

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 жилого микрорайона на 15000
жителей

Обучающийся

А. А. Мингазов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д. А. Кретов

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

Тольятти 2023

Аннотация

В результате проведенных исследований в работе, проведена разработка системы электроснабжения жилого микрорайона на 15000 жителей на примере Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска.

В результате проведенного анализа существующего состояния рассматриваемого вопроса, определены цели, задачи и методы исследования, применяемые в работе.

Осуществлен анализ исходных данных к выполнению работы и обзор литературных источников по рассматриваемой работе.

Проведён расчёт и выбор элементов системы электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска, выбраны силовые трансформаторы на понизительных подстанциях, а также электрические проводники и аппараты.

Осуществлено определение основных технико-экономических показателей разработанного проекта.

Обоснованы схемные решения для разработки проекта Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска.

Работа выполнена на основе реальных исходных технических данных на объекте проектирования.

Содержание

Введение.....	4
1 Исходная характеристика жилого микрорайона.....	6
1.1 Характеристика организации, отвечающей за электроснабжение жилого микрорайона.....	6
1.2 Краткая характеристика жилого микрорайона	11
2 Проектирование системы электроснабжения жилого микрорайона	21
2.1 Выбор схемы электроснабжения жилого микрорайона города	21
Ижевска	21
2.2 Расчёт электрических нагрузок жилого микрорайона города	24
Ижевска	24
2.3 Выбор трансформаторов на подстанциях жилого микрорайона города Ижевска	31
2.4 Выбор и проверка проводников жилого микрорайона города Ижевска	35
2.5 Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска.....	39
2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов в системе электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска.....	45
3 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона	54
Заключение	59
Список используемых источников.....	62

Введение

Развитие систем электроснабжения микрорайонов города может быть осуществлено различными способами, в зависимости от текущего состояния сетей и потребностей жителей.

Одним из возможных способов является модернизация существующих сетей электроснабжения, что может включать в себя замену устаревшего оборудования на более современное и эффективное, а также расширение сетей для увеличения их мощности и улучшения качества электроэнергии.

Другой способ – это внедрение смарт-сетей, которые позволяют более эффективно управлять энергоснабжением в микрорайоне. Такие сети используют современные технологии связи и управления, которые позволяют снизить расходы на энергоснабжение и повысить его надежность.

Также может быть полезным использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные и ветровые установки, для снижения зависимости от традиционных источников энергии и уменьшения нагрузки на сети электроснабжения.

Важно также обеспечить надежность и безопасность системы электроснабжения микрорайона, проводя регулярное техническое обслуживание и проверки на соответствие стандартам безопасности.

Также необходимо предусмотреть резервные источники электроэнергии для обеспечения электроснабжения в случае аварийных ситуаций.

В целом, развитие систем электроснабжения микрорайонов города должно быть комплексным и учитывать различные факторы, такие как потребности жителей, экологические требования, возможности технической модернизации и экономическую эффективность.

Основной целью данной работы является разработка проекта электроснабжения жилого микрорайона на 15000 жителей, осуществлённая на примере Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики.

Объектом исследования в работе система электроснабжения жилого микрорайона на 15000 жителей (Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики).

Предметом исследования являются схема электрических соединений системы электроснабжения, а также её составные элементы: электрооборудование распределительных устройств классов напряжения 6 кВ и 0,38/0,22 кВ, электрические сети этих же классов напряжения, а также система учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения объекта проектирования.

В результате проведённого анализа существующего состояния рассматриваемого вопроса, определены цели, задачи и методы исследования, применяемые в работе.

Осуществлён анализ исходных данных к выполнению работы и обзор литературных источников по рассматриваемой работе.

Проведён расчёт и выбор элементов системы электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска, выбраны силовые трансформаторы на понизительных подстанциях, а также электрические проводники и аппараты.

Осуществлено определение основных технико-экономических показателей разработанного проекта.

Обоснованы схемные решения для разработки проекта Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска.

Работа выполняется на основе реальных исходных технических данных на объекте проектирования.

При выполнении работы должны быть учтены основные требования нормативно-правовых документов электроэнергетики, а также условия по охране труда и окружающей среды.

1 Исходная характеристика жилого микрорайона

1.1 Характеристика организации, отвечающей за электроснабжение жилого микрорайона

Разработка проекта электроснабжение жилого микрорайона на 15000 жителей, осуществляется на примере Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики.

Электрификация жилых микрорайонов города Ижевска может быть реализована различными способами.

Одним из основных способов является расширение и модернизация сетей электроснабжения, что позволит увеличить мощность и улучшить качество электроэнергии, поступающей в жилые микрорайоны.

Также может быть полезным использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные и ветровые установки, для снижения зависимости от традиционных источников энергии и уменьшения нагрузки на сети электроснабжения.

В Ижевске, например, есть проект «Умный город», который включает в себя установку солнечных батарей на крышах многоквартирных домов и других объектов.

Также может быть полезным использование современных технологий управления электросетями, таких как смарт-сети, которые позволяют более эффективно управлять энергоснабжением в микрорайонах, повышая его надежность и снижая расходы на энергоснабжение.

Важно также проводить регулярное техническое обслуживание и проверки на соответствие стандартам безопасности, чтобы обеспечить надежность и безопасность системы электроснабжения жилых микрорайонов.

Кроме того, следует учитывать потребности жителей жилых микрорайонов в электричестве, чтобы обеспечить достаточное количество электроэнергии для всех жителей. Это может потребовать установки

дополнительных трансформаторных подстанций и других объектов электроснабжения.

В целом, развитие системы электроснабжения микрорайонов города Ижевска должно быть комплексным и учитывать различные факторы, такие как потребности жителей, экологические требования, возможности технической модернизации и экономическую эффективность.

Проводится характеристика организации, отвечающей за электроснабжение данного жилого микрорайона г. Ижевска (РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2).

РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2, осуществляет эксплуатацию, текущий и капитальный ремонт находящихся на балансе передаточных устройств и оборудования, зданий и сооружений, снятие показаний счетчиков потребителя, проверку правильности подключения групп учета электроэнергии, а также оперативное обслуживание и ликвидацию аварий, отказов, возникающих на обслуживаемом оборудовании.

РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2, совместно со службами организует и участвует в осуществлении мероприятий по дальнейшему развитию сетей для обеспечения бесперебойного эл. снабжения потребителей электроэнергией с учетом опережающего развития электроэнергетики [6].

РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2, в составе комиссии проводит приемку линий электропередачи, подстанций, зданий и сооружений из капитального ремонта, реконструкции, технического перевооружения, капитального строительства в соответствии положениями о приемке объектов.

Распределение обязанностей и обслуживаемого оборудования между работниками РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2, производится начальником организации [6].

Работа РЭС «Ижевские электрические сети», ведется по годовым и месячным планам, утвержденным главным инженером предприятия [6].

Основными задачами РЭС «Ижевские электрические сети», являются [6]:

- обеспечение нормативной надежности работы ЛЭП, ПС, РП и ТП, зданий и сооружений, находящихся на балансе РЭС;
- выполнение всех основных показателей работы РЭС;
- обеспечение оперативного обслуживания и организации аварийно-восстановительных работ в РЭС;
- обеспечение функций, возложенных на РЭС, согласно СУОТ;
- выполнение функций контроля за электропотреблением;
- контроль за эксплуатацией зданий и сооружений, инженерного оборудования, за качеством электроэнергии.

Функционально РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2, осуществляет [6]:

- эксплуатацию и все виды ремонта воздушных и кабельных линий, РП и ПС, ТП, зданий и сооружений, а также вспомогательного оборудования, находящихся на балансе РЭС в соответствии с действующими правилами, инструкциями и другими директивными материалами;
- своевременное и качественное выполнение всех видов работ по капитальному строительству, реконструкции и техническому перевооружению, проводимому в РЭС;
- совершенствование методов организации производства и труда, создание эффективных и безопасных условий труда и повышения культуры производства;
- внедрение новой техники и передовых технологий, обеспечивающих надежную и экономичную работу электропередаточных устройств и снижающих трудоемкость обслуживания;
- обеспечение безопасных и нормальных условий труда на рабочих местах в соответствии с нормативными документами по охране труда и пром. санитарии;
- постоянный контроль за состоянием охраны труда, техникой безопасности и противопожарной безопасности в РЭС;

- организацию работы с персоналом РЭС в соответствии с правилами работы с персоналом в организациях электроэнергетики РФ, годового и месячных планов работы с персоналом;
- комплектацию аварийного запаса оборудования, запасных частей и материалов для эксплуатируемого оборудования;
- выполнение в установленные сроки предписаний и мероприятий по улучшению условий труда, предусмотренных актами, планами, приказами и указаниями;
- разработка и осуществление плана мероприятий по снижению потерь электрической энергии на транспорт и хозяйственно-технологические цели;
- соблюдение норм качества электрической энергии в системах электроснабжения, проведение измерений, обработка и анализ результатов измерений, приведение уровней напряжения в соответствие требований [11];
- соблюдение трудовой и производственной дисциплины персоналом РЭС;
- обеспечение персонала РЭС необходимой спецодеждой, спецобувью, средствами коллективной и индивидуальной защиты, инструментом и приспособлениями и обеспечение контроля за их правильным применением;
- диспетчирование распределительных сетей своего района.

РЭС «Ижевские электрические сети», предоставляет следующие виды прав [6]:

- обращаться непосредственно в службы и отделы предприятия по любым вопросам производственно-хозяйственной деятельности, вопросам охраны труда и техники безопасности, техническим вопросам, получать по ним информацию, предложения и заключения;

- решать технические и хозяйственные вопросы, в пределах выделенных средств по хозрасчетным показателям РЭС, по согласованию с руководством предприятия;
- получать от служб, отделов необходимые плановые и расчетные материалы, характеристики, схемы и т.п.;
- представлять персонал к поощрению за высокие показатели в работе и давать свои предложения о наложении взысканий на персонал РЭС за невыполнение плановых работ, нарушения ПТЭ, ПТБ и другие упущения в работе.

Организация управления РЭС «Ижевские электрические сети» [6].

РЭС «Ижевские электрические сети» возглавляется начальником РЭС и его заместителем (гл. инженером), которые назначаются и освобождаются от занимаемой должности приказом директора предприятия.

Структурно в РЭС «Ижевские электрические сети», входят следующие подразделения:

- районный диспетчерский пункт, возглавляемый ст. диспетчером;
- бригада по ремонту и эксплуатации распределительных сетей, возглавляемая мастером;
- БЭВЛ-1, БЭВЛ-2;
- участок механизации, возглавляемый мастером.

Старший диспетчер, а также все мастера административно подчиняются начальнику РЭС и его заместителю (гл. инженеру).

ОДГ в оперативном отношении подчиняется непосредственно диспетчеру МДС.

РЭС отвечает [6]:

- за аварии и травматизм в работе на эксплуатируемом оборудовании, произошедшие в результате неправильных действий или указаний работников РЭС;
- за невыполнение указаний руководителей предприятия и служб РЭС и Удмуртэнерго;

- за некачественное и несвоевременное выполнение месячных и годовых планов работ и хозрасчетных показателей;
- каждый работник РЭС несет персональную ответственность за выполнение возложенных обязанностей, а также за нарушение трудовой и производственной дисциплины, правил по охране труда и технике безопасности.

1.2 Краткая характеристика жилого микрорайона

Рассматриваемая территория ограничена улицами Школьная, 7-ая Подлесная, Кирова и р. Подборенкой и представляет 6-й микрорайон Северо-Западного жилого района г. Ижевска [7].

Основными задачами проекта являются [7]:

- снос существующей усадебной жилой застройки. Микрорайон частично застроен усадебной застройкой, ее снос определен генеральным планом города Ижевска. По проекту планировки микрорайон предлагается завершить застройкой многоэтажными жилыми домами повышенной этажности.
- строительство многоэтажной застройки. В микрорайоне предлагается разместить жилые дома повышенной этажности в 10,12,14,16,17 этажей, а также домами в 22 этажа.
- развитие социальной инфраструктуры микрорайона. Общественно-деловую зону предлагается разместить по основным транспортным и пешеходным направлениям по улицам: Школьная, 7-ая Подлесная, 5-ая Подлесная (пешеходное направление к зоне отдыха, вдоль р. Подборенки). В микрорайоне запроектированы по расчету общеобразовательная школа на 1000 мест, 2 детских дошкольных учреждения на 240 и 190 мест с учетом радиуса обслуживания.
- реконструкция улицы 7-ой Подлесной. По генеральному плану города, утвержденному – это магистральная улица общегородского

значения широтного направления с пропуском общественного транспорта: трамвая и автобуса включает в себя строительство путепровода через р. Подборенку, проект которого должен быть выполнен специализированной проектной организацией. Строительство путепровода определено как первоочередные мероприятия реализации генерального плана города. Улица 7-ая Подлесная – продолжение улиц 10 лет Октября – Автозаводская с выходом в западном направлении на ул. Песочная и дальше на Якшур-Бодьинский тракт – формирующаяся магистраль, для обеспечения транспортных связей, минуя центральную часть города, жилых образований Октябрьского, Индустриального районов и Устиновского районов между собой. Эта магистраль является связующим звеном с Северо-восточным промышленным районом и с подходами автодорог Ижевск-Игра и Ижевск-Воткинск.

- реконструкция улицы Школьной. По улице Школьной в соответствии с генеральным планом осуществляется пропуск общественного транспорта – трамвая и автобуса.
- благоустройство берегов р. Подборенки. Генеральным планом города предусматривается формирование парковой зоны жилых районов «Северо-Западный» и «Север». Настоящим проектом предусматривается устройство набережной и обустройство склонов реки Подборенки с формированием объектов культурного и развлекательного назначения.

«В настоящее время территория микрорайона освоена различными типами застройки» [7]:

- «в центральной и северной частях превалирует многоэтажная жилая застройка» [7];
- «южная часть занята 3-мя временными открытыми гостевыми автостоянками на 512 машино-мест и канализационной насосной станцией № 12» [7];

– «остальная площадь микрорайона представлена застройкой усадебного типа» [7].

«Площадь микрорайона в красных линиях 35,3 га, непосредственно под застройкой 26,4 га» [7].

«Население микрорайона составляет 15200 человек, существующий жилой фонд равен 93618 м²» [7].

«Социальная инфраструктура микрорайона развита недостаточно, существует потребность в детских дошкольных учреждениях и школах» [7].

«Инженерная инфраструктура достаточно развита, главным образом на территории, застроенной многоэтажной жилой застройкой» [7].

«Транспортная инфраструктура главным образом представлена двумя основными магистралями: ул. Кирова – магистральная улица общегородского значения регулируемого движения с пропуском общественного транспорта – автобуса, троллейбуса, трамвая и ул. Школьная – магистральная улица районного значения, транспортно-пешеходная, с пропуском общественного транспорта – трамвая» [7].

В соответствии с решением Генерального плана города Ижевска, проектируемый микрорайон предлагается завершить застройкой многоэтажными жилыми домами повышенной этажности.

Предлагается на участках усадебной застройки разместить многоэтажные жилые дома со встроено-пристроенными объектами обслуживания и подземными автостоянками, а также «необходимыми объектами инфраструктуры (школа, детские сады, клубы, кафе, магазины)» [7].

Расчетная проектируемая численность населения микрорайона составит 15392 человек.

При таком населении плотность микрорайона составит 438 чел./га [7].

Пожарное депо предлагается разместить в северо-восточной части микрорайона с выходом на общегородскую магистраль.

Пожарное депо и лабораторный корпус размещены по нормативным документам [12] (нормы проектирования пожарной охраны).

Территория проектируемого микрорайона имеет юго – восточный уклон в сторону р. Подборенки.

Фасады существующей застройки, выходящие на ул. Школьную, также должны быть оформлены навесными шумозащитными панелями, оконные переплеты должны быть заменены на шумозащитные.

В северо-западной части микрорайона по ранее разработанной документации запроектирован жилой дом переменной этажности с подземной автостоянкой. При проектировании и строительстве данного объекта должны быть заложены мероприятия по понижению шума от магистрали районного значения. Мероприятия включают в себя, как архитектурно-планировочное решение здания, так и применение специальных экранов, которые располагаются вдоль улицы.

«В южной части микрорайона предлагается строительство многофункционального центра с группами жилых домов» [17] в 10-22 этажа.

В южной части микрорайона имеются сложные инженерно-геологические условия строительства, ввиду чего при строительстве и дальнейшей эксплуатации жилых и общественных зданий, и инженерных сооружений должны быть заложены специальные мероприятия.

«На территории микрорайона имеются три автостоянки открытого типа: «Дружба» на 124 места, «Металлург» на 240 мест, «Буран» на 148 мест» [7].

«На перспективу предлагается открытые автостоянки убрать и разместить под жилыми зданиями крытые гаражи» [7].

«На этой территории предусматривается размещение гостевых автостоянок» [7].

Результаты расчета количества гостевых автостоянок жилых домов, подлежащих сооружению в рассматриваемом жилом микрорайоне, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета количества гостевых автостоянок жилых домов, подлежащих сооружению

Наименование	Ед. изм.	Количество
Население проектируемой части микрорайона	чел.	14009
Площадь автостоянок	м ²	11207
Количество машин (с коэффициентом 1,6)	шт.	717

«Для временного хранения автомобилей предусматриваются гостевые автостоянки общей вместимостью» [7] 871 машино-мест.

Площадь гостевых автостоянок сокращена, так как предусматривается достаточное машино-мест в подземных автостоянках (таблица 2) [7].

Таблица 2 – Подземно-надземные автостоянки, подлежащие сооружению

Наименование	Поз. по генплану	Количество машино-мест
Подземная автостоянка 2х этажная	А	200
Подземная автостоянка (1х этажная)	В	250
Подземная автостоянка (строящийся объект, двухэтажная)	Г	250
Подземная автостоянка (двухэтажная)	Д	183
Подземная автостоянка (двухэтажная)	Е	500
Подземная автостоянка (одноэтажная)	Ж	350
Подземная автостоянка (двухэтажная)	47	298
Подземная автостоянка (одноэтажная)	48	89
Подземная автостоянка (двухэтажная)	49	188
Подземная автостоянка (двухэтажная)	51	220
Итого по жилому микрорайону	-	2528

«Для постоянного хранения автомобилей предусматриваются подземно-надземные автостоянки вместимостью» [7] 2528 машино-мест [7].

Расположение объектов микрорайона на плане города Ижевска с учётом проводимой реконструкции и указанием проектируемых и существующих объектов представлено на рисунке 1.

В работе детально рассматривается жилой квартал 6-го микрорайона Северо-Западного жилого района г. Ижевска.

Квартал, детально рассматриваемый в работе, ограничен следующими улицами:

- северная часть – ул. 7-я Подлесная;
- южная часть – ул. 5-я Подлесная;
- западная часть – ул. Нижняя;
- восточная часть – ул. Милиционная.

Существующее питание рассматриваемого в работе микрорайона осуществляется от двух ТП-6/0,4 кВ кабельными линиями электропередачи, которые получают питание на напряжении 6 кВ от следующих источников питания:

- ТП-1 – от РП-17-ПС «Парковая»;
- ТП-2 – от РП-52-ПС «Майская».

Данные ТП-6/0,4 кВ питают десять существующих объектов:

- от ТП-1 получают питание 5 объектов;
- от ТП-2 получают питание 5 объектов.

К существующей системе электроснабжения рассматриваемого в работе микрорайона планируется также подключить 4 новых объекта:

- детское дошкольное учреждение на 190 мест;
- общеобразовательную школу на 1000 учащихся;
- стадион;
- гостевую парковку на 74 машино-места.

Также в связи с подключением новых объектов планируется строительство новой ТП-6/0,4 кВ.

В связи с этим, планируется пересчитать все нагрузки объектов рассматриваемого в работе жилого микрорайона.

Исходный план расположения объектов на территории рассматриваемого в работе жилого микрорайона представлен на рисунке 2.

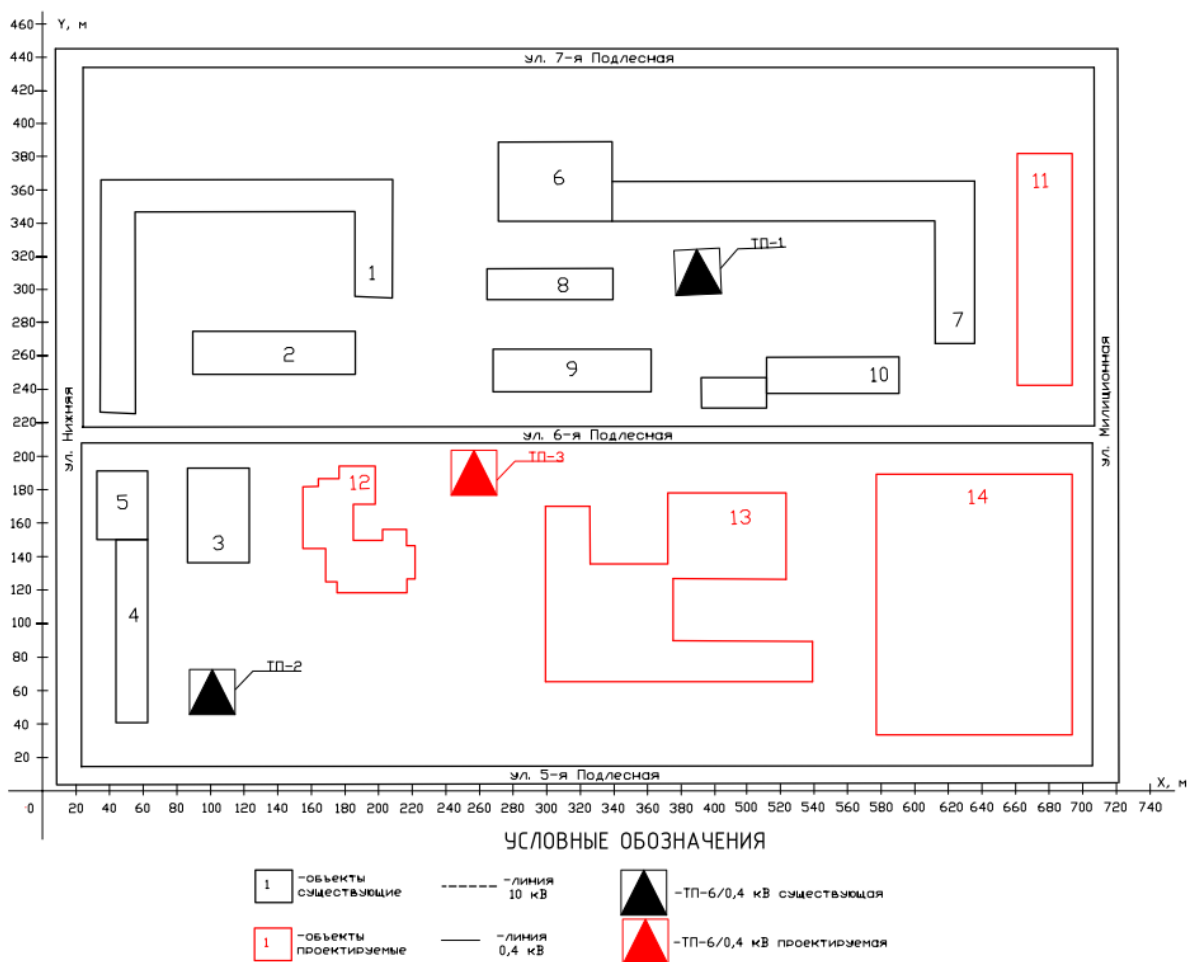


Рисунок 2 – Исходный план расположения объектов на территории микрорайона

Исходные данные по объектам микрорайона, рассматриваемого в работе, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики объектов жилого микрорайона

Назначение здания	Этажность	Общая площадь, м ²	Существующее/ строящееся
Жилой дом	10	19557	существующее
Жилой дом	5	4581	существующее
Жилой дом	9	2277	существующее
Жилой дом	5	5896	существующее
Административное здание «Росгосстрах»	1	294	существующее
Супермаркет «Ижсталь»	1	520	существующее
Жилой дом	10	16822	существующее
Жилой дом	10	4581	существующее
Физкультурно-оздоровительный комплекс	1	1020	существующее
Жилой дом	10	6885	существующее

Продолжение таблицы 3

Назначение здания	Этажность	Общая площадь, м ²	Существующее/ строящееся
Гостевая парковка на 74 машино-места	1	1600	строящееся
Детское дошкольное учреждение на 190 мест	1	1840	строящееся
Общеобразовательная школа на 1000 учащихся	3	8260	строящееся
Стадион с беговыми дорожками	1	4000	строящееся

На основе приведённых исходных данных, приведённых в таблицах 1-3 и на рисунках 1-2, далее в работе проводится решение основных поставленных задач.

Выводы по разделу.

В работе приведены исходные данные на проектирование жилого микрорайона на 15000 жителей.

Установлено, что разработка проекта электроснабжение жилого микрорайона на 15000 жителей, осуществляется в работе на примере Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики.

Указано, что в основе данной разработки лежит рабочий проект системы электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики, обусловленный потребностью ввода новых объектов на территории данного микрорайона, а также сноса старых ветхих строений, улучшение транспортной развязки и приведение в надлежащий вид мест культурно-массового отдыха и рекреационных территорий.

Приведена характеристика организации, отвечающей за электроснабжение данного жилого микрорайона г. Ижевска (РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2).

Установлено, что система электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики,

нуждается в реконструкции путём ввода новых объектов микрорайона в эксплуатацию.

Установлено, что к существующей системе электроснабжения рассматриваемого в работе микрорайона, планируется также подключить четыре новых объекта:

- детское дошкольное учреждение на 190 мест;
- общеобразовательную школу на 1000 учащихся;
- стадион с беговыми дорожками;
- гостевую парковку на 74 машино-места.

Также в связи с подключением новых объектов планируется строительство новой ТП-6/0,4 кВ.

В связи с этим, приведены исходные технические данные и характеристики всех объектов проектируемого жилого микрорайона.

Указанные мероприятия должны быть решены в работе далее, путём проектирования системы электроснабжения жилого микрорайона с учётом внесения данных изменений в существующую схему электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики.

2 Проектирование системы электроснабжения жилого микрорайона

2.1 Выбор схемы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска

На основе приведённых исходных данных, приведённых в таблице 3 и на рисунке 2, а также основных теоретических сведений, далее в работе проводится выбор схемы электроснабжения рассматриваемого жилого микрорайона города Ижевска с учётом необходимой реконструкции схемы электрических соединений, связанной с подключением дополнительных объектов к существующей схеме электроснабжения микрорайона, а также вводом в эксплуатацию новой ТП-3.

Выбор схемы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска зависит от ряда факторов, таких как планировка микрорайона, количество зданий и жилых помещений, расположение трансформаторных подстанций и линий электропередач, а также будущие потребности в электроэнергии.

Один из наиболее распространенных вариантов схемы электроснабжения жилых микрорайонов – это схема с применением петлевой сети. В этом случае, линии электропередач подводятся к микрорайону из разных направлений, а затем соединяются в петли, образуя замкнутое кольцо. Каждое здание подключается к кольцу через трансформаторную подстанцию, что обеспечивает надежность и устойчивость системы электроснабжения.

Еще один вариант – это схема с применением радиальной сети. В этом случае, линии электропередач подводятся к микрорайону из одного или нескольких направлений и напрямую подключаются к трансформаторным подстанциям. Эта схема обычно используется в небольших микрорайонах с низкой плотностью застройки.

При выборе схемы электроснабжения также необходимо учитывать возможность резервирования линий электропередач и трансформаторных

подстанций, что обеспечит дополнительную надежность системы электроснабжения и уменьшит вероятность аварийных ситуаций.

Наконец, важно также учитывать требования к снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения, что может потребовать применения специальных технологий и оборудования. В целом, выбор схемы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска зависит от конкретных условий и требует индивидуального подхода для достижения максимальной надежности и эффективности системы.

Так как новая ТП-3 питает потребители II категории надёжности (школа и дошкольное учреждение), следовательно, в схеме ЭС микрорайона необходимо предусмотреть два независимых источника питания, что дополнительно обуславливает использование в реконструированной схеме двух источников питания (от ТП-1 и ТП-2).

Учитывая приведённую информацию, «в работе принимается петлевая схема электроснабжения жилого района» [16].

«При сравнении вариантов петлевую схему принимается из тех соображений, что близлежащие» [16] источники питания 6 кВ, питающие ТП-1 и ТП-2, расположены вокруг новой ТП-3, что позволит использовать преимущества территориального размещения, а также имеющиеся в работе источники мощностей, в полном объёме в петлевой схеме.

Одним из преимуществ петлевой схемы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска является ее высокая надежность.

В петлевой схеме линии электропередач образуют замкнутую петлю, поэтому при обрыве одной из линий, электроэнергия продолжает поступать в здания через другую линию, не прерывая подачу электроэнергии.

Кроме того, петлевая схема обеспечивает более равномерное распределение нагрузки на все линии, что позволяет избежать перегрузок и повышенных потерь электроэнергии. Также петлевая схема позволяет реализовать более гибкую систему резервирования линий и

трансформаторных подстанций, что обеспечивает дополнительную надежность системы электроснабжения.

Наконец, петлевая схема позволяет снизить затраты на строительство и эксплуатацию системы электроснабжения, так как требует меньшего количества линий и трансформаторных подстанций по сравнению с радиальной схемой.

В целом, преимущества петлевой схемы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска заключаются в ее высокой надежности, равномерном распределении нагрузки, гибкой системе резервирования и снижении затрат на строительство и эксплуатацию.

Питание ТП-1 осуществляется на напряжении 6 кВ от РП-17-ПС «Парковая».

При этом вторая подстанция ТП-2 питается на напряжении 6 кВ от РП-52-ПС «Майская».

На существующих ТП-1 и ТП-2 установлены по 2 силовых трансформатора марки ТМГ-400/6, мощности которых необходимо также проверить в работе.

В схеме микрорайона предусматривается применение новой ТП-3, которая будет питать все новые объекты на территории жилого микрорайона (таблица 3).

Использование новой ТП-3 для питания новых потребителей позволит решить вопросы реконструкции на стадии проектирования только для новой ТП-3, не касаясь существующих схем внутреннего электроснабжения ТП1 и ТП-2.

Однако при вводе в эксплуатацию новой ТП-3 изменится вся схема питающей сети жилого микрорайона, так как в данном случае с учётом близости питающих сетей 6 кВ от ТП-1 и ТП-2, рационально и экономично использовать для питания новой ТП-3, которая территориально располагается между ними.

Выбранные схемы применены в графической части работы.

2.2 Расчёт электрических нагрузок жилого микрорайона города Ижевска

Расчет электрических нагрузок жилого микрорайона города Ижевска включает в себя определение общей потребляемой мощности населением, а также нагрузок, связанных с работой электроприборов и освещения в зданиях и общественных помещениях.

Значение средней потребляемой мощности на одно жилое помещение зависит от многих факторов, таких как наличие электроприборов, количество жильцов, тип и состояние здания и другие. Обычно это значение лежит в диапазоне от 2 до 4 кВт на одно жилое помещение.

Для определения нагрузок, связанных с работой электроприборов и освещения, необходимо провести инвентаризацию используемых приборов и оценить их потребляемую мощность и режим работы.

Полученные значения общей потребляемой мощности и нагрузок на освещение и электроприборы могут быть использованы для выбора оптимальной схемы электроснабжения микрорайона, расчета необходимой мощности трансформаторных подстанций и линий электропередач, а также для определения требований к резервированию системы электроснабжения.

Важно отметить, что расчет электрических нагрузок жилого микрорайона города Ижевска должен выполняться специалистами с соответствующей квалификацией и учитывать местные нормативы и стандарты.

Согласно заданию, в работе необходимо разработать проект реконструированной системы электроснабжения жилого микрорайона 6-го микрорайона г. Ижевска с учётом подключения новых объектов и ТП-3, при соблюдении требований надёжности и экономичности принятых решений.

Данные объекты относятся к потребителям II-й категории и также требуют двух независимых источников питания.

Согласно приведённым исходным данным и характеристикам, далее в работе проводится расчёт электрических нагрузок жилого микрорайона 6-го микрорайона г. Ижевска.

Расчёт электрических нагрузок в работе включает:

- «расчёт нагрузки жилых потребителей» [18];
- «расчёт нагрузки общественно-административных зданий и коммунально-бытовых потребителей» [18];
- «расчёт нагрузки уличного освещения» [18].

Известно, что в сети переменного тока промышленной частоты расчётная нагрузка состоит из следующих составляющих: активная, реактивная и полная нагрузка.

Исходя из приведённых сведений, далее в работе осуществляется расчёт нагрузок по указанным типам.

«Расчётные электрические нагрузки от жилых квартир» [18]:

$$P_{кв.} = P_{кв.уд} \cdot n, \quad (1)$$

где « $P_{кв.уд}$ – удельная расчётная электрическая нагрузка квартир» [1];

« n – количество квартир» [14].

«Расчётная электрическая нагрузка жилых домов» [16]:

$$P_{р.ж.д} = P_{кв.} + K_y \cdot P_c, \quad (2)$$

где « $P_{кв}$, кВт – расчётная электрическая нагрузка квартир» [18];

« P_c , кВт – расчётная нагрузка силовых электроприёмников жилого дома» [7];

« K_y – коэффициент участия в максимуме нагрузки» [18].

«Расчётная нагрузка силовых электроприёмников P_c , кВт, приведённая к вводу жилого дома» [18]:

$$P_c = P_{p.l.} + P_{ст.у}, \quad (3)$$

где « $P_{p.l.}$, кВт – мощность лифтовых установок» [15];

« $P_{ст.у.}$, кВт – мощность санитарно-технических устройств» [18].

«Мощность лифтовых установок» [18]:

$$P_{p.l.} = K_{с.л.} + \sum_{i=1}^n P_{ni}, \quad (4)$$

где « $K_{с.л.}$ – коэффициент спроса» [1];

« n_l – количество лифтовых установок» [17];

« P_{ni} , кВт – установленная мощность электродвигателя лифта» [18].

«Полная расчётная нагрузка жилого дома» [18]:

$$S_{p.ж.д} = \frac{P_{кв.}}{\cos \varphi_{кв.}} + 0,9 \cdot \frac{P_{p.l.}}{\cos \varphi_l}. \quad (5)$$

Для примера рассчитывается нагрузка жилого дома №3 по приведённым выше условиям (1) – (5):

$$P_{кв.} = 0,74 \cdot 288 = 213 \text{ кВт.}$$

$$P_{p.l.} = 0,54 \cdot 7 \cdot 8 = 30 \text{ кВт.}$$

$$P_{p.ж.д} = 213 + 0,9 \cdot 30 = 243 \text{ кВт.}$$

$$S_{p.ж.д} = \frac{213}{0,96} + 0,9 \cdot \frac{30}{0,65} = 262 \text{ кВА.}$$

«Аналогичные расчёты выполняются для остальных жилых домов жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска» [8].

«Результаты сведены в таблицу 4» [8].

Таблица 4 – Результаты расчёта нагрузки жилых домов жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска

Назначение	Этажность	Количество квартир	$S_{р.ж.д.}$, кВт·А
Жилой многоэтажный дом	10	648	549
Жилой многоэтажный дом	5	105	66
Жилой многоэтажный дом	9	288	262
Жилой многоэтажный дом	5	165	93
Жилой многоэтажный дом	10	576	487
Жилой многоэтажный дом	10	324	297
Жилой многоэтажный дом	10	360	330

«Расчётная активная нагрузка общественно-административных зданий и коммунально-бытовых потребителей» [5] жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска [1]:

$$P_o = P_{уд} \cdot n, \quad (6)$$

где « $P_{уд}$ – удельная электрическая нагрузка» [1];

« n – количественный показатель для объекта» [8].

«Полная расчётная нагрузка» [1]:

$$S_{o.} = \frac{P_{o.}}{\cos \varphi_{o.}}, \text{кВА}. \quad (7)$$

«На примере школы» [1]:

$$P_{шк} = 0,25 \cdot 1000 = 250 \text{ кВт}.$$

$$S_{шк.} = \frac{250}{0,95} = 263,2 \text{ кВА}.$$

«Аналогичные расчёты выполняются для остальных объектов жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска» [8].

Результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчёта электрических нагрузок общественно-административных зданий и коммунально-бытовых объектов жилого микрорайона

Назначение объекта	n , ед.	$P_{уд.}$, кВт/ед	S_o , кВ·А
Административное здание «Росгосстрах»	294	0,25	77,4
Супермаркет «Ижсталь»	520	0,25	136,8
Физкультурно-оздоровительный комплекс	1020	0,12	128,8
Гостевая парковка на 74 машино-места	74	0,23	17,9
Детское дошкольное учреждение на 190 мест	190	0,25	50,0
Общеобразовательная школа на 1000 учащихся	1000	0,25	263,2
Стадион с беговыми дорожками	4000	0,005	20,0

Далее рассчитывается нагрузка освещения.

«Число светильников» [2]:

$$m = \frac{\lambda}{l_{св}}, \text{ шт.} \quad (8)$$

«Активная нагрузка уличного освещения» [2]:

$$P_{p.осв.} = P_{св.} \cdot m, \text{ кВт.} \quad (9)$$

«Реактивная нагрузка уличного освещения» [2]:

$$Q_{p.осв.} = P_{p.осв.} \cdot \text{tg}\varphi, \text{ квар.} \quad (10)$$

«Полная нагрузка уличного освещения» [2]:

$$S_{p.осв.} = \sqrt{P_{p.осв.}^2 + Q_{p.осв.}^2}, \text{ кВА.} \quad (11)$$

Проводится расчёт освещения северной части жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска (ул. 7-я Подлесная), южной части (ул. 5 Подлесная), а также центральной части (ул. 6-я Подлесная) с суммарной длиной освещаемой части 720 м для каждой улицы.

Количество устанавливаемых светильников уличного освещения:

$$m = \frac{720}{40} = 18 \text{ шт.}$$

Активная нагрузка уличного освещения:

$$P_{p.осв.} = 18 \cdot 0,117 = 2,1 \text{ кВт.}$$

Реактивная нагрузка уличного освещения:

$$Q_{p.осв.} = 2,1 \cdot 0,33 = 0,7 \text{ квар.}$$

Полная нагрузка уличного освещения:

$$S_{p.осв.} = \sqrt{2,1^2 + 0,7^2} = 2,2 \text{ кВА.}$$

Аналогично проводится расчёт уличного освещения восточной части жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска (ул. Милиционная) и западной части микрорайона г. Ижевска (ул. Нижняя) с суммарной длиной освещаемой части 440 м для каждой улицы:

$$m = \frac{440}{40} = 11 \text{ шт.}$$

$$P_{p.осв.} = 11 \cdot 0,117 = 1,3 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.осв.} = 1,3 \cdot 0,33 = 0,4 \text{ квар.}$$

$$S_{p.осв.} = \sqrt{1,3^2 + 0,4^2} = 1,4 \text{ кВА.}$$

«Суммарная расчётная нагрузка» [2]:

$$S_{\Sigma} = K_y S_{p.c} + K_y S_{p.осв.}, \text{кВА}, \quad (12)$$

где « $S_{p.c}$ – полная расчётная силовая нагрузка, кВА» [3];

« $S_{p.осв.}$ – полная расчётная осветительная нагрузка, кВА» [3];

« K_y – коэффициент участия в максимуме нагрузки» [1]. Принимается в работе для силовой нагрузки K_y в зависимости от количества потребителей ТП по [1].

В работе расчёт суммарной расчётной нагрузки жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска проводится по ТП жилого района отдельно.

Суммарная расчётная нагрузка ТП1:

$$S_{p1} = (549+66+262+93+77,4) \cdot 0,65 + 3,6 = 684,4 \text{ кВА.}$$

Расчёт суммарной расчётной нагрузки остальных ТП жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска проведено аналогично и результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчёта суммарной нагрузки ТП жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска

Объект	$S_{p.}$, кВ·А
Жилой дом	549
Жилой дом	66
Жилой дом	262
Жилой дом	93
Административное здание «Росгосстрах»	77,4
Всего силовой нагрузки с учётом K_y	837,9
Наружное освещение (ул. Нижняя)	1,4
Наружное освещение (ул. 5-я Подлесная)	2,2

Продолжение таблицы 6

Объект	$S_{p.}, \text{кВ}\cdot\text{А}$
Всего осветительной нагрузки	3,6
Всего нагрузки по ТП1	684,4
ТП2	
Супермаркет «Ижсталь»	136,8
Жилой дом	487
Жилой дом	297
Физкультурно-оздоровительный комплекс	128,8
Жилой дом	330
Всего силовой нагрузки с учётом K_{γ}	689,8
Наружное освещение (ул. Милиционная)	1,4
Наружное освещение (ул. 7-я Подлесная)	2,2
Всего осветительной нагрузки	3,6
Всего нагрузки по ТП2	693,4
ТП3	
Гостевая парковка на 74 машино-места	17,9
Детское дошкольное учреждение на 190 мест	50,0
Общеобразовательная школа на 1000 учащихся	263,2
Стадион с беговыми дорожками	20,0
Всего силовой нагрузки с учётом K_{γ}	280,9
Наружное освещение (ул. 6-я Подлесная)	2,2
Всего нагрузки по ТП3	283,1

Суммарная расчётная нагрузка всего жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска равна сумме суммарных расчётных нагрузок всех ТП:

$$S_{\Sigma p} = \sum_{i=1}^n S_{\Sigma ТП i}, \text{кВА}. \quad (13)$$

$$S_{\Sigma p} = 684,4 + 693,4 + 283,1 = 1660,9 \text{кВА}.$$

2.3 Выбор трансформаторов на подстанциях жилого микрорайона города Ижевска

Выбор трансформаторов на подстанциях жилого микрорайона города Ижевска зависит от нескольких факторов, включая:

- общая мощность потребления электроэнергии в микрорайоне. Это важный параметр, который определяет общее количество

трансформаторов, необходимых для обеспечения потребностей микрорайона в электроэнергии;

- расстояние между трансформаторами и потребителями. Чем дальше расположены трансформаторы от потребителей, тем выше вероятность потери энергии на протяжении пути передачи;
- нагрузка потребителей. В зависимости от типа зданий и количества жителей в микрорайоне может быть необходимо различное количество трансформаторов различной мощности;
- надежность системы электроснабжения. Для обеспечения надежности системы необходимо учитывать возможные отказы и аварии и предусматривать резервирование трансформаторов;
- соответствие нормам и требованиям регулирующих органов. При выборе трансформаторов необходимо учитывать соответствие требованиям нормативно-технической документации и правилам эксплуатации.

В целом, выбор трансформаторов на подстанциях жилого микрорайона города Ижевска должен осуществляться на основе комплексного анализа вышеперечисленных факторов.

«Мощность силовых трансформаторов на понизительных ТП жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска выбирается по условию» [19]:

$$S_{тр.ном.} \geq \frac{S_{p.}}{K_3^n \cdot n_{тр.}}. \quad (14)$$

Для понизительной ТП1 жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска:

$$S_{тр.ном.1} \geq \frac{684,4}{0,9 \cdot 2} = 380,2 \text{ кВА.}$$

Выбираются для установки на данной понизительной ТП1 жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска два силовых трансформатора марки ТМГ-400/6.

Для понизительной ТП2 жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска:

$$S_{тр.ном.2} \geq \frac{693,4}{0,9 \cdot 2} = 385,2 \text{ кВА.}$$

Выбираются для установки на данной понизительной ТП2 жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска, «два силовых трансформатора марки ТМГ-400/6» [19].

Для понизительной ТП3 жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска (новая ТП, питающая новые объекты):

$$S_{тр.ном.3} \geq \frac{283,1}{0,9 \cdot 2} = 157,2 \text{ кВА.}$$

Выбираются для установки на данной понизительной ТП1 жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска «два силовых трансформатора марки ТМГ-160/6» [19].

«Коэффициент загрузки в нормальном режиме» [3]:

$$\beta_T = \frac{S_{р.ТП}}{S_{тр.ном.} \cdot n_{тр.}} \quad (15)$$

«Коэффициент загрузки в послеаварийном режиме» [3]:

$$\beta_{ав.Т} = \frac{S_{р.ТП}}{S_{тр.ном.} \cdot (n_{тр.} - 1)} \quad (16)$$

«Коэффициенты загрузки трансформаторов» [19]:

$$0,6 \leq \beta_T \leq 0,9; \beta_{ав.Т} \leq 1,8. \quad (17)$$

Для ТП1:

$$\beta_T = \frac{684,4}{400 \cdot 2} = 0,86.$$
$$\beta_{ав.Т} = \frac{684,4}{400 \cdot (2-1)} = 1,71.$$

Для ТП2:

$$\beta_T = \frac{693,4}{400 \cdot 2} = 0,87.$$
$$\beta_{ав.Т} = \frac{693,4}{400 \cdot (2-1)} = 1,73.$$

Для ТП3:

$$\beta_T = \frac{283,1}{160 \cdot 2} = 0,88.$$
$$\beta_{ав.Т} = \frac{283,1}{400 \cdot (2-1)} = 1,71.$$

Фактическая загрузка выбранных силовых трансформаторов на ТП жилого микрорайона в нормальном и послеаварийном режимах находится в допустимых пределах. Исходя из полученных результатов расчётов и проверок, окончательно принимается к установке на ТП1 и ТП2 «по два силовых трансформатора марки ТМГ-400/6, а на новой ТП3 – два трансформатора марки ТМГ-160/6» [19].

«Расположение ТП1-ТП3 с выбранными силовыми трансформаторами» [20], а также питающих и распределительных сетей жилого микрорайона, представлено на графическом листе 1.

2.4 Выбор и проверка проводников жилого микрорайона города Ижевска

Выбор и проверка проводников жилого микрорайона города Ижевска должны осуществляться в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и правилами эксплуатации [10].

Важными параметрами, которые необходимо учитывать при выборе и проверке проводников, являются:

- тип проводника: выбор типа проводника должен осуществляться в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и спецификаций проекта. Например, медные проводники имеют более высокую электропроводность, чем алюминиевые, но могут быть дороже в производстве;
- сечение проводника: выбор сечения проводника должен основываться на мощности потребляемой энергии и длине линии. Чем больше мощность и дальше расположены потребители, тем больше должно быть сечение проводника;
- материал изоляции: изоляция проводника должна соответствовать нормативно-техническим требованиям и обеспечивать надежную защиту от электрических разрядов и коррозии;
- устойчивость к перегрузкам: проводники должны быть способны выдерживать нагрузки, превышающие номинальную мощность;
- контрольные испытания: проводники должны проходить контрольные испытания, которые позволяют проверить их соответствие нормативно-техническим требованиям.

Для проверки проводников необходимо провести визуальный осмотр, измерение сопротивления проводника, проверку на наличие механических повреждений и изоляционных дефектов, а также проверку наличия заземления и соответствие цветовой маркировки проводников.

Таким образом, установлено, что выбор и проверка проводников – это ответственный процесс, который должен осуществляться с соблюдением нормативных требований и правил безопасности.

Это позволит гарантировать безопасность и надежность системы электроснабжения в жилом микрорайоне города Ижевска.

Выбираются питающие линии 6 кВ системы электроснабжения в жилом микрорайоне города Ижевска.

«Линия W_1 питает ТП1 и трансформатор Т1 ТП3 с суммарной нагрузкой $S_{\Sigma W1}=825,95$ кВА» [4]:

$$S_{p.w1} = K_c \cdot S_{\Sigma w1}, \quad (18)$$

где « $K_c = 0,85$ » [1].

$$S_{Pw1} = 0,85 \cdot 825,95 = 702,1 \text{ кВА.}$$

«Линия W_2 питает ТП2 и трансформатор Т2 ТП3 с суммарной нагрузкой $S_{\Sigma W1}=834,95$ кВА» [4]:

$$S_{Pw2} = 0,85 \cdot 825,95 = 709,7 \text{ кВА.}$$

«Расчётный ток» [4]:

$$I_{p.n} = \frac{S_{ном.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}. \quad (19)$$

«Сечение кабельной линии 6 кВ» [4]:

$$F_3 = \frac{I_{p.n.}}{j_3}, \text{ мм}^2, \quad (20)$$

«В нормальном режиме» [4]:

$$I_{доп} \geq I_{p.n.}, \text{ А}. \quad (21)$$

где « $I_{доп}$ – допустимое значение тока, А» [4].

«В послеаварийном режиме» [4]:

$$I_{доп} \geq I_{ав}, \text{ А}. \quad (22)$$

где « $I_{ав}$ – максимальное значение тока (ПАВ режим)» [4].

«Для линии W_1 » [4]:

$$I_{p.n.} = \frac{702,1}{\sqrt{3} \cdot 6} = 67,6 \text{ А}.$$

$$F_3 = \frac{67,6}{1,4} = 48,3 \text{ мм}^2.$$

«Выбирается стандартное сечение кабеля марки АСБ2л-6-3×50» [11].

«Проверка по нагреву линии W_1 » [4]:

$$149 \text{ А} \geq 67,6 \text{ А}.$$

«Условие проверки для линии W_1 выполняются» [4].

«Расчётный ток в послеаварийном режиме линии W_1 » [4]:

$$I_{ав} = \frac{(S_{\Sigma w1} + S_{\Sigma w2}) \cdot K_y}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}, A. \quad (23)$$

«Суммарный ток в послеаварийном режиме для линии W₁ с учётом резервирования линии W₂» [4]:

$$I_{ав} = \frac{(702,1 + 709,7) \cdot 0,8}{\sqrt{3} \cdot 6} = 108,6 A.$$

«Проверка в послеаварийном режиме для линии W₁ выполняется» [4]:

$$I_{дон} = 149 A > I_{ав} = 108,6 A.$$

«Следовательно, для кабельной линии W₁ окончательно принимается силовой кабель марки АСБ2л-10-3×50» [4].

«При этом нагрузка кабельной линии W₁ в ПАВ режиме совпадает с нагрузкой в ПАВ режиме кабельной линии W₂, для которой также выбирается силовой кабель марки АСБ2л-10-3×50» [4].

Выбор кабелей напряжением 0,38/0,22 кВ, включает выбор кабелей питающей сети жилого микрорайона.

Методика выбора кабелей до 1 кВ состоит в сравнении расчётного тока максимального режима с нормируемым допустимым током кабеля, который выбран по таблицам [17].

Результаты выбора и проверки кабельных линий напряжением 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты выбора и проверки кабельных линий напряжением 0,38/0,22 кВ жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска

Кабельная линия	Кол-во КЛ, шт.	Нагрузка, А		Марка и сечение кабеля	$I_{доп}, А$
		Норм. режим	Аварийный режим		
ТП-1					
ТП 1 – Объект № 1	2	422,3	591,2	2 АСБ2л-1-4×150	2×300=600
ТП 1 – Объект № 2	2	50,8	71,1	АСБ2л-1-4×16	79
ТП 1 – Объект № 3	2	201,5	282,2	АСБ2л-1-4×150	300
ТП 1 – Объект № 4	2	71,5	100,1	АСБ2л-1-4×25	102
ТП 1 – Объект № 5	2	59,5	83,4	АСБ2л-1-4×25	102
ТП-2					
ТП 2 – Объект № 6	2	105,2	147,3	АСБ2л-1-4×50	153
ТП 2 – Объект № 7	2	374,6	524,5	2 АСБ2л-1-4×150	2×300=600
ТП 2 – Объект № 8	2	228,5	319,8	АСБ2л-1-4×240	402
ТП 2 – Объект № 9	2	99,1	138,7	АСБ2л-1-4×50	153
ТП 2 – Объект № 10	2	253,8	355,4	АСБ2л-1-4×240	402
ТП-3					
ТП 3 – Объект № 11	1	17,9	-	АСБ2л-1-4×16	79
ТП 3 – Объект № 12	2	38,5	53,9	АСБ2л-1-4×16	79
ТП 3 – Объект № 13	2	181,7	254,4	АСБ2л-1-4×150	300
ТП 3 – Объект № 14	1	20,0	-	АСБ2л-1-4×16	79

Все кабели удовлетворяют условиям выбора.

2.5 Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска

Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска необходим для определения параметров защитных устройств и оборудования на подстанциях и линиях электропередачи.

Для расчёта токов короткого замыкания необходимо выполнить следующие шаги:

- определить характеристики электрической сети: напряжение, тип системы (заземленная или незаземленная), количество фаз, конфигурация сети;

- определить параметры источника короткого замыкания: мощность источника, напряжение короткого замыкания;
- определить параметры линий электропередачи: длину линии, сечение проводника, тип проводника, материал проводника, ток нагрузки, наличие заземления;
- рассчитать параметры короткого замыкания: ток короткого замыкания, время замыкания, мощность короткого замыкания, величину и характеристики силы электродинамического взаимодействия;
- определить параметры защитного оборудования: выбрать подходящий автоматический выключатель, выставить параметры релейной защиты и координацию между ними;
- провести проверку полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

Расчёт проводится для участка сети «ИП-ТП1». На понизительной ТП1 жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска установлены силовые трансформаторы ТМГ-400/6.

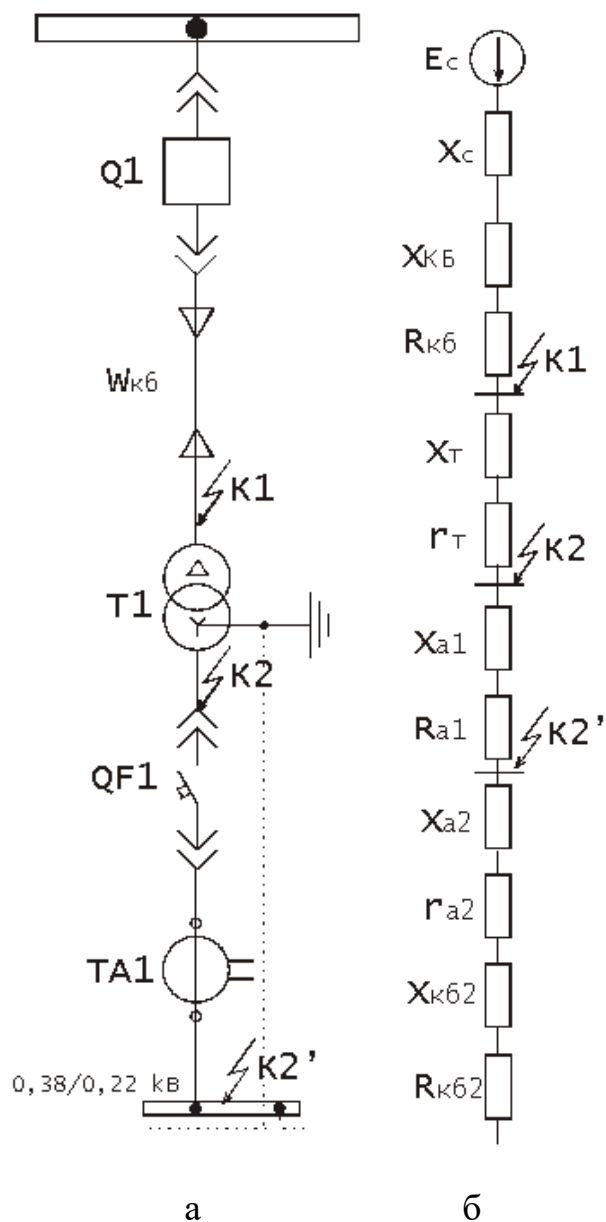
Мощность данного трансформатора принимается в качестве «базисной мощности при расчёте токов КЗ» [7].

«Базисный ток» [15]:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}}, A. \quad (24)$$

$$I_6 = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 36,7 A.$$

«Разработана расчётная схема (рисунок 3, а), а также её схема замещения (рисунок 3, б)» [7].



«Рисунок 3 – Схема для расчета токов КЗ: а – расчетная схема; б – схема замещения» [7]

«Индуктивное сопротивление энергосистемы» [8]:

$$x_{c*} = \frac{I_6^{(3)}}{I_{п.о}^{(3)}}, o.e. \quad (25)$$

$$x_{c*} = \frac{36,7}{6300} \approx 5,8 \cdot 10^{-3} o.e.$$

«Сопротивление питающей кабельной линии» [8]:

$$x_{*к61} = x_{0к61} l_{к61} \frac{S_6}{U_{61}^2}, o.e. \quad (26)$$

$$r_{*к61} = r_{0к61} l_{к61} \frac{S_6}{U_{61}^2}, o.e. \quad (27)$$

$$x_{*к61} = 0,083 \cdot 0,05 \frac{0,4}{0,4^2} = 0,24 \cdot 10^{-4} o.e.$$

$$r_{*к61} = 0,625 \cdot 0,05 \frac{0,4}{0,4^2} = 1,8 \cdot 10^{-4} o.e.$$

«Сопротивление силового трансформатора» [8]:

$$r_{*T} = \frac{\Delta P_{к3}}{S_{НОМ.T}}, o.e. \quad (28)$$

$$x_{*T} = \sqrt{u_{*K}^2 - r_{*T}^2}, o.e. \quad (29)$$

$$r_{*T} = \frac{7,6}{400} = 0,0121 o.e.$$

$$x_{*T} = \sqrt{0,055^2 - 0,0121^2} = 0,0537 o.e.$$

«Суммарное сопротивление к точке К1» [8]:

$$x_{*\Sigma K1} = x_{*C} + x_{*к61}, o.e. \quad (30)$$

$$x_{*\Sigma K1} = 0,0058 + 0,000024 = 0,00582 o.e.$$

$$z_{*\Sigma K1} = \sqrt{x_{*\Sigma K1}^2 + r_{*\Sigma K1}^2}, o.e. \quad (31)$$

$$z_{*\Sigma K1} = \sqrt{0,00582^2 + 0,00018^2} = 0,00582 o.e.$$

«Суммарное сопротивление к точке К2» [8]:

$$x_{*\Sigma K2} = x_{*\Sigma K1} + x_{T,*}, \text{ o.e.} \quad (32)$$

$$x_{*\Sigma K2} = 0,00582 + 0,0537 = 0,0595 \text{ o.e.}$$

$$r_{*\Sigma K2} = r_{K61,*} + r_{T,*}, \text{ o.e.} \quad (33)$$

$$r_{*\Sigma K2} = 0,00018 + 0,0121 = 0,0123 \text{ o.e.}$$

«Суммарное сопротивление к точке К2» [8]:

$$x_{\Sigma K2} = x_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (34)$$

$$x_{\Sigma K2} = 0,0595 \cdot \frac{0,4^2}{0,4} = 0,0152 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (35)$$

$$r_{\Sigma K2} = 0,0123 \cdot \frac{0,4^2}{0,4} = 0,0031 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{r_{\Sigma K2}^2 + x_{\Sigma K2}^2}, \text{ Ом.} \quad (36)$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{0,0031^2 + 0,0152^2} = 0,0155 \text{ Ом.}$$

«Суммарное сопротивление к точке К2'» [8]:

$$r_{\Sigma K2'} = r_{\Sigma K2} + r_{a1}, \text{ Ом.} \quad (37)$$

$$r_{\Sigma K2'} = 0,0031 + 0,00014 = 0,00324 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{r_{\Sigma K2'}^2 + x_{\Sigma K2}^2}, \text{ Ом.} \quad (38)$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{0,00364^2 + 0,0152^2} = 0,01563 \text{ Ом.}$$

«Ток трехфазного КЗ в точке К1» [8]:

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{I_6}{z_{*\Sigma \kappa 1}}, A. \quad (39)$$

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{36,7}{0,00582} = 3780 A = 3,78 \text{ кА}.$$

«Ток трехфазного КЗ в точках К2, К2'» [8]:

$$I_{\text{К.}i}^{(3)} = \frac{U_{62}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma \text{К.}i}}, \text{ кА}. \quad (40)$$

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0155} = 14,9 \text{ кА}.$$

$$I_{\kappa 2'}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,01563} = 14,78 \text{ кА}.$$

«Ударный ток» [8]:

$$i_{\text{y.К.}i} = \sqrt{2} \cdot K_y I_{\text{К.}i}^{(3)}, \text{ кА}, \quad (41)$$

где « K_y - ударный коэффициент» [8].

«Ударные токи в расчётных точках схемы» [7]:

$$i_{\text{y.}\kappa 1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 3,78 = 7,48 \text{ кА}.$$

$$i_{\text{y.}\kappa 2} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 14,9 = 21,07 \text{ кА}.$$

$$i_{\text{y.}\kappa 2'} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 14,78 = 20,9 \text{ кА}.$$

«Полученные значения токов КЗ используются в работе далее при проверке электрических аппаратов в системе электроснабжения жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска» [7].

2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов в системе электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска

Далее на основании полученных результатов расчётов, необходимо выбрать электрические аппараты для установки в системе электроснабжения жилого микрорайона на 15000 жителей.

Выбор и проверка электрических аппаратов в системе электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска являются важным процессом, который требует соблюдения нормативно-технической документации и правил безопасности.

Ниже приведены некоторые важные параметры, которые необходимо учитывать при выборе и проверке электрических аппаратов:

- тип электрических аппаратов: выбор типа электрических аппаратов должен осуществляться в соответствии с нормативно-технической документацией и требованиями проекта. Например, выключатели, рубильники и предохранители должны иметь соответствующие параметры и характеристики для обеспечения надежной работы системы электроснабжения;
- номинальное напряжение: выбор номинального напряжения электрических аппаратов должен основываться на параметрах электрической сети, таких как напряжение и частота;
- номинальный ток: выбор номинального тока электрических аппаратов должен основываться на максимальном потреблении тока в системе электроснабжения;
- степень защиты: выбор степени защиты электрических аппаратов должен основываться на условиях эксплуатации. Например, для электрических аппаратов, устанавливаемых в помещениях с повышенной влажностью, необходима высокая степень защиты от воды и пыли;

- контрольные испытания: электрические аппараты должны проходить контрольные испытания, которые позволяют проверить их соответствие нормативно-техническим требованиям и обеспечить надежную работу системы электроснабжения.

Для проверки электрических аппаратов необходимо провести проверку на соответствие номинальным параметрам, а также проверить их на стойкость к токам КЗ.

Кроме того, необходимо проверить соответствие электрических аппаратов нормативно-технической документации и требованиям проекта.

Таким образом, исходя из спроектированной схемы системы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска, в работе необходимо выбрать следующие электрические аппараты таких классов напряжения:

- выше 1 кВ (6 кВ) – для установки на стороне ВН питающих ТП1-ТП3;
- до 1 кВ (0,38/0,22 кВ) – для установки в питающей и распределительной сети объекта проектирования.

Проводится выбор электрических аппаратов для установки на питающих ТП1-ТП3 на стороне 6 кВ.

Важнейшими аппаратами коммутации и защиты сети 6 кВ является выключатель, поэтому их выбор рассмотрен более детально.

«Известно, что выбор выключателей высокого напряжения производится, исходя из следующих условий» [18]:

- «по номинальному напряжению» [13]:

$$U_{уст} \leq U_n. \quad (42)$$

где « $U_{уст}$, $U_{ном}$ – соответственно напряжения установки и номинальное напряжение выключателя (параметр завода-изготовителя)» [15];

- «по максимальному рабочему току» [13]:

$$I_{\text{раб.макс}} \leq I_n \quad (43)$$

где « $I_{\text{раб.макс}}$, I_n – соответственно максимальный рабочий ток ПАВ режима электроустановки и номинальное значение тока выключателя (параметр завода-изготовителя)» [16];

– проверка выключателя на симметричный ток отключения:

$$I_{\text{пт}} \leq I_{\text{откн}} \quad (44)$$

где « $I_{\text{пт}}$ – значение периодической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения дугогасительных контактов» [12];
« $I_{\text{откн.н}}$ – номинальный ток отключения выбранного выключателя, кА» [13];

– «проверка выключателя на отключение асимметричного тока КЗ» [7]:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{\text{пт}} + i_{\text{ат}}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{\text{откн.н}} (1 + \beta_n), \quad (45)$$

где « $i_{\text{ат}}$ – значение аperiodической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения контактов» [13];

« β_n – номинальное значение относительного содержания аperiodической составляющей в отключаемом токе КЗ» [13];

« τ – наименьшее время от начала короткого замыкания до момента расхождения дугогасительных контактов, определяется так» [13]:

$$t = t_{\text{з.мин}} + t_{\text{с.в}}, \quad (46)$$

где « $t_{\text{з.мин}}$ – минимальное время действия релейной защиты, с» [14];

« $t_{\text{с.в}}$ – собственное время отключения выключателя, с» [11];

– «на электродинамическую устойчивость выбранный выключатель проверяется по значению предельного сквозного тока КЗ» [18]:

$$i_y \leq i_{np.c}, \quad (47)$$

где « $i_{np.c}$ – действующее значение предельного сквозного тока КЗ» [11];

« i_y – ударный ток короткого замыкания в цепи выключателя» [10];

– «проверка выключателя на термическую стойкость по значению теплового импульса» [18]:

$$B_k \leq I_T^2 t_T, \quad (48)$$

где « B_k – тепловой импульс по расчёту, $A^2 \cdot c$ » [10];

« I_T – предельный ток термической устойчивости, $A^2 \cdot c$ » [10];

« t_T – время протекания тока термической устойчивости, c » [10].

При этом тепловой импульс с учётом токов КЗ и отключения цепи:

$$B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a). \quad (49)$$

По приведённым выше условиям, с учётом рассчитанных параметров электрической сети 6 кВ, далее в работе необходимо осуществить проверку выключателей высокого напряжения жилого микрорайона на 15000 жителей.

Результаты выбора выключателей высокого напряжения представлены в работе в форме таблицы 8.

Таблица 8 – Результаты выбора новых выключателей высокого напряжения для установки в РУ-6 кВ ТП-1-ТП-3 жилого микрорайона на 15000 жителей

Расчётные данные	Условия выбора	Паспортные данные выключателя ВВ/TEL-10-20/630-У2-48
$U_{уст.} = 6 \text{ кВ}$	$U_n \geq U_{уст.}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_{расч.мах} = 108,6 \text{ А}$	$I_n \geq I_{расч.мах}$	$I_n = 630 \text{ А}$
$I'' = 3,78 \text{ кА}$	$I_{дин.} \geq I''$	$I_{дин} = 60 \text{ кА}$
$i_{уд.} = 7,48 \text{ кА}$	$1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{дин.} \geq i_{уд.}$	$I_{тс} = 52 \text{ кА}$
$B_k = I''^2 \cdot (T_a + t_{откл.}) = 3,78^2 \cdot 0,5 = 7,14 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{тс}^2 \cdot t_{тс} \geq B_k$	$I_{тс}^2 \cdot t_{тс} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$I_{н.о.} = 3,78 \text{ кА}$	$I_{откл.ном.} > I_{н.о.}$	$I_{н.о.} = 20 \text{ кА}$

Выключатели нагрузки ВНПР-10/630-16УЗ являются высоковольтными электрическими аппаратами, предназначенными для управления и защиты высоковольтных электрических цепей переменного тока на напряжение до 10 кВ и частотой 50 Гц. Они применяются в системах электроснабжения для обеспечения безопасной эксплуатации высоковольтного оборудования и контроля процессов электропередачи (таблица 9).

Таблица 9 – Выбор и проверка выключателей нагрузки 6 кВ

Расчётные данные	Условия выбора	Паспортные данные ВНПР-10/630-16УЗ
$U_{уст.} = 6 \text{ кВ}$	$U_H \geq U_{уст.}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{расч.мах} = 108,6 \text{ А}$	$I_H \geq I_{расч.}$	$I_H = 630 \text{ А}$
$I'' = 3,78 \text{ кА}$	$I_{пр.с} \geq I''$	$I_{пр.с} = 16 \text{ кА}$
$i_{уд.} = 7,48 \text{ кА}$	$i_{пр.с} \geq i_{уд.}$	$i_{пр.с} = 41 \text{ кА}$
$B_k = 7,14 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T \geq B_k$	$I_T = 10 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

«Результаты выбора предохранителей 6 кВ представлен в таблице 10» [9].

Таблица 10 – Выбор предохранителей 6 кВ

Расчётные данные	Условия выбора	Паспортные данные ПК103-6-40-31,5/УЗ
$U_{уст.} = 6 \text{ кВ}$	$U_H \geq U_{уст.}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{расч.мах} = 32,4 \text{ А}$	$I_H \geq I_{расч.}$	$I_H = 100 \text{ А}$
$I_{расч.мах} = 32,4 \text{ А}$	$I_{пл.вст} \geq I_{расч.}$	$I_{пл.вст} = 40 \text{ А}$
$I_{пл.вст} = 40 \text{ А}$	$I_H \geq I_{пл.вст}$	$I_H = 100 \text{ А}$
$i_{уд.} = 7,48 \text{ кА}$	$i_{пр.с} \geq i_{уд.}$	$i_{пр.с} = 31,5 \text{ кА}$

Проводится выбор электрических аппаратов напряжением до 1 кВ для защиты и коммутации системы электроснабжения жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска.

«Для ТП-6/0,4 кВ со стороны 0,4 кВ выбираются автоматы ввода, а для защиты ВРУ потребителей системы электроснабжения жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска– плавкие предохранители и рубильники» [9].

«Для защиты и коммутации ТП1 – ТП3 (6/0,4 кВ) системы электроснабжения проектируемого жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска, в работе применяются автоматы ввода» [9].

«В работе для данной цели выбираются современные отечественные автоматы марки ВА» [9].

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

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (50)$$

$$I_{ном.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (51)$$

«Ток уставки электромагнитного расцепителя» [14]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p, \quad (52)$$

где « $K_{то}$ – кратность тока отсечки» [13].

«Проверка автомата на отключающую способность» [14]:

$$I_{откл.} \geq I_k. \quad (53)$$

На примере автомата ввода для установки на ТП-1:

$$I_{ном.а} = 1000 A \geq I_p = 1,3 \cdot 615,4 = 800 A.$$

$$I_{ном.т.р} = 1000 A \geq 1,1 \cdot 800 = 880 A.$$

$$I_{ном.э.р} = 25 кА.$$

$$I_{откл.} = 60 кА \geq 14,9 кА.$$

Окончательно выбирается для проектируемого жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска, автомат ввода ТП1 (6/0,4 кВ) марки ВА85-41, с параметрами: $I_{ном.а} = 1000$ А, $I_{у.т.р.} = 1000$ А, $I_{у.э.р.} = 25$ кА, $I_{откл.} = 60$ кА.

«Выбор остальных автоматических выключателей ввода ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска осуществлён аналогично (таблице 11)» [9].

Таблица 11 – Результаты выбора вводных автоматов ТП-6/0,4 кВ системы электроснабжения проектируемого жилого района 6-го микрорайона г. Ижевска

Наименование	I_p , А	Марка автоматического выключателя	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р.}$, А	$I_{у.э.р.}$, кА	$I_{откл.}$, кА
Вводной автомат ТП-1	800	ВА85-41	1000	1000	25	60
Вводной автомат ТП-2	800	ВА85-41	1000	1000	25	60
Вводной автомат ТП-3	345	ВА57-39	400	400	20	31,5

«Для защиты ВРУ потребителей применяются плавкие предохранители типа ПН-2» [9].

«Выбор предохранителя» [7]:

$$I_n \geq I_{р.макс}, \quad (54)$$

где « $I_{раб.макс}$ – максимальный рабочий ток, А» [9].

«Выбор плавкой вставки» [7,8]:

$$I_e \geq I_{р.макс}. \quad (55)$$

Проверка соответствия патрона его плавкой вставке:

$$I_n \geq I_e. \quad (56)$$

Проверка предохранителя по отключающей способности:

$$I_{откл.} \geq I_{к}. \quad (57)$$

Результаты выбора предохранителей напряжением 0,38/0,22 кВ представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты выбора и проверки предохранителей системы электроснабжения жилого микрорайона

Линия (ВРУ потребителя)	$I_{раб.макс},$ А	Предохранитель		Марка предохранителя	$I_{откл},$ кА
		$I_{ном.п.},$ А	$I_{ном.в.},$ А		
ТП-1					
ТП 1 – Объект № 1	591,2	630	630	ПН2-630	100
ТП 1 – Объект № 2	71,1	100	80	ПН2-100	100
ТП 1 – Объект № 3	282,2	400	300	ПН2-400	100
ТП 1 – Объект № 4	100,1	250	200	ПН2-250	100
ТП 1 – Объект № 5	83,4	100	100	ПН2-100	100
ТП-2					
ТП 2 – Объект № 6	147,3	250	200	ПН2-250	100
ТП 2 – Объект № 7	524,5	630	630	ПН2-630	100
ТП 2 – Объект № 8	319,8	400	400	ПН2-400	100
ТП 2 – Объект № 9	138,7	250	200	ПН2-250	100
ТП 2 – Объект № 10	355,4	400	400	ПН2-400	100
ТП-3					
ТП 3 – Объект № 11	17,9	100	20	ПН2-100	100
ТП 3 – Объект № 12	53,9	100	60	ПН2-100	100
ТП 3 – Объект № 13	254,4	400	400	ПН2-400	100
ТП 3 – Объект № 14	20,0	100	25	ПН2-100	100

Выбранные электрические аппараты напряжением 0,38/0,22 кВ показаны в графической части работы.

Выводы по разделу.

В результате выполнения работы, приняты следующие решения по реконструкции системы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска, а именно:

- введена в эксплуатацию новая ТПЗ (6/0,4 кВ) для обеспечения питания новых объектов. На ТПЗ в результате проведения расчётов установлены два силовых трансформатора марки ТМГ-160/6;

- в результате проверки мощности силовых трансформаторов на существующих ТП1 и ТП2 установлено, что они остаются без изменений, следовательно, выдержат нагрузку всех потребителей, которых они питают;
- реконструирована схема сети 6 кВ, на всех участках сети принята петлевая схема электроснабжения, выбраны новые кабельные линии сети 6 кВ с использованием силовых кабелей марки АСБ2л-10-3×50, прокладка – в земляной траншее;
- проведена модернизация распределительной сети 0,4 кВ, в результате чего выбраны для всех потребителей силовые кабели марки АСБ2л-1-4 разных сечений, прокладка – в земле;
- в связи с вводом в эксплуатацию новых объектов и понизительной ТПЗ, которая их питает, реконструирована схема электрических соединений и модернизированы электрические аппараты 6 кВ и 0,4 кВ на ТП-6/0,4 кВ, в результате чего выбраны инновационные марки аппаратов для их применения в системе электроснабжения объекта проектирования.

Все принятые в работе решения подтверждены на основании полученных результатов электрических нагрузок, а также токов короткого замыкания.

3 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона

Выбор системы учета и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона зависит от нескольких факторов:

- размер и сложность микрорайона. Если жилой микрорайон имеет большое количество зданий, квартир и жителей, то необходима более мощная и сложная система учета и контроля электроэнергии. Такие системы должны быть способны обрабатывать большие объемы данных, а также автоматически регулировать энергопотребление в зависимости от нагрузки;
- тип зданий. Если здания в микрорайоне имеют разные типы и назначение (например, жилые дома, коммерческие здания и т.д.), то необходима гибкая система учета и контроля, которая может учитывать различные режимы потребления электроэнергии для каждого типа здания;
- технические возможности. Важно учитывать технические возможности микрорайона, например, наличие сети связи и интернета, техническую готовность зданий к установке счетчиков и другое;
- бюджет. На выбор системы учета и контроля электроэнергии может повлиять бюджет, выделенный на эту цель. В некоторых случаях более дорогие и сложные системы учета могут обеспечивать более точный и эффективный контроль над потреблением электроэнергии, но могут быть недоступны из-за ограниченных финансовых ресурсов.

В зависимости от вышеперечисленных факторов, рассматриваются следующие варианты систем учета и контроля электроэнергии:

- системы счетчиков: для малых и средних микрорайонов, где нет необходимости в сложных и дорогостоящих системах, можно использовать счетчики электроэнергии, установленные на каждый

дом или квартиру. Данные счетчиков можно регулярно считывать и анализировать для учета и контроля потребления электроэнергии;

- системы автоматического управления нагрузкой. Системы автоматического управления нагрузкой могут быть эффективным решением для микрорайонов, где много зданий и жителей. Они позволяют управлять потреблением электроэнергии в реальном времени, автоматически регулируя энергопотребление в зависимости от нагрузки. Это позволяет избежать перегрузок и сбоев в электросети, а также оптимизировать использование электроэнергии в микрорайоне;
- системы мониторинга и анализа. Более сложные системы мониторинга и анализа могут быть использованы в больших микрорайонах с разнообразным назначением зданий и различными режимами потребления электроэнергии. Они могут включать в себя мониторинг потребления электроэнергии в режиме реального времени, анализ данных, создание отчетов и диаграмм для управления и контроля потребления электроэнергии в микрорайоне;
- системы умных сетей: Умные сети представляют собой интеллектуальную систему, которая может обрабатывать большое количество данных и регулировать потребление электроэнергии в режиме реального времени. Они могут быть использованы в крупных микрорайонах, где много зданий и разнообразные режимы потребления электроэнергии. Умные сети позволяют оптимизировать использование энергии, управлять потреблением в зависимости от нагрузки и предотвращать перегрузки в электросети.

В целом, выбор системы учета и контроля электроэнергии должен быть основан на анализе потребностей микрорайона, технических возможностей и бюджета.

Необходимо выбрать наиболее подходящую систему, которая будет эффективно контролировать и управлять потреблением электроэнергии,

снижая затраты на энергию и обеспечивая устойчивую работу электроснабжения в микрорайоне.

Таким образом, в работе после проведения соответствующих сравнительных анализов, выбрана к применению в системе электроснабжения жилого микрорайона современная автоматизированная система контроля и управления электроэнергией (АСКУЭ) марки «Меркурий-Энергоучёт» на базе счётчиков «Меркурий 230 ART».

Конструктивное выполнение и функционал данного счётчика «Меркурий 230 ART», применяемого в работе в системе АСКУЭ, показано на рисунке 4.



Рисунок 4 – Конструктивное выполнение и функционал счётчика «Меркурий 230 ART»

Автоматизированная система контроля и управления электроэнергией «Меркурий» имеет ряд преимуществ, которые могут быть полезными для системы электроснабжения жилого микрорайона:

- высокая точность измерений: система «Меркурий» обеспечивает высокую точность измерений потребления электроэнергии, что позволяет более точно контролировать и управлять потреблением в микрорайоне;
- широкий диапазон функций: система «Меркурий» имеет широкий диапазон функций, таких как мониторинг потребления электроэнергии, регистрация аварийных ситуаций, управление нагрузкой и многое другое;
- гибкость и масштабируемость: система «Меркурий» является гибкой и масштабируемой, что позволяет ее использовать в микрорайонах различного размера и сложности;
- надежность и долговечность: система «Меркурий» имеет высокую надежность и долговечность благодаря использованию высококачественных компонентов и технологий;
- простота установки и эксплуатации: установка и эксплуатация системы «Меркурий» достаточно просты и не требуют специальных знаний и навыков;
- интеграция с другими системами: система «Меркурий» может быть легко интегрирована с другими системами учета и контроля энергопотребления, что позволяет создать комплексную систему управления электроэнергией в микрорайоне;
- снижение затрат на энергию: система «Меркурий» позволяет снизить затраты на энергию благодаря точному контролю и управлению потреблением электроэнергии в микрорайоне.

В целом, система «Меркурий» имеет ряд преимуществ, которые могут быть полезными для учета и контроля потребления электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона.

В работе расстановка данных счётчиков, а также систем связи АСКУЭ, для применения в системе электроснабжения жилого микрорайона, показана на графическом листе 6.

Таким образом, требуемая задача по выбору системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона решена в полном объёме.

Выводы по разделу.

В работе осуществлён аргументированный выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона.

После проведения соответствующих сравнительных анализов, выбрана к применению в системе электроснабжения жилого микрорайона современная автоматизированная система контроля и управления электроэнергией (АСКУЭ) марки «Меркурий-Энергоучёт» на базе счётчиков «Меркурий 230 ART».

Данная система учёта и контроля ЭЭ имеет ряд преимуществ, поэтому может быть рекомендована к внедрению на объекте исследования.

Таким образом, требуемая задача по выбору системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона решена в полном объёме.

Заключение

В результате проведенных исследований в работе, проведена разработка системы электроснабжения жилого микрорайона на 15000 жителей на примере Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска.

В работе приведены исходные данные на проектирование жилого микрорайона на 15000 жителей.

Установлено, что разработка проекта электроснабжение жилого микрорайона на 15000 жителей, осуществляется в работе на примере Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики.

Указано, что в основе данной разработки лежит рабочий проект системы электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики, обусловленный потребностью ввода новых объектов на территории данного микрорайона, а также сноса старых ветхих строений, улучшение транспортной развязки и приведение в надлежащий вид мест культурно-массового отдыха и рекреационных территорий.

Приведена характеристика организации, отвечающей за электроснабжение данного жилого микрорайона г. Ижевска (РЭС «Ижевские электрические сети», БЭВЛ-2).

Установлено, что система электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики, нуждается в реконструкции путём ввода новых объектов микрорайона в эксплуатацию.

Установлено, что к существующей системе электроснабжения рассматриваемого в работе микрорайона, планируется также подключить четыре новых объекта:

- детское дошкольное учреждение на 190 мест;
- общеобразовательную школу на 1000 учащихся;

- стадион с беговыми дорожками;
- гостевую парковку на 74 машино-места.

Также в связи с подключением новых объектов планируется строительство новой ТП-6/0,4 кВ.

В связи с этим, приведены исходные технические данные и характеристики всех объектов проектируемого жилого микрорайона.

Указанные мероприятия должны быть решены в работе далее, путём проектирования системы электроснабжения жилого микрорайона с учётом внесения данных изменений в существующую схему электроснабжения Северо-западного жилого микрорайона Октябрьского района города Ижевска Удмуртской Республики.

В результате выполнения работы, приняты следующие решения по реконструкции системы электроснабжения жилого микрорайона города Ижевска, а именно:

- введена в эксплуатацию новая ТПЗ (6/0,4 кВ) для обеспечения питания новых объектов. На ТПЗ в результате проведения расчётов установлены два силовых трансформатора марки ТМГ-160/6;
- в результате проверки мощности силовых трансформаторов на существующих ТП1 и ТП2 установлено, что они остаются без изменений, следовательно, выдержат нагрузку всех потребителей, которых они питают;
- реконструирована схема сети 6 кВ, на всех участках сети принята петлевая схема электроснабжения, выбраны новые кабельные линии сети 6 кВ с использованием силовых кабелей марки АСБ2л-10-3×50, прокладка – в земляной траншее;
- проведена модернизация распределительной сети 0,4 кВ, в результате чего выбраны для всех потребителей силовые кабели марки АСБ2л-1-4 разных сечений, прокладка – в земле;
- в связи с вводом в эксплуатацию новых объектов и понизительной ТПЗ, которая их питает, реконструирована схема электрических

соединений и модернизированы электрические аппараты 6 кВ и 0,4 кВ на ТП-6/0,4 кВ, в результате чего выбраны инновационные марки аппаратов для их применения в системе электроснабжения объекта проектирования.

Все принятые в работе решения подтверждены на основании полученных результатов электрических нагрузок, а также токов короткого замыкания.

В работе осуществлён аргументированный выбор системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона.

После проведения соответствующих сравнительных анализов, выбрана к применению в системе электроснабжения жилого микрорайона современная автоматизированная система контроля и управления электроэнергией (АСКУЭ) марки «Меркурий-Энергоучёт» на базе счётчиков «Меркурий 230 ART».

Данная система учёта и контроля ЭЭ имеет ряд преимуществ, поэтому может быть рекомендована к внедрению на объекте исследования.

Таким образом, требуемая задача по выбору системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения жилого микрорайона решена в полном объёме.

Все принятые решения в работе подтверждены соответствующими расчётами и проверками.

Список используемых источников

1. АСКУЭ «Меркурий Энергоучёт» [Электронный ресурс]: URL: <http://td77.ru/ascue-mercury> (дата обращения: 29.03.2023).
2. АСКУЭ на базе счётчика Меркурий 230 ART [Электронный ресурс]: URL: <https://yaenergetik.ru/shop/product/mercury230art-irzatm2/> (дата обращения: 29.03.2023).
3. Барыбин Ю.Г. Справочник по проектированию электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 2018. 576 с.
4. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 343 с.
5. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия, 2020. 1072 с.
6. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 180 с.
7. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2020. 320 с.
8. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2018. 608 с.
9. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 316 с.
10. Об утверждении заключения о результатах публичных слушаний по рассмотрению документации по внесению изменений в проект планировки территории 6 микрорайона Северо-Западного жилого района в Октябрьском районе [Электронный ресурс]: URL: <https://www.izh.ru/i/olimp/view/obj/5594/pg/0> (дата обращения: 29.03.2023).
11. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок

потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2019. 174 с.

12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонadzор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис», 2019. 324 с.

13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис, 2018. 632 с.

14. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2018. 448 с.

15. Россети. Центр и Приволжье [Электронный ресурс]: URL: https://mrsk-cp.ru/about/general_information/ (дата обращения: 28.03.2023).

16. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. М.: Техноперспектива, 2018. 436 с.

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

18. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.twirpx.com/file/2616342/> (дата обращения: 28.03.2023).

19. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 28.03.2023).

20. 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».