется через дополнительное подключение в схеме РУ-10 кВ ГПП кабельных линий с напряжением 10 кВ.

Основа вычисления электрических нагрузок на СЭС завода - номинальная установленная проектная нагрузка потребителей, т.е. $P_{уст.}$, равная активной расчетной нагрузке.

Активная расчетная нагрузка всех силовых до 1 кВ [18], кВт::

$$P_{p.} = K_c P_n, \quad (2)$$

где P_n – «значение суммарной номинальной активной мощности цеха (участка), кВт» [12];

K_c – «справочное значение коэффициента спроса цеха (участка)» [12].

«Расчетная реактивная нагрузка силовых ЭП до 1 кВ» [8], квар:

$$Q_{p.} = P_{p.} \cdot tg\varphi, \quad (3)$$

где $tg\varphi$ – «коэффициент реактивной мощности, о.е.» [12]

«Расчётная нагрузка осветительных приёмников соответствующего цеха (участка) завода» [18], кВт:

$$P_{p.o} = K_{c.o} P_{n.o}, \quad (4)$$

где $K_{c.o}$ – «коэффициент спроса приемников освещения соответствующего цеха (участка) инструментального завода (справочные данные)» [4];

$P_{n.o}$ – «суммарная номинальная мощность приемников освещения соответствующего цеха (участка) инструментального завода, кВт» [18].

Расчётная реактивная нагрузка осветительных приёмников соответствующего цеха (участка) «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18], кВт:

$$Q_{p.o} = \operatorname{tg}\varphi \cdot P_{p.o}, \quad (5)$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ - «коэффициент расчётной реактивной мощности освещения, принимается в зависимости от типа лампы для ЛЛ и СД $\operatorname{tg}\varphi = 0,48$ » [16].

При этом значение последней составляющей рассчитывается таким образом:

$$P_{n.o} = P_{y.d.o} F, \quad (6)$$

где $P_{y.d.o}$ – удельная мощность освещения соответствующего цеха (участка) «группы цехов приборостроительного завода» [18], кВт/м² (справочные данные) [4];

F – площадь соответствующего цеха (участка) инструментального завода согласно генплану, м².

Полная нагрузка осветительных, силовых приёмников каждого соответствующего участка/цеха Заводы вычисляется следующим образом [18]

$$S_{p.} = \sqrt{(P_{н.} + P_{н.о})^2 + (Q_{н.} + Q_{н.о})^2}. \quad (7)$$

Значение расчётных реактивной, активной нагрузки всех силовых электроприёмников, где напряжение превышает 1 кВ соответствующего участка/цеха в проектируемой СЭС «группы цехов приборостроительного завода» [18]», устанавливается по (1) и (2), тогда как полная мощность вычисляется по следующей формуле:

$$S_{p.} = \sqrt{P_{p.}^2 + Q_{p.}^2}. \quad (8)$$

«Предварительные потери в цеховых трансформаторах ТП-10/0,4 кВ СЭС» [16] на этапе проектирования можно рассчитать таким образом [16]:

$$\Delta P_{ТЦ} = 0,02S_{p.н}, \text{ кВт}; \quad (9)$$

$$\Delta Q_{ТЦ} = 0,1S_{p.н}, \text{ квар}. \quad (10)$$

Расчет предварительных потерь всей активной мощности в силовых трансформаторах ГПП при проектировании [16]:

$$\Delta P_{Т.ГПП} = 0,02S_{p.Σ}, \text{ кВт}; \quad (11)$$

$$\Delta Q_{Т.ГПП} = 0,1S_{p.Σ}, \text{ квар}. \quad (12)$$

В качестве примера в работе проводится расчет нагрузок для сварочного цеха «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18].

Расчётная активная нагрузка силовых ЭП

$$P_p = K_c P_n = 0,4 \cdot 3200 = 1280 \text{ кВт}$$

Расчетная реактивная нагрузка силовых ЭП

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 1280 \cdot 1,17 = 1497,60 \text{ квар}$$

Определим расчетную активную и реактивную мощность освещения

$$P_{p.o} = K_{c.o} P_{n.o} = 0,95 \cdot 60 = 57 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.o} = \operatorname{tg}\varphi \cdot P_{p.o} = 0,48 \cdot 57 = 27,36 \text{ квар};$$

$$P_{n.o} = P_{y.d.o} F = 20 \cdot 3000 = 60 \text{ кВт}.$$

Полная нагрузка силовых и осветительных приёмников соответствующего цеха (участка) «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]

$$S_p = \sqrt{(1280 + 57)^2 + (1497,60 + 27,36)^2} = 1529,44 \text{ кВАр}.$$

По условиям (1) – (12), которые приведены выше, рассчитывается нагрузка участков/цехов завода [18]. Результаты данного расчета отобразим в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты вычисления электрических нагрузок всех потребителей СЭС завода

№	Название цеха	Рн [кВт]	Кс	cosφ	σ [Вт/м ²]	F [м ²]	Ррс [кВт]	Qрс [кВар]	Рно [кВт]	Ксо	Про [кВт]	tgφо	Qро [кВар]	Ррц [кВт]	Qрц [кВар]	Срц [кВА]
0,4 кВ																
1	Сварочный цех	3200	0,4	0,65	20	3 000	1280	1497,60	60	0,95	57	0,48	27,36	1340,00	1524,96	2030,05
2	Штамповочно-каркасный цех	960	0,4	0,65	20	2 500	384	449,28	50	0,95	47,5	0,48	22,80	434,00	472,08	641,26
3	Цех пластмассовых изделий	530	0,6	0,65	18	3 990	318	372,06	71,82	0,95	68,229	0,48	32,75	389,82	404,81	561,99
4	Цех металлообработки	655	0,45	0,65	18	800	294,75	344,86	14,4	0,85	12,24	0,48	5,88	309,15	350,74	467,53
5	Гальванический цех	125	0,6	0,5	20	2 500	75	129,75	50	0,85	42,5	0,48	20,40	125,00	150,15	195,37
6	Окрасочный цех	200	0,6	0,5	20	900	120	207,60	18	0,95	17,1	0,48	8,21	138,00	215,81	256,16
7	Сборочный цех	360	0,55	0,5	20	1 000	198	342,54	20	0,95	19	0,48	9,12	218,00	351,66	413,75
8	Цех ремонта и эксплуатации энерго-оборудования	85	0,3	0,7	18	3 675	25,5	26,01	66,15	0,95	62,8425	0,48	30,16	91,65	56,17	107,50
9	Компрессорная	150	0,8	0,8	18	2 772	120	90,00	49,9	0,95	47,405	0,48	22,75	169,90	112,75	203,91
10	Склад готовой продукции	55	0,3	0,8	18	5 075	16,5	12,38	91,35	0,95	86,7825	0,48	41,66	107,85	54,04	120,63
11	Ремонтно-механический цех	95	0,3	0,7	18	750	28,5	29,07	13,5	0,95	12,825	0,48	6,16	42,00	35,23	54,82
12	Центральная-лаборатория	120	0,6	0,8	20	8 800	72	54,00	176	0,95	167,2	0,48	80,26	248,00	134,26	282,01
13	Насосная	100	0,8	0,8	20	2 400	80	60,00	48	0,95	45,6	0,48	21,89	128,00	81,89	151,95
Сумма 0,4 кВ		6 635					3012,25							3741,37	3944,54	5436,66
10 кВ																
13	Насосная (10 кВ 2x400 кВт)	800	0,8	0,8			640	480,00						640,00	480,00	800,00
Сумма 10 кВ		800												640,00	480,00	800,00
0,4+10 кВ																
Сумма (0,4+ 10) кВ		7 435												4 381	4 425	6226,79

Далее отобразим формулу, с помощью которой можно вычислить численное значение всей расчётной нагрузки S_p с учетом расчетных нагрузок самого завода [18]:

$$S_p = \sqrt{(P_{p.0,4} + P_{p.10})^2 + (Q_{p.0,4} + Q_{p.10})^2}. \quad (13)$$

$$S_p = \sqrt{(3741,37 + 640)^2 + (3944,54 + 4\,425)^2} = 5436,66 \text{ кВА.}$$

Предварительные потери активной мощности в силовых трансформаторах ТП-10/0,4 кВ СЭС Завода аналогичны потерям на ГПП в трансформаторах [16]:

$$\Delta P_{ТЦ} = 0,02 \cdot 5436,66 = 108,73 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{ТЦ} = 0,1 \cdot 5436,66 = 543,67 \text{ квар.}$$

«При проектировании необходимо рассчитать величину компенсации реактивной мощности на различных шинах 10 кВ ГПП-35/10 кВ объекта исследования» [19]:

$$Q_{KV} = P_m(tg\varphi_o - tg\varphi_m). \quad (14)$$

Для ГПП-35/10 кВ СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]», учитывая нагрузки, которые были определены ранее:

$$Q_{KV} = 4381(0,964 - 0,4) \approx 2471 \text{ квар.}$$

Получается, что на ГПП-35/10 кВ завода требуется компенсировать реактивную мощность, что обуславливает выбор 2-х конденсаторных

установок марки УКРМ-10,5-1250, где каждая имеет 1250 кВ реактивной номинальной мощности [12].

Значение совокупной реактивной расчетной нагрузки, разрабатываемой СЭС завода после того, как была компенсирована реактивная мощность и выбраны батареи конденсаторов [19]:

$$Q_{p\Sigma} = (Q_{p.n} + Q_{p.e}) \cdot K_{pm} + Q_{TЦ} + Q_{p.o} - Q_{КУ}, \text{ квар}, \quad (15)$$

где K_{pm} – «коэффициент одновременности максимумов нагрузки на шинах 10 кВ ГПП» [12].

Для схемы ГПП-35/10 кВ, опираясь на расчетные сведения нагрузок, что было получено ранее:

$$Q_{p\Sigma} = (3944,54+480) \cdot 0,95 + 543,66+329,29 - 2500 \approx 2576,3 \text{ квар.}$$

«Суммарная расчетная активная нагрузка» [12] «группы цехов приборостроительного завода» [18]

$$P_{p\Sigma} = (P_{p.n} + P_{p.e}) \cdot K_{pm} + P_{TЦ} + P_{p.o}, \text{ кВт.} \quad (16)$$

$$P_{p\Sigma} = (3741,37+640) \cdot 0,95 + 108,73 + 686,22 \approx 4957,3 \text{ кВт.}$$

«Суммарная расчетная полная нагрузка» [12] «группы цехов приборостроительного завода» [18]

$$S_{p,\Sigma} = \sqrt{(P_{p,\Sigma})^2 + (Q_{p,\Sigma})^2}. \quad (17)$$

$$S_{p,\Sigma} = \sqrt{4957,3^2 + 2576,3^2} \approx 5586,8 \text{ кВА.}$$

Для ГПП-35/10 кВ СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]», опираясь на расчетные сведения нагрузок, которые были получены ранее, размеры потерь в силовых трансформаторах составят:

$$\Delta P_{T.ГПП} = 0,02 \cdot 5586,8 = 111,74 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{T.ГПП} = 0,1 \cdot 5586,8 = 558,68 \text{ квар.}$$

«Полная расчётная нагрузка ГПП «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18] с учётом предварительных потерь активной и реактивной мощности в трансформаторах» [12]

$$S_{p.} = \sqrt{(P_{p.\Sigma} + \Delta P_{T.ГПП})^2 + (Q_{p.\Sigma} + \Delta Q_{T.ГПП})^2}, \text{ кВА.} \quad (18)$$

$$S_{p.} = \sqrt{(4957.3+111.74)^2 + (2576.3+558.68)^2} = 5960.1 \text{ кВА.}$$

Результаты расчетов электрических нагрузок всех потребителей СЭС подлежат применению в процессе проверки цеховых ТП, силовых трансформаторов ГПП на допустимую загрузку, выбора, проверки проводников, электрических аппаратов СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]».

2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов ГПП

«В соответствии с разработанной схемой электрических соединений СЭС, где каждый кабель с напряжением 10 кВ питает на ГПП трансформаторы цеховых ТП-10/0,4 кВ при напряжении 10 кВ, требуется выполнение выбора, проверки силовых трансформаторов ГПП-35/10 кВ на возможную загрузку

активной мощностью как в нормальном, так и послеаварийном режиме работы системы» [18].

«При выборе силового трансформатора для установки на ГПП-35/10 кВ» [11] завода требуется выполнение условий проверки. Также необходимо учесть, что рекомендуемая нагрузка не должна превышать 70% при нормальном режиме функционирования

$$S_{ном} \geq \frac{S_P}{n \cdot K_3}, \quad (19)$$

где n – «количество трансформаторов на ТП, шт.» [11];

K_3 – «коэффициент загрузки трансформатора ГПП, о.е.» [11].

По уравнению (18)

$$S_{ном} \geq \frac{5960,1}{2 \cdot 0,65} = 4584,7 \text{ кВА.}$$

«Выбирается для установки на ГПП-35/10 кВ, два силовых трансформатора номинальной мощностью 6300 кВА каждый» [14].

Предварительно на ГПП «группы цехов приборостроительного завода» [18] принимается «два силовых трансформатора марки ТМН-6300/35 с высшим напряжением 35 кВ и низшим напряжением 10 кВ» [14]. Указанный силовой трансформатор обладает 2-мя обмотками, выбирается для умеренного климата.

«Фактический коэффициент загрузки силового трансформатора ГПП в нормальном режиме» [11] «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18] определяется таким образом:

$$K_3 = \frac{S_P}{n \cdot S_{ном}} \leq 0,65. \quad (20)$$

Исходя из уравнения (19):

$$K_3 = \frac{5960,1}{2 \cdot 6300} = 0,47 \leq 0,65.$$

«Условия проверки по загрузке выбранного трансформатора в нормальном режиме выполняются» [11].

«Осуществляется проверка этого же трансформатора в послеаварийном режиме работы» [11], с учётом «подключения дополнительной нагрузки сторонней секции сборных шин 10 кВ в случае выхода в аварийный режим второй питающей линии или трансформатора по каким-либо причинам» [11].

Проверка выполняется при поломке 1 силового трансформатора, где должно происходить автоматическое переключение нагрузки его на 2-ой трансформатор, который работает.

«Фактический коэффициент загрузки силового трансформатора ГПП в послеаварийном режиме» [11] «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18] определяется таким образом:

$$1,35 \cdot S_{ном} \geq S_p. \quad (21)$$

По уравнению (20):

$$1,35 \cdot 6300 = 8505 \text{ кВА} \geq 5960,1 \text{ кВА}.$$

«Условие проверки силового трансформатора ГПП-35/10 кВ в послеаварийном режиме работы, с учётом подключения дополнительной нагрузки сторонней секции сборных шин 10 кВ, в работе выполняется.

Следовательно, выбранные в работе силовые трансформаторы марки ТМН-6300/35, питающие нагрузку первой и второй секций сборных шин напряжением 10 кВ системы электроснабжения группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода, удовлетворяет условиям проверки

на допустимую загрузку в нормальном и послеаварийном режимах работы» [18].

По этой причине указанные трансформаторы способны выдержать отображенную проектную фактическую нагрузку, что позволяет их установить на ГПП-35/10 кВ разрабатываемой СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18].

2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов цеховых ТП

«Проводится выбор числа и мощности силовых трансформаторов цеховых ТП-10/0,4 кВ» [16] «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18], учитывая выбранную схему электрических соединений проектируемого объекта.

Условие определения мощности силовых трансформаторов для того, чтобы установить их на цеховых ТП-10/0,4 [12]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\sum S_p}{N\beta_t}, \quad (22)$$

где $S_{\text{ном.т.р}}$ – «значение полной номинальной расчетной мощности силового трансформатора, кВА» [12];

$\sum S_p$ – «суммарное значение расчетной полной нагрузки цехов (участков), питающихся от данной цеховой ТП-10/0,4 кВ, кВт» [12];

N – «количество силовых трансформаторов данной цеховой ТП-10/0,4 кВ, шт.» [12];

β_m – «коэффициент загрузки силового трансформатора данной цеховой ТП-10/0,4 кВ» [4].

В работе выбор осуществлялся на примере ТП-1, в соответствии с условием (21):

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{2030,05}{2 \cdot 0,7} = 1450,04 \text{ кВА.}$$

«Исходя из полученных расчётных значений, выбирается для установки на цеховой ТП-1 два силовых трансформатора марки ТМ-1600/10» [12].

На иных цеховых ТП анализируемого завода, расчеты для проверки силовых трансформаторов выполняются аналогично.

Полученные результаты, исходные сведения для выбора, отображены в таблице 5, где также распределены участки/цеха СЭС завода [18].

«Участки и цеха, которые питают потребители III категории надёжности» [18] «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18], подключаются к шинам 0,4 кВ уже принятых цеховых ТП-10/0,4 кВ по возможности равномерно.

Отообразим в таблице 5 указанный процесс.

Таблица 5 – Выбор мощности, количества цеховых трансформаторов СЭС завода [18]

ТП	№ цеха (участка)	Наименование цеха (участка)	Категория надёжности	S_p , кВт	$S_{\text{ном.т.р.}}$, кВ·А	$n \times S_{\text{ном.т.}}$, кВ·А
ТП-1	1	Сварочный цех	I	2030,05	1450,04	2x1600
ТП-2	2	Штамповочно-каркасный цех	I	641,261	931,548	2x1000
	4	Цех металлообработки	I	467,535		
	5	Гальванический цех	I	195,371		
	Всего по ТП-2		I	1304,17		
ТП-3	3	Цех пластмассовых изделий	I	561,988	842,606	2x1000
	9	Компрессорная	I	203,911		
	7	Сборочный цех	I	413,75		
	Всего по ТП-3			1179,65		
ТП-4	10	Склад готовой продукции	III	120,629	385,071	2x400
	11	Ремонтно-механический цех	II	54,8167		
	8	Цех ремонта и эксплуатации энерго-оборудования	II	107,496		
	6	Окрасочный цех	I	256,158		
	Всего по ТП-4		I,II,III	539,1		
ТП-5	12	Центральная-лаборатория	II	282,008	309,972	2x400
	13	Насосная	I	151,953		
	Всего по ТП-5		I,II	433,961		

Все трансформаторы цеховых ТП-10/0,4 кВ, которые были выбраны, отображены на графическом листе 2.

2.5 Выбор сечения проводников

Далее необходимо осуществить выбор и последующую проверку сечения всех тех проводников, чье напряжение составляет 35 кВ, 10 кВ [18]:

- питающая сеть (35 кВ) – воздушная линия до ОРУ-35 кВ ГПП от энергосистемы с 35 кВ;
- распределительная сеть (10 кВ) – до потребительских цеховых ТП-10/0,4 кВ от секций сборных шин с 10 кВ ГПП.

«Известно, что выбор сечений кабельных и воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ осуществляется по экономической плотности тока по выражению» [18]

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{н}}}{j_{\text{э}}}, \quad (23)$$

где $I_{\text{н}}$ – «рабочий ток нормального режима кабельной линии электропередачи, А» [11];

$j_{\text{э}}$ – «экономически выгодная плотность тока, А/мм²» [11].

Рабочий ток при нормальном режиме кабельной линии подлежит определению по нагрузке, которая была рассчитана ранее

$$I_{\text{н}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}}, \quad (24)$$

где S_p – «расчётная полная нагрузка линии, кВА» [11].

Значение максимального расчётного тока непосредственно послеаварийного режима для используемой линии, учитывая резервирование

$$I_a = 1,4 \cdot I_n. \quad (25)$$

«Выбранное сечение кабельной линии необходимо проверить по условию нагрева рабочим током нормального режима работы» [1]

$$I_{\text{доп}} \geq I_n, \quad (26)$$

где $I_{\text{доп}}$ – «значение длительно – допустимого тока выбранного проводника стандартного сечения, А» [4].

«Также выбранное сечение кабельной линии электропередачи необходимо проверить по условию нагрева максимальным током в послеаварийном режиме работы» [4]

$$I_{\text{доп}} \geq I_a. \quad (27)$$

«Далее выбранное сечение кабельной линии необходимо дополнительно проверить по условию допустимой потери напряжения» [4].

«Известно, что потери напряжения в линиях питающей сети определяется так» [4]:

$$\Delta U = \frac{PR_l + QX_l}{U_n^2} \cdot 100, \%. \quad (28)$$

«По допустимой потере напряжения воздушная линия 35 кВ не проверяется, что обусловлено экономическими критериями» [11].

По этой причине в работе по указанному критерию необходимо проверять кабельные линии, которые обладают напряжением, непосредственно равным 10 кВ.

«Проводятся расчёты и выбор сечения провода питающей ВЛ-35 кВ» [4]:

$$I_p = \frac{5960,1}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 49,2 \text{ А.}$$

$$I_{p.\max} = \frac{5960,1}{\sqrt{3} \cdot 35} = 98,3 \text{ А.}$$

«Сечение провода питающей ВЛ-35 кВ, выбранное по условию экономической плотности тока» [1]

$$F_9 = \frac{49,2}{1,1} = 44,7 \text{ мм}^2.$$

«Исходя из результатов расчёта, в работе предварительно принимается ближайшее стандартное сечение провода $F_{cm} = 70 \text{ мм}^2$ марки АС-70/11 с $I_{дон} = 265 \text{ А}$ » [4].

«Проверка выбранного сечения провода питающей ВЛ-35 кВ по допустимому перегреву в нормальном режиме выполняется» [4]

$$265 \text{ А} \geq 98,3 \text{ А.}$$

«Исходя из результатов проверок, в работе окончательно принимается провод на питающей ВЛ-35 кВ марки АС-70/11 с допустимым током $I_{дон} = 265 \text{ А}$ » [4].

Аналогичным образом выбирались кабельные линии с напряжением в 10 кВ, которые подавали питание к цеховым ТП-10/0,4 кВ, в состав которых входит два трансформатора (таблица 6).

Таблица 6 – Результаты расчета кабельных линий напряжением 10 кВ СЭС завода [18]

№ ТП	<i>n</i> , шт.	I_p, A	$I_{p.max.}, A$	$F_{э}, мм^2$	Марка кабеля	$I_{доп}, A$
ТП-1	2	58,6	117,2	53,27	ААШв-10 (3х50)	140
ТП-2	2	37,65	75,3	34,23	ААШв-10 (3х35)	115
ТП-3	2	34,05	68,11	30,95	ААШв-10 (3х35)	115
ТП-4	2	15,56	31,12	14,15	ААШв-10 (3х16)	75
ТП-5	2	12,53	25,05	11,39	ААШв-10 (3х16)	75
Насосная (АД 10 кВ)	2	14,43	28,87	13,12	ААШв-10 (3х16)	75

Кабельные линии, выбранные в данном разделе, показаны в графической части проекта.

2.6 Расчёт токов короткого замыкания

Короткое замыкание (далее КЗ) может быть вычислено при помощи составленной расчетной схемы, а также схемы по замещению соответствующего участка сети [12], полностью всей схемы по имеющейся методике [12].

Трансформатор в разработанной схеме соединений функционирует на свою группу шин с напряжением 10 кВ по отдельности. Это необходимо для того, чтобы упростить процесс вычисления токов КЗ. Кроме того, участок «трансформатор – шины 10 кВ – нагрузка»: Т1 – 1СШ – НМ (рисунок 2) рассмотрению подлежит, чтобы составить схему замещения, что отображено далее на рисунке 3. Для других участков схемы все показатели токов КЗ, которые были получены, отличаются незначительно, но при этом соответствуют норме [12].

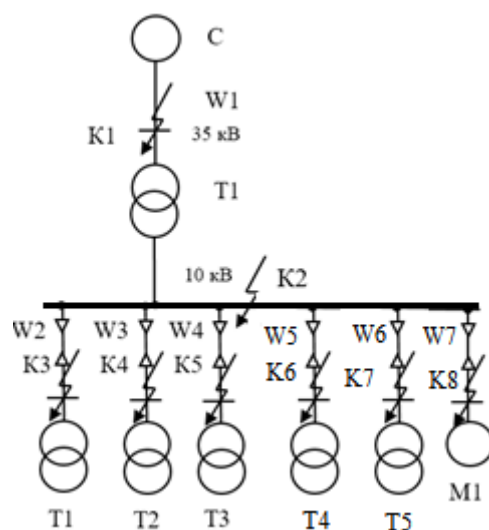


Рисунок 2 – Упрощённая расчетная схема для расчёта токов КЗ

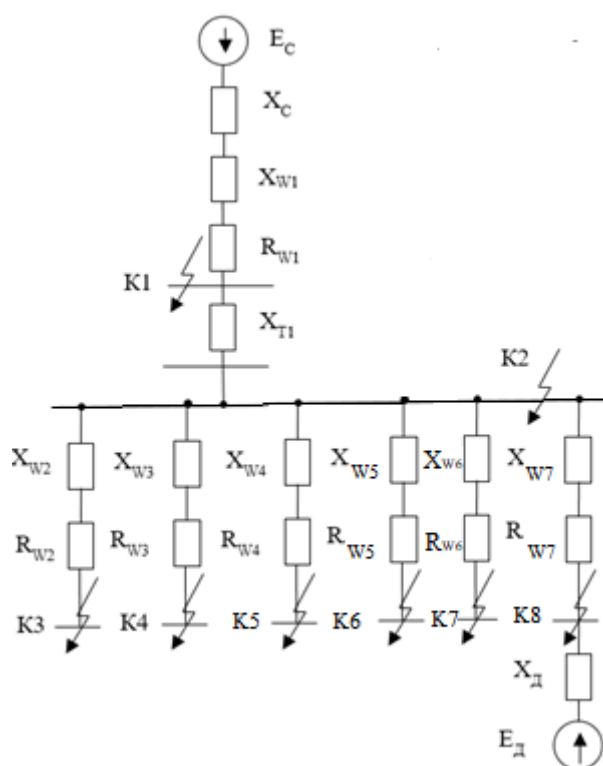


Рисунок 3 – Упрощённая схема замещения для расчёта токов КЗ

«Величина базисного напряжения принимается больше значения номинального напряжения сети на 5%» [12].

Выбираются базисные условия:

$$S_{\sigma} = 100 \text{ МВА.}$$

$$U_{\sigma.BH} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 35 = 36,75 \text{ кВ.}$$

$$U_{\sigma.HH} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ.}$$

«Базисный ток» [12]:

$$I_B = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_B}. \quad (29)$$

$$I_{B.BH} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 36,75} = 1,57 \text{ кА.}$$

$$I_{B.HH} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА.}$$

«Индуктивное сопротивление питающей ВЛ-35 кВ» [12]:

$$X_{W1} = X_0 \cdot L_{W1} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_B^2}, \quad (30)$$

где X_0 – «удельное индуктивное сопротивление ВЛ, Ом/км» [12];

L – «суммарная длина питающей ВЛ, км» [12]

Для ВЛ-35 кВ

$$X_{W1} = 0,432 \cdot 4,8 \cdot \frac{100}{36,75^2} = 0,154 \text{ о.е.}$$

«Активное сопротивление ВЛ-35 кВ» [12]:

$$R_{W1} = R_{уд.W1} \cdot L_{W1} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_B^2}, \quad (31)$$

где R_0 – «удельное активное сопротивление воздушной линии» [4].

Для ВЛ-35 кВ

$$R_{W1} = 0,422 \cdot 4,8 \cdot \frac{100}{36,75^2} = 0,15 \text{ о.е.}$$

«Индуктивное сопротивление трансформатора ГПП» [12]

$$X_{T1} = \frac{U_{K.3.}}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{H.T.}}. \quad (32)$$

«Для трансформатора ГПП марки ТМН-6300/35» [18]

$$X_{T1} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{6,3} = 1,19 \text{ о.е.}$$

«Индуктивное сопротивление кабельных линий W2-W7 с учётом их длины» [12]:

$$X_{W2} = 0,09 \cdot 0,11 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,009 \text{ о.е.}$$

$$X_{W3} = 0,095 \cdot 0,146 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0126 \text{ о.е.}$$

$$X_{W4} = 0,095 \cdot 0,16 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0138 \text{ о.е.}$$

$$X_{W5} = 0,113 \cdot 0,433 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0444 \text{ о.е.}$$

$$X_{W6} = 0,113 \cdot 0,535 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0548 \text{ о.е.}$$

$$X_{W7} = 0,113 \cdot 0,628 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0644 \text{ о.е.}$$

«Активное сопротивление кабельных линий W2-W5 с учётом их длины»

[12]:

$$R_{W2} = 0,62 \cdot 0,11 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,062 \text{ о.е.}$$

$$R_{W3} = 0,89 \cdot 0,146 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,118 \text{ о.е.}$$

$$R_{W4} = 0,89 \cdot 0,16 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,129 \text{ о.е.}$$

$$R_{W5} = 1,94 \cdot 0,433 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,762 \text{ о.е.}$$

$$R_{W6} = 1,94 \cdot 0,535 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,941 \text{ о.е.}$$

$$R_{W7} = 1,94 \cdot 0,628 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,11 \text{ о.е.}$$

Требуется учет сверхпереходных сопротивлений высоковольтного АД согласно [13].

«Значения сверхпереходных сопротивлений АД» [13]

$$x_d'' = 0,2;$$

$$E_d = E'' = 0,9.$$

Параметры анализируемого высоковольтного двигателя по техническим данным [13]

$$P_n = 400 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,81; \eta = 93,7 \%$$

«С учётом этого, величина мощности, потребляемого высоковольтным

двигателем из сети, будет рассчитана так» [12]:

$$S_H = \frac{P_H}{\cos \varphi \cdot \eta}, \text{ кВА.} \quad (33)$$

При напряжении 10 кВ для высоковольтного двигателя насосной находим полную мощность по условию (32)

$$S_H = \frac{400}{0,81 \cdot 0,937} = 527 \text{ кВА.}$$

Величина фактического «сопротивления высоковольтного АД с учётом сверхпереходного значения его сопротивления» [12]:

$$x_D = x_d'' \cdot \frac{S_B}{n \cdot S_H}, \text{ о.е.} \quad (34)$$

$$x_D = 0,2 \cdot \frac{100}{1 \cdot 527} = 37,95 \text{ о.е.}$$

«Проводится расчет токов КЗ в расчётной точке К1» [12].

«Полное сопротивление цепи короткого замыкания до точки К1» [12]:

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(X_c + X_{w1})^2 + R_{w1}^2}. \quad (35)$$

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(0+0,154)^2 + 0,15^2} = 0,215 \text{ о.е.}$$

«Расчёт токов КЗ при трёхфазном коротком замыкании в расчётной точке К1» [12]

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{E_c}{Z_{\Sigma k}} \cdot I_{\sigma}. \quad (36)$$

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{1}{0,215} \cdot 1,57 = 7,3 \text{ кА.}$$

«Определяется полное сопротивление и ток КЗ в расчётной точке К2 (на шинах 10 кВ ГПП) без учёта подпитки от АД» [12]

$$Z_{\Sigma k 2} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_{T1})^2 + R_{w1}^2}. \quad (37)$$

$$Z_{\Sigma k 2} = \sqrt{(0+0,154+1,19)^2 + 0,15^2} = 1,35 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 2 \text{БП}}^{(3)} = \frac{1}{1,35} \cdot 5,5 = 4,07 \text{ кА.}$$

«Начальное значение периодической составляющей трехфазного тока подпитки при КЗ от АД в точке К2» [12]:

$$I_{\text{Д}}^{(3)} = \frac{E''}{Z'_{\Sigma k 2}} \cdot I_{\sigma}. \quad (38)$$

$$Z'_{\Sigma k 2} = \sqrt{(X_{w7} + X_{\text{Д}})^2 + R_{w7}^2}. \quad (39)$$

$$Z'_{\Sigma k 2} = \sqrt{(0,0644+37,95)^2 + 1,11^2} = 38,03 \text{ о.е.}$$

$$I_{\text{Д}}^{(3)} = \frac{0,9}{38,03} \cdot 5,5 = 0,13 \text{ кА.}$$

«Результирующий ток трёхфазного КЗ в точке К2 с учётом подпитки от высоковольтных АД 10 кВ насосной» [12]:

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = I_{\kappa 2 \text{БП}}^{(3)} + I_{\text{Д}}^{(3)}, \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = 4,07+0,13 = 4,2 \text{ кА.}$$

«Определяется полное сопротивление и ток КЗ в точках К3 – К7 (на выводах 10 кВ ТП-10/0,4 кВ)» [12].

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w2})^2 + (R_{w1} + R_{w2})^2}. \quad (40)$$

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(0+0,154+1,19+0,009)^2 + (0,15+0,15)^2} = 1,37 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{1}{1,37} \cdot 5,5 = 4,01 \text{ кА.}$$

$$Z_{\Sigma k4} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w3})^2 + (R_{w1} + R_{w3})^2}. \quad (41)$$

$$Z_{\Sigma k4} = \sqrt{(0+0,154+1,19+0,0126)^2 + (0,15+0,118)^2} = 1,38 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 4}^{(3)} = \frac{1}{1,38} \cdot 5,5 = 3,99 \text{ кА.}$$

$$Z_{\Sigma k5} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w4})^2 + (R_{w1} + R_{w4})^2}. \quad (42)$$

$$Z_{\Sigma k5} = \sqrt{(0+0,154+1,19+0,0138)^2 + (0,15+0,129)^2} = 1,39 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 5}^{(3)} = \frac{1}{1,39} \cdot 5,5 = 3,96 \text{ кА.}$$

$$Z_{\Sigma k6} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w5})^2 + (R_{w1} + R_{w5})^2}. \quad (43)$$

$$Z_{\Sigma k6} = \sqrt{(0+0,154+1,19+0,0444)^2 + (0,15+0,762)^2} = 1,66 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 6}^{(3)} = \frac{1}{1,66} \cdot 5,5 = 3,31 \text{ кА.}$$

$$Z_{\Sigma k7} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w6})^2 + (R_{w1} + R_{w6})^2}. \quad (44)$$

$$Z_{\Sigma k7} = \sqrt{(0+0,154+1,19+0,0548)^2 + (0,15+0,941)^2} = 1,77 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 7}^{(3)} = \frac{1}{1,77} \cdot 5,5 = 3,11 \text{ кА.}$$

«Для точки К8» [12]

$$Z_{\Sigma k8} = \sqrt{(X_c + X_{w1} + X_T + X_{w7} + X_D)^2 + (R_{w1} + R_{w7})^2}. \quad (45)$$

$$Z_{\Sigma k8} = \sqrt{(0+0,154+1,19+0,0644)^2 + (0,15+1,11)^2} = 1,89 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 8 \text{ БП}}^{(3)} = \frac{1}{1,89} \cdot 5,5 = 2,91 \text{ кА.}$$

$$I_D^{(3)} = \frac{0,9}{39,4} \cdot 5,5 = 0,13 \text{ кА.}$$

$$I_{\kappa 8}^{(3)} = 2,91 + 0,13 = 3,04 \text{ кА.}$$

«Значение ударного тока трёхфазного КЗ» [9]:

$$I_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (46)$$

где $K_{y\partial}$ – «значение ударного коэффициента» [7].

«Значение ударного тока трёхфазного КЗ в точке К1» [12]

$$I_{y\partial, \kappa 1} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 7,3 = 16,5 \text{ кА.}$$

«Ток двухфазного короткого замыкания» [12]:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa}^{(3)}. \quad (47)$$

«В расчётной точке К1» [12]

$$I_{\kappa 1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6,98 = 6,32 \text{ кА.}$$

«Результаты расчётов токов КЗ в расчётных точках схемы в проектируемой системе электроснабжения завода приведены в работе в форме таблицы 7» [18].

Таблица 7 - Результаты вычислений токов КЗ

Точка КЗ	$I^{(3)}$, кА	$I^{(2)}$, кА	$I_{уд}$, кА
К1	7,3	6,32	16,52
К2	4,2	3,64	9,5
К3	4,01	3,47	9,07
К4	3,99	3,46	9,03
К5	3,96	3,43	8,96
К6	3,31	2,87	7,49
К7	3,11	2,69	7,04
К8	3,04	2,63	6,88

2.7 Выбор и проверка электрических аппаратов

Считаем необходимым отобразить в настоящей работе далее формулы, которые помогут выбрать аппараты с высоким напряжением, если используется номинальное значение [12]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (48)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (49)$$

Для «отключающих аппаратов проводится проверка на симметричный ток отключения» [12]:

$$I_{н.т} \leq I_{отк.ном}. \quad (50)$$

«В данном случае учитывается симметричный (трёхфазный) ток КЗ» [12].

«Для отключающих аппаратов в данной работе должна быть проведена проверка на отключение аperiodической составляющей тока КЗ» [12]:

$$i_{a.\tau} \leq i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{отк.ном}, \quad (51)$$

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

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

«Проверка электрических аппаратов на электродинамическую стойкость» [12]:

- «по условию номинального тока отключения» [12]

$$I'' \leq I_{отк.ном}; \quad (52)$$

- «по величине ударного тока» [6]:

$$i_y \leq i_{дин.}, \quad (53)$$

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

«Проверка электрических аппаратов на термическую стойкость» [12]

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T, \quad (54)$$

где I_T – «предельный ток термической стойкости по каталогу» [12];

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

По указанным условиям проверки, выбора электрических аппаратов, выбираются они с отображением результатов в таблице 8, где сравниваются расчетные, паспортные данные аппаратов, а также сети, куда происходит их установка.

Таблица 8 Результаты процесса выбора необходимых электрических аппаратов, которые имеют напряжение 35 кВ и 10 кВ

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Аппараты напряжением 35 кВ			
Выключатель ВВН-СЭЩ-35 УХЛ1	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 35 \text{ кВ}$
	$I_{ном} \geq I_{р.ав}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{р.ав} = 98,3 \text{ А}$
	$I_{откл.ном} \geq I_{п.о.}^{(3)}$	$I_{откл.ном} = 25 \text{ кА}$	$I_{п.о.}^{(3)} = 7,3 \text{ кА}$
	$i_{а.ном} \geq i_{ат}^{(3)}$	$i_{а.ном} = 16,6 \text{ кА}$	$i_{ат}^{(3)} = 6,98 \text{ кА}$
	$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 63 \text{ кА}$	$i_{уд} = 16,52 \text{ кА}$
	$I_T^2 \cdot t_T \geq B_K$	$I_T^2 \cdot t_T = 25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 5,06 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Разъединитель РГП-СЭЩ-35/630У1	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 35 \text{ кВ}$
	$I_{ном} \geq I_{р.ав}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$	$I_{р.ав} = 98,3 \text{ А}$
	$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 31,5 \text{ кА}$	$i_{уд} = 16,52 \text{ кА}$
	$I_T^2 \cdot t_T \geq B_K$	$I_T^2 \cdot t_T = 12,5^2 \cdot 3 = 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 5,06 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Ограничитель перенапряжения ОПН-35	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 35 \text{ кВ}$
Аппараты напряжением 10 кВ			
Выключатель вакуумный ВВУ-СЭЩ-ПЗ-10-20/1000	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{ном} \geq I_{р.ав}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{р.ав} = 344,1 \text{ А}$
	$I_{откл.ном} \geq I_{п.о.}^{(3)}$	$I_{откл.ном} = 20 \text{ кА}$	$I_{п.о.}^{(3)} = 4,2 \text{ кА}$
	$i_{а.ном} \geq i_{ат}^{(3)}$	$i_{а.ном} = 20 \text{ кА}$	$i_{ат}^{(3)} = 8,37 \text{ кА}$
	$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$	$i_{уд} = 3,64 \text{ кА}$
	$I_T^2 \cdot t_T \geq B_K$	$I_T^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 1,68 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Трансформатор тока ТОЛ-СЭЩ-10	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{ном} \geq I_{р.ав}$	$I_{ном} = 400 \text{ А}$	$I_{р.ав} = 344,1 \text{ А}$
	$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 100 \text{ кА}$	$i_{уд} = 3,64 \text{ кА}$
	$I_T^2 \cdot t_T \geq B_K$	$I_T^2 \cdot t_T = 40^2 \cdot 1 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 1,68 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
ОПНП-10	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$
ТН НАЛИ-СЭЩ-10	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$
ПКН-10	$U_{ном} \geq U_{сети}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$

Опираясь на приведенную выше таблицу, можно утверждать, что каждый аппарат соответствует условиям выбора, а также проверки.

Выводы по разделу 2.

Опираясь на результаты изучения технических исходных сведений источников питания, технологического процесса потребителей, в работе внедрены и обоснованы практические мероприятия, связанные с проектированием СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]», что позволило принять, проверить такие технические решения, как:

- выбрана надежная, экономичная, безопасная схема всех электрических соединений для снабжения анализируемого предприятия электрической энергией [18];
- выбраны, и соответственно, проверены трансформаторы ГПП-35/10 кВ, цеховые ТП-10/0,4 кВ на потребляемую мощность в послеаварийном и нормальном режимах;
- выбраны и проверены сечения проводников. Для этой цели использована современная марка кабеля ААШв-10 с напряжением 10 кВ, провод воздушной питающей линии марки АС-70/11 с напряжением 35 кВ;
- выбраны и проверены современные марки электрических аппаратов, имеющих напряжение 10 кВ и 35 кВ для того, чтобы установить их в РУ на ГПП-35/10 кВ проектируемого объекта.

Результаты, полученные от вычисления токов КЗ, электрических нагрузок, проведенного сравнительного анализа разных характеристик оборудования, а также самой электрической сети, куда происходит их установка, использовались для того, чтобы выбрать необходимое оборудование.

Таким образом можно обеспечить высокий уровень необходимой работоспособности, надежности функционирования оборудования, которое необходимо использовать в работе.

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Анализ вредных и опасных факторов на объекте

Условия, при которых производственные факторы становятся наиболее вредными и опасными, если возникают в процессе выполнения работ в СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]»:

- прикосновение к токоведущим частям при наличии напряжения (личные нужды, о силовые токоведущие цепи электроустановок, оперативные цепи обеспечения релейной защиты, автоматики);
- нарушение минимального расстояния до токоведущих частей электроустановок, находящихся на понизительной подстанции в СЭС;
- прикосновение к не обесточенным заземленным частям, ведущим ток (напряжение прикосновения) [19];
- нарушение минимального расстояния до заземления, используемого для прохождения в землю тока (напряжение шага или прочего допустимого замыкания на землю) непосредственно в понизительной подстанции в СЭС завода [18].

Экономическая опасность – актуальная опасность сегодня. Загрязнение природы в результате изменения климата сегодня является актуальной дискутируемой темой.

Влияние объекта на природу, заключается в проявлении таких факторов, как:

- Наличие вероятность попадания на объект животных, поражение их электрическим током;
- Наличие вероятности утечки в грунт масла из силовых трансформаторов самой подстанции, а также из оборудования, наполненного маслом;

- загрязнение отходами разных тяжёлых металлов грунта при реализации технологического процесса на объекте;
- утечка в грунт химикатов, септиков в виде стоков при реализации на объекте непроизводственной деятельности;
- загрязнение воздуха разными выбросами осуществляемой производственной деятельности самого объекта (запылённость, загрязнение воздуха);
- влияние на биосферу высоких напряжений;
- влияние на живые организмы шумов от реализуемой деятельности.

Причины возникновения на объекте аварийных ситуаций:

- позднее срабатывание или несрабатывание устройств, относящихся к релейной защите;
- повреждение изоляции сетей, оборудования;
- грубое нарушение правил, норм, установленных для технологического процесса;
- использование непроверенного, просроченного оборудования, а также сетей;
- нарушение на объекте правил пожарной безопасности, техники безопасности;
- неверные оперативные переключения электроустановок в цепях, сетей объекта;
- применение технологического оборудования, сетей не по их прямому назначению;
- иные непроизводственные, производственные факторы.

Виды существующих опасностей:

- экологическая опасность – устранение/недопущение опасного, вредного влияния на природу.

– опасность удара электрическим током – соблюдение профилактических, технических, организационных мероприятий для формирования безопасности для обслуживающего персонала от поражения в электроустановках электрическим током;

– производственные – нарушение технологии, режима производства, правил по соблюдению техники безопасности, что влечет возникновение производственных травм, смерти;

– пожарная опасность – соблюдение профилактических, технических, организационных мероприятий, связанных с недопущением возгорания материалов, сооружений, зданий;

Мероприятия по указанным опасностям обладают целью, связанной с недопущением образования указанных опасностей, тогда как при их появлении – быстрая ликвидация их 1 или более очагов.

3.2 Охрана труда и техника безопасности на объекте

Для того, чтобы безопасно осуществлять работы на всех предприятиях имеется человек, который несет ответственность за соблюдение норм, которые направлены на охрану реализуемой сотрудниками трудовой деятельности. Довольно часто роль указанного лица подлежит исполнению непосредственно самим руководителем предприятия, а также инженером, трудовые функции которого связаны с охраной трудовой деятельности.

Кроме того, имеются и отделы по охране трудовой деятельности. Работники данных отделов выполняют предупредительную, разъяснительную работу среди рабочих предприятия. Иные обязанности сотрудников данного отдела:

- а) разработка документации,
- б) выполнение инструктажей,
- в) реализация дней по охране труда,

г) реализация иных мероприятий по соответствующим направлениям, среди которых:

- 1) пожарная безопасность,
- 2) электробезопасность и пр.

Ответственность за охрану труда в иных подразделениях возлагается на руководителей данных подразделений: начальники смен, служб, участков, мастера, иные ответственные работники, назначаемые приказами.

Важное значение принадлежит инструктажам по охране труда, технике безопасности.

Виды инструктажей в соответствии с назначением:

- первичные,
- на рабочем месте,
- повторные.

К первичным инструктажам относится вводный инструктаж, проводимый для освещения общего принципа, порядка функционирования в компании.

Указанные мероприятия необходимы для того, чтобы инструктируемое лицо могло приступить к работе [16].

Производственные опасности – нарушение технологии, режима производства, правил, установленных для техники безопасности, что влечет возникновение производственных травм или смерти.

Для каждого предприятия в соответствии с характером, спецификой деятельности, производственные опасности обладают разным характером.

На объекте исследования данные опасности заключаются непосредственно в получении разных травм в процессе исполнения работ по ремонту, монтажу, обслуживанию оборудования, ожогов тела, слизистых оболочек, травмы из-за попадания частей тела под разные вращающиеся и трущиеся поверхности, падение с высоты и пр.

Профилактические мероприятия – недопущение их применением технических, организационных мероприятий, среди них:

- проведение инструктажей,
- контроль исполнения деятельности несколькими участниками бригады,
- ограждение опасных и рабочих мест и т.п.

Такое вид опасности, как опасность поражения во время работы электрическим током, является наиболее вероятным и важным по своей специфике для объекта настоящего исследования, что требует более тщательного его анализа.

Профилактические мероприятия, связанные с предупреждением, недопущением возникновения данной опасности заключаются в разъяснительной работе среди сотрудников, установки разных защитных средств, изоляцией опасных участков, где происходит подача электрической энергии.

Кроме того, требуется устанавливать звуковую, световую сигнализацию, релейную защиту, автоматику на разных объектах энергетики.

Организационные мероприятия:

- организация выполнения работ в соответствии с инструкциями, нормами охраны трудовой деятельности,
- назначение разных ответственных лиц для того, чтобы контролировать выполнение работ, соблюдение норм безопасности, выдавать наряды, распоряжения для исполнения работ, допуск сотрудников к работе, организовывать на рабочем месте работы, премировать исполнительных сотрудников, наказывать злостных нарушителей.

Технические мероприятия – внедрение технических мер при тотальном соблюдении всех установленных нормативов, а именно:

- установка предписывающих, информационных, запрещающих плакатов на месте реализации трудовой деятельности,
- выполнение ограждения места работы,

- выполнение оперативных переключений,
- выполнение заземления оборудования и пр.

Средства, защищающие от поражения во время работы в электрических установках электрическим током:

- перчатки,
- инструменты,
- диэлектрические коврики, подставки,
- очки,
- защитные маски.

Требуется выполнение регулярной проверки данных средств перед началом реализации трудовых обязанностей. Также имеется необходимость в контроле срока их эксплуатации.

Просроченный защитный, рабочий инструмент запрещено использовать, т.к. это способно стать причиной нанесения вреда здоровью или смерти.

Для того, чтобы уменьшить поражение электрическим током рабочих, требуется заземление и зануление в электроустановках (в сетях не более 1 кВ) оборудования.

Использование заземляющих устройств в переносной форме для безопасного выполнения работ необходимо после того, как будут проведены быстрые переключения всех используемых коммутационных аппаратов, выполняемой проверки отсутствия электроустановок напряжения на шинах.

Следует отобразить краткий алгоритм исполнения работ в электроустановках с соблюдением мероприятий по охране труда.

Прежде чем начать работы в электроустановках, сотрудники должны пройти на рабочем месте инструктаж, где отображаются его обязанности, обязанности иных участников бригады, расположение, характер имеющихся опасностей.

После выполнением указанных мероприятий старшим руководителем работ дается команда для того, чтобы подготовить рабочее место.

Рабочее место подлежит подготовке опытными работниками с соответствующими группами непосредственно по электробезопасности (в имеющихся электроустановках не более 1 кВ – от 3-ей, от 1 кВ – от 4-ой группы).

Также требуется выполнить все необходимые оперативные переключения, отключения при согласовании с диспетчером сетей.

Указатели напряжений классов проверяют наличие/отсутствие напряжения на всех токоведущих частях применяемого в работе оборудования. Данные мероприятия необходимы для того, чтобы появилась возможность выполнить накладку подлежащего установке заземления в переносном виде на каждую часть, ведущую ток или включить заземляющие ножи, если таковые имеются.

Далее формируется ограждение рабочего места, вывешивание плакатов по технике безопасности.

После того, как указанные мероприятия были осуществлены, бригада приступает к исполнению работ. В данном процессе имеется возможность создания перерыва. Для того, чтобы выполнить указанные мероприятия, требуется выведение бригады с места, где они осуществляют свою трудовую деятельность. После того, как все сотрудники вышли из помещения, оно закрывается на ключ.

Категорически запрещен вход на объект выполнения работ всех посторонних лиц.

Заключение

В результате исполнения работы была выполнена разработка проекта СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]».

Для того, чтобы реализовать основную цель, в работе имеется решение таких задач по проектированию СЭС завода, как [18]:

- выполнен исходный анализ СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]» с тщательным изучением циклов производства, технологии на заводе, а также технических характеристик составляющих потребителей цехов, участков проектируемого объекта;
- проведен тщательный анализ, систематизация по уровню надежности, производственной среде участков цехов, корпусов, производств системы электроснабжения [18]. Используя исходные и нормативные сведения источников, была обоснована целесообразность, необходимость создания проекта системы для снабжения объекта электроэнергией;
- опираясь на исходные технические сведения, в работе была приведена надежная, экономичная, безопасная схема всех электрических соединений для снабжения анализируемого предприятия электрической энергией [18];
- выбирались, проверялись трансформаторы ГПП-35/10 кВ, цеховые ТП-10/0,4 кВ на максимальную нагрузку, потребляемую мощность в послеаварийном, нормальном режимах;
- выбирались, проверялись сечения проводников для использования современных кабелей марки ААШв-10 с напряжением 10 кВ, провод воздушной питающей линии марки АС-70/11 с напряжением 35 кВ;

– выбирались, проверялись современные марки, типы электрических аппаратов, имеющих напряжение 10 кВ и 35 кВ для того, чтобы установить их в РУ на ГПП-35/10 кВ проектируемого объекта. Оборудование выбиралось через результаты вычисления токов короткого замыкания, электрических нагрузок, сравнительный анализ характеристик оборудования, электрической сети, куда они устанавливаются;

– выборочный анализ позволил установить вредные, опасные факторы с негативным влиянием на безопасность работ, экологическую, пожарную безопасность. Внимание акцентировалось на обязанности сотрудников, обслуживающих систему электроснабжения производства, обеспечивающих электробезопасность, минимизирующих травматизм;

– выполненный анализ позволил разработать мероприятия по качественному повышению критериев по охране труда на объекте [18].

Преимущества разработанной СЭС «группы цехов, корпусов, производств приборостроительного завода» [18]»:

- высокий уровень надежности электрических соединений цеховых ТП-10/0,4 кВ и ГПП-35/10 кВ,
- электробезопасность,
- минимальная стоимость ремонта, обслуживания,
- минимизация эксплуатационного, межремонтного периода,
- увеличение показателей энергоэффективности самого объекта, потребителей.

Требуется отметить, что результаты настоящей работы соответствуют установленным в нормативных документах требованиям.

Список используемых источников

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. Москва: Форум, НИЦ ИНФРА, 2018. 416 с.
2. Будзко И.А., Зуль Н. М. Электроснабжение сельского хозяйства. Москва: Агропромиздат, 2018. 496 с.
3. Водяников В.Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК. Москва: Колос, 2018. 263с.
4. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 343 с.
5. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. Москва: Колос, 2018. 184 с.
6. Михайлов Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. Москва: Альфа-Пресс, 2017. 224 с.
7. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Москва: Энергоатомиздат, 2019. 356 с.
8. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. Москва: Энергоатомиздат, 2020. 608 с.
9. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. 282 с.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / под общ. ред. В.В. Дрозд. 7-е изд-е. Москва: Альвис, 2018. 252 с.
11. Рогалев Н.Д. Экономика энергетики: учебное пособие для ВУЗов / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова. Москва: МЭИ, 2018. 288 с.
12. Рогалев Н.Д. Энергосбережение: учебное пособие для ВУЗов. Москва: МЭИ, 2020. 242 с.

13. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений профессионального образования / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. Москва:2019. 448 с.
14. Самарин О. Д. Энергосбережение. Энергоэффективность. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. 296 с.
15. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
16. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: ЭНАС, 2019. 425 с.
17. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина. Москва: Энергоатомиздат, 2018. 576 с.
18. Технологический процесс производства электромеханических и радиотехнических приборов и систем. URL. Режим доступа: <https://tepka.ru/radiomontazhnik/5.html> Дата обращения: 14.04.2022.
19. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. Москва: Лань, 2020. 480 с.
20. Шкрабак В.С., Луковников А.В., Тургиев А.К. Безопасность жизнедеятельности на производстве. Москва: Колос, 2019. 360 с.