

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения временного жилого городка

Обучающийся

А. П. Артёмов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д. А. Кретов

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

Тольятти 2024

Аннотация

В работе осуществлено проектирование системы электроснабжения временного жилого городка (далее – ВЖГ) КС «Бабаевская» на объекте строительства «Развитие газотранспортных мощностей ЕСГ Северо-Западного региона, участков Грязовец – КС Славянская».

Проведён анализ исходных данных на проектирование, включающий технические сведения по основным потребителям ВЖГ, источникам его питания и энергосистеме объекта проектирования в целом.

В работе проведено решение следующих практических задач:

- реализован комплекс мероприятий по проектированию системы электроснабжения ВЖГ, включая выбор и проверку схемных решений, выбор и проверку силового трансформатора на питающей трансформаторной подстанции (далее – ТП), а также выбор рациональных сечений проводников и типономиналов электрических аппаратов;
- проведён выбор системы учёта и контроля электроэнергии на объекте проектирования;
- разработан комплекс мероприятий по обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды, с расчётом контура заземления питающей ТП.

Работа содержит 62 страницы печатного текста.

Содержание

Введение.....	4
1 Исходная характеристика технических условий объекта проектирования ...	7
1.1 Характеристика технических условий и потребителей временного жилого городка.....	7
1.2 Требования нормативных документов к проектированию систем электропитания гражданских объектов	11
2 Реализация мероприятий по проектированию системы электропитания временного жилого городка	15
2.1 Выбор схемных решений	15
2.2 Расчёт электрических нагрузок	18
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ	20
2.4 Выбор и проверка сечения проводников.....	22
2.5 Расчёт токов короткого замыкания	28
2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов	34
2.7 Выбор и проверка оборудования на ДЭС.....	40
3 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии на объекте проектирования	42
4 Мероприятия по обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды	47
4.1 Обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды на объекте.....	47
4.2 Расчёт контура заземления питающей ТП-10/0,4 кВ	54
Заключение	58
Список используемых источников.....	61

Введение

Развитие газотранспортных мощностей Единой системы газоснабжения (ЕСГ) Северо-Западного региона Российской Федерации является одним из ключевых направлений энергетической политики страны. Этот регион имеет важное стратегическое значение для газоснабжения как внутренних, так и внешних потребителей, а также для обеспечения энергетической безопасности России.

Проект «Развитие газотранспортных мощностей ЕСГ Северо-Западного региона» включает в себя комплексные мероприятия по модернизации и расширению существующих газотранспортных сетей, а также по строительству новых газопроводов и компрессорных станций.

Ключевыми целями проекта являются повышение надежности и эффективности газоснабжения, увеличение мощности газотранспортной системы, а также диверсификация маршрутов транспортировки газа.

В рамках проекта предусмотрено строительство нескольких ключевых объектов, включая газопроводы «Северный поток – 2», «Грязовец – Выборг», «Бованенково - Ухта - Торжок – 2», а также ряд компрессорных станций, в том числе КС «Бабаевская» и КС «Славянская». Эти объекты позволят увеличить экспортные поставки газа в Европу, а также обеспечить надежное газоснабжение Северо-Западного региона России.

Реализация проекта «Развитие газотранспортных мощностей ЕСГ Северо-Западного региона» будет способствовать укреплению энергетической безопасности России и Европы, а также повышению конкурентоспособности российского газа на мировом рынке.

Кроме того, этот проект создаст новые рабочие места и положительно скажется на социально-экономическом развитии региона.

Одним из необходимых объектов компрессорных станций являются временные жилые городки. Проектирование временных жилых городков на компрессорных станциях требует учета специфических требований и условий

работы на этих объектах, а также соответствия нормативным требованиям и стандартам в области строительства, безопасности и охраны окружающей среды. Проектирование включает несколько этапов, начиная с анализа потребностей персонала в жилье и вспомогательных помещениях и заканчивая выбором подходящей площадки для размещения городка.

При проектировании временных жилых городков также необходимо учитывать требования безопасности и охраны окружающей среды, включая предупреждение пожаров, аварий и чрезвычайных ситуаций, а также минимизацию влияния на окружающую среду.

Таким образом, проектирование временных жилых городков на компрессорных станциях требует комплексного подхода и учета множества факторов, чтобы обеспечить комфортные условия проживания персонала и эффективную работу строительства и эксплуатации газотранспортных мощностей.

Данный аспект обуславливают актуальность и практическую ценность настоящей работы, в которой рассматриваются и решаются данные вопросы.

В работе осуществлено проектирование системы электроснабжения ВЖГ КС «Бабаевская» на объекте строительства «Развитие газотранспортных мощностей ЕСГ Северо-Западного региона, участков Грязовец – КС Славянская». Это – основная цель настоящей работы.

Объектом исследования является система электроснабжения нового ВЖГ.

Предметом исследования выступает комплекс технико-экономических параметров и характеристик системы электроснабжения объекта исследования (надёжность, безопасность, экономичность, экологичность).

Актуальность работы обусловлена требованиями надёжности, безопасности и экономической эффективности проектирования и последующего ввода в эксплуатацию новых жилых объектов гражданской инфраструктуры [18], [20].

Работа включает несколько этапов.

На первом этапе проведён анализ исходных данных на проектирование, включающий технические сведения по основным потребителям ВЖГ, источникам его питания и энергосистеме объекта проектирования в целом.

Второй этап работы предусматривает реализацию комплекса мероприятий по проектированию системы электроснабжения ВЖГ, включая выбор и проверку схемных решений, выбор и проверку силового трансформатора на питающей трансформаторной подстанции (далее – ТП), а также выбор рациональных сечений проводников и типономиналов электрических аппаратов.

На третьем этапе проводится выбор системы учёта и контроля электроэнергии на объекте проектирования.

Заключительный этап предусматривает разработку комплекса мероприятий по обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды, с расчётом контура заземления питающей ТП.

Работа выполняется по утверждённому заданию согласно принятым исходным данным.

1 Исходная характеристика технических условий объекта проектирования

1.1 Характеристика технических условий и потребителей временного жилого городка

В работе детально рассматривается временный жилой городок на компрессорной станции (КС) «Бабаевская» является важной частью инфраструктуры, необходимой для обеспечения бесперебойной работы строительства и эксплуатации газотранспортных мощностей.

КС «Бабаевская» является одним из ключевых объектов строительства в рамках проекта «Развитие газотранспортных мощностей Единой системы газоснабжения (ЕСГ) Северо-Западного региона, участков Грязовец - КС Славянская».

Указанный проект направлен на улучшение надежности и эффективности газоснабжения региона, а также на повышение его энергетической безопасности.

КС «Бабаевская» представляет собой комплексное сооружение, которое включает в себя несколько газовых компрессорных агрегатов, а также вспомогательное оборудование и инфраструктуру.

Данный комплекс обеспечивает транспортировку газа по магистральному газопроводу, проходящему по территории Ленинградской, Новгородской и Вологодской областей [3].

Строительство КС «Бабаевская» осуществляется в соответствии с современными стандартами и требованиями в области промышленной безопасности и охраны окружающей среды.

На объекте применяются передовые технологии и оборудование, что позволяет обеспечить высокое качество строительства и надежную работу газотранспортной системы.

Завершение строительства КС «Бабаевская» и ввод ее в эксплуатацию позволят увеличить мощность газотранспортной системы Северо-Западного региона, а также повысить ее надежность и эффективность.

Это, в свою очередь, способствует устойчивому развитию экономики региона и повышению качества жизни его населения.

Роль и назначение временного жилого городка заключается в предоставлении временного жилья и необходимых условий для проживания персонала, занятого на строительстве и обслуживании КС «Бабаевская».

Это позволяет обеспечить высокую производительность труда, безопасность и комфорт персонала, а также снизить расходы на транспортировку рабочих с ближайших населенных пунктов.

Временный жилой городок, как правило, включает в себя несколько жилых модулей, оборудованных всем необходимым для комфортного проживания, а также столовую, медицинский пункт, сауну, прачечную и другие вспомогательные помещения.

Все модули и помещения оснащены необходимым оборудованием и коммуникациями, включая систему водоснабжения, канализацию, отопление, электроснабжение и связь.

Кроме того, временный жилой городок может быть использован для проведения обучения и тренингов персонала, а также для организации отдыха и досуга рабочих.

Это помогает поддерживать высокий уровень мотивации и командного духа, необходимых для успешной реализации проекта.

Таким образом, временный жилой городок на КС «Бабаевская» играет важную роль в обеспечении эффективной работы строительства и эксплуатации газотранспортных мощностей, а также в поддержании высокого уровня жизни и безопасности персонала.

Его качественное проектирование является важной задачей, которая рассматривается в данной работе.

Далее необходимо привести сведения о топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, метеорологических и климатических условиях участка, на котором будет осуществляться строительство линейного объекта.

Объект расположен в г. Бабаево Бабаевского района Вологодской области [3].

Административный центр – город Бабаево, расположен в 292 км от Вологды.

Рельеф равнинно-волнистый.

По характеру рельефа исследуемая территория представляет слабодренированную равнину, холмы и ложбины отсутствуют [3].

Абсолютные отметки на участке изысканий колеблются от 104 до 121 метров над уровнем Балтийского моря.

В геоморфологическом отношении исследуемый участок расположен в пределах Молого-Шекснинской низменности, на берегах реки Колпь (бассейн Волги) [3].

Гидрогеологические условия характеризуются наличием горизонта грунтовых вод, приуроченного к озерно-аллювиальным отложениям верхнечетвертичного возраста и болотным отложениям.

Уровень грунтовых вод формируется в весенне-осенний периоды года и зависит от снегового запаса на водосборе и количества осадков.

Почвы по большей части: пески мелкие влажные, бурого и бежевого цвета, средней плотности.

Дополнительные сведения об особых природно-климатических условиях земельного участка, предоставляемого для размещения линейного объекта, следующие [3]:

- район по весу снегового покрова – IV (2,4 кПа);
- район по гололеду – II;
- региональный коэффициент по гололеду – 1,0;
- район по ветру – I;

- региональный коэффициент по ветру – 1,0;
- район по количеству грозových часов в году – от 20 до 40 часов с грозой.

Морозное пучение грунтов носит сезонный характер, связано с сезонным промерзанием грунтов.

Территория изысканий достаточно хорошо изучена и освоена.

Деформаций оснований зданий и сооружений и других объектов, связанных с инженерно-геологическими условиями, в процессе их строительства и эксплуатации, ранее не происходило.

Территория изысканий по сейсмичности относится к умеренно опасной зоне.

Непосредственно на строительной площадке растительный покров выражен полем.

На рассматриваемом участке видовой состав травянистой растительности не представлен растениями, занесенными в красную книгу или прочие природоохранные реестры.

Далее приводятся основные технические характеристики и данные по объекту проектирования (ВЖГ).

Категория электроснабжения - III.

В состав проектируемого ВЖГ входят службы и объекты, которые предназначены для организации проживания и быта персонала, занятого на работах по строительству КС «Бабаевская».

Такие объекты создают удобства при проживании людей, организации их быта и досуга.

В работе технические данные максимальных проектных нагрузок подразделений и зданий временного жилого городка представлены в форме таблицы 1.

Таблица 1 – Технические данные максимальных проектных нагрузок подразделений и зданий временного жилого городка

Наименование подразделения (укрупнённого модуля)	Максимальная проектная нагрузка, P_m , кВт	Категория надёжности
Общежитие АУП и ИТР, 1-2 этаж, ЩР №5	100,0	III
Столовая ЩР №6	100,0	III
Прачка	50,0	III
Вагон-дом (Серверная)	20,0	III
Склады	50,0	III
Щит питания ангаров	20,0	III
Общежитие №1, ЩР №1	50,0	III
КПП	20,0	III
Общежитие №1, ЩР №2	50,0	III
Общежитие №3, ЩР №10	50,0	III
ЯУО	5,0	III
ГСМ	100,0	III
Изолятор	150,0	III
Общежитие №2, ЩР №3	50,0	III
Общежитие №2, ЩР №4	50,0	III
Общежитие №3, ЩР №9	50,0	III
Медпункт ЛГСС	20,0	III
ЩР-13 РГ-60	20,0	III
Всего проектной нагрузки потребителей	935,0	III

При дальнейшей разработке проекта системы электроснабжения временного жилого городка, необходимо учесть совокупность приведённых исходных технических данных.

1.2 Требования нормативных документов к проектированию систем электроснабжения гражданских объектов

При проектировании систем электроснабжения гражданских объектов необходимо соблюдать требования нормативных документов, которые регламентируют порядок проектирования, строительства и эксплуатации электрооборудования и электросетей.

К таким нормативным документам относятся [8], [9], [10]:

- правила устройства электроустановок (ПУЭ): данный документ является основным базовым документов электроэнергетики, который

устанавливает общие требования к проектированию, устройству, эксплуатации и ремонту электроустановок гражданских объектов. Они регламентируют порядок расчета и выбора электрооборудования, монтажа и проверки электроустановок, а также правила безопасности при эксплуатации электроустановок;

- нормы электрообеспечения (НЭО): НЭО устанавливают требования к количеству и мощности электроприемников, необходимых для обеспечения нормальной работы гражданских объектов. Они также регламентируют порядок расчета нагрузок и выбора источников электроснабжения;
- санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиНы): они устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к проектированию, строительству и эксплуатации объектов гражданского назначения. Они регламентируют порядок организации электроснабжения, электрооборудования и электросетей с учетом требований санитарно-эпидемиологического благополучия населения;
- государственные стандарты (ГОСТы) и строительные нормы и правила (СНиПы): эти документы устанавливают технические требования к проектированию, строительству и эксплуатации объектов гражданского назначения, включая электрооборудование и электросети. Они регламентируют порядок выбора и применения материалов, оборудования и конструкций, а также требования к монтажу, настройке и эксплуатации электрооборудования и электросетей.

Согласно этим нормативным документам, при проектировании систем электроснабжения гражданских объектов необходимо обеспечить [8], [9], [10]:

- надежность и бесперебойность электроснабжения;
- соответствие мощности и количества электроприемников потребностям гражданского объекта;

- соблюдение требований безопасности при эксплуатации, монтаже и ремонте электроустановок;
- соответствие санитарно-эпидемиологическим требованиям;
- соответствие техническим требованиям и стандартам;
- экономичность работы;
- оптимальность и целесообразность выбора технических решений.

В результате проведённого анализа принципа построения схем электроснабжения гражданских объектов, выделены основные подсистемы, а именно: силовая сеть (питающая и распределительная), осветительная сеть (питающая и распределительная), а также система потребления электроэнергии. Данная конфигурация представлена на рисунке 1.

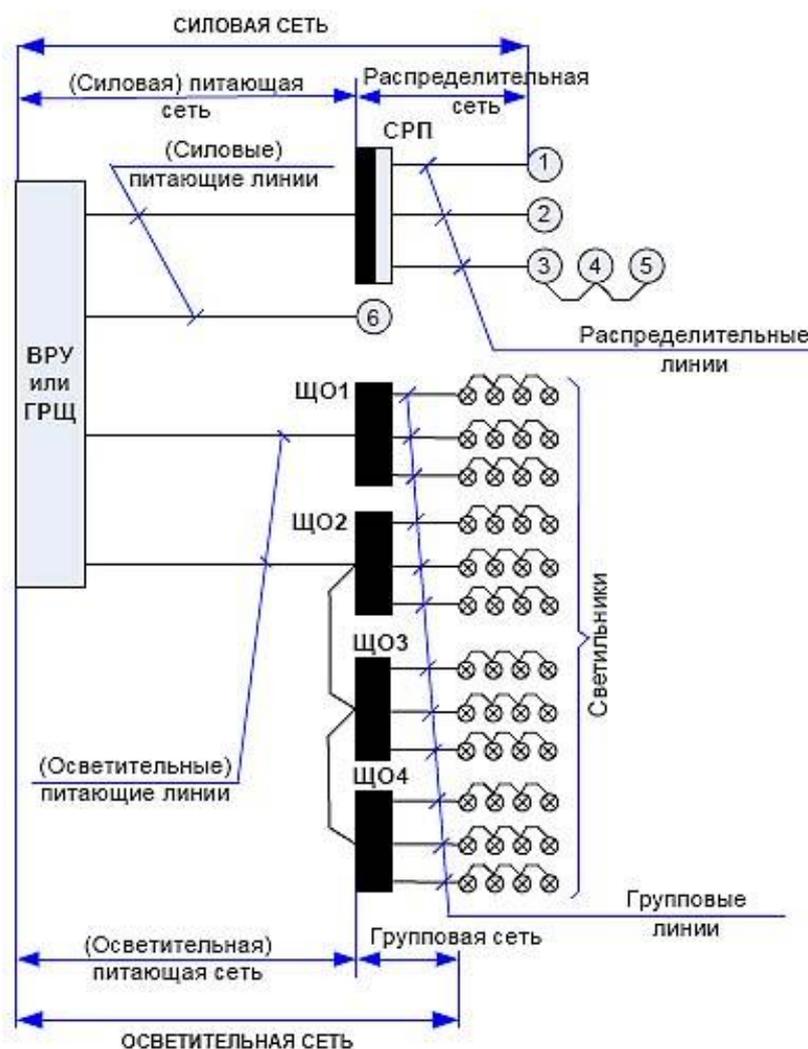


Рисунок 1 – Состав и структура уровней типичной системы электроснабжения гражданских объектов

Установлено, что при проектировании системы электроснабжения временного жилого городка, рекомендуется придерживаться структурной схемы, представленной на рисунке 1.

Выводы по разделу.

Проведён анализ исходных данных на проектирование, включающий технические сведения по основным потребителям ВЖГ, источникам его питания и энергосистеме объекта проектирования в целом.

Рассмотрены климатические и топографические условия.

«Рассмотрены основные требования нормативных документов, которые предъявляются к проектируемым системам электроснабжения гражданских объектов.

Таким образом, при дальнейшей разработке проекта системы электроснабжения временного жилого городка, необходимо учесть совокупность приведённых исходных технических данных и положений нормативных документов» [10].

2 Реализация мероприятий по проектированию системы электроснабжения временного жилого городка

2.1 Выбор схемных решений

Проводится практическая реализация мероприятий по проектированию системы электроснабжения временного жилого городка.

На основании систематизации технических данных объекта проектирования, а также анализа современных норм технологического проектирования «систем электроснабжения гражданских объектов, проводится обоснование выбора схемы электрических соединений» [5] ВЖГ.

Известно, что на выбор рациональной схемы электроснабжения проектируемого временного жилого городка оказывают влияние многочисленные факторы.

К ним относятся:

- максимальная и суммарная нагрузка потребителей,
- категория надёжности электроприёмников,
- расстояние до питающей подстанции (узла) энергосистемы,
- структура электрической сети,
- условия резервирования,
- применение секционирования,
- прочие аналогичные факторы и условия.

Для выбора рациональной питающей схемы проектируемого ВЖГ, на первом этапе необходимо определить рациональное напряжение внешнего электроснабжения.

«Для выбора величины внешнего номинального напряжения ВЖГ, предлагается использовать известную формулу Стилла» [5]:

$$U_{рац} = 4,34\sqrt{L + 16 \cdot P}, \quad (1)$$

где « L – длина питающей линии, км;

P – суммарная передаваемая мощность в сети, МВт» [5].

«По условию (1) для внешней СЭС ВЖГ» [5]:

$$U_{\text{рац}} = 4,34\sqrt{1+16\cdot 1} = 17,89 \text{ кВ.}$$

С учётом полученного значения расчётного рационального напряжения, принимается в работе номинальное напряжение 10 кВ.

Для приёма электроэнергии от энергосистемы на территории ВЖГ рационально предусмотреть питающую трансформаторную подстанцию напряжением 10/0,4 кВ (далее – ТП-10/0,4 кВ). Данная ТП получает питание от ВЛ-10 кВ «Колпь» одной линией электропередачи.

Так как «объект проектирования относится к III категории надёжности, на ТП-10/0,4 кВ устанавливается один силовой трансформатор. Его мощность определяется в работе» [5] далее на основе расчёта нагрузок.

На стороне 0,4 кВ в схеме объекта предусматриваются щиты вводные распределительные (далее – ЩВР). Они получают питание непосредственно от шин 0,4 кВ РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ.

Всего предусмотрено 4 ЩВР (ЩВР1-ЩВР4), на которые равномерно распределена нагрузка ВЖГ.

Последующее распределение электроэнергии на территории ВЖГ осуществляется от распределительных щитов 0,4 кВ (далее – ЩР и ЩО, для питания, соответственно, силовой и осветительной нагрузки).

От них непосредственно питаются потребители на напряжении 0,38/0,22 кВ.

Известно, что потребители III категории надёжности можно присоединять «в цепочку» и питать по магистральной схеме от одного источника питания [10].

Данный принцип также используется в работе для питающей и распределительной сети объекта.

Кроме того, техническим заданием на проект предусматривается резервирование питания с помощью генераторов, установленных на дизельной электростанции (далее – ДЭС).

Таким образом, будут сохраняться резервирование с применением резервных источников мощности.

Принятые схемные решения для внедрения в системе электроснабжения временного жилого городка представлены в работе на рисунке 2.

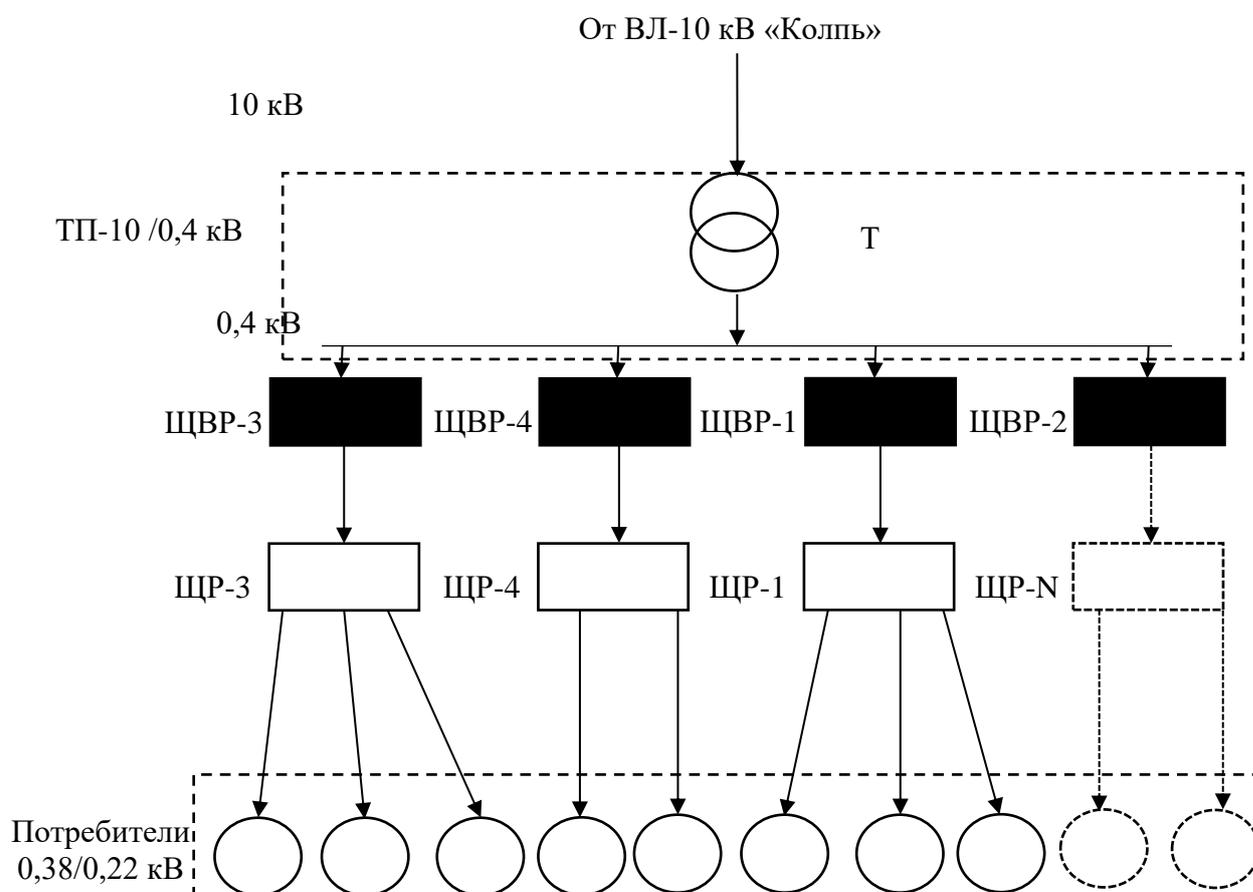


Рисунок 2 – Принятые схемные решения для внедрения в системе электроснабжения временного жилого городка

Принятые схемные решения в системе электроснабжения временного жилого городка принимаются далее за основу.

После «выбора и проверки всего основного оборудования, трансформатора и электрических сетей, схема преобразовывается в однолинейную схему ВЖГ, представленную в графической части» [5].

2.2 Расчёт электрических нагрузок

Далее в работе необходимо провести расчёт электрических нагрузок системы электроснабжения временного жилого городка.

Расчет электрических нагрузок является важным элементом проектирования и эксплуатации системы электроснабжения любого ВЖГ. Основная цель расчета заключается в обеспечении эффективной и безопасной работы электроэнергетической системы.

В основе расчета электрических нагрузок лежат максимальные проектные нагрузки ВЖГ, которые определяются на основе его технологического процесса, площади помещений, количества оборудования и других факторов. На основе этих данных проводится расчет активной и реактивной мощности, определяется коэффициент мощности и выбирается необходимое оборудование. После этого проводится проверка соответствия результатов расчета нормативным требованиям и стандартам в области электроснабжения.

«Расчет нагрузок позволяет обеспечить эффективную работу электроэнергетической системы» [5], снизить затраты на электроэнергию, обеспечить долгосрочную устойчивость и соответствие нормативным требованиям и стандартам. Расчёт проводится методом коэффициента спроса.

«Активная нагрузка объектов временного жилого городка, кВт» [6]:

$$P_p = P_n \cdot K_c, \quad (2)$$

где P_m – «максимальная проектная активная нагрузка ВЖГ, кВт;

K_c – коэффициент спроса» [6].

«Полная нагрузка, кВА» [6]:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi}. \quad (3)$$

«Реактивная нагрузка, квар» [6]:

$$Q_p = \sqrt{S_p^2 - P_p^2}. \quad (4)$$

Суммарные нагрузки ВЖГ определяется как сумма нагрузок объектов:

$$P_{p.\Sigma} = \sum P_p. \quad (5)$$

$$Q_{p.\Sigma} = \sum Q_p. \quad (6)$$

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

Групповой коэффициент мощности [6]:

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p}. \quad (8)$$

Расчёт нагрузки объектов системы электроснабжения ВЖГ проводится на примере подразделения «Общежитие АУП и ИТР, 1-2 этаж, ЩР №5» по условиям (2) – (4):

$$P_p = 100 \cdot 0,8 = 80 \text{ кВт.}$$

$$S_p = \frac{80}{0,94} = 85,1 \text{ кВА.}$$

$$Q_p = \sqrt{85,1^2 - 80^2} = 29,0 \text{ квар.}$$

Аналогичные расчёты проведены для остальных подразделений системы электроснабжения и всего объекта (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчёта электрических нагрузок ВЖГ

Наименование подразделения (укрупнённого модуля)	P_m , кВт	K_c , о.е.	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
ЩВР-3					
Общежитие АУП и ИТР, 1-2 этаж, ЩР №5	100,0	0,8	80,0	29,0	85,1
Столовая ЩР №6	100,0	0,8	80,0	29,0	85,1
Прачка	50,0	0,8	40,0	14,7	42,6
Вагон-дом (Серверная)	20,0	1,0	20,0	7,3	21,3
Склады	50,0	0,6	30,0	10,9	31,9
Щит питания ангаров	20,0	0,5	10,0	3,6	10,6
Всего по ЩВР-3	340,0	-	260,0	94,4	276,6
ЩВР-4					
Общежитие №1, ЩР №1	50,0	0,8	40,0	14,7	42,6
КПП	20,0	0,7	14,0	5,1	14,9
Общежитие №1, ЩР №2	50,0	0,8	40,0	14,7	42,6
Общежитие №3, ЩР №10	50,0	0,8	40,0	14,7	42,6
ЯУО	5,0	1,0	5,0	1,8	5,3
Всего по ЩВР-4	175,0	-	139,0	50,5	147,9
ЩВР-1					
ГСМ	100,0	0,7	70,0	25,5	74,5
Изолятор	150,0	0,7	105,0	38,1	111,7
Всего по ЩВР-1	250,0	-	175,0	63,6	186,2
ЩВР-2					
Общежитие №2, ЩР №3	50,0	0,8	40,0	14,7	42,6
Общежитие №2, ЩР №4	50,0	0,8	40,0	14,7	42,6
Общежитие №3, ЩР №9	50,0	0,8	40,0	14,7	42,6
Медпункт ЛГСС	20,0	0,7	14,0	5,1	14,9
ЩР-13 РГ-60	20,0	0,8	16,0	5,7	17,0
Всего по ЩВР-2	190,0	-	150,0	54,5	159,6
Всего нагрузки ВЖГ	955,0	-	724,0	262,7	770,2

Таким образом, в работе получены результаты расчёта нагрузок участков и всего объекта проектирования (временного жилого городка).

2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ

Выбор мощности трансформатора осуществляется по максимальной рабочей мощности с учётом загрузки активной нагрузкой питающей подстанции [5]:

$$S_{ном.т} \geq \frac{P_{р.ТП}}{K_3 \cdot N}, \text{кВА}, \quad (9)$$

где « K_3 – номинальный коэффициент загрузки трансформатора;
 N – количество трансформаторов» [7].

«Фактический коэффициент загрузки для однострансформаторной подстанции должен находиться в пределах» [7]:

$$0,65 \leq K_{зф} \leq 0,9. \quad (10)$$

По формулам выбирается мощность силового трансформатора для установки на ТП-10/0,4 кВ

С учётом нормируемого коэффициента загрузки трансформатора на подстанции с III категорией надёжности:

$$S_{ном.т} \geq \frac{724}{0,9 \cdot 1} = 804,4 \text{ кВА.}$$

Принимается к установке трансформатор марки ТМГ-1000/10 [17].

Проверка трансформатора по загрузке:

$$K_{зф} = \frac{804,4}{1000} = 0,804 \leq 0,9.$$

Так как на питающей ТП-10/0,4 кВ предусмотрена установка одного силового трансформатора, следовательно, условия резервирования в схеме будут отсутствовать, что характерно для потребителей III категории надёжности.

Таким образом, выбранный трансформатор на питающей ТП-10/0,4 В ВЖГ марки ТМГ-1000/10, принят окончательно для установки на объекте проектирования.

2.4 Выбор и проверка сечения проводников

Известно, что «схема распределительной сети зависит от категорийности потребителей по надежности электроснабжения, а также мощности нагрузки потребителей. В схеме преобладают потребители III категории» [10].

Электрическая сеть напряжением 10 кВ и 0,4 кВ ВЖГ выполнена самонесущими изолированными проводами.

Для «линии 10 кВ «Колпь», питающей силовой трансформатор ТП-10/0,4 кВ от энергосистемы, принимается провод марки СИП-3» [16].

Для линий 0,4 кВ ВЖГ принимается провода марки СИП-2 [15].

«Трасса линий выбирается так, чтобы не загромождать проезжую часть и обходится без дополнительных опор при устройстве вводов в здания.

Выбор сечения проводов ВЛ-0,4 кВ осуществляется по расчетному току с последующей проверкой выбранного сечения проводов на потерю напряжения.

По справочным данным в зависимости от расчетного тока определяют ближайшее стандартное сечение.

Это сечение приводится для конкретных условий среды и способа прокладки проводов» [4].

«Выбор провода СИП напряжением 10 кВ осуществляется по условию экономической плотности тока» [10]:

$$S_0 = \frac{I_p}{j_0}, \text{ мм}^2, \quad (11)$$

где « j_0 – экономическая плотность тока, А/мм²» [10].

Расчётный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \text{А.} \quad (12)$$

Расчётный ток определяется нагрузкой всего ВЖГ, с учётом примерной мощности трансформатора (принимается предварительно 1000 кВА):

$$I_p = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ А.}$$

$$S_э = \frac{57,8}{1,1} = 52,5 \text{ мм}^2.$$

Принимается для питающей ВЛ-10 кВ «Коль» провод СИП-3 1×70 с допустимым током 310 А [16].

Длина данной линии – 1,4 км.

В сети 0,4 кВ применяется распределение электроэнергии по магистральной схеме.

Расчет эквивалентной мощности магистрали 0,4 кВ [4]:

$$S_{э\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{yчi}^2 \cdot l_{yчi})}{\sum_{i=1}^n l_{yчi}}}, \text{кВА.} \quad (13)$$

Расчёт эквивалентного тока магистрали 0,4 кВ [4]:

$$I_{э\text{кв}} = \frac{S_{э\text{кв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \text{А.} \quad (14)$$

Провод СИП принимается к установке, если выполняется условие [4]:

$$I_{д.д.т} = I_{экв}, А. \quad (15)$$

Приводится расчета сечения СИП-2 распределительной сети 0,4 кВ на примере головного участка ЩВР-3 – «Общежитие АУП и ИТР, 1-2 этаж, ЩР №5».

В данной линии – один провод СИП и один потребитель (согласно принятой схеме).

Следовательно, расчётный ток магистрали будет определяться единственным потребителем, с учётом длины линии.

Значит:

$$S_{экв} = \sqrt{\frac{85,1^2 \cdot 1,4}{1,4}} = 85,1 \text{ кВА.}$$

Расчётный эквивалентный ток магистрали:

$$I_{экв} = \frac{85,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 129,3 \text{ А.}$$

К установке принимается провод СИП 2 сечением 95 мм² [15].

Проверка выбранного сечения выполняется:

$$370 \text{ А} \leq 129,3 \text{ А.}$$

Результаты расчета сечений для остальных участков сети 0,4 кВ, в том числе и ответвлений от основных фидеров магистралей (при их наличии в схеме), сведены в таблицу 3.

В данной таблице выбраны проводники марки СИП2.

Таблица 3 – Выбор сечений проводов сети 0,4 кВ ВЖГ

Линия	$S_{экв}, A, кВА$	$I_{экв}, A$	$I_{одт}, A$	Сечение СИП 2А
Питающая сеть 0,4 кВ				
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-3	276,6	420,3	430	3×120+1×95
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-4	147,9	224,7	430	3×120+1×95
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-1	186,2	282,9	430	3×120+1×95
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-2	159,6	242,5	430	3×120+1×95
Распределительная сеть 0,4 кВ				
ЩВР-3 – Общежитие АУП и ИТР, 1-2 этаж, ЩР №5	85,1	129,3	370	3×95+1×95
ЩВР-3 – Столовая ЩР№6	85,1	129,3	370	3×95+1×95
ЩВР-3 – Прачка Вагон-дом (Серверная) – Склады – Щит питания ангаров	106,4	163,7	430	3×120+1×95 – основная магистраль, 3×16+1×16 – ответвления
ЩВР-4 – Общежитие №1, ЩР №1 – КПП	56,5	86,9	430	3×120+1×95 – основная магистраль, 3×16+1×16 – ответвления
ЩВР-4 – Общежитие №1, ЩР №2	42,6	65,5	430	3×120+1×95
ЩВР-4 – Общежитие №3, ЩР №10	42,6	65,5	430	3×120+1×95
ЩВР-1 – Изолятор	74,5	114,6	430	3×120+1×95
ЩВР-1 – ГСМ	111,7	171,8	370	3×95+1×95
ЩВР-2 – Общежитие №2, ЩР №3	42,6	65,5	430	3×120+1×95
ЩВР-2 – Общежитие №3, ЩР №9	42,6	65,5	430	3×120+1×95
ЩВР-2 – Общежитие №2, ЩР №4 – Медпункт ЛГСС – ЩР-13 РГ-60	74,5	114,6	430	3×120+1×95 – основная магистраль, 3×16+1×16 – ответвления

«Далее выбранное сечение заменяемых проводов ВЛ-0,4 кВ проверяется по потере напряжения, при этом отклонение напряжения у наиболее удаленного электропотребителя не должно превышать $\pm 5 \%$ в нормальном режиме, и $\pm 10 \%$ в послеаварийном режиме» [10].

Расчет потерь напряжения в линиях электропередач является важной частью проектирования и эксплуатации электросетей.

Он позволяет обеспечить стабильную работу электрооборудования, предотвратить аварийные ситуации, а также оптимизировать энергетические затраты.

Целью расчета потерь напряжения в линиях электропередач является определение величины падения напряжения в результате протекания электрического тока через линию электропередачи.

При расчёте основными исходными параметрами являются рабочий максимальный ток линии (участка или всей магистрали сети), длина и номинальное напряжение линии, а также удельные активное и индуктивное сопротивление линии.

«Потери напряжения в линиях определяется по формуле» [12]:

$$\Delta U\% = \frac{I \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{ном}^2} \cdot 100, \% \quad (16)$$

где « I – рабочий максимальный ток линии (участка или всей магистрали сети), А;

L – длина линии, км;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение, кВ;

r_0 и x_0 – соответственно, удельные активное и индуктивное сопротивление, Ом/км» [12].

Проверке по потере напряжения подлежат линии 0,4 кВ питающей и распределительной сети.

«Если выбранное сечение провода не проходит проверку по падению напряжения, то принимается к установке провод большего ближайшего сечения» [12].

Подробный расчет произведен в программе Excel (в табличной форме с использованием формул).

Результаты проверки и выбор окончательных сечений линий 0,4 кВ сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Проверка сечений проводов сети 0,4 кВ ВЖГ

Линия	$L, км$	$\Delta U\%$	$I_{одт}, А$	Окончательное сечение СИП 2А
Питающая сеть 0,4 кВ				
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-3	1,4	1,12	430	3×120+1×95
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-4	1,4	1,12	430	3×120+1×95
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-1	1,4	1,12	430	3×120+1×95
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-2	1,4	1,12	430	3×120+1×95
Распределительная сеть 0,4 кВ				
ЩВР-3 – Общежитие АУП и ИТР, 1-2 этаж, ЩР №5	1,0	1,23	370	3×95+1×95
ЩВР-3 – Столовая ЩР№6	1,0	1,23	370	3×95+1×95
ЩВР-3 – Прачка Вагон-дом (Серверная) – Склады – Щит питания ангаров	2,0	2,04	430	3×120+1×95 – основная магистраль, 3×16+1×16 – ответвление
ЩВР-4 – Общежитие №1, ЩР №1 – КПП	2,0	2,04	430	3×120+1×95 – основная магистраль, 3×16+1×16 – ответвление
ЩВР-4 – Общежитие №1, ЩР №2	1,0	1,02	430	3×120+1×95
ЩВР-4 – Общежитие №3, ЩР №10	1,0	1,02	430	3×120+1×95
ЩВР-1 – Изолятор	1,0	1,02	430	3×120+1×95
ЩВР-1 – ГСМ	1,5	1,85	370	3×95+1×95
ЩВР-2 – Общежитие №2, ЩР №3	1,0	1,23	430	3×120+1×95
ЩВР-2 – Общежитие №3, ЩР №9	1,0	1,23	430	3×120+1×95
ЩВР-2 – Общежитие №2, ЩР №4 – Медпункт ЛГСС – ЩР-13 РГ-60	2,0	2,46	430	3×120+1×95

Таким образом, были определены потери в выбранных ранее линиях питающей и распределительной сети 0,4 кВ проектируемой системы электроснабжения временного жилого городка.

Во всех линиях отклонения напряжения не превышают допустимых норм, следовательно, сечение на данных линиях выбраны верно.

Сечения выбранных проводников линий 0,4 кВ и 10 кВ показаны в графической части работы.

2.5 Расчёт токов короткого замыкания

Ток короткого замыкания рассчитывается в точках, где он будет наибольшим и наименьшим. Расчёт проводится в классах напряжения 10 кВ и 0,4 кВ СЭС ВЖГ. Схема замещения для расчёта токов КЗ в сети напряжением 10 кВ представлена на рисунке 3.

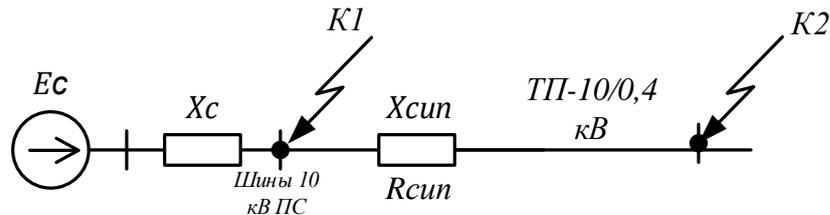


Рисунок 3 – Схема замещения участка 10 кВ

«Ток короткого замыкания на шинах РУ 10 кВ» [11] энергосистемы принимается равным $I_{кз} = 12,5$ кА (по данным энергосистемы).

Сопротивление энергосистемы [11]:

$$x_c = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot I_{кз}}, \text{ Ом}, \quad (17)$$

$$x_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 12,5} = 0,485 \text{ Ом}$$

Удельные «сопротивления линий СИП 3 1×70» [11]:

$$x = 0,312 \text{ Ом/км}, \quad r = 0,923 \text{ Ом/км}.$$

«Активные и индуктивные сопротивления линий» [11]:

$$X_{ПС-омнТП} = L_{ПС-омнТП} \cdot X_{омн.ТП}, \text{ Ом}, \quad (18)$$

$$X_{ПС-омнТП} = 1,4 \cdot 0,312 = 0,437 \text{ Ом},$$

$$X_{omnTII} = L_{omnTII} \cdot X_{omn.TII}, \text{ Ом}, \quad (19)$$

$$X_{omnTII} = 0,9 \cdot 0,312 = 0,281 \text{ Ом},$$

$$R_{IIc-omnTII} = L_{IIc-omnTII} \cdot R_{omn.TII}, \text{ Ом}, \quad (20)$$

$$R_{IIc-omnTII} = 1,3 \cdot 1 = 1,3 \text{ Ом},$$

$$R_{omnTII} = L_{omnTII} \cdot R_{omn.TII}, \text{ Ом}, \quad (21)$$

$$R_{omnTII} = 1 \cdot 0,831 = 0,831 \text{ Ом}.$$

«Полное индуктивное и активное сопротивления до характерных точек КЗ» [11]:

$$X_{\Sigma TII} = X_c + X_{IIc}, \text{ Ом}, \quad (22)$$

$$X_{\Sigma TII} = 0,485 + 0,437 = 0,922 \text{ Ом},$$

$$R_{\Sigma TII} = R_{IIc} = 1,3 \text{ Ом},$$

$$X_{\Sigma TII} = X_{\Sigma TII} + X_{II\Sigma TII}, \text{ Ом}, \quad (23)$$

$$X_{\Sigma TII} = 0,922 + 0,281 = 1,203 \text{ Ом},$$

$$R_{\Sigma TII} = R_{\Sigma TII} + R_{II\Sigma TII}, \text{ Ом}; \quad (24)$$

$$R_{\Sigma TII} = 1,3 + 0,831 = 2,131 \text{ Ом}.$$

«Периодическая составляющая тока короткого замыкания» [11]:

$$I_{IIc.K1}^{(3)} = \frac{U_{CPHH}}{\sqrt{3} \cdot X_c}, \text{ кА}, \quad (25)$$

$$I_{IIc.K1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,485} = 12,5 \text{ кА},$$

$$I_{IIc.K2}^{(3)} = \frac{U_{CPHH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma TII}^2 + X_{\Sigma TII}^2}}, \text{ кА}, \quad (26)$$

$$I_{IIc.K2}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,6} = 3,79 \text{ кА},$$

«Постоянная затухания апериодической составляющей» [11]:

$$\begin{aligned}T_{ak1} &= 0,03 \text{ с,} \\ T_{ak2} &= \frac{X_{\Sigma III77}}{\sqrt{3} \cdot R_{\Sigma III77}}, \text{ с,} \\ T_{ak2} &= \frac{0,922}{314 \cdot 1,3} = 0,0022 \text{ с,}\end{aligned} \quad (27)$$

«Коэффициент затухания апериодической составляющей» [11]:

$$\lambda_{K1} = e^{\frac{-0,01}{T_{ak1}}}, \quad (28)$$

$$\lambda_{K1} = e^{\frac{-0,01}{0,03}} = 0,716,$$

$$\lambda_{K2} = e^{\frac{-0,01}{T_{ak2}}}, \quad (29)$$

$$\lambda_{K2} = e^{\frac{-0,01}{0,0022}} = 0,0106,$$

«Ударный ток короткого замыкания, кА» [11]:

$$i_{y\partial K1} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО.K1}^{(3)} \cdot (1 + \lambda_{K1}), \text{ кА,} \quad (30)$$

$$i_{y\partial K1} = \sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot 1,716 = 30,33 \text{ кА,}$$

$$i_{y\partial K2} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО.K2}^{(3)} \cdot (1 + \lambda_{K2}), \text{ кА,} \quad (31)$$

$$i_{y\partial K2} = \sqrt{2} \cdot 3,79 \cdot 1,0106 = 5,416 \text{ кА,}$$

«Далее рассчитывается двухфазный ток короткого замыкания, он необходим при выборе средств релейной защиты и автоматики.

Ток двухфазного короткого замыкания определяется по формуле» [11]:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\kappa}^{(3)}, \text{ A.} \quad (32)$$

«Для расчётных точек КЗ» [11]:

$$I_{\kappa 1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 12,5 = 10,82 \text{ кА},$$

$$I_{\kappa 2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,79 = 3,282 \text{ кА},$$

Результаты расчета токов КЗ на стороне 10 кВ сети ВЖГ представлены в таблице 5.

Таблица 5– Результаты расчета токов КЗ на стороне 10 кВ сети ВЖГ

Точка КЗ	$I_{\kappa}^{(3)}$, кА	$I_{\kappa}^{(2)}$, кА	T_a	$k_{y\delta}$	$i_{y\delta}$, кА
К1	12,5	10,82	0,03	1,716	30,33
К2	3,79	3,28	0,0022	1,0106	5,416

Далее проводится расчёт тока трёхфазного КЗ на шинах 0,4 кВ и ток однофазного КЗ на самом дальнем РЩ, питающегося от проектируемой новой ТП-10/0,4 кВ.

Схема замещения сети представлена на рисунке 4.

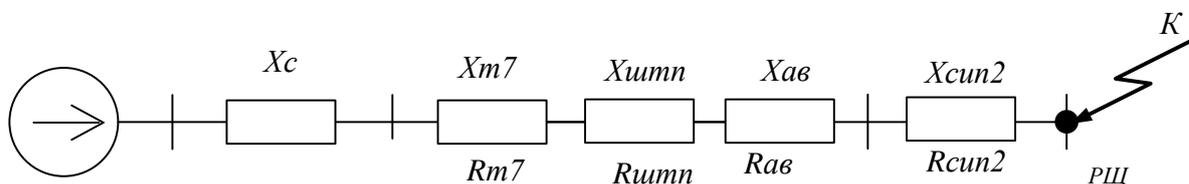


Рисунок 4 – Схема замещения сети 0,38 кВ

«Сопротивление системы, приведенное к стороне 0,4 кВ» [11]:

$$X_c = \frac{U_{cp.nh}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{k3} \cdot U_{cp.vh}^2}, \text{ Ом}, \quad (33)$$

где « I_{k3} – ток КЗ на шинах 10 кВ ТП-10/0,4 кВ, кА» [11].

$$X_c = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 2,73 \cdot 10500} = 3,223 \text{ Ом}.$$

«Для ТП с трансформатором ТМ-1000/10» [11]:

$$R_T = \frac{U_{ном}^2 \cdot \Delta P_{кз}}{S_{ном.т}^2}, \text{ Ом}, \quad (34)$$

$$R_T = \frac{0,4^2 \cdot 7,5}{1000^2} = 2,22 \text{ Ом},$$

$$Z_T = \frac{U_{ном}^2 \cdot U_k}{S_{ном.т}}, \text{ Ом}, \quad (35)$$

$$Z_T = \frac{0,4^2 \cdot 0,055}{1000} = 14 \text{ Ом},$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \text{ Ом}, \quad (36)$$

$$X_T = \sqrt{14^2 - 2,22^2} = 13,82 \text{ Ом}.$$

«Переходное сопротивление принимается $R_{пер}=15$ мОм. Активное сопротивление автоматического выключателя с учётом сопротивления контактов $R_{ав}=0,41$ мОм, реактивное сопротивление $X_{ав}=0,13$ мОм. Для шин принимаются сопротивления: $X_{шп}=0,06$ мОм, $R_{шп}=0,1$ мОм.

Суммарные сопротивления до точки КЗ» [11]:

$$X_{1сумм} = X_c + X_T + X_{шп} + X_{ав}, \text{ мОм}, \quad (37)$$

$$X_{1сумм} = 3,223 + 13,82 + 0,06 + 0,13 = 17,233 \text{ мОм},$$

$$R_{1\text{сумм}} = R_T + R_{\text{ШТП}} + R_{\text{ав}}, \text{ мОм.} \quad (38)$$

$$R_{1\text{сумм}} = 2,22 + 0,1 + 15 + 0,41 = 17,73 \text{ мОм.}$$

«Ток трехфазного КЗ в начальный момент времени в расчётной точке К (сеть 0,4 кВ)» [11]:

$$I_{\text{ПО}}^{(3)} = \frac{U_{\text{СРНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\text{сумм}}^2 + X_{1\text{сумм}}^2}}, \text{ кА.} \quad (39)$$

$$I_{\text{ПО}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 24,72} = 9,34 \text{ кА.}$$

$$T_{\text{аТП}} = \frac{X_{\Sigma\text{ТП}30\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot R_{\Sigma\text{ТП}30\text{н}}}, \text{ с.} \quad (40)$$

$$T_{\text{аТП}} = \frac{17,233}{314 \cdot 17,73} = 0,003 \text{ с.}$$

$$\lambda_{\text{ТП}} = e^{\frac{-0,01}{T_{\text{а}}}}. \quad (41)$$

$$\lambda_{\text{ТП}} = e^{\frac{-0,01}{0,003}} = 0,036.$$

«Ударный ток определяется по выражению» [11]:

$$i_{\text{удК}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО.К1}}^{(3)} \cdot (1 + \lambda_{\text{К1}}), \text{ кА.} \quad (42)$$

$$i_{\text{удК}} = \sqrt{2} \cdot 1,036 \cdot 9,34 = 13,68 \text{ кА.}$$

«Определяется ток однофазного КЗ» [11] у удаленного потребителя ТП.

Значит:

$$X_{\text{сун2}} = 0,24 \cdot 0,0802 = 19,2 \text{ мОм,} \quad (43)$$

$$R_{\text{сун2}} = 0,24 \cdot 1,111 = 266,6 \text{ мОм.}$$

Ток однофазного КЗ в начальный момент времени:

$$I_{ПО.}^{(1)} = \frac{U_{СРНН}}{\sqrt{R_{1сумм}^2 + X_{1сумм}^2}}, \text{ кА},$$
$$I_{ПО.}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{302,06^2 + 53,66^2}} = 2,25 \text{ кА}.$$

Полученные результаты используются при проверке электрических аппаратов в сети 0,4 кВ.

2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов

«В работе необходимо выбрать типоминималы электрических аппаратов напряжением 0,4 кВ и 10 кВ» [131] проектируемого ВЖГ.

Аппараты выбираются, исходя из схемы и рассчитанных ранее значений «электрических нагрузок и токов короткого замыкания в максимальном режиме» [13].

Проводится выбор и проверка аппаратов для установки их на стороне 10 кВ ТП-10/0,4 В ВЖГ.

«Электрические аппараты (ЭА) напряжением выше 1 кВ выбираются по следующим основным принципам, представленным ниже.

Выбор ЭА по номинальному напряжению и току» [13]:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}, \text{ кВ}, \quad (44)$$

где « $U_{ном.а}$ – номинальное значение напряжения электрического аппарата, кВ;

$U_{ном.с}$ – номинальное значение напряжения электрической сети (цепи), кВ» [13].

$$I_{ном.а} \geq I_p, A, \quad (45)$$

где « $I_{ном.а}$ – номинальный ток высоковольтного ЭА;

I_p – расчётный (максимальный рабочий) ток» [13].

«Проверка ЭА на коммутационную отключающую способность, то есть проверка на отключение токов короткого замыкания» [13]:

$$I_{откл} \geq I_K, кА. \quad (46)$$

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость» [13]:

$$i_{дин} \geq i_y, A. \quad (47)$$

$$I_T^2 t_T \geq I_K^2 t, A^2 \cdot c. \quad (48)$$

«Согласно схеме ТП-10/0,4 кВ, на стороне высшего напряжения питающей ТП-10/0,4 кВ устанавливается разъединитель типа РЛНД-10/400 с приводом типа ПРНЗ-10.

Технические характеристики данного вида разъединителей приведены в таблице 6» [13].

Таблица 6 - Технические характеристики разъединителей РЛНД-10/400

Наименование параметра	Значение параметра
«Номинальное напряжение и соответствующее ему наибольшее рабочее напряжение, кВ» [13]	10/12
«Номинальная частота тока, Гц» [13]	50
«Номинальный рабочий ток, А» [13]	400
«Ток динамической стойкости, кА» [13]	25
«Ток термической стойкости, кА» [13]	10
«Время протекания термической стойкости: - для главных ножей - для ножей заземления» [13]	4 1

«Выбор и проверка разъединителей осуществляется по следующим условиям:

- по номинальному напряжению;
- по номинальному току;
- по электродинамической стойкости;
- по термической стойкости.

Осуществляется проверка разъединителей на примере ТП-10/0,4 кВ с трансформатором 1000 кВА.

Ток, проходящий через разъединитель, будет следующий» [13]:

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, A, \quad (49)$$

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 A.$$

«Проверка выполняется» [13]:

$$400 A \geq 57,8 A.$$

«Условие проверки выполняется.

Проводится проверка на термическую стойкость разъединителя» [13].

Тепловой импульс:

$$B_K = 12,5^2 \cdot (0,11 + 0,003) = 17,66 \text{ кА}^2\text{с}.$$

Номинальная термическая стойкость:

$$B_K = I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 10^2 \cdot 3 = 300 \geq 17,66 \text{ кА}^2\text{с}.$$

Проверка на электродинамическую стойкость разъединителя также выполняется:

$$12,5 \text{ кА} \leq 25 \text{ кА}.$$

Таким образом, данный разъединитель марки РЛНД-10/400 с приводом типа ПРНЗ-10 подходит для установки на ТП-10/0,4 кВ ВЖГ.

«Ток плавкой вставки предохранителя определяется выражением» [14]:

$$I_{\text{пл.вст.}} \geq \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (50)$$

где « $S_{\text{тр}}$ – номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети» [14].

«Ток плавкой вставки округляется до ближайшего стандартного значения в большую сторону.

Для трансформатора 1000 кВА, установленного на ТП-10/0,4 кВ» [14]:

$$I_{\text{пл.вст.}} = 60 \text{ А} \geq \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 57,8 \text{ А}.$$

Проверка по отстройке от броска тока нагрузки на шинах 10 кВ ТП-10/0,4 кВ:

$$I_{\text{г}} \geq 1,25 \cdot 57,8 = 72,25 \text{ А}. \quad (51)$$

Полученное значение тока плавкой вставки, округляется до ближайшего стандартного значения 80 А. Принимается к установке кварцевый токоограничивающий предохранитель типа ПКТ-102-80.

Время срабатывания выбранной плавкой вставки должно обеспечивать термическую стойкость трансформатора [14]:

$$t_{TY} = \frac{1500}{[I_{K2}^{(3)}]^2} \cdot I_{mp.n}^2 \leq 5 \text{ с}, \quad (52)$$

$$t_{T.Y.} = \frac{1500}{1250^2} \cdot 80^2 = 4,968 \leq 5 \text{ с}.$$

Выбор автоматов осуществляется по условию:

$$I_{н.р.} > I_p, \text{ А}, \quad (53)$$

где « I_p – максимальный рабочий ток» [19].

«Расчет приведен на примере вводного автомата ТП-10/0,4 кВ» [14].

$$I_p = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443,4 \text{ А}.$$

К установке принимается автоматический выключатель серии ВА55-43 с $I_{н.а.} = 1600 \text{ А}$, $I_{н.р.} = 1600 \text{ А}$ [1].

Проверяется номинальный ток теплового расцепителя выключателя:

$$I_{н.р.} = 1600 \text{ А} \geq I_p = 1443,4 \text{ А}.$$

Определяется ток срабатывания МТЗ полупроводникового расцепителя (в зоне токов перегрузки):

$$I_{с.п.р} = 1,25 \cdot I_{н.р} = 1,25 \cdot 1600 = 2000 \text{ А}. \quad (54)$$

Проверяется чувствительность МТЗ:

$$K_q = \frac{I_{K2}^{(2)}}{I_{c.n.p}} \geq 1,5, \quad (55)$$

$$K_q = \frac{3280}{2000} = 1,64 \geq 1,5.$$

Условие выполняется.

Следовательно, предварительно принятый автоматический выключатель марки ВА-55-43 подходит в качестве вводного автомата для ТП-10/0,4 кВ. Аналогично рассчитаны и выбраны автоматические выключатели для защиты питающей и распределительной сети.

Результаты их расчета, выбора и проверки приведены в работе в форме таблицы 7.

Таблица 7 – Выбор автоматических выключателей

Линия	I_p, A	Марка	$I_{н.а.}, A$	$I_{н.р.}, A$	$I_{c.n.p.}, A$
Автомат ввода ТП-10/0,4 кВ	1443,4	ВА 55-43	1600	1600	2000
Питающая сеть 0,4 кВ					
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-3	420,3	ВА51-39	630	500	630
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-4	224,7	ВА51-35	250	250	300
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-1	282,9	ВА51-39	400	300	400
ТП-10/0,4 кВ – ЩВР-2	242,5	ВА51-35	250	250	300
Распределительная сеть 0,4 кВ					
ЩВР-3 – Общежитие АУП и ИТР, 1-2 этаж, ЩР №5	129,3	ВА88-35	160	160	200
ЩВР-3 – Столовая ЩР№6	129,3	ВА88-35	160	160	200
ЩВР-3 – Прачка Вагон-дом (Серверная) – Склады – Щит питания ангаров	163,7	ВА88-35	250	200	250
ЩВР-4 – Общежитие №1, ЩР №1 – КПП	86,9	ВА88-33	100	100	160
ЩВР-4 – Общежитие №1, ЩР №2	65,5	ВА88-33	100	100	160
ЩВР-4 – Общежитие №3, ЩР №10	65,5	ВА88-33	100	100	160
ЩВР-1 – Изолятор	114,6	ВА88-35	160	160	200
ЩВР-1 – ГСМ	171,8	ВА51-35	250	250	300
ЩВР-2 – Общежитие №2, ЩР №3	65,5	ВА88-33	100	100	160
ЩВР-2 – Общежитие №3, ЩР №9	65,5	ВА88-33	100	100	160
ЩВР-2 – Общежитие №2, ЩР №4 – Медпункт ЛГСС – ЩР-13 РГ-60	114,6	ВА88-35	160	160	200

Все выбранные аппараты напряжением 0,4 кВ показаны в графической части работы.

2.7 Выбор и проверка оборудования на ДЭС

Ранее в работе было указано, что техническим заданием на проект предусматривается резервирование питания с помощью генераторов, установленных на дизельной электростанции (ДЭС). Генераторы ДЭС используются как «холодный резерв», т.е. в нормальном режиме не работают, а являются аварийными генерирующими устройствами. Таким образом, будут сохраняться резервирование с применением резервных источников мощности.

В работе необходимо выбрать и проверить номинальные мощности генераторов ДЭС. Выбор и проверка проводится по условию:

$$P_{ном.з.} > P_{р.}, кВт, \quad (56)$$

где $P_{ном.з.}$ – расчётная нагрузка секции ЩВР, которую питает генератор;

$P_{р.}$ – расчётная нагрузка секции ЩВР, которую питает генератор.

Таким образом, номинальная мощность генератора ДЭС, питающего секцию ЩВР-3:

$$P_{ном.з.} > P_{р.}, кВт.$$

Кроме того, по методике, приведённой ранее в работе, выбираются кабели, питающие данные генераторы ДЭС. Результаты расчётов сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты выбора генераторов и кабелей ДЭС временного жилого городка

Наименование секции ЩВР	$P_{р.}$, кВт	$P_{ном.з.}$, кВт	Марка и сечение кабеля
ЩВР-3	260,0	416	КГТП-ХЛ 4×95
ЩВР-4	139,0	220	КГТП-ХЛ 4×95
ЩВР-1	175,0	220	КГТП-ХЛ 4×95
ЩВР-2	150,0	220	КГТП-ХЛ 4×95

Все принятые решения отражены в графической части работы.

Выводы по разделу.

В работе получены результаты расчёта нагрузок участков и всего объекта проектирования (временного жилого городка). Проведён расчёт токов трёхфазного короткого замыкания на шинах питающей ТП-10/0,4 кВ в максимальном и минимальном режимах, а также значений ударных и однофазных токов короткого замыкания. Для приёма электроэнергии от энергосистемы на территории ВЖГ рационально предусмотреть питающую трансформаторную подстанцию напряжением 10/0,4 кВ (далее – ТП-10/0,4 кВ). Данная ТП получает питание от ВЛ-10 кВ «Колпь» одной линией электропередачи. Так как объект проектирования относится к III категории надёжности, на ТП-10/0,4 кВ устанавливается один силовой трансформатор марки ТМГ-1000/10. Его мощность выбрана и проверена в работе на основе расчёта электрических нагрузок. На стороне 0,4 кВ в схеме объекта предусматриваются ЩВР. Они получают питание непосредственно от шин 0,4 кВ РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ. Всего предусмотрено 4 ЩВР (ЩВР1-ЩВР4), на которые равномерно распределена нагрузка ВЖГ. Последующее распределение электроэнергии на территории ВЖГ осуществляется от распределительных щитов 0,4 кВ, необходимых для обеспечения питания силовой и осветительной нагрузки. Кроме того, техническим заданием на проект предусматривается резервирование питания с помощью генераторов, установленных на ДЭС. Генераторы ДЭС используются как «холодный резерв», т.е. в нормальном режиме не работают, а являются аварийными генерирующими устройствами. Таким образом, будут сохраняться резервирование с применением резервных источников мощности. В работе выбраны номинальные мощности генераторов ДЭС, а также марки и сечения кабельных линий, которые их питают. Выбраны и проверены сечения проводников питающей линии 10 кВ марки СИП 3 (1×70), а также сечения всех питающих линий напряжением 0,4 кВ с ответвлениями. Принятые решения проверены соответствующими расчётами.

3 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии на объекте проектирования

Выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения временного жилого городка (ВЖГ) является важным аспектом обеспечения эффективного и безопасного энергоснабжения.

Такая система учёта и контроля позволяет отслеживать потребление электроэнергии, выявлять неисправности и сбои, а также контролировать работу электрооборудования.

При выборе системы учёта и контроля электроэнергии необходимо учитывать следующие факторы [19]:

- строительные нормы и правила (СНиПы) и другие нормативные документы, регламентирующие требования к системам электроснабжения ВЖГ;
- особенности проектирования и эксплуатации системы электроснабжения ВЖГ, в частности, тип и мощность источников электроэнергии, наличие резервных источников питания, количество и мощность электроприемников, нагрузку на сеть;
- требования к точности и детализации учёта электроэнергии, в частности, необходимость отслеживания потребления электроэнергии по отдельным потребителям, наличие систем учета реактивной мощности и прочие аналогичные требования.

На основе этих факторов, можно выбрать одну из следующих систем учёта и контроля электроэнергии для её применения на объекте исследования, а именно:

- система учёта электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии. Такая система позволяет отслеживать потребление электроэнергии по отдельным потребителям, а также контролировать работу электрооборудования. Счетчики электроэнергии могут быть механическими, электронными или комбинированными;

- система учёта электроэнергии на основе измерительных преобразователей. Такая система позволяет отслеживать потребление электроэнергии с высокой точностью, а также контролировать работу электрооборудования. Измерительные преобразователи могут быть токовыми, напряженными или комбинированными;
- система контроля качества электроэнергии. Такая система позволяет отслеживать параметры электроэнергии, такие как напряжение, ток, коэффициент мощности и т.д., а также выявлять неисправности и сбои в системе электроснабжения. Система контроля качества электроэнергии может быть реализована на основе специализированных измерительных приборов или программного обеспечения.

Выбор конкретной системы учёта и контроля электроэнергии зависит от конкретных требований и условий эксплуатации системы электроснабжения ВЖГ.

Важно учесть все факторы и выбрать наиболее подходящую систему, которая обеспечит эффективный и безопасный учет и контроль электроэнергии.

В работе для применения на объекте предложено выбрать первый вариант, то есть систему учёта электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии. Такая система имеет ряд преимуществ.

Преимущества АСКУЭ на основе счётчиков электроэнергии заключается в следующем [19]:

- простота установки и эксплуатации: счетчики электроэнергии (далее – ЭЭ) легко устанавливаются и не требуют специального обслуживания;
- точность измерений: счетчики ЭЭ обеспечивают высокую точность измерений, что позволяет отслеживать потребление электроэнергии с высокой степенью детализации;

- возможность контроля потребления электроэнергии по отдельным потребителям: современные счетчики позволяют отслеживать потребление электроэнергии по отдельным потребителям, что важно для контроля расходов на электроэнергию;
- доступность и низкая стоимость: счетчики ЭЭ широко доступны на рынке и имеют относительно низкую стоимость по сравнению с другими системами учета электроэнергии.

Таким образом, выбор система учета и контроля электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии является надежным и эффективным решением для применения в проектируемой системе ВЖГ.

В работе выбирается АСКУЭ на базе современных электронных счётчиков «Меркурий 230 ART».

АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии) на базе современных электронных счетчиков «Меркурий 230 ART» имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными системами учета электроэнергии [2]:

- высокая точность измерений, что позволяет точно отслеживать потребление электроэнергии и оптимизировать расходы на электроэнергию;
- удаленный сбор данных, что значительно упрощает процесс считывания показаний и снижает риск ошибок при считывании;
- возможность мониторинга в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения в потреблении электроэнергии и предотвращать перегрузки системы электроснабжения;
- высокая надежность, что обеспечивает стабильную работу системы учета электроэнергии в течение длительного периода времени;
- широкие возможности по анализу данных, что позволяет выявлять тенденции и прогнозировать изменения в потреблении электроэнергии;
- соответствие нормативным требованиям.

В целом, АСКУЭ на базе современных электронных счетчиков «Меркурий 230 ART» является надежным и эффективным решением для автоматизации процесса коммерческого учета электроэнергии.

Она предоставляет широкие возможности для мониторинга и анализа потребления электроэнергии, повышает точность измерений и снижает риск ошибок при считывании показаний [2].

Внешний вид данного счётчика и модема, необходимого для применения в системе АСКУЭ ВЖГ, представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Внешний вид счётчика «Меркурий 230 ART» и модема, необходимого для применения в системе АСКУЭ ВЖГ

Таким образом, выбор данной АСКУЭ для применения на объекте проектирования обоснована.

Схема АСКУЭ, выполненная на базе данного счётчика, представлена в графической части работы.

Выводы по разделу.

В результате проведённого анализа наиболее перспективных современных моделей (марок) систем контроля и учёта электроэнергии, для применения в качестве в проектируемой системе электроснабжения временного жилого городка рекомендовано использовать систему учёта электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии.

Установлено, выбор система учета и контроля электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии является надежным и эффективным решением для применения в проектируемой системе ВЖГ.

В работе предложена АСКУЭ на базе современных электронных счётчиков «Меркурий 230 ART».

Установлено, что данная система имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными системами учета электроэнергии. Следовательно, её выбор для применения на данном объекте, обоснован.

4 Мероприятия по обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды

4.1 Обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды на объекте

Известно, что организация процесса обеспечения мероприятий по безопасности труда при выполнении работ в системе электроснабжения ВЖГ предполагает необходимость разработки и строгого соблюдения необходимых инструкций по охране труда. Эти инструкции должны детально охватывать каждый этап операций, предоставляя работникам четкие рекомендации и требования в отношении безопасности [8].

На основании данных инструкций, предполагается чёткое разделение мероприятий по виду их происхождения и степени влияния на полученный результат. Кроме того, все работники должны быть обучены и соблюдать требования по предотвращению различных опасностей.

Регулярные проверки знаний и умений являются важными аспектами, направленными на предотвращение потенциальных рисков при работе с опасностями на рабочем месте.

Совершенствование базы знаний является одним из необходимых инструментов, обеспечивающим чёткое понимание и организацию работы в электроустановках системы электроснабжения ВЖГ. Этот важнейший аспект способствует повышению навыков работников всех направлений.

Также при рассмотрении вопроса охраны труда следует особое внимание уделить периодичности и качеству проведения инструктажей персонала.

Таким образом, при выполнении указанных мероприятий по охране труда значительно повысится эффективность выполняемых работ со стойким снижением аварийности и несчастных случаев в системе электроснабжения ВЖГ.

Известно, что соблюдение мероприятий по электробезопасности является одной из важнейших аспектов охраны труда.

Эти мероприятия по своему назначению разделяются на профилактические, организационные и технические.

Каждая группа имеет свои цели и задачи по предупреждению и недопущению поражения электрическим током электротехнического персонала при выполнении работ.

Первой группой являются профилактические мероприятия, основная цель которых – предупреждение несчастных случаев, возникающих при поражении электрическим током не только обслуживающего электротехнического персонала при работе в электроустановках, но и всех людей, находящихся на объекте в целом.

Профилактические мероприятия являются основой для недопущения травматизма.

К ним относятся, например, установка информационных защитных средств, надписей, блокировок и плакатов, запирающие электроустановки на замки, установка сигнализации, индикаторов появления напряжения на корпусах оборудования, а также чувствительной релейной защиты и автоматики в электроустановках.

Следующие две группы мероприятий (организационные и технические) применяются в основном при непосредственной организации и выполнении работ электротехнического персонала в действующих электроустановках.

При выполнении работ в системе электроснабжения ВЖГ, организационные мероприятия по электробезопасности играют ключевую роль в обеспечении безопасности персонала и предотвращении возможных аварийных ситуаций.

Эти мероприятия включают в себя разработку и строгое соблюдение процедур и правил работы с электрооборудованием, обучение персонала правилам безопасности и применению средств индивидуальной защиты, а

также организацию контроля за соблюдением требований электробезопасности на рабочем месте.

Важной составляющей является также анализ и оценка рисков, связанных с выполнением конкретных работ, и разработка соответствующих мер по их минимизации.

Кроме того, необходимо учитывать обеспечение оборудования и инструментов, соответствующих нормам и стандартам безопасности, регулярное техническое обслуживание и проверку состояния электрооборудования, а также проведение анализа происшедших инцидентов с целью выявления причин и разработки мер по их предотвращению в будущем.

Таким образом, организационные мероприятия по электробезопасности в системе электроснабжения ВЖГ направлены на создание безопасной и надежной рабочей среды, минимизацию рисков и обеспечение защиты здоровья и жизни работников.

Технические мероприятия по электробезопасности при выполнении работ в системе электроснабжения ВЖГ включают применение качественного и сертифицированного электрооборудования, использование защитных устройств, таких как дифференциальные автоматы и предохранители, установку средств защиты от перенапряжений, регулярное техническое обслуживание и проверку состояния электрооборудования, а также применение средств автоматизации и дистанционного мониторинга.

Эти мероприятия направлены на обеспечение безопасности персонала и предотвращение возможных аварийных ситуаций в системе электроснабжения ВЖГ [8].

Технические средства и способы защиты от поражения током в электрических сетях ВЖГ, представлены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Технические средства и способы защиты от поражения током в электрических сетях ВЖГ

Мероприятия по электробезопасности также обязательно должны быть отражены в должностных обязанностях электротехнического персонала [8].

Установлено, что пожарная безопасность в системе электроснабжения ВЖГ не менее важна, чем электробезопасность. Она необходима для обеспечения безопасности людей (как живущих, так и работающих в данной системе электроснабжения), а также для сохранности имущества. При несоблюдении норм пожарной безопасности возможно возгорание жилых объектов ВЖГ, что может повлечь за собой непоправимые последствия.

«Пожарная безопасность ВЖГ обеспечивается применением и непосредственным использованием следующих основных противопожарных мероприятий» [9]:

- выбор и применение средств защиты, необходимых для автоматического отключения электрической цепи при коротком замыкании и перегрузке;
- регулярный осмотр и обслуживание электроустановок, что поможет выявить и устранить возможные дефекты и поломки, а также

- устранить возможные искрения контактов и прочие дефекты, приводящие к пожару в случае их игнорирования;
- применение качественных материалов и изделий, соответствующих стандартам пожарной безопасности.
- оснащение помещений средствами пожарной сигнализации, включая надёжные датчики дыма и температуры, которые в случае возникновения пожара активируют пожарную сигнализацию;
- поддержание территории ВЖГ (включая электроустановки всех классов напряжения) в полной чистоте;
- организация утилизации и недопущения возгорания отработанных материалов, поддерживающих горение (промасленная ветошь, бумага, ёмкости из-под горючих веществ и прочее);
- соответствующее обучение персонала основам пожарной безопасности, регулярное проведение пожарных учений и тренировок.

С точки зрения пожаробезопасности, наибольшую опасность в системе электроснабжения ВЖГ представляют силовые трансформаторы питающей ПС-10/0,4 кВ. Таким образом установлено, что соблюдение правил и норм электробезопасности и пожарной безопасности в системе электроснабжения ВЖГ позволит предотвратить несчастные случаи и аварийные ситуации на данном объекте.

В системе электроснабжения ВЖГ экологическая безопасность достигается применением следующих основных принципов [8]:

- применение современных технологий и материалов, обеспечивающих высокую теплоизоляцию здания ВЖГ, что значительно снижает потребление энергии на отопление и кондиционирование;
- использование экологически чистых материалов при строительстве ВЖГ, так как согласно современным требованиям, строительные материалы не должны выделять вредные вещества в окружающую среду и внутренние помещения;

- установка в системе жизнеобеспечения ВЖГ современных сантехнических систем, позволяющих экономить воду, и использование систем переработки и повторного использования воды (как питьевой, так и технической);
- озеленение прилегающей территории ВЖГ, создание вертикальных садов и крыш с растительностью, что значительно улучшает микроклимат вокруг зданий, а также улучшает внешний вид всего объекта;
- применение эффективной системы для сбора и утилизации бытовых отходов;
- минимизация шумового загрязнения, использование звукоизоляционных защитных материалов, которые способны качественно снизить уровень шума в жилых помещениях;
- применение современных систем вентиляции и комплексного кондиционирования: известно, что такие эффективные системы обеспечивают поступление чистого воздуха внутрь помещений и значительно уменьшают концентрацию различных загрязняющих веществ;
- устойчивость к природным катастрофам: все системы жизнеобеспечения ВЖГ должны быть спроектированы таким образом, чтобы минимизировать риски при землетрясениях, наводнениях и других стихийных бедствиях;
- интеграция возобновляемых источников электроэнергии: использование солнечной энергии, а также энергии ветра, способно снизить зависимость от традиционных источников электроэнергии, в том числе, при аварии в сетях энергосистемы. Таким образом, для потребителей ВЖГ будет обеспечена чистая электроэнергия с учётом дополнительного резервирования.

Также существуют экологические проекты для жилых гражданских объектов, наиболее интересными из которых являются проект по переработке

сточных отходов (рисунок 7) и проект по переработке и утилизации мусора (рисунок 8).

Некоторые аспекты данных проектов можно также использовать в данной работе в системах жизнеобеспечения ВЖГ.

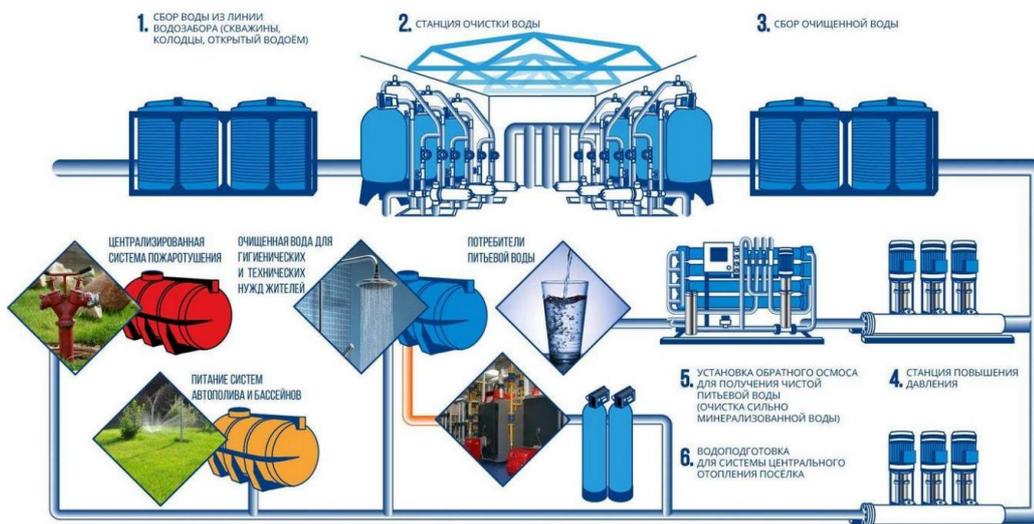


Рисунок 7 – Экологический проект по переработке сточных вод для жилых гражданских объектов

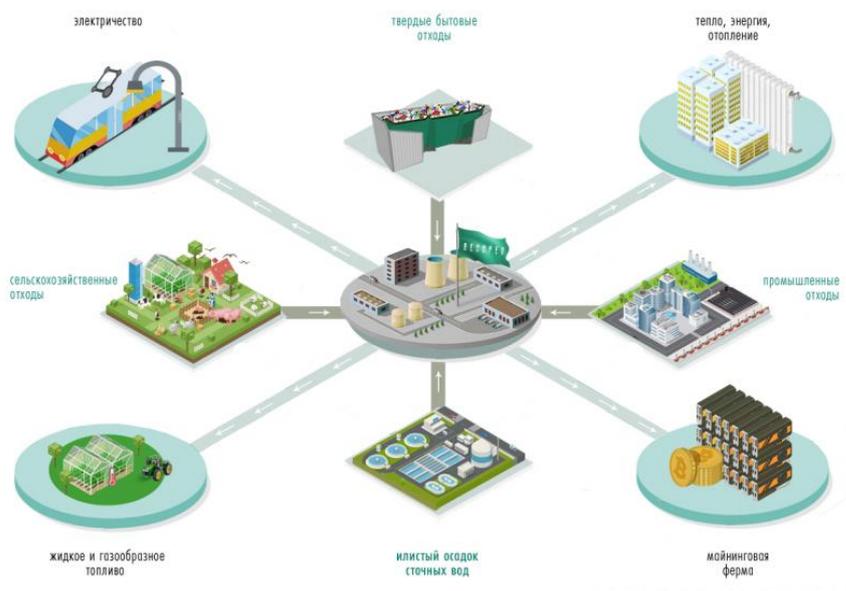


Рисунок 8 – Экологический проект по переработке мусора для жилых гражданских объектов

Указанные мероприятия по обеспечению экологической безопасности могут быть рекомендованы к внедрению в СЭС ВЖГ.

4.2 Расчёт контура заземления питающей ТП-10/0,4 кВ

Заземление электрической части оборудования представляет собой намеренное соединение этой части с заземляющим устройством для поддержания низкого потенциала и обеспечения нормальной работы элементов системы.

Требования к заземлению, установленные нормативными документами, включают в себя сопротивление заземляющего устройства, которое не должно превышать 0,5 Ом в любое время года, включая сопротивление естественных заземлителей.

«Расчет контура заземления выполняется с учетом удельного электрического сопротивления грунта, которое в данном случае составляет 150 Ом·м.

При этом, учитывая, что удельное сопротивление земли более 100 Ом·м, сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом.

В качестве естественного заземлителя будет использована металлическая конструкция, частично заглубленная в землю.

Заземлитель будет выполнен из вертикальных электродов из водогазопроводной трубы длиной 3 метра и диаметром 32 мм.

Верхние концы этих электродов будут соединены с помощью горизонтального электрода из стальной полосы сечением 4×40 мм и длиной 5 метров, уложенной в землю на глубине 0,8 метра.

Глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли составит 0,7 метра» [10].

Таким образом, заземление электрической части оборудования является важным элементом обеспечения безопасности и надежности работы системы.

Соблюдение требований к заземлению, установленных в нормативных документах, и правильный расчет контура заземления позволят поддерживать низкий потенциал заземленных частей системы и предотвратить возможные аварийные ситуации.

«Сопротивление грунта (расчетное)» [10]:

$$\rho_p = k_c \cdot k_1 \cdot \rho_{изм}, \quad (57)$$

где « k_c, k_1 – соответственно, коэффициент сезонности и коэффициент, учитывающий, при какой влажности грунта производились измерения;

$\rho_{изм}$ – удельное сопротивление грунта, Ом·м» [10].

«Сопротивление одного круглого стержня, погруженного вертикально в землю, определяется по формуле» [10]:

$$R_v = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi L} \cdot \left(\ln \frac{2L}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right), \quad (58)$$

где « L – длина электрода, м;

d – диаметр электрода, м;

t – заглубление заземлителя (расстояние от поверхности земли до середины заземлителя), м» [10].

«Расчетное сопротивление растеканию горизонтального электрода» [10]:

$$R_z = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi L} \cdot \ln \frac{L_z^2}{0,5 \cdot b \cdot t}, \quad (59)$$

где « L_z – длина всего электрода, м;

b – ширина электрода, м;

t – глубина залегания электрода, м» [10].

«Сопротивление группового заземлителя» [10]:

$$R_{зр} = \frac{R_{\epsilon} \cdot R_{\zeta}}{R_{\epsilon} \cdot \eta_{\zeta} + n \cdot R_{\zeta} \cdot \eta_{\epsilon}}, \quad (60)$$

где « n – количество вертикальных электродов;

η_{ϵ} – коэффициент использования вертикального электрода;

η_{ζ} – коэффициент использования горизонтального электрода» [10].

«Расчетное сопротивление контура» [10]:

$$\rho_p = 1,6 \cdot 1 \cdot 150 = 240 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

«Находится сопротивление одного вертикального электрода, длина его принимается равной 3 м» [10]:

$$R_{\epsilon} = \frac{240}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,032} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 1,8 + 3}{4 \cdot 1,8 - 3} \right) = 31,44 \text{ Ом}.$$

«Для горизонтального электрода» [10]:

$$\rho_p = 1,6 \cdot 1 \cdot 50 = 80 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

$$R_{\zeta} = \frac{80}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \cdot \ln \frac{50^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,8} = 3,05 \text{ Ом}.$$

«Сопротивление группового заземлителя» [10]:

$$R_{зр} = \frac{31,44 \cdot 3,05}{31,44 \cdot 0,69 + 3,05 \cdot 8 \cdot 0,79} = 2,34 \text{ Ом}.$$

Расчетное сопротивление группового заземлителя соответствует требованиям ($R_{гр} \leq 4 \text{ Ом}$) [10].

Следовательно, проектируемый контурный заземлитель для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ, состоящий из 8 вертикальных электродов и горизонтального заземлителя длиной 5 м, может быть принят к установке.

Выводы по разделу.

Описаны мероприятия по безопасности проведения работ в проектируемой СЭС ВЖГ.

Рассмотрены и выбраны наиболее рациональные мероприятия по обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды на объекте исследования.

Рассчитан «контурный заземлитель для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ, состоящий из 8 вертикальных электродов и горизонтального заземлителя длиной 5 м, который удовлетворяет всем требованиям и может быть принят к установке» [10].

Заключение

В работе осуществлено проектирование системы электроснабжения временного жилого городка КС «Бабаевская» на объекте строительства «Развитие газотранспортных мощностей ЕСГ Северо-Западного региона, участков Грязовец – КС Славянская».

Проведён анализ исходных данных на проектирование, включающий технические сведения по основным потребителям ВЖГ, источникам его питания и энергосистеме объекта проектирования в целом.

Рассмотрены климатические и топографические условия.

В работе получены результаты расчёта нагрузок участков и всего объекта проектирования (временного жилого городка).

Проведён расчёт токов трёхфазного короткого замыкания на шинах питающей ТП-10/0,4 кВ в максимальном и минимальном режимах, а также значений ударных и однофазных токов короткого замыкания.

Для приёма электроэнергии от энергосистемы на территории ВЖГ рационально предусмотреть питающую трансформаторную подстанцию напряжением 10/0,4 кВ.

Данная ТП получает питание от ВЛ-10 кВ «Колпь» одной линией электропередачи.

Так как объект проектирования относится к III категории надёжности, на ТП-10/0,4 кВ устанавливается один силовой трансформатор марки ТМГ-1000/10.

Его мощность выбрана и проверена в работе на основе расчёта электрических нагрузок.

На стороне 0,4 кВ в схеме объекта предусматриваются ЩВР.

Они получают питание непосредственно от шин 0,4 кВ РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ.

Всего предусмотрено 4 ЩВР (ЩВР1-ЩВР4), на которые равномерно распределена нагрузка ВЖГ.

Последующее распределение электроэнергии на территории ВЖГ осуществляется от распределительных щитов 0,4 кВ, необходимых для обеспечения питания силовой и осветительной нагрузки.

Кроме того, техническим заданием на проект предусматривается резервирование питания с помощью генераторов, установленных на ДЭС.

Генераторы ДЭС используются как «холодный резерв», т.е. в нормальном режиме не работают, а являются аварийными генерирующими устройствами.

Таким образом, будут сохраняться резервирование с применением резервных источников мощности.

В работе выбраны номинальные мощности генераторов ДЭС, а также марки и сечения кабельных линий, которые их питают.

Выбраны и проверены сечения проводников питающей линии 10 кВ марки СИП 3 (1×70), а также сечения всех питающих линий напряжением 0,4 кВ с ответвлениями (приняты провода марки СИП-2 различных сечений).

Выбраны и проверены аппараты защиты и коммутации для установки на питающей ТП-10/0,4 кВ на стороне 10 кВ и 0,4 кВ.

В результате проведённого анализа наиболее перспективных современных моделей (марок) систем контроля и учёта электроэнергии, для применения в качестве в системе электроснабжения временного жилого городка рекомендовано использовать систему учёта электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии.

Установлено, выбор система учета и контроля электроэнергии на основе счетчиков электроэнергии является надежным и эффективным решением для применения в системе электроснабжения ВЖГ.

В работе предложена АСКУЭ на базе современных электронных счётчиков «Меркурий 230 ART».

Установлено, что данная система имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными системами учета электроэнергии.

Следовательно, её выбор для применения на данном объекте, обоснован.

Описаны мероприятия по безопасности проведения работ в проектируемой СЭС ВЖГ.

Рассмотрены и выбраны наиболее рациональные мероприятия по обеспечению электробезопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды на объекте исследования.

Рассчитан контурный заземлитель для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ, состоящий из 8 вертикальных электродов и горизонтального заземлителя длиной 5 м, который удовлетворяет всем требованиям и может быть принят к установке.

Принятые решения в настоящей работе предлагается принять к сведению.

Все принятые решения в работе проверены и подтверждены соответствующими расчётами.

Список используемых источников

1. Автоматические выключатели ВА. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.secoin.ru/bd/uzo/va.html> (дата обращения: 28.03.2024).
2. АСКУЭ на базе счётчика Меркурий 230 ART. [Электронный ресурс]: URL: https://yaenergetik.ru/shop/product/mercury230art-irzatm2/?utm_type (дата обращения: 28.03.2024).
3. Бабаевский район. [Электронный ресурс]: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD (дата обращения: 28.03.2024).
4. Киреева Э.В. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений. М.: Кнорус, 2019. 236 с.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2021. 400 с.
6. Куксин А.В. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.
7. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 174 с.
8. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приказ от 15 декабря 2020 г. № 903н / Приказ от 29 апреля 2022 г. № 279н). Изд-во Мини-Тайп, 2023. 216 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Изд-во ДЕАН, 2022. 192 с.
10. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. Изд-во ЦентрМаг, 2022. 584 с.
11. РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования» [Электронный ресурс]: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817179.htm> (дата обращения: 24.03.2024).

12. Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. М.: Форум, 2021. 383 с.

13. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий. Учебное пособие. М.: Форум, Инфра-М, 2022. 406 с.

14. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Яшков В.А. Электроснабжение гражданских объектов и установок. Учебное пособие. М.: Форум, Инфра-М, 2022. 365 с.

15. СИП-2А. [Электронный ресурс]: URL: <https://k-ips.ru/spravochnik/provoda-izolirovannyye/dlya-vozdushnyix-linij-peredach/sip-2/> (дата обращения: 24.03.2024).

16. СИП-3. [Электронный ресурс]: URL: <https://k-ips.ru/spravochnik/provoda-izolirovannyye/dlya-vozdushnyix-linij-peredach/sip-3/> (дата обращения: 24.03.2024).

17. Трансформаторы ТМ. [Электронный ресурс]: URL: <https://transform74.ru/tr/transformatory-tm/> (дата обращения: 24.03.2024).

18. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

19. Фризен В.Э., Назаров С.Л. Расчет и выбор электрооборудования низковольтных распределительных сетей промышленных предприятий. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2021. 184 с.

20. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р. Москва: Министерство энергетики, 2020. 142 с.