

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 вспомогательного цеха управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»

Обучающийся

О.Н. Васильев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д.А. Кретов

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

Тольятти 2022

Аннотация

Целью данной работы является проектирование системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Для решения поставленной задачи, в работе выполнен анализ исходных данных, на основании которого осуществлены необходимые обоснованные мероприятия по проектированию системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

На основе полученных результатов расчёта нагрузок потребителей, а также расчёта токов КЗ, в работе выбрана и обоснована схема электроснабжения объекта проектирования, осуществлён выбор проводников электрических сетей, а также проведён выбор основного оборудования и его проверка в системе электроснабжения объекта проектирования.

Проанализированы и разработаны основные мероприятия для безопасного выполнения работ с последующим их внедрением на объекте проектирования.

Обоснование всех указанных мероприятий по проектированию системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] в работе подтверждено соответствующими техническими расчётами и проверками, в частности, выбором современных типов приведённого оборудования и проводников электрических сетей.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Общие сведения о предприятии	6
1.2 Характеристика потребителей цеха	11
2 Разработка проекта системы электроснабжения цеха.....	16
2.1 Выбор схемы электроснабжения цеха	16
2.2 Расчёт электрических нагрузок	21
2.3 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на ТП.....	27
2.4 Компенсация реактивной мощности на цеховых ТП.....	29
2.5 Выбор сечения проводников и их проверка.....	33
2.6 Расчёт токов короткого замыкания	41
2.7 Выбор основного оборудования и его проверка.....	48
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда	56
3.1 Мероприятия по охране труда.....	56
3.2 Мероприятия по охране окружающей среды.....	60
Заключение	63
Список используемых источников.....	65

Введение

В работе рассматривается проектирование электрической системы вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], в основе производственной деятельности которой лежит непосредственное обслуживание, эксплуатация и ремонт оборудования различного рода, применяемых при эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара».

Известно, что системы электроснабжения современных участков и цехов вспомогательных цехов по эксплуатации зданий и сооружений являются важным звеном энергетики регионов и страны в целом.

Обеспечивая эксплуатационно – ремонтный цикл, данный тип цехов является не основной производственной единицей предприятия, однако от его применяемых технологий по монтажу, ремонту и эксплуатации оборудования напрямую зависит сам основной технологический процесс на предприятии.

Такие цеха выполняют непосредственное обслуживание, монтажные и ремонтные работы производственных оборудования и установок предприятия, обеспечивая таким образом технологический процесс на данном промышленном предприятии.

Один из таких вспомогательных цехов «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] детально рассматривается и разрабатывается в данной работе.

Целью данной работы является проектирование системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Объектом исследования в данной работе является система электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Предметом исследования являются схема электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по

эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], а также элементы системы электроснабжения объекта проектирования, а именно: электрические сети питающей и распределительной сети, силовые трансформаторы на понизительной цеховой трансформаторной подстанции объекта проектирования, а также электрические аппараты и оборудование всех рассматриваемых в работе номинальных классов напряжения.

«Актуальность работы обусловлена требованиями нормативных документов к системам электроснабжения объектов, которые выражаются в обеспечении необходимого уровня надёжности, экономичности и электробезопасности» [8] объектов и систем промышленности, находящихся на стадии проектирования, а также необходимой реконструкции и модернизации [1,3,7].

Для качественного решения поставленной задачи, проведены следующие исследования:

- «анализ исходных данных по объекту исследования с рассмотрением основных теоретических положений, необходимых для» [8] решения основных задач, а также общими сведениями о предприятии. Также приводится характеристика вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11]. На основе полученных данных анализа, проводится обоснование необходимости внедрения соответствующих решений в схеме электрических соединений объекта проектирования;
- непосредственное проектирование системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11];
- разработка мероприятий по обеспечению охраны труда, в частности, электробезопасности, а также пожарной и экологической безопасности в системе электроснабжения объекта проектирования.

Все расчёты и проверки, а также выбор принятых решений, подтверждены соответствующей расчётной базой.

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения о предприятии

В работе объектом исследования является система электроснабжения вспомогательного цеха управления по эксплуатации зданий и сооружений, который относится к ООО «Газпром трансгаз Самара».

Общество с ограниченной ответственностью ООО «Газпром трансгаз Самара» является одной из компаний средней мощности Российской Федерации.

Рассматриваемая в работе организация ООО «Газпром трансгаз Самара» территориально располагается по следующему адресу: Самарская область, г. Самара, ул. Ново-Садовая, 106А, строение 1.

ООО «Газпром трансгаз Самара» является одной из дочерних компаний ПАО «Газпром» и имеет уставной капитал в размере более 1,5 миллиарда рублей [10,11].

Субботин Владимир Анатольевич является генеральным директором компании с 2012 г. до настоящего времени.

Структура корпоративного управления ООО «Газпром трансгаз Самара» [10,11] соответствует современным требованиям, так как включает не только административное управление (совет директоров, председатель правления, собрание акционеров), а и крайне важные и необходимые комитеты, а именно: комитет по аудиту, кадрам и вознаграждению, стратегии, инвестициям.

Всё это делает структуру управления ООО «Газпром трансгаз Самара» гибкой и эффективной.

Основным видом деятельности ООО «Газпром трансгаз Самара» является транспортировка и переработка природного и сжиженного газа, а

также газового конденсата и прочих побочных продуктов газовой и нефтяной добычи.

Кроме того, дополнительными видами деятельности ООО «Газпром трансгаз Самара» являются ещё более тридцати наименований, основные из которых следующие [10,11]:

- торговля сжиженным и природным газом, газовым конденсатом, а также некоторыми побочными продуктами;
- услуги по разработке проектов для бытовых и коммерческих потребителей;
- услуги по подключению к газовым сетям и системам бытовых и коммерческих потребителей;
- услуги по ремонту оборудования газовой промышленности;
- строительство жилых и нежилых зданий.

В состав ООО «Газпром трансгаз Самара» входит ремонтно-производственная база, в которую также входит и рассматриваемый в работе вспомогательный цех управления по эксплуатации зданий и сооружений [10,11].

На данной базе сосредоточены основные производственные мощности ООО «Газпром трансгаз Самара».

Кроме того, рассмотренная ремонтно – производственная база ООО «Газпром трансгаз Самара» осуществляет поставку техники с последующей её предпродажной подготовкой и реализацией, а также осуществляет реализацию и доставку строительных материалов, оказание транспортных услуг предприятиям и населению, являясь основной ремонтной, транспортной и сырьевой базой ООО «Газпром трансгаз Самара».

Финансовые показатели по данным ФНС и Росстата рассматриваемой в работе организации ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг. по данным [10,11], представлены в форме таблицы 1.

Таблица 1 - Финансовые показатели ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг. (активы)

Календарный год	Нематериальные активы, тыс. руб.	Затраты на исследования и разработки, тыс. руб.	Основные средства, тыс. руб.	Финансовые вложения, тыс. руб.	Отложенные активы, тыс. руб.
2017	16570	546	3637	1205	10
2018	22790	560	23161	1020	1635
2019	29740	452	23834	782	3158
2020	32470	170	25319	453	5053
2021	41550	168	16182	120	14649

Финансовые показатели по данным ФНС и Росстата ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг. (активы) в динамике представлена на графике рисунка 1.

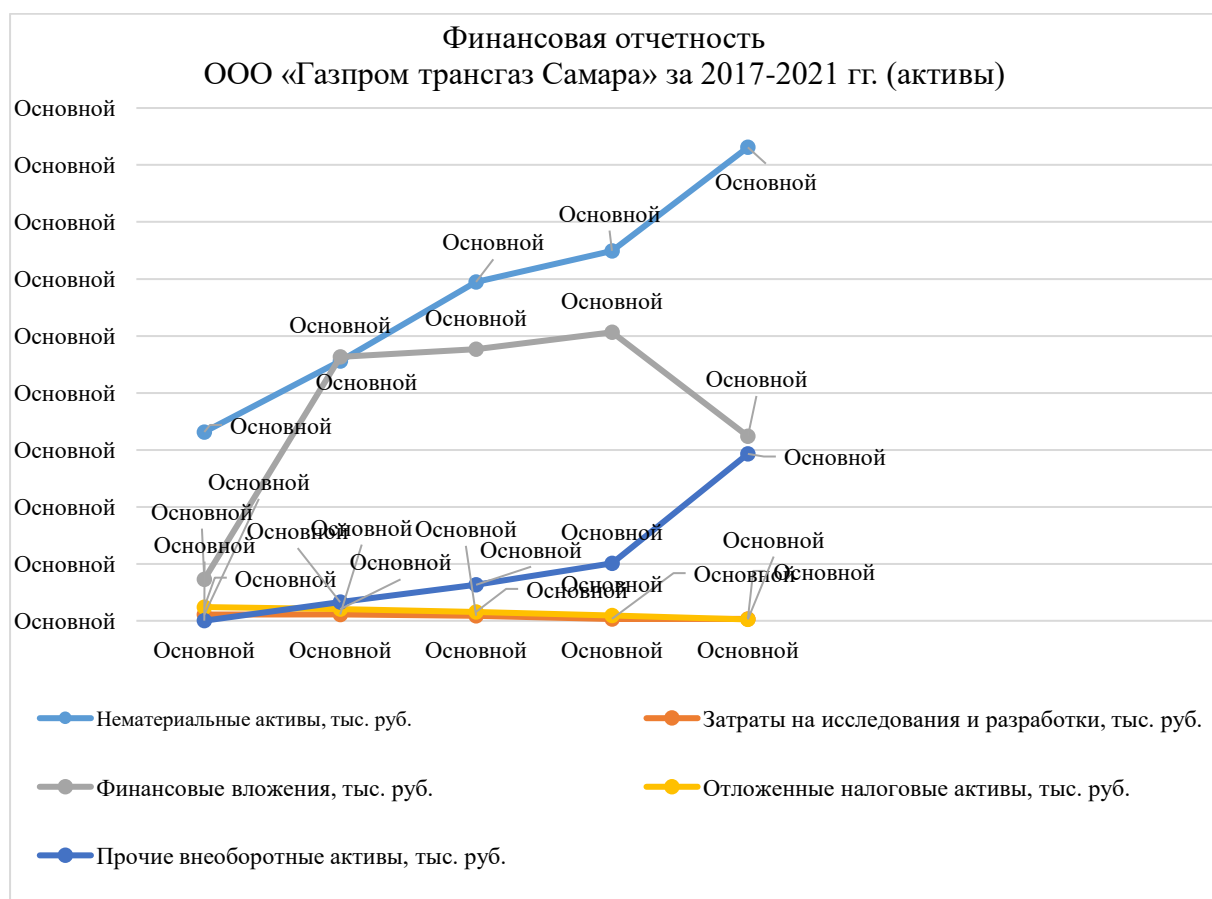


Рисунок 1 – Финансовые показатели ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг. (активы)

По данным таблицы 1 и рисунка 1, иллюстрирующих финансовые показатели по данным ФНС и Росстата ООО «Газпром трансгаз Самара» (активы) за 2017-2021 гг. по данным [10,11], можно сделать следующие выводы:

- за текущий период с 2017 г. по 2021 г. значительно увеличились активы предприятия (нематериальные и отложенные, а также основные средства), что связано с их накоплением на протяжении данного периода в виду получения прибыли;
- финансовые вложения на протяжении данного периода значительно снизились, а основные средства предприятия – возросли;
- затраты на исследования и разработки неуклонно снижались на протяжении 5 лет, что связано с освоением рынка. Первоначальные затраты на исследования и разработки должны были помочь продвижению новой организации на рынке, после освоения рынка руководство отказалось от данной стратегии (прослеживается уменьшение затрат на данную статью на протяжении всего рассматриваемого периода).

Прибыль и доходы по данным ФНС и Росстата ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг. представлена в таблице 2 [13].

Таблица 2 – Прибыль и доходы ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2027 гг.

Календарный год	Выручка, тыс. руб.	Валовая прибыль, тыс. руб.	Прибыль от продаж, тыс. руб.	Чистая прибыль, тыс. руб.
2016	167839	37538	3872	1375
2017	370970	93953	8057	3850
2018	454458	113087	20556	6805
2019	518533	122397	28530	9050
2020	388240	83372	16815	5140

По данным таблицы 2, иллюстрирующий финансовую отчетность по данным ФНС и Росстата ООО «Газпром трансгаз Самара» (прибыль и доходы)

за 2017-2021 гг., можно сделать следующий вывод: изменения на протяжении рассматриваемого периода выручки, валовой прибыли, прибыли от продаж и чистой прибыли, имели следующую тенденцию: стабильный рост с 2017 г. до 2020 г., некоторое снижение с 2020-2021 гг. вследствие пандемии коронавируса.

Финансовые показатели ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг. (прибыль и доходы) по данным [10,11] в динамике представлена на графике рисунка 2.



Рисунок 2 – Прибыль и доходы ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг.

Рисунок 2 визуально (в динамике) иллюстрирует и подтверждает вывод, сделанный по данным таблицы 2 в работе.

В совокупности по двум анализируемым данным таблицам 1 и 2 можно предположить, что падение доходов в 2020-2021 году ООО «Газпром трансгаз Самара», помимо пандемии коронавируса, связано также с тем, что организация отказалась от увеличения активного инвестирования в

исследования и разработки (таблица 1), поэтому в обозримом будущем в современных условиях рынка организацию могут потеснить конкуренты, которые активно развивают и внедряют собственные новые технологии и авторские разработки. На основе приведённого анализа финансово – экономических показателей ООО «Газпром трансгаз Самара» за 2017-2021 гг., далее в работе проводится решение поставленных задач.

1.2 Характеристика потребителей цеха

Как было указано ранее, рассматриваемый в работе вспомогательный цех «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] организационно входит в состав ремонтно-производственной базы, на которой сосредоточены основные производственные мощности данного предприятия [10,11].

Вспомогательный цех «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] по надёжности электроснабжения, согласно технологическому циклу, относится ко II категории надёжности, так как является неосновным (вспомогательным) производственным объектом данного предприятия технического назначения, обеспечивая, в свою очередь, процесс основного производства.

Основой производственной деятельности вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] является организация и выполнение различного рода монтажных работ, работ по эксплуатации, а также ремонтных работ оборудования основного производства.

Также в данном цеху осуществляется модернизация и предпродажная подготовка оборудования и техники.

Вспомогательный цех «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] также осуществляет

реализацию и доставку строительных материалов, оказание транспортных услуг предприятиям и населению, являясь основной ремонтной, транспортной и сырьевой базой предприятия. Кроме того, в цеху есть проектный отдел, который занимается разработкой проектов по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара».

Таким образом, можно сделать вывод, что рассматриваемый в работе вспомогательный цех «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] является многопрофильным объектом предприятия.

Исходя из технологического процесса рассматриваемого в работе вспомогательного цеха, а также от технических и финансовых возможностей предприятия, в работе в таблице 3 (согласно рисунка 1, приведённого в работе далее), приводится состав и характеристики электрооборудования потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] согласно исходным данным на выполнение работы.

Таблица 3 – Состав и характеристики потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11]

Позиция	Наименование	Мощ-ть, Р _{ном} , кВт	Кол-во, шт	Суммарная мощность, Р _{сум} , кВт
1	Установка приемки оборудования	3,0	1	3,0
2	Насос центробежный	2,2	1	2,2
3	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	1	3,0
4	Установка теплообменная	4,4	1	4,4
4.1	Ремонтный комплекс	11,0	1	11,0
5	Компрессор производственный	7,5	1	7,5
6	Вентилятор промышленный	4,0	1	4,0
7	Комплексный испытательный стенд	30,0	1	30,0
8 (8.1 – 8.2)	Ремонтный стенд №1	1,1	2	2,2
9 (9.1 – 9.3)	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	3	9,0

Продолжение таблицы 3

Позиция	Наименование	Мощ-ть, Р _{ном} , кВт	Кол-во, шт	Суммарная мощность, Р _{сум} , кВт
10 (10.1 – 10.4)	Насос роторный	3,0	4	12,0
11	Стол технологический	3,0	4	12,0
12	Инвертор сварочный	3,0	1	3,0
13	Стол дефектации оборудования	1,5	1	1,5
14	Стол ремонта узлов и механизмов	1,5	1	1,5
15 (15.1 – 15.2)	Стол ремонта подшипников	1,5	2	3,0
16	Автоматизированная площадка обслуживания	22,0	1	22,0
17 (17.1 – 17.2)	Аппарат формовочный (пресс-тележка)	5,5	2	11,0
18 (18.1 – 18.2)	Сварочный аппарат	2,2	2	4,4
19 (19.1 – 19.2)	Насос воды	2,2	2	4,4
20	Ванна мойки двухсекционная	4,5	1	4,5
21	Ванна мойки труб	4,5	1	4,5
22	Конвейер	2,2	1	2,2
23	Конвейер	2,2	1	2,2
24 (24.1 – 24.2)	Установка циркуляционной мойки	3,7	2	7,4
25 (25.1 – 25.2)	Токарный станок	4,5	2	9,0
26 (26.1 – 26.2)	Фрезерный станок	4,5	2	9,0
27	Автоматизированная площадка обслуживания	22,0	1	22,0
Всего по цеху		-	44	211,9

Расположение приведённых в таблице 3 потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] на территории данного цеха, в работе представлено на рисунке 3.

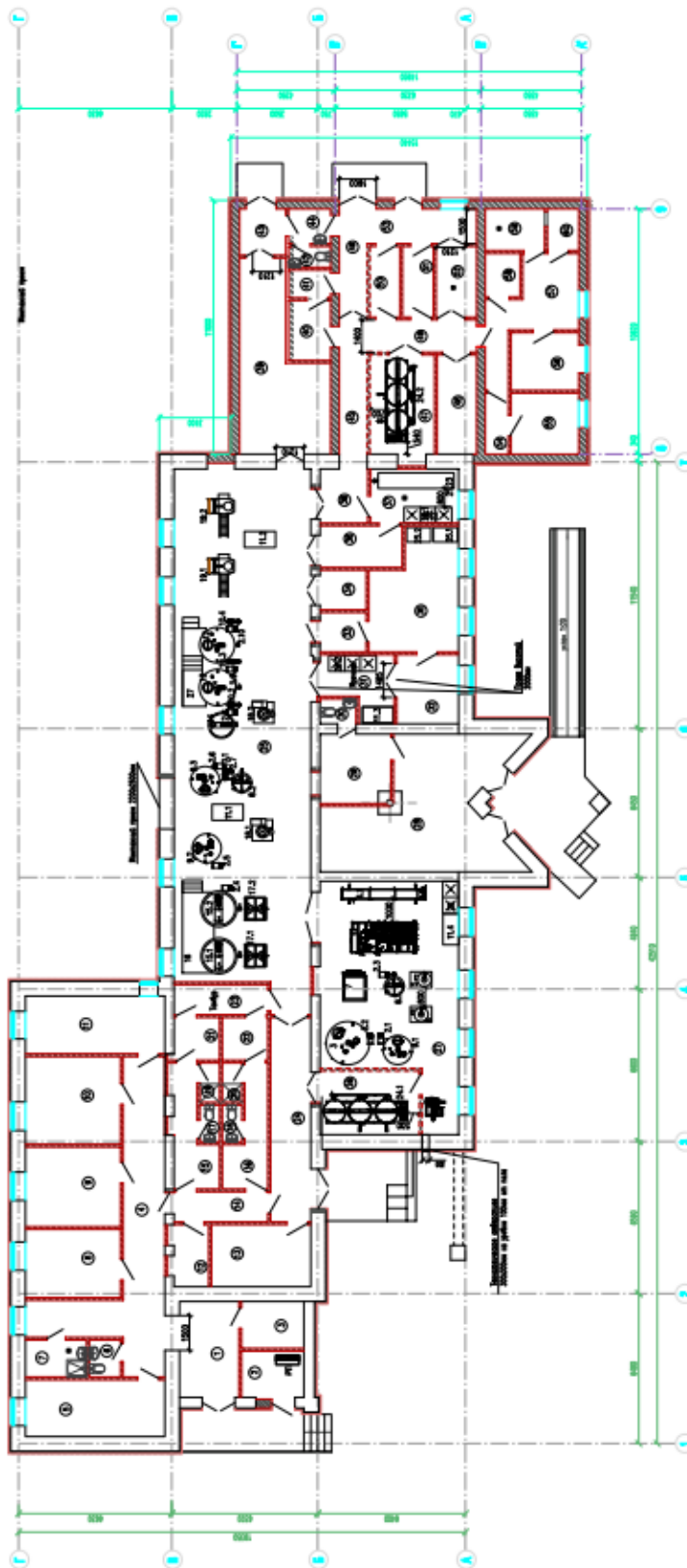


Рисунок 3 – Расположение потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] на территории цеха

На основании исходных данных к выполнению работы, включающий в себя плана расположения электрооборудования, а также состав и характеристики электрооборудования потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] согласно технологическому процессу), далее в работе проводится решение основных поставленных задач.

Выводы по разделу 1.

В результате выполнения раздела, приведён исходный анализ системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], с детальным рассмотрением основных технических, экономических и организационных характеристик данного предприятия.

Детально рассмотрены и систематизированы все потребители системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] с учётом их расположения на территории данного цеха, а также установленной проектной мощности.

На основании приведённых исходных данных, а также нормативных сведений и источников, в разделе обоснована необходимость и целесообразность разработки качественного проекта системы электроснабжения объекта проектирования.

Поставленные задачи решаются в работе далее.

2 Разработка проекта системы электроснабжения цеха

2.1 Выбор схемы электроснабжения цеха

Выбор схемы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] основывается на положениях и требованиях, приведённых в [10].

При выборе схемы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] следует учитывать категорию надёжности как потребителей, так и всего объекта проектирования в целом, а также расположение источника питания и потребителей на территории объекта, мощность потребителей и объекта проектирования в целом [4].

Рассматриваемый в работе многопрофильный вспомогательный цех «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] по надёжности электроснабжения, согласно технологическому циклу, относится ко II категории надёжности, так как является неосновным (вспомогательным) производственным объектом данного предприятия технического назначения, обеспечивая, в свою очередь, процесс основного производства.

Электроснабжение вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] осуществляется в соответствии с договором электроснабжения от сети ~220/380В вводного распределительного устройства (ВРУ).

Питание ВРУ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] осуществляется от двухтрансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ, от которой также получают питание другие промышленные и административные потребители данного предприятия.

РУ-10 кВ рассматриваемой цеховой понизительной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации

зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], конструктивно выполнены 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 виду того, что инновационные разработки оборудования КРУ(Н) предусматривают применение ячеек с наличием втычных контактов, следовательно, разъединители в ячейках КРУН-10 кВ цеховой ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], не устанавливаются [7].

Поэтому в РУ-10 кВ цеховой ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], рассматриваемой в работе, применяются блоки «линия-выключатель нагрузки» (без разъединителей) на питающей линии. Окончательное число данных блоков в принципиальной схеме РУ-10 кВ цеховой ТП-10/0,4 кВ, рассматриваемой в работе, будет определено в работе далее при выборе количества цеховых трансформаторных подстанций ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] [7].

Исходя из рекомендаций [7,11], а также исходных данных к выполнению работы, при количестве отходящих линий $n \geq 2$, которое имеется согласно исходных данных, для РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ цеховой ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] применяется схема «Одна рабочая секционированная выключателем система сборных шин». При этом секционный выключатель для РУ-10 кВ ТП-10/0,4 кВ обязательно должен быть предусмотрен в схеме на питающей главной понизительной подстанции предприятия (далее – ГПП).

В схемах РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ тупиковой цеховой подстанции ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], рассматриваемой в работе, применяется отдельный режим работы, рекомендованный [7].

Секционный выключатель 10 кВ, установленный на питающей ГПП предприятия (для схемы РУ-10 кВ), а также секционный автомат в РУ-0,4 кВ, в «нормальном режиме работы отключены, включаясь под действием устройства автоматического включения резерва (АВР) при исчезновении напряжения по каким-то причинам на секции шин соответствующего класса напряжения» [8] согласно требованиям [10].

В результате проведенного в разделе описания объекта исследования и выбора схем электрических соединений цеховой ТП-10/0,4 кВ можно сделать вывод, что заводская цеховой ТП-10/0,4 кВ, которая выступает в роли источника питания, является современной и крайне необходимой для работы и снабжения электроэнергией системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

От цеховой ТП-10/0,4 кВ получает питание ВРУ рассматриваемого в работе цеха.

Так как проектируемый вспомогательный цех «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] относится к объектам средней мощности II категории надёжности, принимается питание от ТП-10/0,4 кВ ко ВРУ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] по радиальной схеме двумя питающими пятижильными силовыми кабелями марки ВВГнг-LS, сечение которых выбирается и проверяется в работе далее.

Кабельная линия от ТП-10/0,4 кВ до ВРУ образует питающую сеть 0,38/0,22 кВ проектируемого вспомогательного цеха.

Количество и расположение СРШ выбирается в работе далее на основании распределения электрических нагрузок потребителей предприятия, которые будут от них питаться.

Распределительная сеть от ВРУ до СРШ выполняется силовыми кабелями марки ВВГнг-LS, которые не горят и не поддерживают горения, поэтому рекомендованы к применению в современных системах электроснабжения [8].

От СРШ по радиальной схеме получают питание трёхфазные потребители проектируемой сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Для защиты электрической силовой сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) применяются автоматические выключатели, которые в принятой схеме электроснабжения объекта проектирования разделяются на следующие виды (по месту их установки в системе электроснабжения):

- автоматы ввода ВРУ (трёхфазные) – защищают всю систему электроснабжения от токов внешних токов КЗ (со стороны источника питания на ТП-10/0,4 кВ);
- трёхфазные автоматы ввода СРШ – необходимы для защиты и коммутации данных щитов и групп потребителей;
- трёхфазные автоматы (линейные автоматы) – применяются для защиты и коммутации потребителей сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Все перечисленные автоматы выбраны и проверены в работе далее и приведены на графическом листе 2.

Кроме того, в системе электроснабжения проектируемого вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] нужно установить щитки:

- «ЩРО (рабочее освещение)» [8];
- «ЩАО (аварийное освещение)» [8].

«Питание каждого щитка (ЩАО и ЩО) осуществляется отдельно друг от друга по радиальной схеме» [8] от разных секций сборных шин ВРУ-0,4 кВ вспомогательного цеха по условию резервирования питания.

Для защиты электрической осветительной сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) применяются автоматические выключатели, которые по назначению и месту установки делятся на следующие типы:

- «трёхфазные автоматы ввода распределительных щитов: ЩРО и ЩАО» [8];
- «однофазные автоматы для защиты распределительных линий освещения» [8].

Принятая в работе схема электроснабжения обеспечивает бесперебойное питание силовой и осветительной сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] и обеспечивает необходимую надёжность потребителей, а также экономичность передачи электроэнергии и безопасность людей согласно требованиям [1-4]. Схема электроснабжения питающей и распределительной силовой сети, а также питающей осветительной сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], приводится на графическом листе 2 работы» [8]. На основании приведённых технических данных и выбранных схем электрических соединений, являющихся основой для рассматриваемой в работе системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], далее в работе проводится детальный выбор и проверка элементов системы электроснабжения объекта проектирования.

2.2 Расчёт электрических нагрузок

Согласно приведённым и обоснованным ранее мероприятиям по проектированию схемы электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], осуществляемую путём внедрения основных положений нормативных документов, в работе необходимо провести расчёт электрических нагрузок системы электроснабжения объекта проектирования, на основании чего далее провести выбор и проверку электрических сетей, аппаратов и проводников.

Кроме того, в связи с применением выбранной схемы электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], необходимо также учитывать условия резервирования на сторонах 10 кВ и 0,4 кВ, которые осуществлены путём дополнительного подключения кабельных линий в послеаварийном режиме.

Основой для расчёта электрических нагрузок системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] является проектная установленная номинальная нагрузка потребителей, которая принимается равной расчётной активной нагрузке.

В работе проводится расчёт нагрузок цехов и участков вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], который включает непосредственное определение расчетных силовой, осветительной и суммарной нагрузок по методу коэффициента спроса.

Расчётная активная нагрузка силовых потребителей до 1 кВ цехов и участков вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], кВт:

$$P_{p.} = K_c P_n, \quad (1)$$

где P_n – значение суммарной номинальной активной мощности цеха (участка) проектируемой системы электроснабжения вспомогательного цеха управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара», кВт;
 K_c – справочное значение коэффициента спроса цеха (участка) проектируемой системы электроснабжения вспомогательного цеха управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара».

Расчетная реактивная нагрузка силовых электроприёмников до 1 кВ цехов и участков вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], квар:

$$Q_{p.} = P_{p.} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2)$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ – значение коэффициента реактивной мощности, о.е.

Значение расчётных активной и реактивной нагрузки силовых электроприёмников напряжением до 1 кВ соответствующего цеха (участка) проектируемой СЭС рассматриваемого в данной работе вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] определяется по (1) и (2), а полная мощность определяется так:

$$S_{p.} = \sqrt{P_{p.}^2 + Q_{p.}^2}. \quad (3)$$

Расчетный ток потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], с

учётом приведённых и определённых условий и расчётных данных по (1) – (3), определяется так [2]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, A. \quad (4)$$

«В работе рассматривается расчет силовых электрических нагрузок на примере потребителя №1 по плану» [8].

«Активная и реактивная нагрузки» [8]

$$P_p = 3,0 \cdot 1 = 3,0 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 3,0 \cdot 0,33 = 0,99 \approx 1 \text{ квар.}$$

«Определяется полная расчётная нагрузка» [8]

$$S_p = \sqrt{3^2 + 1^2} = 3,2 \text{ кВА.}$$

«Расчетный ток» [8]

$$I_p = \frac{3,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 4,9 \text{ А.}$$

Аналогично рассчитаны нагрузки для других потребителей проектируемой сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [5].

Результаты расчета силовых и осветительных электрических нагрузок отдельных групп потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчёта электрических нагрузок потребителей вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11]

Позиция	Наименование	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
1	Установка приемки оборудования	3,0	1,0	3,2	4,9
2	Насос центробежный	2,2	0,7	2,3	3,6
3	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	1,0	3,2	4,9
4	Установка теплообменная	4,4	1,5	4,6	7,1
4.1	Ремонтный комплекс	11,0	3,6	11,6	17,8
5	Компрессор производственный	7,5	2,5	7,9	12,2
6	Вентилятор промышленный	4,0	1,3	4,2	6,5
7	Комплексный испытательный стенд	30,0	9,9	31,6	48,6
8 (8.1 – 8.2)	Ремонтный стенд №1	1,1	0,4	1,2	1,8
9 (9.1 – 9.3)	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	1,0	3,2	4,9
10 (10.1 – 10.4)	Насос роторный	3,0	1,0	3,2	4,9
11	Стол технологический	3,0	1,0	3,2	4,9
12	Инвертор сварочный	3,0	1,0	3,2	4,9
13	Стол дефектации оборудования	1,5	0,5	1,6	2,4
14	Стол ремонта узлов и механизмов	1,5	0,5	1,6	2,4
15(15.1 – 15.2)	Стол ремонта подшипников	1,5	0,5	1,6	2,4
16	Автоматизированная площадка обслуживания	22,0	7,3	23,2	35,6
17(17.1 – 17.2)	Аппарат формовочный (пресс-тележка)	5,5	1,8	5,8	8,9
18(18.1 – 18.2)	Сварочный аппарат	2,2	0,7	2,3	3,6
19(19.1 – 19.2)	Насос воды	2,2	0,7	2,3	3,6
20	Ванна мойки двухсекционная	4,5	1,5	4,7	7,3
21	Ванна мойки труб	4,5	1,5	4,7	7,3
22	Конвейер	2,2	0,7	2,3	3,6
23	Конвейер	2,2	0,7	2,3	3,6
24(24.1 – 24.2)	Установка циркуляционной мойки	3,7	1,2	3,9	6,0
25(25.1 – 25.2)	Токарный станок	4,5	1,5	4,7	7,3
26(26.1 – 26.2)	Фрезерный станок	4,5	1,5	4,7	7,3
27	Автоматизированная площадка обслуживания	22,0	7,3	23,2	35,6

Результаты расчёта нагрузок для отдельных потребителей используются в работе далее при выборе аппаратов и проводников к ним.

То есть проводится расчёт суммарной нагрузки всех СРШ отдельно, а также нагрузки всего цеха с «учётом коэффициента одновременности» [19].

«Необходимо также предусмотреть распределительные щиты» [19]:

– СРШ 1 – СРШ 5 – силовые распределительные шкафы для силовой нагрузки;

– ЩРО – щит рабочего освещения (определяется по удельной плотности нагрузки освещения, лампы – светодиодные) [4];

– ЩАО – щит аварийного освещения (принимается 10% от нагрузки рабочего освещения) [4].

Также проведены расчёты нагрузки секций шин ВРУ с учётом схемы.

Результаты расчёта электрических нагрузок СРШ и всего вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] представлены в форме таблицы 5.

Таблица 5 – Результаты расчёта электрических нагрузок СРШ и вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11]

Позиция	Наименование СРШ/ потребителя, питающегося от СРШ	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
СРШ1					
4	Установка теплообменная	4,4	1,5	4,6	7,1
5	Компрессор производственный	7,5	2,5	7,9	12,2
6	Вентилятор промышленный	4,0	1,3	4,2	6,5
7	Комплексный испытательный стенд	30,0	9,9	31,6	48,6
8.1	Ремонтный стенд №1	1,1	0,4	1,2	1,8
8.2	Ремонтный стенд №1	1,1	0,4	1,2	1,8
11	Стол технологический	3,0	1,0	3,2	4,9
20	Ванна мойки двухсекционная	4,5	1,5	4,7	7,3
21	Ванна мойки труб	4,5	1,5	4,7	7,3
22	Конвейер	2,2	0,7	2,3	3,6
Всего по СРШ1 (с учётом $K_o=0,9$)		56,1	18,6	59,1	90,9
СРШ2					
15.1	Стол ремонта подшипников	1,5	0,5	1,6	2,4
15.2	Стол ремонта подшипников	1,5	0,5	1,6	2,4
16	Автоматизированная площадка обслуживания	22,0	7,3	23,2	35,6
17.1	Аппарат формовочный (пресс-тележка)	5,5	1,8	5,8	8,9
17.2	Аппарат формовочный (пресс-тележка)	5,5	1,8	5,8	8,9
18.1	Сварочный аппарат	2,2	0,7	2,3	3,6
18.2	Сварочный аппарат	2,2	0,7	2,3	3,6

Продолжение таблицы 5

Позиция	Наименование СРШ/ потребителя, питающегося от СРШ	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
19.1	Насос воды	2,2	0,7	2,3	3,6
19.2	Насос воды	2,2	0,7	2,3	3,6
Всего по СРШ2 (с учётом $K_o=0,9$)		40,3	13,2	42,4	65,2
СРШ3					
24.1	Установка циркуляционной мойки	3,7	1,2	3,9	6,0
24.2	Установка циркуляционной мойки	3,7	1,2	3,9	6,0
25.1	Токарный станок	4,5	1,5	4,7	7,3
25.2	Токарный станок	4,5	1,5	4,7	7,3
26.1	Фрезерный станок	4,5	1,5	4,7	7,3
26.2	Фрезерный станок	4,5	1,5	4,7	7,3
27	Автоматизированная площадка обслуживания	22,0	7,3	23,2	35,6
Всего по СРШ3 (с учётом $K_o=0,9$)		42,7	14,1	45,0	69,2
СРШ4					
9.1	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	1,0	3,2	4,9
9.2	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	1,0	3,2	4,9
9.3	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	1,0	3,2	4,9
10.1	Насос роторный	3,0	1,0	3,2	4,9
10.2	Насос роторный	3,0	1,0	3,2	4,9
10.3	Насос роторный	3,0	1,0	3,2	4,9
10.4	Насос роторный	3,0	1,0	3,2	4,9
12	Инвертор сварочный	3,0	1,0	3,2	4,9
Всего по СРШ4 (с учётом $K_o=0,9$)		21,6	7,2	22,8	35,0
СРШ5					
1	Установка приемки оборудования	3,0	1,0	3,2	4,9
2	Насос центробежный	2,2	0,7	2,3	3,6
3	Станок для низкотемпературной обработки	3,0	1,0	3,2	4,9
4.1	Ремонтный комплекс	11,0	3,6	11,6	17,8
13	Стол дефектации оборудования	1,5	0,5	1,6	2,4
14	Стол ремонта узлов и механизмов	1,5	0,5	1,6	2,4
23	Конвейер	2,2	0,7	2,3	3,6
Всего по СРШ5 (с учётом $K_o=0,9$)		22,0	7,4	23,2	35,7
ЩРО (с учётом $K_o=1$)		8,6	2,8	9,1	13,9
ЩАО (с учётом $K_o=1$)		0,9	0,3	0,9	1,4
Всего по 1 СШ ВРУ (СРШ1, СРШ2, освещение)		101,0	33,2	106,3	163,6
Всего по 2 СШ ВРУ (СРШ3, СРШ4, СРШ5, освещение)		91,2	30,4	96,1	147,9
Всего по цеху		192,2	63,6	202,5	311,5

Полученные в работе результаты расчёта электрических нагрузок потребителей системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] используются в работе далее при проверке силовых трансформаторов цеховых

ТП на допустимую загрузку, а также при выборе и проверке электрических аппаратов и проводников спроектированной системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Все поставленные задачи решаются в работе далее.

2.3 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на ТП

С учётом разработанной и обоснованной схемы электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], далее в работе необходимо провести выбор и проверку силовых трансформаторов цеховой ТП-10/0,4 кВ на допустимую загрузку активной мощностью как в нормальном, так и послеаварийном режиме работы системы.

Так как понизительные трансформаторы вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] питают также другие «потребители, большинство из которых относятся ко II категории надёжности, следовательно, на данной понизительной подстанции устанавливаются два силовых трансформатора» [4].

При выборе трансформаторов на питающей подстанции необходимо также учесть нагрузку сторонних потребителей, которых питает эта ТП-10/0,4 кВ, поэтому:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.}} + P_{\text{см.}}}{N\beta_{\text{т}}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{ном.т}}$ – «номинальная (паспортная) мощность силового трансформатора, установленного на питающей ТП-10/0,4 кВ» [17];
 $S_{\text{ном.т.р}}$ – «расчетная мощность силового трансформатора, установленного на питающей ТП-10/0,4 кВ, кВА» [17];

P_p – «суммарная активная нагрузка вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], которые получают питание от ТП-10/0,4 кВ, кВт» [17];

$P_{см}$ – «суммарная активная нагрузка сторонних потребителей, которые получают питание от ТП-10/0,4 кВ, кВт» [17];

N – «количество силовых трансформаторов, шт» [17];

β_m – «нормируемый коэффициент загрузки трансформатора» [4].

Для цеховой ТП-10/0,4 кВ, питающей потребители вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [9], а также стороннюю нагрузку по (5):

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{192,2 + 120}{2 \cdot 0,8} = 195,1 \text{ кВА.}$$

По полученным результатам расчёта, для установки на цеховой ТП-10/0,4 кВ, питающей потребители вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], а также стороннюю нагрузку, в работе выбраны два силовых трансформатора марки ТМГ-250/10 У1 [12].

Данный тип силового трансформатора не имеет расширительного бака и зарекомендовал себя при эксплуатации и ремонте значительно лучше, чем классические трансформаторы типа ТМ.

Он имеет две обмотки и выбран для применения в условиях умеренного климата.

Кроме того, «проводится проверка силовых трансформаторов на перегрузочную способность как в нормальном, так и в максимальном (послеаварийном) режиме работы» [19], которая выполняется в работе далее после выбора компенсирующих устройств на ТП-10/0,4 кВ.

Конструктивно питающая ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] выполнена в виде закрытой ТП с применением комплектных распределительных устройств номинальных классов напряжения 10 кВ и 0,4 кВ.

Конструкция питающей ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха показана в графической части работы.

2.4 Компенсация реактивной мощности на цеховых ТП

Реактивная мощность, которую способен пропустить через себя силовой трансформатор на питающей ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха с учётом нагрузки сторонних потребителей

$$Q_T = \sqrt{(N\beta_T S_{\text{ном.т}})^2 - (P_p + P_{\text{ст.}})^2}, \quad (6)$$

где N – «число трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ, шт.» [8];

β_T – «коэффициент загрузки трансформаторов ТП-10/0,4 кВ (установленное значение)» [8].

«Расчётная мощность конденсаторных установок (КУ)» [19]:

$$Q_{\text{н.к}} = (Q_p + Q_{\text{ст.}}) - Q_T, \quad (7)$$

где Q_p – реактивная нагрузка вспомогательного цеха, квар;

$Q_{\text{ст}}$ – «реактивная нагрузка сторонних потребителей, квар» [19].

«Суммарная расчетная мощность КУ» [19]:

$$Q_{\text{КУ}} = n \cdot Q_{\text{н.к}}. \quad (8)$$

Поэтому с учётом выбора типоминалов КУ [13]

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{КУ})^2}. \quad (9)$$

«Проверка выбранных трансформаторов в нормальном режиме с учётом выбранных КУ по допустимому коэффициенту загрузки» [12]

$$K_3^n = \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{ном.т}} \leq 0,85. \quad (10)$$

В послеаварийном режиме [12]

$$K_3^{n.ав} = \frac{S_p}{S_{ном.т}} \leq 1,7. \quad (11)$$

Согласно (6)

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 250)^2 - (192,2 + 120)^2} = 250,1 \text{ квар.}$$

Согласно (7)

$$Q_{н.к} = (63,6 + 39,6) - 250,1 = -146,9 \text{ квар.}$$

Поскольку в результате расчётов получилось отрицательное число мощности КУ, следовательно, конденсаторные установки напряжением 0,4 кВ на питающей цеховой ТП-10/0,4 кВ не устанавливаются.

Расчётная нагрузка питающей ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] с учётом сторонних потребителей

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{ст.})^2 - (Q_p + Q_{ст.})^2}, \text{ кВА.} \quad (12)$$

$$S_p = \sqrt{(192,2 + 120)^2 - (63,6 + 39,6)^2} = 328,8 \text{ кВА.}$$

Проверка выбранных трансформаторов питающей ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] с учётом подключения сторонних потребителей [12]

$$K_3^H = \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{ном.т}} \leq 0,8. \quad (13)$$

Проверка трансформаторов питающей цеховой ТП-10/0,4 кВ в нормальном режиме выполняется

$$K_3^H = \frac{0,5 \cdot 328,8}{250} = 0,66 \leq 0,8.$$

Далее в работе осуществляется проверка этого же силового трансформатора в послеаварийном режиме работы, 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 проводится при условии работы, когда один из силовых трансформаторов ГПП по какой-либо причине вышел из строя и требуется автоматическое переключение его нагрузки на другой трансформатор, оставшийся в работе.

Проверяется выбранный трансформатор по перегрузочной способности при аварийном отключении второго трансформатора.

Проверка выбранных ранее трансформаторов питающей ТП-10/0,4 кВ

вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] с учётом сторонних потребителей в ПАВ режиме [12] вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] проводится таким образом (принимается максимальное значение коэффициента резервирования, равное 1,4, потому что выбираемый силовой трансформатор для установки на цеховой ТП-10/0,4 кВ – новый, следовательно, износ его отсутствует и не учитывается в работе) [12]:

$$K_3^{n.ав} = \frac{S_p}{S_{ном.т}} \leq 1,7. \quad (14)$$

Проверка трансформаторов ТП-10/0,4 кВ в ПАВ режиме выполняется

$$K_3^{n.ав} = \frac{328,8}{250} = 1,3 \leq 1,6.$$

Условие проверки силовых трансформаторов на цеховой ТП-10/0,4 кВ в послеаварийном режиме работы, с учётом подключения дополнительной нагрузки потребителей второй сторонней секции сборных шин 0,4 кВ, в работе выполняется. Следовательно, выбранные в работе силовые трансформаторы марки ТМГ-250/10, питающие нагрузку первой и второй секций сборных шин напряжением системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], удовлетворяет условиям проверки на допустимую загрузку в нормальном и послеаварийном режимах работы.

Поэтому данные трансформаторы выдержат указанную фактическую проектную нагрузку и могут быть окончательно приняты для установки на цеховой ТП-10/0,4 кВ проектируемой системы электроснабжения

вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Согласно полученных результатов расчёта, в работе можно сделать следующие выводы:

- поскольку в результате расчётов получилось отрицательное число мощности КУ, следовательно, конденсаторные установки напряжением 0,4 кВ на питающей цеховой ТП-10/0,4 кВ не устанавливаются;

- с учётом расчёта компенсации реактивной мощности на ТП-10/0,4 кВ, окончательно принимается на питающей ТП-10/0,4 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] с учётом сторонних потребителей, два трансформатора ТМГ-250/10.

2.5 Выбор сечения проводников и их проверка

Проводится выбор и проверка сечения проводников напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Выбору подлежат следующие проводники напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ согласно разработанной схеме электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11]:

- питающая сеть 10 кВ – кабельная линия напряжением 10 кВ от ГПП предприятия до РУ-10 кВ цеховой ТП-10/0,4 кВ;

- питающая сеть 0,38/0,22 кВ – кабельные линии напряжением 0,38/0,22 кВ от шин 0,4 кВ цеховой ТП до ВРУ-0,4 кВ цеха;

- распределительная сеть 0,38/0,22 кВ – от секций сборных шин напряжением 0,4 кВ ВРУ-0,4 кВ до СРШ цеха, и от СРШ до конечных потребителей цеха.

Проводится определение и выбор сечений кабельной линии напряжением 10 кВ (для питания ТП-10/0,4 кВ). Данная линия состоит из двух кабелей (по количеству трансформаторов, установленных на ТП-10/0,4 кВ).

«Кабельные линии напряжением выше 1 кВ подлежат выбору по «экономической плотности тока в нормальном режиме работы» [1]:

$$F_3 = \frac{I_{p.}}{j_3}, \quad (15)$$

где j_3 – «экономическая плотность тока, А/мм²» [19].

Для кабельных линий 10 кВ системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], в работе при проведении расчётов принято значение экономической плотности тока КЛ принято равным с учётом внешней изоляции кабеля, значение $j_3 = 1,6$ А/мм² [11].

«Значение рабочего тока кабельной линии» [14]

$$I_{p.} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}. \quad (16)$$

«Максимальный расчётный ток кабеля с учётом резервирования» [19]

$$I_{p.маx} = 1,4 I_{p.маx}. \quad (17)$$

«Условие проверки кабеля по току нормального режима» [14]:

$$I_{дон} \geq I_{p.}, \quad (18)$$

где $I_{дон}$ – «длительно – допустимый ток выбранного кабеля» [1].

«Условие проверки кабеля по току послеаварийного режима» [14]:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{p.\text{max}}, \quad (19)$$

где $I_{p.\text{max}}$ – «максимальный расчётный ток линии, А» [12].

Помимо этого, согласно требованиям [4], обязательным условием является проведение непосредственного расчёта потери напряжения, ΔU , %, для выбранного сечения кабельных линий

$$\Delta U \% = \frac{S_p \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_n^2} \cdot 100, \quad (20)$$

где S_p – значение расчётной полной нагрузки ТП-10/0,4 кВ, кВА;

l – длина кабельной линии, км.

Для питающего кабеля ТП-10/0,4 кВ

$$I_{p.} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,5 \text{ A.}$$

$$F_9 = \frac{14,5}{1,6} = 9 \text{ мм}^2.$$

«Принимается кабель марки АСБ-10 (3×16) с предельно-допустимым током $I_{\text{дон}}=75 \text{ A}$ » [1].

Проводится проверка выбранного сечения кабеля:

– «на допустимый нагрев в нормальном режиме работы» [19]

$$75 \text{ A} \geq 14,5 \text{ A};$$

– «с учётом перегрева в максимальном режиме» [19]

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot 14,5 = 20,3 \text{ A.}$$

$$75 \text{ A} \geq 20,3 \text{ A.}$$

– «на допустимую потерю напряжения в нормальном режиме» [19]:

$$\Delta U_n = \frac{\sqrt{3} \cdot 328,8 \cdot 0,5 \cdot (1,17 \cdot \cos 0,95 + 0,066 \cdot \sin 0,95)}{6000} \cdot 100\% = 1,12\%.$$

Условие проверки выполняется

$$1,12 \% < 5\%.$$

«Далее в работе проводится выбор кабельных линий питающей и распределительной сети» [19] напряжением 0,38/0,22 кВ по допустимому нагреву по условию [1]

$$I'_{\text{доп}} \geq I_p. \quad (21)$$

где $I'_{\text{доп}}$ - длительно допустимый ток кабеля с учётом отклонений от нормальных условий прокладки [3], А.

В работе принимаются современные новые силовые кабели с медными токоведущими жилами марки ПвВГ [17].

Выбранные сечения кабеля проверяются на допустимый нагрев в послеаварийном режиме работы по условию [1]

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{p.\max}, \quad (22)$$

где $I_{p.\max}$ – максимальный расчётный ток линии, А [12].

Также выбранное сечение кабеля подлежит проверке на допустимую потерю напряжения аналогично кабелю 10 кВ.

Проводится выбор питающей линии от ТП-10/0,4 кВ до ВРУ (первая секция шин – СШ1). Расчётный ток для СШ1 ВРУ определён в работе ранее при расчёте электрических нагрузок и равен $I_p = 163,6$ А. Предусматривается прокладка данного кабеля в земле.

«Предварительно выбирается кабель марки ПвВГ (5×50) с $I_{\text{дон}} = 190$ А» [1].

«Допустимый ток данного кабеля» [19]

$$I'_{\text{дон}} = 1 \cdot 190 = 190 \text{ А.}$$

Условие выполняется

$$I'_{\text{дон}} = 190 \text{ А} \geq 163,6 \text{ А.}$$

Условие проверки кабеля по нагреву в послеаварийном режиме не выполняется

$$I_{p.\text{max}} = 1,4 \cdot 163,6 = 229,1 \text{ А.}$$

$$190 \text{ А} \leq 229,1 \text{ А.}$$

Следовательно, необходимо принять кабель большего сечения.

Принимается кабель марки ПвВГ (5×70) с $I_{\text{дон}} = 235$ А [1]

Для данного сечения:

$$235 \text{ А} \geq 229,1 \text{ А.}$$

«Потери напряжения в кабельной линии» [19] :

$$\Delta U_n = \frac{\sqrt{3} \cdot 106,3 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot \cos 0,95 + 0,042 \cdot \sin 0,95)}{380} \cdot 100\% = 2,62\%.$$

Условие по потере напряжения выполняется

$$2,62\% < 5\%.$$

Окончательно принимается в качестве кабеля для питающей линии кабель ПвВГ (5×70).

Аналогично проводятся расчёты для остальных кабельных линий питающей сети вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] и результаты приводятся в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты выбора кабельных линий питающей сети 0,38/0,22 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11]

Наименование	I_p, A	$I_{p,max}, A$	Марка кабеля	$I'_{доп}, A$
Питающая сеть «ТП-10/0,4 кВ – ВРУ»				
СШ1 ВРУ	163,6	229,1	ПвВГ (5×70)	235
СШ2 ВРУ	147,9	207,1	ПвВГ (5×70)	235
Питающая сеть «ВРУ – СРШ (ЩРО, ЩАО)»				
СРШ1	90,9	127,3	ПвВГ (5×25)	133
СРШ2	65,2	91,3	ПвВГ (5×16)	104
СРШ3	69,2	96,9	ПвВГ (5×16)	104
СРШ4	35,0	49,0	ПвВГ (5×6)	59
СРШ5	35,7	50,0	ПвВГ (5×6)	59
ЩРО	13,9	19,5	ПвВГ (5×2,5)	37
ЩАО	1,4	2,0	ПвВГ (5×2,5)	37

Результаты выбора кабельных линий питающей сети 0,38/0,22 кВ вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] говорят о том, что все выбранные кабели удовлетворяют всем условиям проверок.

Аналогично выбирается сечение кабелей распределительной сети 0,38/0,22 кВ (от СРШ к потребителям) вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] (таблица 7).

В работе для кабелей распределительной сети до 1 кВ (0,38/0,22 кВ) вспомогательного цеха также выбираются современные пожаростойкие силовые кабели силовые кабели, с медной жилой, с изоляцией из сшитого полиэтилена, оболочкой из ПВХ-изоляции (внешний контур), марки ПвВГ с наличием пяти жил (в зависимости от режима нейтрали, а также количества фаз потребителей).

Все потребители предприятия – трёхфазные, поэтому выбор пятижильных кабелей оправдан.

Таблица 7 – Результаты выбора кабельных линий распределительной сети 0,38/0,22 кВ вспомогательного цеха

Номер потребителя, п/п	I_p, A	$I_{p,max}, A$	Марка кабеля	$I'_{доп}, A$
Потребители СРШ1				
4	7,1	9,9	ПвВГ (5×2,5)	37
5	12,2	17,1	ПвВГ (5×2,5)	37
6	6,5	9,1	ПвВГ (5×2,5)	37
7	48,6	68,1	ПвВГ (5×10)	79
8.1	1,8	2,5	ПвВГ (5×2,5)	37
8.2	1,8	2,5	ПвВГ (5×2,5)	37
11	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
20	7,3	10,2	ПвВГ (5×2,5)	37
21	7,3	10,2	ПвВГ (5×2,5)	37
22	3,6	2,1	ПвВГ (5×2,5)	37
Потребители СРШ2				
15.1	2,4	3,4	ПвВГ (5×2,5)	37
15.2	2,4	3,4	ПвВГ (5×2,5)	37
16	35,6	49,7	ПвВГ (5×6)	59
17.1	8,9	12,5	ПвВГ (5×2,5)	37
17.2	8,9	12,5	ПвВГ (5×2,5)	37
18.1	3,6	2,1	ПвВГ (5×2,5)	37
18.2	3,6	2,1	ПвВГ (5×2,5)	37
19.1	3,6	2,1	ПвВГ (5×2,5)	37
19.2	3,6	2,1	ПвВГ (5×2,5)	37
Потребители СРШ3				
24.1	6,0	8,4	ПвВГ (5×2,5)	37
24.2	6,0	8,4	ПвВГ (5×2,5)	37

Продолжение таблицы 7

Номер потребителя, п/п	I_p, A	$I_{p,max}, A$	Марка кабеля	$I'_{доп}, A$
25.1	7,3	10,2	ПвВГ (5×2,5)	37
25.2	7,3	10,2	ПвВГ (5×2,5)	37
26.1	7,3	10,2	ПвВГ (5×2,5)	37
26.2	7,3	10,2	ПвВГ (5×2,5)	37
27	35,6	49,7	ПвВГ (5×6)	59
Потребители СРШ4				
9.1	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
9.2	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
9.3	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
10.1	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
10.2	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
10.3	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
10.4	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
12	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
Потребители СРШ4				
1	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
2	3,6	5,1	ПвВГ (5×2,5)	37
3	4,9	6,9	ПвВГ (5×2,5)	37
4.1	17,8	24,9	ПвВГ (5×2,5)	37
13	2,4	3,4	ПвВГ (5×2,5)	37
14	2,4	3,4	ПвВГ (5×2,5)	37
23	3,6	5,1	ПвВГ (5×2,5)	37

Все выбранные в работе силовые кабели напряжением 10 кВ и 0,338/0,22 кВ питающей и распределительной сети системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] удовлетворяют всем требуемым условиям выбора и проверки по допустимому нагреву в нормальном и послеаварийном режимах работы, а также по допустимой потере напряжения в выбранной кабельной линии.

Выбранные кабельные линии в работе показаны в предложенной разработанной схеме электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], полученной путём внедрения основных мероприятий по проектированию схемы электрических соединений, показаны на графическом листе 2. Кроме того, узлы монтажа кабельных линий в работе показаны на графическом листе 5.

2.6 Расчёт токов короткого замыкания

Для расчёта токов короткого замыкания (далее – КЗ) в рассматриваемой системе электроснабжения вспомогательного цеха, по принятой в работе схеме электроснабжения (графический лист 2) составляется расчётная схема сети (графический лист 6) и схема замещения для данного участка сети (графический лист 6), а также для всей схемы в целом по методике [12].

Для наглядности в работе, все схемы, применяемые для расчёта токов КЗ, приведены на графическом листе 6.

Так как в предложенной в работе схеме электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха, каждый силовой трансформатор цеховой ТП-10/0,4 кВ работает на свою секцию шин 10 кВ отдельно (применяется отдельный режим работы), с целью упрощения, для расчёта токов КЗ рассматривается один из участков «линия – трансформатор – шины 10 кВ – нагрузка», по которой составляется схема замещения (графический лист 6).

Для остальных участков (вторая часть системы электроснабжения объекта) схемы типичных участков сети «линия – трансформатор – шины 10 кВ – нагрузка», результаты полученных токов КЗ в системе электроснабжения вспомогательного цеха, будут отличаться незначительно, находясь в допустимых пределах принятых погрешностей [12].

Это будут максимальные токи КЗ, которые будут использованы в работе далее при выборе и проверке оборудования.

«Составляется расчётная схема (графический лист 6) и нумеруется на ней точки КЗ» [19].

«Исходя из расчётной схемы, составляется схема замещения (графический лист 6)» [19].

«Для системы» [19]

$$I_c = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_c}, \text{ A.} \quad (23)$$

$$I_c = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,4 \text{ A.}$$

«Удельное индуктивное сопротивление КЛ марки АСБ-10(3×16): $x_0 = 0,4$ Ом/км; $r_0 = 1,28$ Ом/км» [19].

$$X'_c = x_0 L_c, \text{ Ом}; \quad (24)$$

$$R'_c = r_0 L_c, \text{ Ом}; \quad (25)$$

$$X'_c = 0,4 \cdot 2,4 = 0,96 \text{ Ом};$$

$$R'_c = 1,28 \cdot 2,4 = 3,07 \text{ Ом}$$

«Сопротивления приводятся к низкому напряжению (НН)» [19] :

$$R_c = R'_c \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, \text{ мОм}; \quad (26)$$

$$X_c = X'_c \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, \text{ мОм}. \quad (27)$$

$$R_c = 3,072 \cdot (0,4 / 10)^2 \cdot 10^3 = 4,92 \text{ мОм};$$

$$X_c = 0,96 \cdot (0,4 / 10)^2 \cdot 10^3 = 1,5 \text{ мОм}.$$

«При этом» [19]

$$R_{кЛ1} = r_{01} \cdot L_{кЛ1}, \text{ мОм}, \quad (28)$$

где « $R_{кЛ1}$ – активное сопротивление КЛ» [19].

$$X_{кЛ1} = x_{01} \cdot L_{кЛ1}, \text{ мОм}, \quad (29)$$

где « $X_{кЛ1}$ – индуктивное сопротивление КЛ» [19].

Для КЛ в работе:

$$R_{\text{кл1}} = 0,1 \cdot 30 = 3,0 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{кл1}} = 0,08 \cdot 30 = 2,4 \text{ мОм.}$$

КЛ2 (ПВВГ (5×25)): $r_{02} = 0,524 \text{ мОм/м}$; $x_{02} = 0,133 \text{ мОм/м}$.

Значит, для КЛ2:

$$R_{\text{кл2}} = 0,524 \cdot 5 = 2,62 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{кл2}} = 0,133 \cdot 5 = 0,67 \text{ мОм.}$$

КЛ3 (ПВВГ (5×2,5)): $r_{03} = 7,41 \text{ мОм}$; $x_{03} = 0,144 \text{ мОм}$.

Значит, для КЛ3:

$$R_{\text{кл3}} = 7,41 \cdot 11 = 81,51 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{кл3}} = 0,116 \cdot 11 = 1,28 \text{ мОм.}$$

«Упрощается схема замещения, вычисляются эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ и наносятся на схему» [19] (графический лист 6).

Выполняется последовательное «сворачивание» схемы относительно расчётных точек КЗ и расчёт эквивалентных сопротивлений для упрощённой схемы замещения

$$R_{\text{э1}} = R_{\text{с}} + R_{\text{т}} + R_{\text{SF1}} + R_{\text{H}_{\text{SF1}}} + R_{\text{с1}} + R_{\text{кл1}}, \text{ мОм.} \quad (30)$$

$$R_{\text{э1}} = 4,92 + 9,4 + 0,15 + 0,4 + 15 + 3 = 32,87 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{э1}} = X_{\text{с}} + X_{\text{т}} + X_{\text{SF1}} + X_{\text{кл1}}, \text{ мОм.} \quad (31)$$

$$X_{\text{э1}} = 1,5 + 27,2 + 0,17 + 2,4 = 31,27 \text{ мОм.}$$

$$R_{\vartheta 2} = R_{SF2} + R_{H_{SF2}} + R_{кЛ2} + R_{c2}, \text{ МОМ.} \quad (32)$$

$$R_{\vartheta 2} = 0,4 + 0,6 + 2,62 + 20 = 23,62 \text{ МОМ.}$$

$$X_{\vartheta 2} = X_{SF2} + X_{кЛ2}, \text{ МОМ.} \quad (33)$$

$$X_{\vartheta 2} = 0,5 + 0,67 = 1,17 \text{ МОМ.}$$

$$R_{\vartheta 3} = R_{SF3} + R_{H_{SF3}} + R_{кЛ3}, \text{ МОМ.} \quad (34)$$

$$R_{\vartheta 3} = 5,5 + 1,3 + 81,51 = 88,31 \text{ МОМ.}$$

$$X_{\vartheta 3} = X_{SF3} + X_{кЛ3}, \text{ МОМ.} \quad (35)$$

$$X_{\vartheta 3} = 4,5 + 1,28 = 5,78 \text{ МОМ.}$$

«Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ» [16]:

$$R_{к1} = R_{\vartheta 1}, \text{ МОМ.} \quad (36)$$

$$R_{к1} = 32,87 \text{ МОМ.}$$

$$X_{к1} = X_{\vartheta 1}, \text{ МОМ.} \quad (37)$$

$$X_{к1} = 31,27 \text{ МОМ.}$$

$$Z_{к1} = \sqrt{R_{к1}^2 + X_{к1}^2}, \text{ МОМ.} \quad (38)$$

$$Z_{к1} = \sqrt{32,87^2 + 31,27^2} = 45,37 \text{ МОМ.}$$

$$R_{к2} = R_{\vartheta 1} + R_{\vartheta 2}, \text{ МОМ.} \quad (39)$$

$$R_{к2} = 32,87 + 23,62 = 56,48 \text{ МОМ.}$$

$$X_{к2} = X_{\vartheta 1} + X_{\vartheta 2}, \text{ МОМ.} \quad (40)$$

$$X_{к2} = 31,27 + 1,17 = 32,44 \text{ МОМ.}$$

$$Z_{к2} = \sqrt{R_{к2}^2 + X_{к2}^2}, \text{ МОМ.} \quad (41)$$

$$Z_{к2} = \sqrt{56,48^2 + 32,44^2} = 65,13 \text{ МОМ.}$$

$$R_{к3} = R_{к2} + R_{\vartheta 3}, \text{ МОМ.} \quad (42)$$

$$R_{к3} = 56,48 + 88,31 = 144,79 \text{ МОМ.}$$

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{\vartheta 3}, \text{ МОМ.} \quad (43)$$

$$X_{к3} = 32,44 + 5,78 = 38,22 \text{ мОм.}$$

$$Z_{к3} = \sqrt{R_{к3}^2 + X_{к3}^2}, \text{ мОм.} \quad (44)$$

$$Z_{к2} = \sqrt{144,79^2 + 38,22^2} = 149,75 \text{ мОм.}$$

Отношения активных и индуктивных сопротивлений схемы

$$R_{к1} / X_{к1} = 32,87 / 31,27 = 1,05.$$

$$R_{к2} / X_{к2} = 56,48 / 32,44 = 1,74.$$

$$R_{к3} / X_{к3} = 144,79 / 38,22 = 3,79.$$

Определяются ударные коэффициенты по [20, с.59, рис.1.9.1].

$$K_{y1} = F(R_k / X_k). \quad (45)$$

$$K_{y1} = F(1,05) = 1,0.$$

$$K_{y2} = F(1,74) = 1,0.$$

$$K_{y3} = F(3,79) = 1,0.$$

«Определяются 3-фазные и 2-фазные токи КЗ, а также ударные токи в расчётных точках схемы» [20].

«Значение токов трёхфазного КЗ» [19]

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{U_k}{\sqrt{3} \cdot Z_k}, \text{ кА.} \quad (46)$$

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 45,37} \cdot 10^3 = 5,09 \text{ кА.}$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 65,13} \cdot 10^3 = 3,37 \text{ кА.}$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 149,75} \cdot 10^3 = 0,85 \text{ кА.}$$

Значение ударных токов трёхфазного КЗ

$$i_{ук} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k^{(3)}, \text{ кА.} \quad (47)$$

где K_y - ударный коэффициент.

$$i_{ук1} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 5,09 = 7,18 \text{ кА.}$$

$$i_{ук2} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,37 = 4,75 \text{ кА.}$$

$$i_{ук3} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,2 \text{ кА.}$$

Значение токов двухфазного КЗ

$$I_k^{(2)} = 0,87 \cdot I_{к1}^{(3)}, \text{ кА.} \quad (48)$$

$$I_{к1}^{(2)} = 0,87 \cdot 5,09 = 4,43 \text{ кА.}$$

$$I_{к2}^{(2)} = 0,87 \cdot 3,37 = 2,93 \text{ кА.}$$

$$I_{к3}^{(2)} = 0,87 \cdot 0,85 = 0,74 \text{ кА.}$$

«Составляется схема замещения для расчета однофазных токов КЗ (графический лист 6) и определяются сопротивления схемы» [19].

Для кабельных линий

$$R_{пкЛ2} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кЛ2}, \text{ мОм.} \quad (49)$$

$$R_{пкЛ2} = 2 \cdot 0,524 \cdot 5 = 5,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{пкЛ2} = x_{0п} \cdot L_{кЛ2}, \text{ мОм.} \quad (50)$$

$$X_{пкЛ2} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{пкЛ3}} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{\text{кЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (51)$$

$$R_{\text{пкЛ3}} = 2 \cdot 7,41 \cdot 11 = 163,02 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{пкЛ3}} = x_{0\text{п}} \cdot L_{\text{кЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (52)$$

$$X_{\text{пкЛ3}} = 0,15 \cdot 11 = 1,65 \text{ мОм.}$$

Определяются сопротивления петли «фаза-ноль» ко всем точкам схемы

$$Z_{\text{п1}} = 15 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{п2}} = R_{\text{с1}} + R_{\text{пкЛ2}} + R_{\text{с2}}, \text{ мОм.} \quad (53)$$

$$R_{\text{п2}} = 15 + 5,24 + 20 = 35,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{п2}} = X_{\text{пкЛ2}}, \text{ мОм.} \quad (54)$$

$$X_{\text{п2}} = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{R_{\text{п2}}^2 + X_{\text{п2}}^2}, \text{ мОм.} \quad (55)$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{35,24^2 + 0,75^2} = 35,25 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{п3}} = R_{\text{п2}} + R_{\text{пкЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (56)$$

$$R_{\text{п3}} = 35,24 + 163,02 = 198,26 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{п3}} = X_{\text{п2}} + X_{\text{пкЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (57)$$

$$X_{\text{п3}} = 0,75 + 1,65 = 2,4 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\text{п3}} = \sqrt{R_{\text{п3}}^2 + X_{\text{п3}}^2}, \text{ мОм.} \quad (58)$$

$$Z_{\text{п3}} = \sqrt{198,26^2 + 2,4^2} = 198,27 \text{ мОм.}$$

«Значение тока однофазного короткого замыкания» [19]

$$I_{\text{кi}}^{(1)} = \frac{U_{\text{кф}}}{Z_{\text{пi}} + Z_{\text{т}} / 3}, \text{ кА.} \quad (59)$$

$$I_{\text{к1}}^{(1)} = \frac{220}{15 + 312 / 3} = 1,85 \text{ кА.}$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{35,25 + 312 / 3} = 1,57 \text{ кА.}$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{198,27 + 312 / 3} = 0,73 \text{ кА.}$$

«Все полученные в работе результаты расчёта токов КЗ заносятся в таблицу 8» [19].

Таблица 8 – Результаты расчёта токов КЗ

Точка КЗ	R _к , МОм	X _к , МОм	Z _к , МОм	R _к / X _к	K _y /q	I _к ⁽³⁾ , кА	i _y , кА	I _к ⁽²⁾ , кА	Z _п , МОм	I _к ⁽¹⁾ , кА
К1	32,87	31,27	45,37	1,05	1,0/1,0	5,09	7,18	4,43	15	1,85
К2	56,48	32,44	65,13	1,74	1,0/1,0	3,37	4,75	2,93	35,25	1,57
К3	144,79	38,22	149,75	3,79	1,0/1,0	0,85	1,20	0,74	198,27	0,73

2.7 Выбор основного оборудования и его проверка

«Выбор и проверка электрических аппаратов в работе предусматривает» [19]:

– «выбор и проверку электрических аппаратов напряжением 10 кВ (на питающей ТП-10/0,4 кВ)» [19];

– «выбор и проверку электрических аппаратов напряжением 0,38/0,22 кВ» [19] для защиты и коммутации питающей и распределительной сети предприятия.

Для защиты и коммутации питающей трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения вспомогательного цеха используются аппараты высокого напряжения, выбор которых осуществлён далее.

«В работе выбор электрических аппаратов высокого напряжения в общем виде производится по номинальным значениям напряжения и тока по и формулам» [12]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (60)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (61)$$

«Кроме того, выбранные аппараты высокого напряжения подлежат следующим проверкам по условиям отключения токов КЗ и ударных токов, а также на термическую и динамическую стойкость по условиям», приведённым ниже [12].

Для «отключающих аппаратов проводится проверка на симметричный ток отключения» [6]:

$$I_{п.т} \leq I_{отк.ном}. \quad (62)$$

«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]:

$$i_{а.т} \leq i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{отк.ном}, \quad (63)$$

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

$i_{а.ном}$ – «номинальное допускаемое значение аperiodической составляющей в отключаемом токе короткого замыкания для времени срабатывания РЗиА» [12].

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

- «по условию номинального тока отключения» [12]

$$I'' \leq I_{отк.ном}; \quad (64)$$

- «по величине ударного тока» [6]:

$$i_y \leq i_{дин.}, \quad (65)$$

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

«Проверка на термическую стойкость» [12]

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T, \quad (66)$$

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

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

Выбирается вводной выключатель для защиты объекта в РУ-10 кВ ГПП. Данные о токе трёхфазного КЗ и ударном токе на шинах 10 кВ ТП-10/0,4 кВ принимаются по данным энергосистемы.

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} = U_{сети} = 10 \text{ кВ}.$$

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{расч} = 20,2 \text{ А}.$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{к1} = 6,0 \text{ кА}.$$

$$i_{пр.скв} = 20 \text{ кА} > i_{ук1} = 15,27 \text{ кА}.$$

Принимается вакуумный выключатель высокого напряжения марки ВВ/TEL-10-20/630-У2-48 для ТП-10/0,4 кВ СЭС вспомогательного цеха [11].

Распределительное устройство 10 кВ ГПП предприятия (РУ-10 кВ) служит базовой платформой для установки данного выключателя.

Ячейки типа КРУ-10 кВ питающего РУ-10 кВ ГПП, служащие для питания, а также защиты и коммутации питающей трансформаторной подстанции системы электроснабжения вспомогательного цеха также комплектуются другими аппаратами 10 кВ (таблица 9).

Таблица 9 – Результаты выбора электрических аппаратов напряжением 10 кВ системы электроснабжения вспомогательного цеха

Наименование	Марка
Выключатель	ВВ/TEL-10-20/3600-У2-48
Предохранитель	ПК103-10-40-31,5/У3
Измерительный трансформатор тока	ТПЛ-10
Измерительный трансформатор напряжения	НАМИ-10
Ограничитель перенапряжений	ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1
Выключатель нагрузки	ВНР-10/400-10-У3

Далее проводится выбор автоматов марки ВА, которые служат для защиты и коммутации питающей и распределительной электрической сети напряжением 0,38/0,22 кВ объекта проектирования.

В схеме электроснабжения вспомогательного цеха, автоматы устанавливаются:

- в шкафах РУ-0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ;
- в шкафах ВРУ-0,4 кВ;
- в шкафах СРШ (ЩРО, ЩАО).

Автоматы выбираются по условиям, приведённым ниже.

«Номинальные токи автомата и уставки теплового расцепителя» [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (67)$$

$$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (68)$$

«Ток уставки электромагнитного расцепителя» [14]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_k, \quad (69)$$

где K_{mo} – «кратность тока отсечки» [19].

В случае, если автомат выполнен с регулируемым электромагнитным расцепителем, зависящим от уставки теплового расцепителя [19]

$$I_{y.э.p} \geq K \cdot I_{y.m.p}, \quad (70)$$

где K – «кратность тока уставки ЭМ-расцепителя» [19].

«Выбирается автомат ввода цеховой ТП-10/0,4 кВ с расчётным током, равным рабочему току силового трансформатора, установленного на ТП-10/0,4 кВ, с учётом резервирования» [14]

$$I_{p.} = 1,4 \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}. \quad (71)$$

$$I_{p.} = 1,4 \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 538,5 \text{ A.}$$

Предварительно выбирается автомат марки ВА 52-39 с $I_{ном.а} = 630 \text{ A}$ с регулируемым электромагнитным расцепителем, ток уставки которого зависит от тока уставки теплового расцепителя [14] и проводится его проверка.

Условия выбора и проверок автомата выполняются

$$I_{ном.а} = 630 \text{ A} \geq I_{p.} = 538,5 \text{ A.}$$

$$I_{y.m.p} = 630 \text{ A} \geq 1,1 \cdot 538,5 = 592,4 \text{ A.}$$

$$I_{y.э.p} = 10 \cdot 630 = 6300 \text{ A} \geq 5090 \text{ A.}$$

«Принимается автомат марки ВА 52-39 со следующими номинальными техническими параметрами, приведёнными выше» [13].

«Выбор остальных автоматических выключателей питающей сети системы электроснабжения вспомогательного цеха осуществлён аналогично (таблица 10)» [19].

Таблица 10 – Результаты выбора автоматов питающей сети вспомогательного цеха

Наименование	I_p, A	Марка автомата	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р}, A$	$I_{у.э.р}, A$
Питающая ТП-10/0,4 кВ					
Вводной	538,5	ВА 52-39	630	630	6300
Секционный	430,8	ВА 52-39	630	500	5000
ВРУ					
Вводной СШ1	229,1	ВА 53-37	250	250	2500
Вводной СШ2	207,1	ВА 53-37	250	250	2500
Секционный	184,0	ВА 53-37	250	250	2500
СРШ1	127,3	ВА 52-33	160	160	1600
СРШ2	91,3	ВА 52-33	160	125	1250
СРШ3	96,9	ВА 52-33	160	125	1250
СРШ4	49,0	ВА 52-31	100	63	630
СРШ5	50,0	ВА 52-31	100	63	630
ЩРО	19,5	ВА 52-31	100	25	250
ЩАО	2,0	ВА 52-31	100	6,3	63

Все выбранные автоматы питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ проектируемого вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] удовлетворяют условиям выбора и проверок.

Поэтому они могут быть выбраны для установки в соответствующем месте проектируемой системы электроснабжения цеха.

«Результаты выбора и проверки автоматов для защиты и коммутации распределительной сети системы электроснабжения вспомогательного цеха, полученные по аналогичной методике выбора аппаратов, приведены в таблице 11.

В таблице 11 указаны номинальные значения уставок автомата, а также его технические уставки расцепителей.

Все расчётные параметры меньше либо равны соответствующим каталожным, следовательно, выбор проведён верно.

Таблица 11 – Выбор автоматов распределительной сети вспомогательного цеха

Номер потребителя, п/п	I_p, A	Марка автомата	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р.}, A$	$I_{у.э.р.}, A$
Потребители СРШ1					
4	9,9	ВА 52-31	100	16	160
5	17,1	ВА 52-31	100	25	250
6	9,1	ВА 52-31	100	16	160
7	68,1	ВА 52-31	100	80	800
8.1	2,5	ВА 52-31	100	6,3	63
8.2	2,5	ВА 52-31	100	6,3	63
11	6,9	ВА 52-31	100	10	100
20	10,2	ВА 52-31	100	16	160
21	10,2	ВА 52-31	100	16	160
22	5,1	ВА 52-31	100	10	100
Потребители СРШ2					
15.1	3,4	ВА 52-31	100	6,3	25
15.2	3,4	ВА 52-31	100	6,3	25
16	49,7	ВА 52-31	100	63	630
17.1	12,5	ВА 52-31	100	16	160
17.2	12,5	ВА 52-31	100	16	160
18.1	2,1	ВА 52-31	100	6,3	63
18.2	2,1	ВА 52-31	100	6,3	63
19.1	2,1	ВА 52-31	100	6,3	63
19.2	2,1	ВА 52-31	100	6,3	63
Потребители СРШ3					
24.1	8,4	ВА 52-31	100	10	100
24.2	8,4	ВА 52-31	100	10	100
25.1	10,2	ВА 52-31	100	16	160
25.2	10,2	ВА 52-31	100	16	160
26.1	10,2	ВА 52-31	100	16	160
26.2	10,2	ВА 52-31	100	16	160
27	49,7	ВА 52-31	100	63	630
Потребители СРШ4					
9.1	6,9	ВА 52-31	100	10	100
9.2	6,9	ВА 52-31	100	10	100
9.3	6,9	ВА 52-31	100	10	100
10.1	6,9	ВА 52-31	100	10	100
10.2	6,9	ВА 52-31	100	10	100
10.3	6,9	ВА 52-31	100	10	100
10.4	6,9	ВА 52-31	100	10	100
12	6,9	ВА 52-31	100	10	100
Потребители СРШ5					
1	6,9	ВА 52-31	100	10	100
2	5,1	ВА 52-31	100	10	100
3	6,9	ВА 52-31	100	10	100
4.1	24,9	ВА 52-31	100	31,5	315
13	3,4	ВА 52-31	100	6,3	63
14	3,4	ВА 52-31	100	6,3	63
23	5,1	ВА 52-31	100	10	100

Все выбранные аппараты показаны в графической части работы на схеме электроснабжения вспомогательного цеха [11].

Выводы по разделу 2.

Исходя из сведений о потребителях и технологическом процессе, в работе обоснованы и внедрены следующие практические мероприятия по проектированию системы электроснабжения вспомогательного цеха, в результате чего приняты и проверены следующие технические решения:

- исходя из исходных технических данных, в работе предложена и обоснована схема электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха, которая отличается надёжностью, экономичностью и безопасностью проведения работ;
- проведены выбор и проверка трансформаторов цеховой ТП-10/0,4 кВ с учётом питания сторонних потребителей, в результате чего выбраны два силовых трансформатора марки ТМГ-250/10, которые также проверены на потребляемую мощность, а также на допустимую загрузку активной мощностью в нормальном и послеаварийном режимах;
- осуществлён выбор и проверка проводников, в результате чего выбраны для питающей кабельной линии ТП-10/0,4 кВ выбраны кабели марки АСБ-10 (3×16), а для питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ – силовые кабели с изоляцией со сшитого полиэтилена марки ПвВГ разных сечений;
- выбраны и проверены современные типы и марки электрических аппаратов напряжением 10 кВ и 0,4 кВ для установки их в соответствующих РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ на цеховой ТП-10/0,4 кВ, а также во ВРУ-0,4 кВ и СРШ объекта проектирования.

Выбор и проверка всего оборудования для проектирования системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] в работе проведён на основании полученных ранее результатов расчёта нагрузок и токов КЗ.

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Мероприятия по охране труда

Проводя анализ по охране труда, неизбежно следует указать возможные аварийные ситуации на объекте [18].

Аварийные ситуации на объекте могут возникнуть в таких случаях:

- повреждение изоляции оборудования и сетей;
- несрабатывание либо позднее срабатывание устройств релейной защиты;
- грубое нарушение установленных правил и норм технологического процесса;
- неправильные оперативные переключения в цепях электроустановок и сетей объекта;
- ввод в эксплуатацию просроченного и непроверенного оборудования и сетей;
- использование технологического оборудования и сетей не по назначению;
- нарушение правил техники безопасности и пожарной безопасности на объекте;
- прочие производственные и непроизводственные факторы.

Кроме того, актуален сейчас вопрос природоохранных ресурсов. Поэтому данную опасность также необходимо учесть на объекте.

Анализ воздействия объекта на окружающую среду заключается в проявлении следующих факторов:

- возможность утечки масла в грунт из силовых трансформаторов подстанции;
- возможное попадание на объект животных и их поражение электрическим током и дугой;

- загрязнение грунта отходами тяжёлых металлов при технологическом процессе на объекте;
- загрязнение воздуха выбросами производственной деятельности объекта;
- утечка в грунт септиков и стоков в результате непроизводственной деятельности на объекте.

Известно, что 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.

Особое внимание следует уделить средствам защиты от поражения электрическим током при работе в электроустановках.

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.

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

- применением негорючих материалов в электроустановках и негорючих 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 неплановых), 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.

3.2 Мероприятия по охране окружающей среды

При выполнении работ в системе электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11], необходимо строго соблюдать мероприятия по нормам 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;
- 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 обязательны к применению и внедрению в систему электроснабжения производства.

Экологическая безопасность на питающей ГПП и цеховой ТП системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] при нормальных стандартных условиях находится под контролем руководства, согласно правилам и нормам [17]. Законодательная база регламентирует как административную, так и уголовную ответственность за нарушение закона.

Такое развитие ситуации необходимо предусмотреть и бороться с её возникновением и возможными последствиями на законодательном уровне.

Возможный экологический риск от негативного влияния ГПП и цеховой ТП системы электроснабжения вспомогательного цеха должен быть учтён при проектировании и вводе в эксплуатацию данного объекта.

Выводы по разделу 3.

Путём проведения выборочного анализа, в работе установлены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на безопасность проведения работ, а также на факторы пожарной и экологической безопасности.

Особое внимание уделено обязанностям обслуживающего персонала системы электроснабжения производства, обеспечивающие электробезопасность и сводящие травматизм к минимальным производственным показателям.

На основании проведённого анализа, разработан комплекс мероприятий, позволяющих качественно повысить критерии безопасности жизнедеятельности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ в электроустановках и сетях системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Указанные мероприятия по технике безопасности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ на электрооборудовании и в электрических сетях, должны быть приняты и внедрены в разработанную систему системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Заключение

В результате выполнения работы разработан проект системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] при соблюдении заданных требований к надежности схемы электроснабжения и качеству электроэнергии, передаваемой потребителям.

Для реализации основной цели работы, в работе осуществлено последовательное решение следующих основных поставленных задач:

- приведён исходный анализ системы электроснабжения вспомогательного цеха, с детальным рассмотрением основных технических, экономических и организационных характеристик данного предприятия.
- детально рассмотрены и систематизированы все потребители системы электроснабжения вспомогательного цеха с учётом их расположения на территории данного цеха, а также установленной проектной мощности.
- на основании приведённых исходных данных, а также нормативных сведений и источников, в разделе обоснована необходимость и целесообразность разработки качественного проекта системы электроснабжения объекта проектирования;
- исходя из исходных технических данных, в работе предложена и обоснована схема электрических соединений системы электроснабжения вспомогательного цеха, которая отличается надёжностью, экономичностью и безопасностью проведения работ;
- проведены выбор и проверка трансформаторов цеховой ТП-10/0,4 кВ с учётом питания сторонних потребителей, в результате чего выбраны два силовых трансформатора марки ТМГ-250/10, которые также проверены на потребляемую мощность, а также на допустимую загрузку активной мощностью в нормальном и послеаварийном режимах;
- осуществлён выбор и проверка проводников, в результате чего

выбраны для питающей кабельной линии ТП-10/0,4 кВ выбраны кабели марки АСБ-10 (3×16), а для питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ – силовые кабели с изоляцией со сшитого полиэтилена марки ПвВГ разных сечений;

– выбраны и проверены современные типы и марки электрических аппаратов напряжением 10 кВ и 0,4 кВ для установки их в соответствующих РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ на цеховой ТП-10/0,4 кВ, а также во ВРУ-0,4 кВ и СРШ объекта проектирования.

– путём проведения анализа, в работе установлены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на безопасность проведения работ, а также на факторы пожарной и экологической безопасности. Особое внимание уделено обязанностям обслуживающего персонала, обеспечивающие электробезопасность и сводящие травматизм к минимальным показателям;

– на основании проведённого анализа, разработан комплекс мероприятий, позволяющих качественно повысить критерии безопасности жизнедеятельности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ в электроустановках и сетях системы электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11].

Разработанная система электроснабжения вспомогательного цеха «управления по эксплуатации зданий и сооружений ООО «Газпром трансгаз Самара»» [11] отличается надёжностью схемы электрических соединений цеховой ТП-10/0,4 кВ и цеховых ТП-10/0,4 кВ, электробезопасностью, минимумом затрат на обслуживание и ремонт, что позволяет свести межремонтный и эксплуатационный период до минимума, а также значительно повысить показатели энергоэффективности объекта проектирования, его потребителей и всей системы электроснабжения предприятия в целом.

Список используемых источников

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. М.: Форум, НИЦ ИНФРА. 2016. 416 с.
2. Виноградова А. В. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Интернет Инжиниринг, 2017. 672 с.
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартиформ, 2014. 28 с.
4. Кабели ПВВГ. [Электронный ресурс]. URL: [https://kps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-izolyacziej-iz-silanolnosshitogo-polietilena-\(1kv\)/pvvg/](https://kps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-izolyacziej-iz-silanolnosshitogo-polietilena-(1kv)/pvvg/). Дата обращения: 26.04.2022.
5. Каталог автоматических выключателей Ново Вятка. [Электронный ресурс]: URL: http://www.expoelectro.ru/netcat_files/104/42/Katalog_avtomaticheskie_vyklyuchateli_Novo_vyatka_.pdf Дата обращения: 26.04.2022.
6. Кудрин Б. И. Электроснабжение. М.: Academia, 2018. 352 с.
7. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. М.: Колос, 2016. 184 с.
8. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергоатомиздат, 2019. 382 с.
9. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001). М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2016. 208 с.
10. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник. Учеб. пособ. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. 282 с.
11. Организация ООО «Газпром трансгаз Самара». [Электронный

ресурс]. URL: <https://sbis.ru/contragents/6315000291/631601001> (дата обращения: 23.04.2022).

12. Отчетность организации ООО «Газпром трансгаз Самара» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rusprofile.ru/id/474993> (дата обращения: 23.04.2022).

13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / под общ. ред. В.В. Дрозд. 7-е изд-е. М.: Альвис, 2018. 252 с.

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

15. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонadzор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис», 2017. 256 с.

16. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012.

17. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.

18. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 464 с.

19. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: Форум, 2018. 142 с.

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