

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование электрической сети г.Ишима Тюменской области

Студент

Е.Н.Сунцов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А.Нагаев

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

Тольятти 2021

Аннотация

Выполненная работа на тему «Проектирование электрической сети г. Ишима Тюменской области» содержит пояснительную записку и графическую часть.

Состав работы: пояснительная записка на 72 страницах, графический материал на 6 листах формата А1.

Целью работы является разработка проекта электрической сети г.Ишима Тюменской области при соблюдении требований надёжности и экономичности принятых основных решений.

Для решения поставленной цели в работе произведены необходимые расчёты, в результате которых выбраны и обоснованы: схема электрических соединений, марки силовых трансформаторов типономиналы и марки электрических аппаратов и кабельных линий электропередач г. Ишима Тюменской области, мероприятия по минимизации потерь электроэнергии на рассматриваемой подстанции.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, а по экологической безопасности при выполнении работ в электрической сети г.Ишима Тюменской области. В работе основные расчёты детально выполнены на примере микрорайона «Западный» г. Ишима.

Методы исследования: анализ нормативной технической документации, анализ литературных источников, методы расчёта и проектирования электрических сетей.

Результатом работы является разработка и реализация мероприятий и технических решений, позволяющих осуществить качественное проектирование электрической сети г.Ишима Тюменской области. Работа может быть принята к сведению для разработки аналогичных проектов, применяемых в учебных целях.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных на проектирование	6
1.1 Общая характеристика г. Ишима Тюменской области.....	6
1.2 Характеристика источников питания электрической сети г. Ишима Тюменской области	12
2 Проектирование электрической сети города.....	14
2.1 Выбор и обоснование схем электроснабжения внешнего и внутреннего электроснабжения.....	14
2.2 Расчёт электрических нагрузок ТП-10/0,4 кВ жилых районов города	20
2.3 Выбор силовых трансформаторов ГПП жилых районов города	28
2.4 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов ТП жилых районов города Ишима Тюменской области	32
2.5 Выбор компенсирующих устройств на ТП-10/0,4 кВ жилых районов города	35
2.6 Расчёт токов короткого замыкания.....	37
2.7 Выбор и проверка сечения проводников жилых районов города Ишима Тюменской области	45
2.8 Выбор и проверка электрических аппаратов системы электроснабжения Ишима Тюменской области.....	53
3 Обеспечение безопасности при выполнении работ в электрической сети города.....	60
3.1 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда.....	60
3.2 Разработка мероприятий по охране окружающей среды	67
Заключение	69
Список используемой литературы и используемых источников.....	71

Введение

Известно, что системы электроснабжения городов и населённых пунктов являются важнейшим звеном питания и распределения электроэнергии не только в региональном масштабе, но и в масштабах всей страны.

По этой причине к системам электроснабжения городов и населённых пунктов предъявляются повышенные требования, которые состоят в применении современных надёжных и экономичных схемных решений с целью обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей городов и населённых пунктов, а также использование новейших разработок оборудования подстанций.

Основными задачами, которые решаются на стадии проектирования для систем электроснабжения всех типов – это обеспечения установленного нормативами качества электроэнергии, а также надёжности, электробезопасности и экономичности системы электроснабжения.

Неверное и некачественное проектирование систем электроснабжения всех типов влечёт потерю надёжности, увеличение потерь электроэнергии и напряжения в сетях потребителей, угрозу жизни и здоровью людей, частую поломку оборудования с последующим дорогостоящим ремонтом вследствие его постоянной перегрузки и неправильного выбора по многим критериям (в частности, по термической и динамической стойкости к токам короткого замыкания, перегрузочной способности и т.д.).

Целью работы является разработка проекта электрической сети г.Ишима Тюменской области при соблюдении требований надёжности и экономичности принятых основных решений.

Объектом исследования в работе является система электроснабжения электрической сети г. Ишима Тюменской области для питания потребителей различного типа (промышленных, бытовых и коммунальных).

Предметом исследования в работе являются схема электрических соединений электрической сети г. Ишима Тюменской области для питания указанному типу потребителей, а также элементы рассматриваемой системы электроснабжения указанной системы электроснабжения города, а именно: схема электрических соединений, электрические сети и электрические аппараты.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

– в первом разделе приведены основные технические сведения и характеристики исходных данных для выполнения работы;

– во втором разделе осуществлена разработка проекта системы электроснабжения электрической сети г. Ишима Тюменской области. Для решения поставленной цели в разделе проводится выбор и проверка всех технических решений схемы электроснабжения жилого района города Ишима Тюменской области;

– в третьем разделе разработаны мероприятия по охране труда в системе электроснабжения электрической сети г. Ишима Тюменской области.

Работа выполняется с использованием учебной и справочной литературы с использованием типовых проектов.

1 Анализ исходных данных на проектирование

1.1 Общая характеристика г. Ишима Тюменской области

Город Ишим является административным центром Ишимского района Тюменской области.

По состоянию на 2021 год население города составляет около 60000 человек, поэтому город Ишим является типичным небольшим районным городом.

Город Ишим расположен на левом берегу одноимённой реки Ишим и является культурно-историческим центром Тюменской области РФ.

Общая площадь земельных угодий города Ишим с пригородами составляет более 4000 га.

Территориально г. Ишим находится в юго-восточной части Тюменской области на значительном удалении от своего областного центра. Расположение г. Ишима на карте Тюменской области показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Расположение г. Ишима на карте Тюменской области

При определении климатических условий в районе г. Ишима Тюменской области, принимались в качестве исходных данных карты климатического районирования, приведенные в работе [13].

На основании анализа трассы и карт климатического районирования по гололеду и по ветру [13], для г. Ишима Тюменской области принят третий район по гололеду и первый район по ветру.

Дополнительные исходные климатические характеристики для г. Ишима Тюменской области следующие:

- расчетная скорость ветра с повторяемостью 1 раз в 10 лет – 25 м/с;
- расчетная толщина стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 10 лет – 15 мм;
- скорость напора – 40 да Н/м²;
- среднегодовая скорость ветра – 3,8 м/с;
- скорость ветра при гололеде – 12,5 м/с;
- скоростной напор при гололеде – 10 да Н/м²;
- средняя температура воздуха при гололеде – минус 5,0 °С;
- среднегодовая температура воздуха – 2,0 °С;
- абсолютный минимум температуры – минус 46,0 °С;
- абсолютный максимум температуры – 38,0 °С;
- среднегодовая продолжительность гроз – 57 ч;
- среднегодовое количество остатков – 490 мм;
- угол, образуемый гололедонесущим ветровым потоком по отношению к линии электропередачи – от 0 °С до 90 °С;
- расчетная температура наиболее холодной пятидневки – минус 34 °С;
- глубина промерзания грунта – 174 см;
- высота снежного покрова – 84 см.

Приведённые климатические сведения используются в работе далее при выборе электрических аппаратов, сечения проводов линий электропередач с учётом климатических условий.

По территориальному в г. Ишим можно выделить пять крупных жилых микрорайонов:

- Северный;
- Южный;
- Западный;
- Восточный;

Также в городе Ишиме есть промышленный район, однако для его питания задействованы другие питающие мощности, поэтому он в работе не рассматривается. В работе детально рассмотрено проектирование Западного микрорайона города Ишима. Такая система электроснабжения Западного микрорайона города Ишима состоит непосредственно из понизительной трансформаторной подстанции (ТП-10/0,4 кВ), распределительных пунктов (РП), питающей сети 0,4 кВ, распределительной сети 0,4 кВ, а также электрической сети наружного освещения.

Основными потребителями электроэнергии в Западном микрорайоне города Ишима, являются бытовые и коммунальные потребители различной мощности и состава.

Характеристики объектов Западного микрорайона города Ишима приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Состав и характеристики многоквартирных жилых домов Западного микрорайона города Ишима приведены в таблице 1.

Состав и характеристики общественных зданий и сооружений, расположенных в пределах Западного микрорайона города Ишима, приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Состав и характеристики многоквартирных домов Западного МКР

Адрес	Обозначение на плане	Число, шт.			Категория надёжности
		этажей	квартир	лифтов	
ул. Космонавтов,1	К-1	5	68		III
ул. Космонавтов,13	К-13	5	68		III
ул. Космонавтов,17	К-17	5	68		III
ул. Космонавтов,27	К-27	5	68		III
ул. Беляева,6	Б-6	5	68		III
ул. Беляева,3	Б-3	5	68		III
ул. Космонавтов,3	К-3	5	45		III
ул. Космонавтов,5	К-5	5	45		III
ул. Космонавтов,9	К-9	5	45		III
ул. Беляева,8	Б-8	5	45		III
ул. Беляева,2	Б-2	5	45		III
ул. Космонавтов,11	К-11	5	51		III
ул. Космонавтов,19	К-19	5	51		III
ул. Космонавтов,21	К-21	5	51		III
ул. Космонавтов,23	К-23	5	51		III
ул. Космонавтов,25	К-25	5	51		III
ул. Беляева,4	Б-4	5	51		III
ул. Беляева,7	Б-7	5	51		III
ул. Беляева,5	Б-5	5	51		III
ул. Сахалинская,54	С-54	5	51		III
ул. Сахалинская,42	С-42	12	48	2	II
ул. Сахалинская,44	С-44	12	48	2	II
ул. Сахалинская,46	С-46	12	48	2	II
ул. Сахалинская,48	С-48	9	144	4	II
ул. Сахалинская,50	С-50	9	144	4	II

Таблица 2 – Состав и характеристики общественных зданий Западного МКР

Наименование	Обозначение на плане	Чел/м ²	Категория надёжности
Детский сад № 156	О-1	250	II
4-эт средняя школа № 65	О-2	1000	II
Продуктовый магазин S=150 м ²	О-3	150	III
Парикмахерская	О-4	70	III
Продуктовый магазин S=210 м ²	О-5	210	III
Ресторан S=350 м ²	О-6	50	III
Автомобильный магазин S=70м ²	О-7	70	III
Хоз. магазин "Муровейник" S=280м ²	О-8	280	III
Торговый центр "Биньхай" S=360м ²	О-9	360	III
Алко-маркет "Дилан" S=210м ²	О-10	210	III
Детский сад № 168	О-11	120	II

Схема расположения осветительных приборов Западного микрорайона города Ишима односторонняя, на опорах с одной стороны проезжей части. Расстояние между светильниками по типовому проекту при нормируемой освещённости 4 лк составляет 35 м.

Состав и характеристики сетей наружного освещения Западного микрорайона города Ишима приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Состав и характеристики сетей наружного освещения Западного микрорайона города Ишима

Участок	S (мм ²)	L уч. (м)
ТПО-1-1	10	50
1-2	10	35
2-3	10	35
3-4	10	35
4-5	10	35
5-6	10	35
6-7	10	35
7-8	10	35
8-9	10	35
9-10	10	35
10-11	10	35
11-12	10	35
12-13	10	35
13-14	10	35
14-15	10	35
15-16	10	35
16-17	10	35
17-18	10	35
18-19	10	35
19-20	10	35
20-21	10	35
21-22	10	35
22-23	10	35
23-24	10	35

План расположения потребителей Западного микрорайона города Ишима, согласно топографической карты города, представлен на рисунке 2.

План расположения указанных потребителей Западного микрорайона города Ишима, который детально рассматривается и проектируется в работе, приведён на графическом листе 1.

Согласно приведённым исходным данным и характеристикам, далее в работе проводится решение поставленных задач.



Рисунок 2 – План расположения потребителей Западного микрорайона города Ишима согласно топографической карты города Ишима

План расположения остальных микрорайонов на карте города Ишима с указанием электрических сетей, показан на графическом листе 1.

На основании приведённых сведений и технических характеристик, далее в работе осуществляется непосредственный расчёт электрических нагрузок

Западного микрорайона города Ишима, а также всего города Ишима в целом, выбор схемы электрической сети, а также выбор и проверка элементов системы электроснабжения: силовых трансформаторов, проводников, электрических аппаратов.

1.2 Характеристика источников питания электрической сети г. Ишима Тюменской области

Источниками питания проектируемой электрической сети г. Ишима Тюменской области являются следующие понизительные подстанции энергосистемы:

- 1 ввод: от ПС-330/110/10 кВ «Тюменская»;
- 2 ввод: от ПС-550/220/110/35/10 кВ «Ишимская».

На данных понизительных подстанциях установлены по два силовых трансформатора и имеется достаточный запас мощности для подключения такого небольшого города, как Ишим (согласно фактических технических данных по состоянию на 2021 год, коэффициент загрузки силовых трансформаторов: на ПС-330/110/10 кВ «Тюменская» - 32,3%, на ПС-550/220/110/35/10 кВ «Ишимская» - 27,45%).

В виду того, что на двух указанных понизительных подстанциях энергосистемы присутствует общий класс номинального напряжения 110 кВ, он предварительно принимается в качестве основного для питания электрической сети г. Ишима Тюменской области от энергосистемы.

Приведённые понизительные трансформаторные подстанции состоят на балансе Ишимского района электрических сетей (Ишимский РЭС), который является структурным подразделением и административно подчинен директору, главному инженеру и их заместителям, а по техническим вопросам – начальникам служб в соответствии с принадлежностью оборудования.

РЭС возглавляет начальник РЭС, который назначается и освобождается приказом директора предприятия.

РЭС осуществляет эксплуатацию, текущий и капитальный ремонт, находящихся на балансе передаточных устройств, а также оперативную ликвидацию аварийных отказов, возникающих на обслуживаемом оборудовании подстанций и распределительных устройств всех типов.

РЭС совместно со службами организует и участвует в эксплуатации электрических сетей.

Работа РЭС ведется по годовым и месячным планам, утвержденным главным инженером предприятия.

Выводы по разделу 1:

В результате выполнения первого раздела работы, описаны, проанализированы и систематизированы исходные данные на проектирование: приведено описание жилых районов г. Ишима, источников питания, расположения сетей и прочие исходные данные к выполнению работы.

На основании основных технических сведений и характеристик исходных данных для выполнения работы, далее осуществляется разработка проекта системы электроснабжения электрической сети г. Ишима Тюменской области согласно заданию на проектирование.

2 Проектирование электрической сети города

2.1 Выбор и обоснование схем электроснабжения внешнего и внутреннего электроснабжения

Известно, что выбранные схемы электрических соединений проектируются с учётом [1,5,13].

Кроме того, выбранные проводники, оборудование и аппараты необходимо также проверить соблюдение условий нагрева на термическую и электродинамическую стойкость [5].

Соблюдение приведённых выше требований, предъявляемых к схемам электроснабжения населённых пунктов нормативными документами [5], позволит существенно повысить надёжность системы электроснабжения и оптимизировать технологический процесс передачи электроэнергии потребителям.

При этом в системе электроснабжения населённых пунктов следует выделить внешнюю и внутреннюю системы электроснабжения.

Для каждой из них необходимо провести соответствующие расчёты и обосновать выбор схем, электрических сетей и аппаратов, а также проверить принятые решения по условиям работы в нормальном, аварийном и послеаварийном режимах работы системы электроснабжения.

В работе проведённого анализа литературных источников, в работе принимается радиальная схема внешнего электроснабжения, так как среди потребителей г. Ишима имеется значительное число потребителей I и II категории надёжности, требующих двух независимых источников питания по радиальной схеме [13].

По этой же причине в работе принимается питающая двухтрансформаторная главная понизительная подстанция (ГПП) системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области.

По условию электроснабжение системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области осуществляется от районных подстанций энергосистемы на напряжении 110 кВ (рассмотрены в работе ранее), которые расположены в 6 км от неё.

В работе для питающей внешней сети главной понизительной подстанции (ГПП) системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области выбирается схема соединений «Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий», которая применяется при двух трансформаторах с нерасщепленными обмотками НН на высших напряжениях понизительных ПС 35-110 кВ [3,5,6].

Выбранная в работе схема соединений на стороне ВН ГПП системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области показана на графическом листе 2.

В работе для системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области принимается схема РУ 10 кВ с необходимым уровнем резервирования – одиночная секционированная система сборных шин, секционированная секционным выключателем высокого напряжения, с устройством автоматического включения резерва (АВР), показанная в работе на графическом листе 2.

Внутренняя сеть системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области разделяется на питающую и распределительную.

Внутренняя сеть для потребителей I и II категорий надёжности проектируется с наличием на понизительных трансформаторных подстанциях (ТП) двух силовых трансформаторов согласно [1,4].

Объекты системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области, относящиеся к III категории надёжности, могут быть запитаны от одного источника питания по радиальной или магистральной схеме (в зависимости от

их нагрузки и расположения на территории города) на напряжении 0,38/0,22 кВ (если позволяет нагрузка).

Внутренняя сеть напряжением 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области в работе выполняется по радиальной схеме, согласно рекомендациям и требованиям [2-4].

Питание потребителей системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области непосредственно осуществляется от распределительных пунктов 0,38/0,22 кВ (РП) [1,2].

При этом в случае наличия отдельных мощных потребителей, они подключаются к шинам НН ТП-10/0,4 кВ напрямую (без использования РП).

В случае, если в системе электроснабжения населённого пункта имеется большое количество потребителей, и они распределены по территории городской застройки неравномерно, имеет смысл использовать центральный распределительный пункт (ЦРП), от которого будут получать питания РП на напряжении 0,38/0,22 кВ.

Схема внутренней сети системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области представлена на графическом листе 2.

Распределение потребителей по РП приводится в работе далее после выполнения соответствующих расчётов.

Для внутреннего электроснабжения системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области в работе выбраны номинальные напряжения 10 кВ (питающая схема электроснабжения) и 0,38/0,22 кВ (распределительная схема электроснабжения). В качестве номинального напряжения внешнего электроснабжения системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области принято напряжение 110 кВ, которое соответствует питающим источникам от понизительных подстанций энергосистемы.

Детальное проектирование в работе проводится на примере микрорайона Западный системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области, поэтому

выбор схемы электроснабжения указанного микрорайона далее рассмотрен в работе детально.

Электроснабжение Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области осуществляется от понизительной ТП-10/0,4 кВ на номинальном напряжении 0,38/0,22 кВ.

Источником питания ТП-10/0,4 кВ Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области является шины 10 кВ ГПП системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области.

На ГПП системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области предусмотрена раздельная работа секций сборных шин, которые питаются от независимых источников согласно нормативным положениям и требованиям [1].

Так как среди потребителей Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области имеются приёмники I и II категории надёжности, они должны получать питание от двух независимых источников, поэтому электроснабжение понизительной ТП-10/0,4 кВ осуществляется от ГПП по радиальной схеме электроснабжения.

По этой же причине ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области выполняется двухтрансформаторной, и каждый силовой трансформатор ТП-10/0,4 кВ питается от ГПП системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области отдельной кабельной линией от разных секций сборных шин.

В разрабатываемой схеме электроснабжения для понизительной ТП-10/0,4 кВ Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области должны обязательно быть соблюдены условия резервирования согласно требованиям [1].

Резервирование понизительной ТП-10/0,4 кВ Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области на стороне 10 кВ

осуществляется на питающем ГПП системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области.

Так как в схеме электроснабжения Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области имеется электроприёмники I и II категорий надёжности, в работе принимаются схема РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ с секционированной системой сборных шин с применением АВР секционного выключателя (автомата) на стороне 0,4 кВ [1,13].

При этом предусматривается раздельная работа секций сборных шин ТП-10/0,4 кВ, то есть в нормальном режиме секционный выключатель (автомат) отключён и включается автоматически под действием АВР только тогда, когда на одной из секций сборных шин по какой-либо причине исчезнет напряжение. Таким образом, обеспечивается необходимое питание потребителей понизительной ТП-10/0,4 кВ Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области согласно требованиям [1].

Так как по заданию от понизительной ТП-10/0,4 кВ получают питание 25 жилых многоквартирных дома, 5 из которых относятся ко II категории надёжности, а также 11 общественных зданий, 3 из которых относятся ко II категории надёжности, следовательно, согласно требованиям [1], в данном случае в виду значительного количества присоединений необходимо предусмотреть распределительные пункты 0,4 кВ (РП-0,4 кВ), получающие питание кабельными линиями электропередачи от ТП-10/0,4 кВ и обеспечивающие питание потребителей района.

Количество РП-0,4 кВ определяется, исходя из расположения потребителей, их расчётной нагрузки и категории надёжности (окончательный вариант будет принят после расчёта нагрузок в работе далее).

При этом распределение нагрузок по всем соединениям РП-0,4 кВ и, в целом, по всем РП-0,4, должно быть предусмотрено как можно более равномерно [1].

Для каждого потребителя Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области предусматривается вводное распределительное устройство (ВРУ-0,4 кВ) потребителей, схемы электроснабжения которых зависят от категории надёжности и описаны ниже.

На стороне 0,4 кВ для питания ВРУ-0,4 кВ потребителей II категории применяются двухлучевые схемы без АВР [1,3].

Питания ВРУ-0,4 кВ потребителей III категории осуществляется одной кабельной линией с использованием радиальной и магистральной схем, исходя из расположения потребителей и их расчётной нагрузки [1].

В работе сеть напряжением 10 кВ, обеспечивающая питанием ТП-10/0,4 кВ Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области от ГПП г. Ишима Тюменской области, все РП-0,4 кВ, получающие питание от ТП-10/0,4 кВ, а также распределительная сеть напряжением 0,38/0,22 кВ, питающая вводные распределительные устройства (ВРУ) потребителей от РП-0,4 кВ, выполняются кабельными линиями и прокладываются в траншее [6].

Такая схема позволит обеспечить необходимое и технически правильное распределение питания на территории Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области, обеспечив также правильный выбор электрических аппаратов и проводников.

Кроме того, принятая в работе схема электроснабжения обеспечит оптимальный расход проводникового материала, снижение потерь электроэнергии в сети и трансформаторах, а также нормированное качество напряжения на концах линий электропередач в нормальном режиме работы системы.

Описанная схема электроснабжения ТП-10/0,4 кВ Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области представлена на графическом листе 5.

2.2 Расчёт электрических нагрузок ТП-10/0,4 кВ жилых районов города

Расчёт электрических нагрузок ТП-10/0,4 кВ жилых районов города проводится на примере Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области.

Расчётная активная нагрузка квартир, приведенной к вводу жилого здания, кВт [13]:

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

где $P_{кв.уд.}$ – удельная нагрузка электроприемников (ЭП) квартир, кВт/кв;
 N – количество квартир, шт.

Согласно [13]

$$P_{кв.уд.(N_{кв.})} = P_{кв.уд.(N1)} - \frac{P_{кв.уд.(N1)} - P_{кв.уд.(N2)}}{N2 - N1} \cdot (N_{кв.} - N1). \quad (2)$$

Суммарная мощность лифтовых установок $P_{л}$, кВт [13]

$$P_{л} = k_c' \sum_1^{n_{л}} P_{ni}, \quad (3)$$

где k_c' – значение коэффициента спроса [13];

$n_{л}$ – число лифтовых установок, шт;

P_{ni} – установленная мощность электродвигателя лифта, кВт.

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома (квартир и лифтовых установок) $P_{р.ж.д}$, кВт, определяется по [13]:

$$P_{р.ж.д} = P_{кв} + k_y P_{л}, \quad (4)$$

где k_y – коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников.

Значение расчетной реактивной нагрузки жилого дома, квар [13]

$$Q_{р.ж.д} = P_{кв} \cdot tg\varphi_{кв} + k_y \cdot P_{л} \cdot tg\varphi_{л}, \quad (5)$$

где $tg \varphi_{кв}$ и $tg \varphi_{л}$ – расчетные коэффициенты, принимаются по [13].

Значение полной расчетной нагрузки на вводе в жилое здание, кВА, [13]:

$$S_{р.ж.д.} = \sqrt{P_{р.ж.д.}^2 + Q_{р.ж.д.}^2}. \quad (6)$$

Расчет электрических нагрузок жилых домов проведён на примере жилого дома № К-1 (по плану) с газовыми плитами (5 этажей), при этом:

$$N_{кв} = 68;$$

$$N_{э} = 5;$$

$$N_{л} = 0 \text{ кВт (лифты отсутствуют).}$$

По приведённым выше условиям производится расчёт значений активной, реактивной и полной нагрузки жилого дома К-1 (по плану) с газовыми плитами.

$$P_{кв.} = 1,2 - \frac{1,2 - 1,05}{60 - 40} \cdot (58 - 40) = 1,065 \text{ кВт} / \text{кв} ;$$

$$P_{кв} = 1,065 \cdot 58 = 61,77 \text{ кВт};$$

$$P_{л} = 0 \text{ кВт};$$

$$P_{р.ж.д.} = 61,77 + 0 = 61,77 \text{ кВт};$$

$$Q_{р.ж.д.} = 61,77 \cdot 0,29 = 17,91 \text{ квар};$$

$$S_{р.ж.д.} = \sqrt{61,77^2 + 17,91^2} = 64,31 \text{ кВА}.$$

Результаты нагрузок для остальных жилых домов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчёта нагрузок жилых домов Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области

№ дома	Число квартир, N _{кв}	Число этажей	Удельная нагрузка, P _{уд.кв.} , кВт/кв	Кол-во лифтов / мощность лифта, n _л /P _л , шт/кВт	Коэф-т реактивной мощности		Коэф-т спроса лифтов	Активная расчетная нагрузка, P _{р.ж.д.} , кВт	Реактивная расчетная нагрузка, Q _{р.ж.д.} , квар	Полная расчетная нагрузка, S _{р.ж.д.} , кВА
					tg φ _{кв}	tg φ _л				
К-1	68	5	1,065	-	0,29	-	-	61,77	17,91	64,31
К-13	68	5	1,065	-	0,29	-	-	61,77	17,91	64,31
К-17	68	5	1,065	-	0,29	-	-	61,77	17,91	64,31
К-27	68	5	1,065	-	0,29	-	-	61,77	17,91	64,31
Б-6	68	5	1,065	-	0,29	-	-	61,77	17,91	64,31
Б-3	68	5	1,065	-	0,29	-	-	61,77	17,91	64,31
К-3	45	5	1,163	-	0,29	-	-	52,31	15,17	54,47
К-5	45	5	1,163	-	0,29	-	-	52,31	15,17	54,47
К-9	45	5	1,163	-	0,29	-	-	52,31	15,17	54,47
Б-8	45	5	1,163	-	0,29	-	-	52,31	15,17	54,47
Б-2	45	5	1,163	-	0,29	-	-	52,31	15,17	54,47
К-11	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
К-19	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
К-21	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
К-23	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
К-25	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
Б-4	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
Б-7	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
Б-5	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47
С-54	51	5	1,12	-	0,29	-	-	57,12	16,56	59,47

Продолжение таблицы 4

№ дома	Число квартир, $N_{кв}$	Число этажей	Удельная нагрузка, $P_{уд.кв.}$, кВт/кв	Кол-во лифтов / мощность лифта, $n_{л}/P_{л}$, шт/кВт	Коэф-т реактивной мощности		Коэф-т спроса лифтов	Активная расчетная нагрузка, $P_{р.ж.д.}$, кВт	Реактивная расчетная нагрузка, $Q_{р.ж.д.}$, квар	Полная расчетная нагрузка, $S_{р.ж.д.}$, кВА
					$tg \varphi_{кв}$	$tg \varphi_{л}$				
С-42	48	12	1,14	2/4,5	0,2	1,17	0,6	60,12	18,34	62,86
С-44	48	12	1,14	2/4,5	0,2	1,17	0,6	60,12	18,34	62,86
С-46	48	12	1,14	2/4,5	0,2	1,17	0,6	60,12	18,34	62,86
С-48	144	9	0,82	4/4,5	0,2	1,17	0,6	128,88	38,41	134,48
С-50	144	9	0,82	4/4,5	0,2	1,17	0,6	128,88	38,41	134,48

Расчет электрических нагрузок общественных потребителей Западного микрорайона [13]:

$$P_{р.о.з.} = P_{уд.о.з.} \cdot M, \quad (7)$$

где $P_{уд.о.з.}$ – значение удельной расчетной нагрузки общественных зданий, кВт/м [13];

M – значение количественного показателя общественного здания.

Реактивная нагрузка общественных потребителей Западного микрорайона [13]:

$$Q_{р.о.з.} = P_{р.о.з.} \cdot tg \varphi_{о.з.}, \quad (8)$$

где $tg \varphi_{о.з.}$ – значение расчетного коэффициента для общественных потребителей [13].

Полная нагрузка общественных потребителей [13]:

$$S_{р.о.з.} = \sqrt{P_{р.о.з.}^2 + Q_{р.о.з.}^2} \quad (9)$$

На примере детского сада № 156 (№ О-1 по плану)

$$P_{p.o.z.} = 0,46 \cdot 250 = 115 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.o.z.} = 115 \cdot 0,2 = 23 \text{ квар};$$

$$S_{p.o.z.} = \sqrt{115^2 + 23^2} = 117,3 \text{ кВА}.$$

Результаты расчетов электрических нагрузок остальных общественных потребителей Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов электрических нагрузок общественных потребителей Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области

№ п/п	М	Удельная нагрузка, $P_{уд.o.z.}$, кВт/ед.	Коэффициент реактивной мощности $\text{tg } \varphi$	Активная расчетная нагрузка, $P_{p.o.z.}$, кВт	Реактивная расчетная нагрузка, $Q_{p.o.z.}$, квар	Полная расчетная нагрузка, $S_{p.o.z.}$, кВА
О-1	250	0,46	0,2	115,0	23,0	117,3
О-2	1000	0,25	0,33	250,0	82,5	263,26
О-3	150	0,25	0,62	37,5	23,25	44,12
О-4	70	0,25	0,62	17,5	10,85	20,59
О-5	210	0,25	0,62	52,5	32,55	61,77
О-6	50	0,66	0,2	33,0	6,6	33,65
О-7	70	0,25	0,62	17,5	10,85	20,59
О-8	280	0,25	0,62	70,0	43,4	82,36
О-9	360	0,25	0,62	90,0	55,8	105,89
О-10	210	0,25	0,62	52,5	32,55	61,77
О-11	120	0,46	0,2	55,2	11,04	56,29

Далее проводится расчёт осветительной нагрузки проектируемого Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области.

Расчёт проводится согласно заданию (расположение светильников и их количество, исходя из нормируемой освещённости).

Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Данные для расчета уличного освещения

Название улицы	Категория	Длина участка улицы, м	Удельная осветительная нагрузка, лк/м	Количество светильников на участке, шт.
Сахалинская	А	500	4	15
Космонавтов	А	850	4	25
Беляева	Б	350	4	10

Для уличного освещения в работе используются инновационные светодиодные светильники марки LED R500-1-120-6-55K [13]:

$$P_{св} = 55 \text{ Вт};$$

$$\cos\varphi = 0,954;$$

$$\operatorname{tg}\varphi = 0,33.$$

Значение расчетной активной нагрузки уличного освещения, кВт, [5]:

$$P_{p.y.o.} = \sum_{i=1}^n P_{св.} \cdot n_i, \quad (10)$$

где $P_{св.}$ – паспортная мощность светильника, кВт/км;

n_i – количество светильников согласно заданию, шт.

$$P_{p.y.o.} = 0,055 \cdot 15 + 0,055 \cdot 25 + 0,055 \cdot 10 = 2,75 \text{ кВт}.$$

Значение расчетной реактивной нагрузки освещения, квар, [13]:

$$Q_{p.o.мкр.} = P_{p.y.o.} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{y.o.}, \quad (11)$$

где $\operatorname{tg}\varphi_{y.o.}$ - значение коэффициента реактивной мощности светильников уличного освещения.

$$Q_{p.o.мкр.} = 2,75 \cdot 0,328 = 0,9 \text{ квар}.$$

Значение полной расчетной нагрузки освещения Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области [5]:

$$S_{p.o.мк.p.} = \sqrt{P_{p.o.мк.p.}^2 + Q_{p.o.мк.p.}^2} \quad (12)$$

$$S_{p.o.мк.p.} = \sqrt{2,75^2 + 0,9^2} = 2,89 \text{ кВА.}$$

Расчет электрической нагрузки Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области [5]:

$$P_{микр} = P_{p.max} + \sum_1^{n_i} k_{yi} \cdot P_{p.i} \quad (13)$$

$$Q_{микр} = P_{p.max} \cdot tg\varphi + \sum_1^n k_{y.i} \cdot (P_{кв.i} \cdot tg\varphi_{кв.i} + k'_{c.i} \cdot P_{л.i} \cdot tg\varphi_{л.i}). \quad (14)$$

Для первого «условного дома»

$$n_l \cdot P_l = 14 \cdot 4,5 = 63 \text{ кВт};$$

$$P_{кв.705} = 1,27 - \frac{1,27 - 1,23}{600 - 400} \cdot (432 - 400) = 1,26 \text{ кВт / кв};$$

$$P_{кв.y.д.1} = 1,26 \cdot 432 = 545,9 \text{ кВт};$$

$$P_{л.y.д.1} = 0,65 \cdot 63 = 40,95 \text{ кВт};$$

$$P_{p.y.д.1} = 545,9 + 0,9 \cdot 40,95 = 582,76 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.y.д.1} = 545,9 \cdot 0,2 + 0,9 \cdot 40,95 \cdot 1,17 = 152,3 \text{ квар};$$

$$S_{p.y.д.1} = \sqrt{582,76^2 + 152,3^2} = 602,3 \text{ кВА.}$$

Объединяются во второй «условный» дом жилые дома с плитами для приготовления пищи на природном газе этажностью 5 этажей, без лифтов.

При этом согласно исходных данных, суммарное число квартир во втором «условном» доме: $N = 1092$.

Для второго «условного дома»

$$P_{кв.562} = 0,69 - \frac{0,69 - 0,67}{1200 - 1000} (1200 - 1092) = 0,68 \text{ кВт / кв.}$$

$$P_{кв.у.д.2} = 0,68 \cdot 1092 = 742,56 \text{ кВт};$$

$$Q_{р.у.д.2} = 742,56 \cdot 0,29 = 215,34 \text{ квар};$$

$$S_{р.у.д.2} = \sqrt{742,56^2 + 215,34^2} = 773,15 \text{ кВА.}$$

Суммарная расчетная нагрузка Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области с учётом нагрузок двух «условных домов» жилых объектов, общественных потребителей и наружного освещения:

$$P_{р.мкр} = 582,76 + 742,56 + (115 \cdot 0,5 + 250 \cdot 0,5 + 37,5 \cdot 0,4 + 17,5 \cdot 0,4 + 52,5 \cdot 0,4 + 33 \cdot 0,4 + 17,5 \cdot 0,4 + 70 \cdot 0,4 + 90 \cdot 0,4 + 52,5 \cdot 0,4 + 55,2 \cdot 0,5) + 2,75 = 1668,1 \text{ кВт.}$$

Реактивная расчетная нагрузка Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области, квар:

$$Q_{р.мкр} = 152,3 + 215,34 + (115 \cdot 0,5 \cdot 0,62 + 250 \cdot 0,5 \cdot 0,62 + 37,5 \cdot 0,4 \cdot 0,2 + 17,5 \cdot 0,4 \cdot 0,2 + 52,5 \cdot 0,4 \cdot 0,62 + 33 \cdot 0,4 \cdot 0,62 + 17,5 \cdot 0,4 \cdot 0,62 + 70 \cdot 0,4 \cdot 0,62 + 90 \cdot 0,4 \cdot 0,62 + 52,5 \cdot 0,4 \cdot 0,62 + 55,2 \cdot 0,5 \cdot 0,62) + 2,89 = 456,29 \text{ квар.}$$

Полная расчетная нагрузка, кВА:

$$S_{р.мкр.} = \sqrt{1668,1^2 + 456,29^2} = 1729,38 \text{ кВА.}$$

Аналогично произведён расчёт электрических нагрузок остальных понизительных ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области и результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчёта электрических нагрузок понизительных ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

Наименование ТП	P_p+P_{p0} , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА
ТП-1 (Северный микрорайон)	2028,42	778,79	2173,26
ТП2 (Южный микрорайон)	1171,72	445,21	1671,31
ТП3 (Восточный микрорайон)	1891,18	982,85	2131,33
ТП4 (Западный микрорайон)	1668,1	456,29	1729,38
Всего по жилым районам г. Ишим	6613,12	3306,14	7508,85

На основании полученных результатов далее в работе проводится выбор силовых трансформаторов на понижающих ТП-10/0,4 кВ, а также типономиналов и марок электрических сетей и аппаратов напряжением 10 кВ для питания микрорайонов города Ишим.

2.3 Выбор силовых трансформаторов ГПП жилых районов города

Так как ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области является понизительной ПС-110/10 кВ, которая питает потребители этих жилых районов города, большинство из которых относится к I и II категориям надёжности, следовательно, на данной понизительной подстанции принимается к установке два силовых трансформатора.

В работе также проводится необходимая проверка силовых трансформаторов на перегрузочную способность как в нормальном, так и в максимальном (послеаварийном) режиме работы.

Однако для точного выбора силовых трансформаторов на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области необходимо учесть величину реактивной мощности и степень её компенсации в проектируемой системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области.

При решении вопроса о компенсации реактивной мощности исходят из следующих предпосылок, приведённых ниже.

Рассчитываются оптимальный и фактический коэффициенты:

$$tg\varphi_o = \frac{Q_o}{P_m}; tg\varphi_m = \frac{Q_m}{P_m}, \quad (15)$$

где $tg\varphi_o$ – оптимальный коэффициент реактивной мощности;

P_m – зафиксированная в договоре активная мощность на пользование электроэнергией;

Q_o - оптимальная реактивная нагрузка жилых районов города Ишима Тюменской области, зафиксированная в договоре на пользование электроэнергией;

Q_m – фактическая реактивная нагрузка.

Оптимальное значение коэффициента реактивной мощности $tg\varphi_o = 0,4$.

$$tg\varphi_m = \frac{3306,18}{6613,1} \approx 0,5$$

Мощность компенсирующих устройств $Q_{кв}$ для установки на шинах 10 кВ ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области определяется так:

$$Q_{кв} = P_m(tg\varphi_m - tg\varphi_o). \quad (16)$$

$$Q_{кв} = 6613,1 \cdot (0,4 - 0,5) \approx 661 \text{ квар.}$$

Принимается для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области две конденсаторные установки марки УКРМ-6,3 (10,5)-300 с суммарной реактивной мощностью $2 \cdot 300 = 600$ квар.

Тогда расчетная реактивная нагрузка жилых районов города Ишима Тюменской области с учётом компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП

$$Q_{p\Sigma} = Q_p - Q_{КУ}, \text{ квар.} \quad (17)$$

$$Q_{p\Sigma} = 3306,18 - 600 = 2706,18 \text{ квар.}$$

Тогда полная расчётная нагрузка жилых районов города Ишима Тюменской области с учётом компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП

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

$$S_{p.} = \sqrt{6613,1^2 + 2706,18^2} = 7145,4 \text{ кВА.}$$

Мощность силового трансформатора для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области

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

где n – количество силовых трансформаторов, шт.;

K_3 – коэффициент загрузки, $K_3 = 0,7$.

$$S_{ном} \geq \frac{7145,4}{2 \cdot 0,7} = 5103,8 \text{ кВА.}$$

Выбирается для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области силовой трансформатор номинальной мощностью 6300 кВА типа ТМН-6300-110/10У1.

Каталожные данные выбранных силовых трансформаторов ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Каталожные данные трансформаторов ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области

ПС	Тип трансформатора	$S_{тр}$ МВт	n	$\Delta P_{кз}$, КВт	ΔP_x КВт	ΔQ_x Ква	$I_x\%$	$U_{к\%}$
ГПП	ТМН-6300/110	6,3	2	44	11,5	50,4	0,8	10,5

Определяется фактический коэффициент загрузки трансформатора ГПП

$$K_3 = \frac{S_P}{n \cdot S_{ном}} \quad (20)$$

$$K_3 = \frac{7145,4}{2 \cdot 6300} = 0,58$$

Проверка выбранного силового трансформатора ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области в ПАВ режиме

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

$$1,35 \cdot 6300 = 8505 \text{ кВА} \geq 7145,4 \text{ кВА.}$$

Условия проверок как в нормальном, так и послеаварийном режиме для выбранных силовых трансформаторов ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области выполняется.

Поэтому в работе окончательно принимается два силовых трансформатора номинальной мощностью 6300 кВА для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области.

2.4 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов ТП жилых районов города Ишима Тюменской области

Для определения месторасположения понизительных подстанций необходимо определить их количество на территории жилых районов города Ишима Тюменской области, исходя из основных теоретических сведений и исследовательских трудов, проведённых в данной области.

На данном этапе для потребителей I и II категории предусматриваются понизительные ТП-10/0,4 кВ с двумя рабочими трансформаторами, обеспечивая таким образом отдельную работу трансформаторов с автоматическим включением резерва (АВР) на шинах 0,4 кВ.

Для потребителей III категории предусматриваются питание на напряжении 0,338/0,22 кВ от одного трансформатора.

Понизительные ТП-10/0,4 кВ размещаются на участках с наибольшей нагрузкой.

При этом необходимо загрузить все силовые трансформаторы ТП-10/0,4 кВ так, чтобы соблюдался нормируемый коэффициент загрузки согласно требуемым нормативным документам [1-4], а питающая и распределительная сети были как можно более короткими (имели минимальную длину).

Это позволит значительно снизить потери напряжения и электроэнергии в системе электроснабжения, а также снизить перерасход материалов в сети объекта [16-20].

Принятый в работе вариант размещения понизительных ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области, представлен на генплане

жилых районов города Ишима Тюменской области в графической части данной работы.

Для двухтрансформаторных ТП-10/0,4 кВ, которые питают потребители I и II категорий надёжности, мощность силового трансформатора определяется из соотношения

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\Sigma P_{\text{р.}}}{N\beta_{\text{т}}}, \quad (22)$$

где $S_{\text{ном.т}}$ – паспортная мощность трансформатора, установленного на ТП-10/0,4 кВ, кВА;

N – «число трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ, шт» [13];

$\beta_{\text{т}}$ – «коэффициент загрузки трансформатора ТП-10/0,4 кВ» [13].

Детальный выбор силовых трансформаторов на понизительной ТП-10/0,4 кВ проводится на примере ТП-4, питающей микрорайон «Западный» города Ишима Тюменской области.

Согласно (22)

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{1668,1}{2 \cdot 0,85} = 981,2 \text{ кВА}.$$

Исходя из полученных расчётных значений, на ТП-4 питающей микрорайон «Западный» города Ишима Тюменской области, выбирается силовой трансформатор марки ТМ-1000/10.

На ТП-10/0,4 кВ ТП-4, питающей микрорайон «Западный» города Ишима Тюменской области, устанавливаются два силовых трансформатора марки ТМ-1000/10.

Проверка силового трансформатора в нормальном режиме работы

проводится по условию [5]

$$K_3^n \leq 0,85 \leq \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{ном.т}}. \quad (23)$$

Силовой трансформатор в послеаварийном режиме работы должен удовлетворять требованию [5]

$$K_3^{n.ав} \leq 1,7 \leq \frac{S_p}{S_{ном.т}}. \quad (24)$$

Согласно (23)

$$K_3^n \leq 0,85 \leq \frac{0,5 \cdot 1729,38}{1000} = 0,85.$$

Согласно (24)

$$K_3^{n.ав} \leq 1,7 \leq \frac{1729,38}{1000 \cdot (2-1)} \approx 1,7.$$

Результаты выбора силовых трансформаторов на остальных питающих ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области представлены в таблице 9.

Для всех ТП выбираются по два трансформатора марки ТМ-10/0,4 кВ, обеспечивающие должный уровень питания и резервирования в проектируемой системе электроснабжения.

Таблица 9 – Результаты выбора трансформаторов на питающих ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

Наименование ТП	Тип трансформаторов	$S_{тр}$, кВА	N, шт	κ_3
ТП 1	ТМ-1600/10У1	1600	2	0,63
ТП 2	ТМ-1600/10У1	1600	2	0,49
ТП 3	ТМ-1600/10У1	1600	2	0,68
ТП 4	ТМ-1000/10У1	1000	2	0,85

2.5 Выбор компенсирующих устройств на ТП-10/0,4 кВ жилых районов города

Проводится расчёт и выбор компенсирующих устройств для установки питающих ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области по выражению [3]:

$$Q_T = \sqrt{(N\beta_T S_{ном.т})^2 - P_{р.ТП}^2}, \quad (25)$$

где N – количество трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ, шт;

β_m – коэффициент загрузки трансформаторов ТП-10/0,4 кВ.

Мощность конденсаторных установок (КУ) на питающих ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

$$Q_{н.к} = Q_{р.т} - Q_T, \quad (26)$$

где $Q_{р.т}$ – значение расчетной реактивной нагрузки ТП-10/0,4 кВ, квар.

Мощность регулируемой части КУ

$$Q_{\text{н.к.р}} = Q_{\text{р.т}} - Q_{\text{н.к}} - P_{\text{р.тп}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{н}}, \quad (27)$$

где $\operatorname{tg}\varphi_{\text{н}} = 0,329$ - коэффициент реактивной мощности при $\cos\varphi_{\text{н}} = 0,95$.

$$Q_{\text{КУ}} = Q_{\text{н.к.}} + Q_{\text{н.к.р}}. \quad (28)$$

С учётом установки компенсирующих устройств на ТП-10/0,4 кВ

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p^2 - Q_{\text{КУ}})}. \quad (29)$$

Фактический коэффициент загрузки трансформаторов ТП-10/0,4 кВ

$$K_3 = \frac{S_p}{N_m \cdot S_{\text{ном.т}}}. \quad (30)$$

В качестве примера произведем расчет для ТП-1:

$$Q_{\text{т}} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 1600)^2 - 2028,42^2} = 1561,77 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{н.к}} = 778,79 - 1561,77 = -782,98 \text{ квар.}$$

Для ТП-1 города Ишима Тюменской области расчётная мощность КУ имеет отрицательное значение, следовательно, КУ на ТП1 не устанавливаются.

При этом расчётная нагрузка данной ТП-1 и коэффициент загрузки силовых трансформаторов на ТП-1 в виду отсутствия КУ не изменяются и принимаются равной ранее полученным значениям ($S_p = 2172,79$ кВА, $K_3 = 0,63$).

В результате проведения расчётов по выбору компенсирующих устройств для их установки на ТП-1 установлено, что компенсация реактивной мощности на ТП-1 не требуется и КУ напряжением 0,4 кВ на ней не устанавливаются.

Результаты выбора компенсирующих устройств на остальных ТП-10/0,4 кВ приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Выбор компенсирующих устройств на питающих ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

Марка силового трансформатора	Расчетные нагрузки		Компенсирующие устройства, квар				Sp, кВА
	Pp, кВт	Qp, квар	Q _т	Q _{нк}	Q _{ку}	Тип КУ	
ТМ-1600/10У1	2028,42	778,79	1561,77	-782,98	-	-	2172,79
ТМ-1600/10У1	1571,72	556,21	2020,72	-1464,51	-	-	1667,23
ТМ-1600/10У1	1891,18	982,85	1890,24	-907,39	-	-	2131,33
ТМ-1000/10У1	1668,1	456,29	1247,8	-254,2	-	-	1729,38
Итого	6013,10	2934,18	-	-	-	-	5971,35

В результате проведения расчётов установлено, что на всех ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области установка компенсирующих устройств напряжением 0,38/0,22 кВ не требуется.

2.6 Расчёт токов короткого замыкания

Проводится расчёт токов КЗ для участка распределительной сети 10 кВ ГПП – ТП-1 жилых районов города Ишима Тюменской области.

Расчёт токов короткого замыкания (далее – КЗ) на шинах ГПП-110/10 кВ и шинах 10 кВ ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области проводится с целью:

– проверки электрических аппаратов и проводников на термическую и электродинамическую стойкости к токам короткого замыкания. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения ударного тока КЗ в расчётных точках;

– выбора и проверки на чувствительность уставок релейной защиты и автоматики. Для этой цели проводятся расчёты максимального трёхфазного тока, а также значения двухфазного (минимального) тока КЗ в расчётных точках.

Расчёт искомых трёхфазных токов КЗ в максимальном режиме проводится в расчётной точке К1 – сеть напряжением 110 кВ (на выводах ВН силового трансформатора), а также в расчётной точке К2 – сеть напряжением 10 кВ (на выводах НН трансформатора).

Исходная схема представлена на рисунке 3.

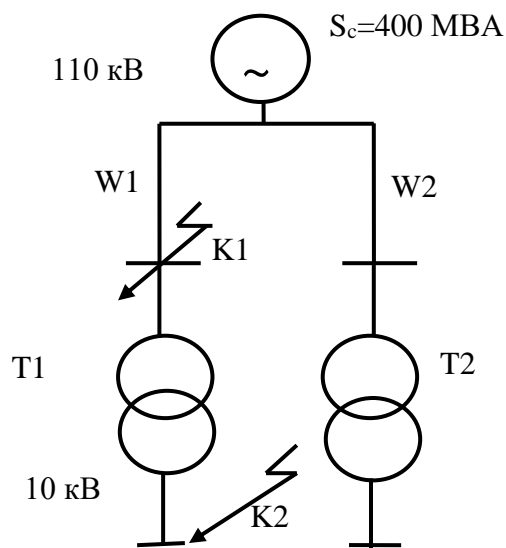


Рисунок 3 – Исходная схема для расчёта токов КЗ

Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ представлена на рисунке 4.

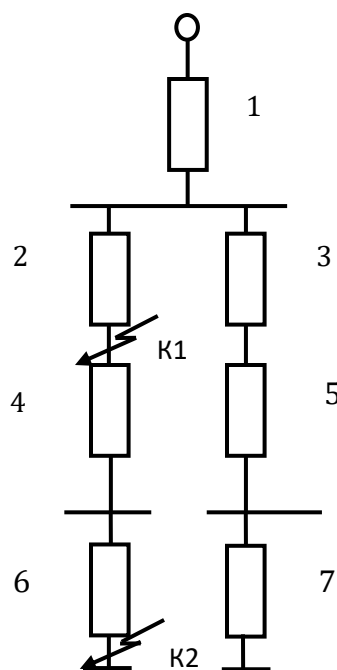


Рисунок 4 – Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ

В качестве базисной ступени выбирается ступень высшего напряжения – 110 кВ.

Результаты расчётов токов КЗ, полученные на неосновной ступени (10 кВ) приводятся к основной ступени напряжения путём умножения результата на коэффициент трансформации силового трансформатора подстанции.

Выбираются и рассчитываются базисные условия:

$$S_{\bar{o}} = 400 \text{ (МВА)}.$$

$$U_{\bar{o}} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 110 = 115 \text{ кВ}.$$

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

Базисный ток

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3}U_{\sigma}}. \quad (31)$$

$$I_{\sigma} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 115} = 2 \text{ кА}.$$

$$I_{\sigma} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 22 \text{ кА}.$$

Сопротивление энергосистемы

$$X_1 = X_c \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{\sigma c}}. \quad (32)$$

$$X_1 = 1,6 \cdot \frac{400}{400} = 1,6 \text{ Ом}.$$

Сопротивление питающей воздушной линии 110 кВ

$$X_{wl} = X_2 = X_3 = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{cp.cm}^2}, \quad (33)$$

где X_0 - удельное сопротивление ВЛ, Ом/км;

L - суммарная длина ВЛ, км.

$$X_{wl}; = 0,4 \cdot 0,5 \cdot \frac{400}{115^2} = 0,006 \text{ Ом}.$$

Сопротивление обмотки ВН (напряжение 110 кВ) силового трансформатора ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима

$$X_{\sigma} = \frac{0,125 \cdot U_{квн\%} S_{\sigma}}{100 \cdot S_{н.т.}}. \quad (34)$$

$$X_4 = X_5 = \frac{0,125 \cdot 10,5 \cdot 400}{100 \cdot 25} = 0,21 \text{ Ом.}$$

Сопротивление обмотки НН (напряжение 10 кВ) силового трансформатора ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

$$X_{н1} = X_{н2} = \frac{1,75 \cdot U_{квн\%} S_{б.}}{100 \cdot S_{н.т.}} \quad (35)$$

$$X_6 = X_7 = \frac{1,75 \cdot 10,5 \cdot 400}{100 \cdot 25} = 2,94 \text{ Ом.}$$

Полученные расчётные параметры схемы замещения наносятся на рисунок 3.

Далее проводится преобразование исходной схемы замещения с целью расчёта токов КЗ в точках К1 и К2.

Схема замещения, преобразованная для расчётной точки К1, представлена на рисунке 5.

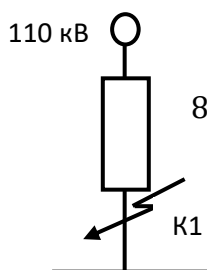


Рисунок 5 – Схема замещения, преобразованная для точки К1

Результирующее сопротивление до расчётной точки К1

$$X_8 = X_1 + X_2. \quad (36)$$

$$X_8 = 1,6 + 0,006 = 1,606 \approx 1,61 \text{ Ом}.$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока трёхфазного короткого замыкания (максимальное значение тока трёхфазного КЗ) в расчётной точке К1

$$I_{\text{по1}} = \frac{E}{X_8} \cdot I_{\sigma}, \quad (37)$$

где E_c - сверхпереходная ЭДС энергосистемы, $E_c=1$.

$$I_{\text{по1}} = \frac{1}{1,61} \cdot 2 = 1,24 \text{ кА}.$$

Схема замещения для расчета тока трёхфазного короткого замыкания в расчётной точке К2 представлена на рисунке 6.

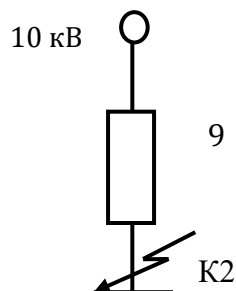


Рисунок 6 – Схема замещения для расчетов в точке К2

Расчёт для точки К2 аналогичен расчёту для точки К1 (с учётом большего числа сопротивлений, входящих в цепь КЗ).

$$X_9 = X_8 + X_4 + X_6. \quad (38)$$

$$X_9 = 1,61 + 0,21 + 2,94 = 4,76 \text{ Ом.}$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока трёхфазного короткого замыкания (максимальное значение) в точке К2 с учётом того, что данная точка КЗ находится не на основной (базовой) ступени напряжения, следовательно, результат расчёта необходимо умножить на коэффициент трансформации

$$I_{\text{по2}} = \frac{E}{X_9} \cdot I_{\sigma} \cdot K_m, \quad (39)$$

где K_m – значение коэффициента трансформации силового трансформатора подстанции, о.е.

$$I_{\text{по2}} = \frac{1}{4,76} \cdot 22 = 4,62 \text{ кА.}$$

Значение ударного тока в расчётной точке К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \kappa_{\text{уд}} \cdot I_{\text{по1}}. \quad (40)$$

По условию (40) для К1

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 1,24 = 2,98 \text{ кА.}$$

Значение ударного тока в расчётной точке К2

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \kappa_{уд} \cdot I_{по2}. \quad (41)$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 4,62 = 9,15 \text{ кА}.$$

Значение двухфазного тока короткого замыкания

$$I_{no(\min)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{no}. \quad (42)$$

Значение двухфазного тока короткого замыкания в расчётной точке К1
ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

$$I_{no(\min)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,24 = 1,07 \text{ кА}.$$

Значение двухфазного тока короткого замыкания в расчётной точке К2
ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

$$I_{no(\min)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4,62 = 4,0 \text{ кА}.$$

Все полученные в работе результаты расчёта токов короткого замыкания (трёхфазного, двухфазного), а также ударных токов, выполненных в системе электроснабжения города Ишима Тюменской области, приведены в таблице 11.

Полученные результаты расчетов токов короткого замыкания, а также величины ударных токов трёхфазного КЗ в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области, используются в работе далее при выборе и проверке оборудования и сетей.

Таблица 11 – Результаты расчетов токов короткого замыкания в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области

Параметр	Точка К1	Точка К2
I_{no} , кА	1,24	4,62
$I_{no (min)}$, кА	1,07	4,00
i_{y0} , кА	2,98	9,15

2.7 Выбор и проверка сечения проводников жилых районов города Ишима Тюменской области

В системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области выбору подлежат следующие проводники электрических сетей:

- питающая воздушная ЛЭП-110 кВ;
- ЛЭП-10 кВ.

Максимальное значение рабочего тока в ЛЭП-110 кВ:

$$I_{\text{раб.маx}} = K_{\text{пер}} \cdot \frac{S_{\text{ном.}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}}, \quad (43)$$

По условию (43)

$$I_{\text{раб.маx}} = 1,4 \cdot \frac{6851,8}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 25,2 \text{ A.}$$

Предварительно выбирается сечение питающей воздушной линии напряжением 110 кВ, которое будет проверено в дальнейшем.

Для этого рассчитывается экономически эффективное сечение провода F_w и выбирается ближайшее номинальное сечение провода

$$F_W = \frac{I_{\text{раб.мах}}}{j_{\text{эк}}}, \text{ мм}^2, \quad (44)$$

По условию (44)

$$F_W = \frac{25,2}{1} = 25,2 \text{ мм}^2.$$

Для питающей воздушной линии напряжением 110 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области принимается по условиям гололёда и коронирования минимально допустимое сечение провода, равное 70 мм², следовательно, выбирается провод марки АС-70/11. В результате выполнения работы выбрана схема питания внешнего электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области с питанием от энергосистемы воздушной линией на напряжении 110 кВ с применением провода АС-70/11.

На ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области установлены два силовых трансформатора марки ТМН-6300/110, которые питают указанные воздушные линии 110 кВ.

Внутризаводское электроснабжение жилых районов города Ишима Тюменской области осуществляется на напряжении 10 кВ.

В системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области установлено 3 двухтрансформаторные ТП-10/0,4 кВ с трансформаторами ТМ-1600/10 и одна двухтрансформаторная ТП-10/0,4 кВ с трансформаторами ТМ-1000/10, питающие потребители жилых районов города Ишима Тюменской области на напряжении 0,38/0,22 кВ.

При этом питание всех ТП-10/0,4 кВ осуществляется от шин 10 кВ ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области по ранее выбранной в работе

радиальной схеме электроснабжения кабельными линиями электропередачи марки АСБ-10.

Кабельные линии напряжением 10 кВ в работе прокладываются в земле от сборных шин ГПП до ТП-10/0,4 кВ.

Выбор сечения кабелей 10 кВ проводится аналогично выбору сечения проводника питающей ВЛ-110.

Проводится выбор силовых кабелей напряжением 10 кВ для питания ТП-1 от шин РУ-10 кВ ГПП:

$$I_{p.} = \frac{1600}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 46,2 \text{ A.}$$

$$F_{\text{э}} = \frac{46,2}{1,2} = 38,54 \text{ мм}^2.$$

Согласно справочным данным [13], выбирается ближайшее номинальное сечение кабельной линии $F = 50 \text{ мм}^2$.

Так как ТП-1 имеет два трансформатора, значит, при выходе одного из них в аварийном режиме на стороне 10 кВ второй силовой кабель должен будет принять на себя всё питание с учётом коэффициента резервирования, значит в максимальном режиме

$$I_{p.\text{max}} = 1,4 \cdot 46,2 = 92,49 \text{ A.}$$

$$132 \text{ A} \geq 92,49 \text{ A.}$$

Аналогично выбираются кабели остальных присоединений потребителей жилых районов города Ишима Тюменской области напряжением 10 кВ и результаты приводятся в таблице 12.

Таблица 12 – Выбор и проверка сечений кабельных линий напряжением 10 кВ для питания ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

Линия	Назначение линии	S_p , кВА	N , шт	I_p , А	$I_{p,max}$, А	F_{Σ} , мм	Марка кабеля	$I_{доп}$, А
Л1	ГПП-ТП 1	1600	2	46,2	92,49	38,54	АСБ-10(3х50)	132
Л2	ГПП-ТП 2	1600	2	46,2	92,49	38,54	АСБ-10(3х50)	132
Л3	ГПП-ТП 3	1600	2	46,2	92,49	38,54	АСБ-10(3х50)	132
Л4	ГПП-ТП4	1000	2	28,9	57,8	41,3	АСБ-10(3х35)	110

Проводится детальный выбор кабельных линий, питающих потребители ТП-10/0,4 кВ, а также потребители распределительной сети на напряжении 0,38/0,22 кВ, Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области.

При этом, согласно требованиям [1], а также исходя из полученных результатов расчёта нагрузок Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области, в работе подлежат выбору кабели:

- питающая сеть 0,38/0,22 кВ – от шин НН ТП-10/0,4 кВ до РП-0,4 кВ – выполняется по радиальной схеме с использованием двух силовых кабелей, так как каждый РП-0,4 кВ питает соответствующую нагрузку II категории надёжности, требующую соответствующего резервирования [1];

- распределительная сеть 0,38/0,22 кВ – предусматривается от соответствующих РП-0,4 кВ до объектов Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области (жилых домов и общественных потребителей). При этом потребители II категории надёжности, требующие соответствующего резервирования [1], питаются по радиальной схеме с использованием двух силовых кабелей, а потребители III категории надёжности

– по радиальной и магистральной схемам (в зависимости от расчётной нагрузки и расположения).

Для потребителей, питание которых осуществляется по двум кабелям

$$S_{p.n} = \frac{S_p}{2}. \quad (45)$$

где S_p – полная расчетная нагрузка потребителя.

Для потребителей, питание которых осуществляется по одному кабелю, полная расчетная мощность на участке сети в нормальном режиме, $S_{p.n}$, кВА, принимается равной расчётной нагрузке объекта при радиальной схеме

$$S_{p.n.рад.} = S_p. \quad (46)$$

Для потребителей, питание которых осуществляется по одному кабелю, значение $S_{p.n}$, кВА, принимается равной суммарной расчётной нагрузке объектов, питающихся от данной линии, с учётом коэффициента одновременности, при магистральной схеме

$$S_{p.n.маг.} = K_o \sum_{i=1}^n S_{p_i}. \quad (47)$$

Расчётная нагрузка РП, в силу неоднородности потребителей, определяется как суммарная расчётная нагрузка всех объектов Западного микрорайона системы электроснабжения г. Ишима Тюменской области, получающих от него питание с учётом коэффициента одновременности максимума нагрузки на шинах РП [7,10].

С учётом питания каждого РП от ТП-10/0,4 кВ двумя кабелями [10]

$$S_{p.n.PII} = K_o \frac{\sum_{i=1}^n S_{p.}}{2}. \quad (48)$$

Значение расчетного тока в нормальном режиме [10]:

$$I_{p.n} = \frac{S_{p.n}}{\sqrt{3}U_n}, \quad (49)$$

где $S_{p.n}$ – полная расчетная мощность на участке сети, кВА.

Для сетей с двумя кабельными линиями [14]:

$$I_{p.n} = K_p \frac{S_{p.n}}{\sqrt{3}U_n}, \quad (50)$$

где K_p – значение коэффициента резервирования (принимается в работе значение $K_p = 1,4$) [14].

Для принятой марки кабеля [14]:

$$I_{дон} \geq I_{p.n}, \quad (51)$$

где $I_{дон}$ – значение расчётного тока кабеля в нормальном режиме.

Проверка по условию предельно-допустимого нагрева токами продолжительного режима, А:

$$I'_{дон} \geq K_{общ} I_{дон}, \text{ А.} \quad (52)$$

$$I'_{дон} \geq I_{p.n}, \text{ А.} \quad (53)$$

Условие проверки в послеаварийном режиме

$$I'_{\text{дон.н}} = K'_{\text{общ}} \cdot I_{\text{дон}}, \text{ A.} \quad (54)$$

$$I'_{\text{дон.н}} \geq I_{\text{р.н}}, \text{ A.} \quad (55)$$

Потери напряжения [14]

$$\Delta U\% = \frac{S \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_n^2} \cdot 100 \leq 5\%. \quad (56)$$

Проводится определение расчётного тока с последующим выбором кабельной линии на примере линии РП-1 – К-1. Объект К-1 относится к III категории надёжности, поэтому его питание от РП-1 осуществляется одной кабельной линией по радиальной схеме без резервирования, значит, по (56)

$$S_{\text{р.н}} = S_{\text{р.}} = 64,31 \text{ кВА.}$$

По условию (49)

$$I_{\text{р.н}} = \frac{64,31}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 98,9 \text{ A.}$$

Для питающей линии РП-1 – К-1 предварительно выбирается кабель марки АВБбШвнг (5×25) с допустимым током $I_{\text{дон}} = 115 \text{ A}$.

Условие выбора и проверок силового кабеля по (53) выполняются

$$115 \text{ A} > 98,9 \text{ A.}$$

$$103,5 \text{ A} > 98,9 \text{ A}.$$

Условие проверки в нормальном режиме работы выполняется, проводится проверка в послеаварийном режиме для данного кабеля не проводится в связи с отсутствием его резервирования в схеме [7].

Проводится расчёт потери напряжения в выбранной кабельной линии РП-1 – К1 с учётом принятой марки кабеля и его длины

$$\Delta U\% = \frac{64310 \cdot 0,12 \cdot (1,17 \cdot 0,95 + 0,066 \cdot 0,31)}{380^2} \cdot 100 = 4,04 \% \leq 5 \%$$

Окончательно принимается для линии РП-1 – К-1 один силовой кабель марки АВБбШвнг (5×25) с $I_{доп} = 115 \text{ A}$, прокладка – в земляной траншее.

Остальные результаты выбора марок и сечений кабельных линий питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ – в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты выбора марок и сечений кабельных линий питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ

Участок кабельной линии	<i>n</i> , шт.	$S_{р.л.}$, кВА	$I_{р.л.}$, А	$I_{р.л.}$, А	Марка кабеля	$I_{доп.}$, А	ΔU , %
Кабели от ТП-10/0,4 кВ к РП (к каждой секции)							
ТП1-РП1	2	220,7	339,5	475,4	2АВБбШвнг (5×95)	480	1,4
ТП1-РП2	2	376,8	579,7	811,6	3АВБбШвнг (5×120)	825	1,4
ТП1-РП3	2	280,4	431,4	604,1	2АВБбШвнг (5×150)	610	1,4
ТП1-РП4	2	218,5	336,2	470,6	2АВБбШвнг (5×95)	480	1,3
От РП-1 к ВРУ потребителей							
РП1-К1	1	64,31	98,9	-	АВБбШвнг (5×25)	115	4,0
РП1-К3	1	64,31	98,9	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП1-К5	1	54,47	83,8	-	АВБбШвнг (5×16)	90	4,8
РП1-Б6	1	64,31	98,9	-	АВБбШвнг (5×25)	115	2,9
РП1-Б8	1	54,47	83,8	-	АВБбШвнг (5×16)	90	2,3
РП1-С42	2	62,86	48,36	67,7	АВБбШвнг (5×16)	90	3,1
РП1-С44	2	62,86	48,36	67,7	АВБбШвнг (5×16)	90	3,0
РП1-С46	2	62,86	48,36	67,7	АВБбШвнг (5×16)	90	2,9

Продолжение таблицы 13

Участок кабельной линии	<i>n</i> , шт.	<i>S_{p.н.}</i> , кВА	<i>I_{p.н.}</i> , А	<i>I_{p.н.}</i> , А	Марка кабеля	<i>I_{доп.}</i> , А	ΔU , %
От РП-2 к ВРУ потребителей							
РП2-Б2	1	54,47	83,8	-	АВБбШвнг (5×16)	90	4,8
РП2-С54	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП2-О3-О6-О10-О4	1	144,1	221,7	-	АВБбШвнг (5×95)	240	4,8
РП2-О5-О7-О8	1	148,2	228,0	-	АВБбШвнг (5×95)	240	2,9
РП2-О9	1	105,89	162,9	-	АВБбШвнг (5×50)	165	2,3
РП2-С48	2	134,48	103,4	144,8	АВБбШвнг (5×50)	165	3,1
РП2-С50	2	134,48	103,4	144,8	АВБбШвнг (5×50)	165	3,0
РП2-О11	2	56,29	43,3	60,6	АВБбШвнг (5×10)	65	2,9
От РП-3 к ВРУ потребителей							
РП3-К9	1	54,47	83,8	-	АВБбШвнг (5×16)	90	4,8
РП3-К11	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП3-К13	1	64,31	98,9	-	АВБбШвнг (5×25)	115	4,0
РП3-К17	1	64,31	98,9	-	АВБбШвнг (5×25)	115	4,0
РП3-О1	2	117,3	90,2	126,3	АВБбШвнг (5×35)	135	3,0
РП3-О2	2	263,26	202,5	283,5	АВБбШвнг (5×150)	305	2,9
От РП-4 к ВРУ потребителей							
РП4-Б7	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП4-Б5	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП4-Б3	1	64,31	98,9	-	АВБбШвнг (5×25)	115	4,0
РП4-К27	1	64,31	98,9	-	АВБбШвнг (5×25)	115	4,0
РП4-К25	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП4-К23	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП4-К21	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2
РП4-К19	1	59,47	91,5	-	АВБбШвнг (5×25)	115	3,2

2.8 Выбор и проверка электрических аппаратов системы электроснабжения Ишима Тюменской области

Выбор и проверка аппаратов производится по известным условиям [6-8]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (57)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (58)$$

$$I_{нт} \leq I_{откл}. \quad (59)$$

$$(\sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк.н} (1 + \beta_n), \quad (60)$$

$$t = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (61)$$

$$i_y \leq i_{нр.с}, \quad (62)$$

$$B_k \leq I_T^2 t_T; \quad (63)$$

$$B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a). \quad (64)$$

Выбор электрических аппаратов высокого напряжения в ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области рассмотрен на примере вводного выключателя в ОРУ-110 кВ. Предварительно выбирается выключатель для установки в ОРУ 110 кВ ГПП-ПС-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области, элегазовый выключатель LTB-145D1/B-31,5/2000 [8]

$$U_{ном} = 110 \text{ кВ} = U_{сети} = 110 \text{ кВ}.$$

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} > I_{расч} = 183,7 \text{ А}.$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{к1} = 1,24 \text{ кА}.$$

$$i_{нр.скв} = 52 \text{ кА} > i_{ук1} = 2,98 \text{ кА}.$$

$$I_t^2 t = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \text{ с} > I_k^2 (t_{откл} + T_a) = 1,24^2 \cdot (5 + 0,02) = 7,71 \text{ кА}^2 \text{ с}.$$

$$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 0,25) = 35 > \sqrt{2} \cdot 2,98 \cdot (1 + e^{\frac{-(0,05 + 0,1)}{0,007}}) = 14,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Окончательно выбирается для установки на вводе ОРУ-110 кВ ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области элегазовый выключатель высокого напряжения марки LTB-145D1/B. Установлено, что выбранный высоковольтный выключатель удовлетворяет всем условиям проверок, поэтому может быть использован в качестве вводного выключателя на ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области.

Распределительное устройство 10 кВ ГПП-110/10 кВ выполнено как КРУ. ОРУ-110 кВ и КРУН-10 кВ ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области комплектуются соответствующими типами инновационных электрических аппаратов, выбор которых проводится аналогично выбору выключателя 110 кВ, приведённому ранее. Результаты выбора электрических аппаратов для их непосредственной установки на ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима приведены в таблице 14 (110 кВ) и таблице 15 (10 кВ).

Таблица 14 – Результаты выбора электрических аппаратов напряжением 110 кВ ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

Наименование электрического аппарата	Марка (типономинал) электрического аппарата
Выключатель высокого напряжения	ЛТВ-145D1/В-31,5/2000
Разъединитель	РГ-110/1000У1
Трансформатор тока	ТВТ-110
Трансформатор напряжения	НДКМ-110
Ограничители перенапряжений	ОПН-У/TEL-110/84-УХЛ1

Таблица 15 – Результаты выбора электрических аппаратов напряжением 10 кВ ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области

Наименование электрического аппарата	Марка (типономинал) электрического аппарата
Выключатель высокого напряжения	ВВ/TEL-10-20/3600-У2-48 (ввод и секционный ВВН) ВВ/TEL-10-20/630-У2-48 (ВВН к отходящим потребителям)
Предохранитель плавкий	ПК-10-16 (для защиты ТТ)
Трансформатор тока	ТЛО-10
Трансформатор напряжения	НАМИ-10
Ограничители перенапряжений	ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1

Выбранные типы и марки электрических аппаратов номинальным напряжением 110 кВ и 10 кВ для их установки на ГПП-110/10 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области показаны в графической части работы.

Кроме того, в работе проводится выбор электрических аппаратов напряжением до 1 кВ для детально рассматриваемой в работе системы электроснабжения Западного микрорайона города Ишима.

Для автоматических выключателей выбираются номинальные токи самого автомата, а также номинальные токи расцепителей (теплового и электромагнитного).

В работе для данной цели выбираются современные отечественные автоматы марки ВА.

Номинальные токи автомата и теплового расцепителя выбирают согласно [12,15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (65)$$

$$I_{ном.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (66)$$

Ток уставки электромагнитного расцепителя автомата согласно [8]:

$$I_{ном.э.р} = K_{то} \cdot I_{ном.т.р} \leq I_k^{(3)}, \quad (67)$$

где $K_{то}$ – кратность тока отсечки для данного типа автомата.

Для примера выбирается автомат для защиты и коммутации автомата ввода РП1 с расчётным током $I_p = 339,5 \text{ А}$.

Условия выбора и проверок автоматического выключателя и его расцепителей выполняются

$$I_{ном.а} = 400 A \geq I_p = 339,5 A.$$

$$I_{ном.т.р} = 400 A \geq 1,1 \cdot 339,5 = 373,5 A.$$

$$I_{ном.э.р} = 7 \cdot 400 = 2800 A \leq 18480 A.$$

Принимается выключатель марки ВА 52-37 со следующими номинальными техническими параметрами [8,15]:

$$U_{ном.а} = 380 В;$$

$$I_{ном.а} = 400 А;$$

$$I_{ном.т.р} = 400 А;$$

$$I_{ном.э.р} = 2800 А;$$

$$K_{то} = 7.$$

Выбор остальных автоматических выключателей и токов уставок их расцепителей осуществлён аналогичен и результаты выбора и проверки приведён в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты выбора автоматических воздушных выключателей 0,38/0,22 кВ

Участок	$I_p,$ А	$1,1 \cdot I_p,$ А	Марка автомата	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.т.р},$ А	$I_{ном.э.р},$ А	$K_{то}$
Автомат ввода	1519,3	1671,2	ВА 55-43	2000	2000	20000	10
Секционный автомат	1229,2	1352,1	ВА 53-43	1600	1600	16000	10
Автоматы ввода к РП (к каждой секции)							
Автомат ввода РП1	339,5	373,5	ВА 52-37	400	400	2800	7
Автомат ввода РП2	569,7	627,7	ВА 52-39	630	630	4410	7
Автомат ввода РП3	431,4	474,5	ВА 52-39	630	500	3500	7
Автомат ввода РП4	336,2	369,8	ВА 52-37	400	400	2800	7
Линейные автоматы РП1							
К1	98,9	108,8	ВА 52-33	160	120	360	3
К3	98,9	108,8	ВА 52-33	160	120	360	3
К5	83,8	92,2	ВА 52-31	100	100	300	3

Продолжение таблицы 16

Участок	$I_p,$ А	$I, I \cdot I_p,$ А	Марка автомата	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.т.р.},$ А	$I_{ном.э.р.},$ А	$K_{то}$
Б6	98,9	108,8	ВА 52-33	160	120	360	3
Б8	83,8	92,2	ВА 52-31	100	100	300	3
С42	48,36	53,2	ВА 52-31	100	63	189	3
С44	48,36	53,2	ВА 52-31	100	63	189	3
С46	48,36	53,2	ВА 52-31	100	63	189	3
Линейные автоматы РП2							
РП2-Б2	83,8	92,2	ВА 52-31	100	100	300	3
РП2-С54	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП2-О3-О6-О10-О4	221,7	243,9	ВА 52-35	250	250	750	3
РП2-О5-О7-О8	228,0	249,8	ВА 52-35	250	250	750	3
РП2-О9	162,9	179,2	ВА 52-35	250	200	600	3
РП2-С48	103,4	113,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП2-С50	103,4	113,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП2-О11	43,3	47,6	ВА 52-31	100	50	150	3
Линейные автоматы РП3							
РП3-К9	83,8	92,2	ВА 52-31	100	100	300	3
РП3-К11	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП3-К13	98,9	108,8	ВА 52-33	160	120	360	3
РП3-К17	98,9	108,8	ВА 52-33	160	120	360	3
РП3-О1	90,2	99,2	ВА 52-31	100	100	300	3
РП3-О2	202,5	222,8	ВА 52-35	250	250	750	3
Линейные автоматы РП4							
РП4-Б7	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП4-Б5	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП4-Б3	98,9	108,8	ВА 52-33	160	120	360	3
РП4-К27	98,9	108,8	ВА 52-33	160	120	360	3
РП4-К25	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП4-К23	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП4-К21	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3
РП4-К19	91,5	100,7	ВА 52-33	160	120	360	3

Выводы по разделу 2:

В результате выполнения второго раздела работы, спроектирована система электроснабжения жилых районов города Ишима. Осуществлён выбор напряжения внешнего и внутреннего электроснабжения, при этом для внешнего электроснабжения применяется номинальное напряжение 110 кВ по радиальной схеме, внутреннее электроснабжение осуществляется на напряжениях 10 кВ по

радиальной схеме (питающая сеть) и 0,38/0,22 кВ по радиальной и магистральной схемам (распределительная сеть). На основании результатов расчёта нагрузок жилых районов города Ишима Тюменской области, на основании принятых методик, в работе решены следующие задачи:

- определены значения электрических нагрузок жилых районов города Ишима Тюменской области;

- принято для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области две конденсаторные установки марки УКРМ-6,3 (10,5)-300 с суммарной реактивной мощностью 600 квар;

- выбраны для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области два силовых трансформатора с устройством РПН марки ТМН-6300-110/10У1;

- выбраны для установки на трёх ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области по два силовых трансформатора марки ТМ-1600/10У1, а на одной ТП-10/0,4 кВ – трансформаторы марки ТМ-1000/10У1;

- рассчитаны токи короткого замыкания в максимальном режиме работы энергосистемы;

- выбраны следующие проводники: питающая ВЛ-110 кВ – провод АС-70/11; кабельные линии от ГПП к ТП1-ТП3 – кабели марки АСБ-10(3х50); кабельные линии от ГПП к ТП-3 – кабели марки АСБ-10(3х35); кабельные линии напряжением 0,38/0,22 кВ – кабели марки ВВГнг-LS различных сечений;

- выбраны следующие электрические аппараты: напряжением 110 кВ: выключатель марки ЛТВ-145D1/В-31,5/2000, разъединитель марки РГ-110/1000У1, трансформатор тока марки ТВТ-110, ограничители перенапряжений типа ОПН-У/TEL-110/84-УХЛ1; напряжением 10 кВ: выключатель марки ВВ/TEL-10-20/630-У2-48; трансформатор тока марки ТЛО-10; трансформатор напряжения марки НАМИ-10; ограничители перенапряжений типа ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1.

3 Обеспечение безопасности при выполнении работ в электрической сети города

3.1 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

В числе основных опасных и вредных производственных факторов при выполнении работ в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области, выделяются [2,16-18]:

- поражение людей электрическим током;
- наличие опасного шагового напряжения в зоне растекания электрического тока при замыкании токоведущих частей на землю, в особенности в сырую погоду;
- появление наведенного и опасного напряжения на корпусах электрооборудования при повреждении изоляции;
- влияние электромагнитных полей высокого напряжения на организм людей;
- травмы различной степени тяжести при выполнении работ по монтажу, обслуживанию и ремонту электрического оборудования и сетей;
- опасность падения с высоты при монтаже, обслуживании и ремонте воздушных линий электропередач;
- повышенный уровень шума при выполнении работ по монтажу, эксплуатации и ремонту оборудования и сетей;
- недостаточная освещенность рабочей зоны при работах в помещении закрытых и открытых распределительных устройств в течении суток;
- повышенная либо пониженная температура воздуха рабочей зоны при выполнении работ;
- опасность получения ожогов лица и глаз при возникновении дуги, коротком замыкании;

- повышенная опасность повреждения существующих коммуникаций при прокладке и ремонте воздушных линий системы электроснабжения потребителей;

- опасность возникновения пожара и взрыва в маслonaполненном оборудовании (в силовых трансформаторах масляного типа) на ГПП и ТП-10/0,4 кВ;

- опасность утечки масла и загрязнение почвы на ГПП и ТП-10/0,4 кВ.

Как правило, поражение электрическим током в сетях понизительных подстанций жилых районов города Ишима Тюменской области возникает в таких случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям под напряжением (токоведущие силовые цепи электроустановок, собственные нужды, оперативные цепи релейной защиты и автоматики);

- при приближении на недопустимое расстояние к токоведущим частям электроустановок понизительной подстанции в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области;

- при прикосновении к заземленным нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (напряжение прикосновения);

- при нахождении человека вблизи заземления (менее 8 м), с которого проходит ток в землю (напряжение шага или иного возможного замыкания на землю) в понизительной подстанции в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области.

Кроме того, существует вероятность прочих производственных видов опасности:

- опасность возможных ожогов электрической дугой, которая возникла в результате неправильных оперативных действий с разъединителями, заземляющими ножами;

- возможность ушибов и переломов конечностей вследствие падений при движении по неровной или скользкой, или неосвещённой поверхности;
- опасность повреждения организма вследствие попадания конечностей под трущиеся и вращающиеся объекты электрооборудования.

Возникновения пожара на объектах возможно при следующих обстоятельствах:

- при коротких замыканиях;
- при прямых попаданиях молнии;
- при перегреве и внутренних коротких замыканиях масляных трансформаторов на подстанции;
- при разрушении и перегрева изоляции с последующим возгоранием;
- при перегреве токоведущих частей от перегрузки при неправильном их выборе.

До выполнения работ в электроустановках допускаются лица, достигшие 18 летнего возраста и прошедшие соответствующее обучение согласно требований [16-18]. Современные технологии позволяют свести к минимуму производственный травматизм.

Согласно требованиям [2,17], в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области, необходимо применять организационные и технические мероприятия по технике безопасности.

Организационные мероприятия по технике безопасности включают в себя [2,17]:

- назначение лиц, отвечающих за безопасное проведение работ (руководителя работ, допускающего, наблюдающего, членов бригады);
- выдача нарядов и распоряжений;
- проведение различных типов инструктажей с последующей подписью обучаемого в журнале инструктажей;

- подготовка рабочего места с применением теоретических знаний и навыков;

- допуск к выполнению работ;

- перерыв и окончание работ.

Технические мероприятия по технике безопасности включают в себя [2,17]:

- полное или частичное снятие напряжения в месте проведения работ бригадой;

- обеспечение необходимых выключений и переключений;

- принятие неотложных мер, которые препятствуют самопроизвольному включению коммутационных и (или) защитных электрических аппаратов, а также непредвиденной подаче напряжения на шины со стороны источника питания;

- непосредственная проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановок в зоне проведения работ путём использования технических и поверенных средств (указателей напряжения и т.д.);

- наложение переносных заземлений с использованием принятой методики и алгоритма, а также поверенных технических средств;

- ограждение и прекращение доступа несанкционированных лиц на рабочее место, а также ограждение (изоляция) всех токоведущих частей, находящихся под напряжением;

- вывешивание плакатов по технике безопасности на рабочем месте, а также по периметру установленного и ограждённого рабочего места (зоны выполняемых работ).

Пожарная безопасность электрических сетей и электроустановок жилых районов города Ишима Тюменской области в работе обеспечивается [16,17]:

- применением негорючих конструкций;

- выбором оборудования и электроустановочных изделий, соответствующих условиям окружающей среды и номинальному напряжению;
- выбором марок и сечений проводников, способов их прокладки, удовлетворяющих требованиям [13];
- автоматическим отключением токов КЗ;
- применением защитного заземления.

При выполнении работ в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области необходимо неукоснительно придерживаться следующих правил и требований [2,3]:

- техники безопасности при выполнении работ в электроустановках;
- пожарной безопасности;
- экологической безопасности.

Поэтому в первую очередь при допуске к выполнению работ обслуживающий персонал должен знать и уметь выполнять все требования нормативных документов по охране труда и технике безопасности [2,3].

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен хорошо знать правила противопожарной безопасности и пожаротушения электрооборудования.

При появлении дыма, огня, в электрооборудовании и электропроводке необходимо немедленно отключить аварийный сектор, предупредить пожарную команду при распространении пожара на оборудование или невозможно погасить очаг пожара собственными средствами.

Для предотвращения пожара или обнаружения неисправности, возможных от КЗ, перегрузок, повреждения или перегрева изоляции применяют максимальная токовая защита (МТЗ), защита от перегрузок, защита от замыканий на землю и контроль изоляции.

В сети 110 кВ ГПП г. Ишима, есть фактор повышенной напряжённости поля, который негативно влияет на организм людей.

Поэтому работы в указанных электроустановках все работы по монтажу, обслуживанию и ремонту оборудования и сетей следует производить в специальных экранирующих костюмах, а также необходимо свести к минимуму время пребывания людей на указанных объектах.

Снятие базового заземления проводится заранее определенной выдающим наряд бригадой с заземлением проводов всех фаз на контур заземления опоры или групповой заземлитель.

Эти операции необходимо выполнять, как правило, с заземлением линий в настоящее время.

Работы следует выполнять под контролем дежурного диспетчера с записью в оперативном журнале и оформлением в наряде.

Допускается также выполнять установку и снятие базового заземления без заземления линии.

Однако в этом случае разрешение на установку базового заземления, подготовку рабочего места и допуск бригады к работе выдается одновременно.

Выполнение таких работ может быть допущено только по решению главного инженера с оформлением в оперативном журнале и наряде [2,3,11].

Особо следует сказать о роли защитного заземления в сетях и его влияние на поражение человека электрическим током.

Для этой цели применяют как естественные, так и искусственные заземлители.

Однако накопленный десятилетиями опыт работ в электроустановках позволяет говорить о том, что в подавляющем большинстве случаев на понизительных подстанциях энергосистемы требуется применение защитного заземления (заземляющего устройства).

Заземляющее устройство состоит из совокупности электрически соединенных заземлителей и заземляющих проводников.

В качестве искусственных вертикальных заземлителей чаще всего применяют прутковую сталь диаметром 12 - 20 мм при длине 5 - 6 м; углубление делают вкручиванием. Между собой заземлители заземляющего устройства соединяют на глубине 0,5 - 0,7 м с помощью сварки стальной полосой размерами не менее 40x4 мм или прутком диаметром 10 - 12 мм.

Заземляющие проводники соединяют заземлитель с частями электроустановки, которые заземляются.

Каждый элемент заземляется и должен быть подключен к сети заземления отдельным ответвлением (заземляющим проводником), а внутреннюю заземляющую сеть следует соединить с внешним заземляющим контуром не менее, чем в двух местах [13].

Для заземления электроустановок различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных одна к другой, применяют один общий заземляющий контур, сопротивление которого принимается равным сопротивлению той установки, где он является минимальным [13].

Известно, что прямые удары молнии в оборудование понизительных подстанций влекут тяжёлые последствия для оборудования и сетей, так как вследствие возникших значительных атмосферных перенапряжений они могут выйти из строя, иногда без возможности восстановления.

В результате без питания могут остаться важнейшие потребители подстанций, что недопустимо согласно требованиям [1-4].

От прямых ударов молний должны защищаться все ответственные электроприемники.

Необходимо помнить, что здание, сооружение будет защищено от ударов молний только в том случае, когда они будут находиться в определенной сфере, называемой зоной защиты – пространстве, внутри которого объект защищен от ударов молний.

Приведённые мероприятия обеспечивают безопасность проведения работ в электроустановках всех классов напряжения и являются строго обязательными к исполнению.

3.2 Разработка мероприятий по охране окружающей среды

Охрана окружающей среды при строительстве объектов энергетики осуществляется путем выполнения природоохранных мероприятий, которые снижают или ликвидируют отрицательное воздействие на природную среду, на сохранение природных ресурсов [17].

Рассматриваемые в работе питающие подстанции (ГПП и ТП-10/0,4 кВ) не является источником загрязнения окружающей среды.

На ГПП и всех ТП-10/0,4 кВ в отсеках силовых трансформаторов установлены маслоприёмники, следовательно, вероятность попадания масла в грунт сводится к минимуму.

В сети 110 кВ на питающей ВЛ-110 кВ и РУ ВН ГПП, а также на вводах ВН силовых трансформаторов ГПП, есть фактор повышенной напряжённости поля, который негативно влияет на организм людей.

Поэтому работы в указанных электроустановках все работы по монтажу, обслуживанию и ремонту оборудования и сетей следует производить в специальных экранирующих костюмах, а также необходимо свести к минимуму время пребывания людей на указанных объектах [9].

Процесс передачи электроэнергии на напряжениях 10/0,4 кВ является безотходным, не сопровождается никакими вредными выбросами в окружающую среду.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на период проведения монтажных работ в рассматриваемой системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области будут происходить только при

работе автотранспорта и спецтехники.

Воздействие на атмосферный воздух при проведении электромонтажных работ, а также работ по обслуживанию и ремонту электрооборудования на объекте, относится к кратковременному.

Следовательно, на объекте исследования в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области воздействие на окружающую среду будет минимален и, в основном, проявит себя на стадии монтажных работ.

Выводы по разделу 3:

В результате выполнения третьего раздела работы, разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности и экологической безопасности в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области.

В разработанной системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области соблюдены нормы качества электроэнергии, передаваемой потребителям, а также надёжности, экономичности, безопасности и экологичности.

Заключение

В результате выполнения работы спроектирована система электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области.

Осуществлён выбор напряжения внешнего и внутреннего электроснабжения, при этом для внешнего электроснабжения применяется номинальное напряжение 110 кВ по радиальной схеме, внутреннее электроснабжение осуществляется на напряжениях 10 кВ по радиальной схеме (питающая сеть) и 0,38/0,22 кВ по радиальной и магистральной схемам (распределительная сеть).

На основании результатов расчёта нагрузок жилых районов города Ишима Тюменской области, на основании принятых методик, в работе решены следующие задачи:

- определены значения электрических нагрузок жилых районов города Ишима Тюменской области;
- принято для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области две конденсаторные установки марки УКРМ-6,3 (10,5)-300 с суммарной реактивной мощностью $2 \cdot 300 = 600$ квар;
- выбраны для установки на ГПП жилых районов города Ишима Тюменской области два силовых трансформатора марки ТМН-6300-110/10У1;
- выбраны для установки на трёх ТП-10/0,4 кВ жилых районов города Ишима Тюменской области по два силовых трансформатора марки ТМ-1600/10У1, а на одной ТП-10/0,4 кВ – трансформаторы марки ТМ-1000/10У1;
- рассчитаны токи короткого замыкания;
- выбраны следующие проводники: питающая ВЛ-110 кВ – провод АС-70/11; кабельные линии от ГПП к ТП1-ТП3 – кабели марки АСБ-10(3х50); кабельные линии от ГПП к ТП-3 – кабели марки АСБ-10(3х35); кабельные линии напряжением 0,38/0,22 кВ – кабели марки ВВГнг-LS различных сечений;

– выбраны следующие электрические аппараты: напряжением 110 кВ: выключатель марки LTB-145D1/B-31,5/2000, разъединитель марки РГ-110/1000У1, трансформатор тока марки ТВТ-110, ограничители перенапряжений типа ОПН-У/TEL-110/84-УХЛ1; напряжением 10 кВ: выключатель марки ВВ/TEL-10-20/630-У2-48; трансформатор тока марки ТЛЮ-10; трансформатор напряжения марки НАМИ-10; ограничители перенапряжений типа ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1.

Также описаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности и экологической безопасности в системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области.

В разработанной системе электроснабжения жилых районов города Ишима Тюменской области соблюдены нормы качества электроэнергии, передаваемой потребителям, а также надёжности, экономичности, безопасности и экологичности.

Работа может быть использована как образец для типичных учебных проектов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник. М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. 416 с.
2. Баранов Л.А., Захаров В.А. Светотехника и электротехнология Учебник. М.: Колос, 2018. 343 с.
3. Вахнина В. В. Электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы: электронное учебно-методическое пособие. URL: <https://dspace.tltsu.ru/xmlui/handle/123456789/18603/> (дата обращения: 07.09.2021).
4. Газалов В.С. Светотехника и электротехнология: Учебное пособие. Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2016. 268 с.
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
6. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. - 343 с. Текст: непосредственный.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение М.: Academia, 2018. 352 с.
8. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: Колос, 2016 г. – 184 с.
9. Михайлов Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2015. – 224 с.
10. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. – 5-е издание, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2014. – 608 с.

11. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - 4-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.
12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2016. 392 с.: ил.
13. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп.–М.: Главгосэнергонадзор России, 2018. 692 с.
14. Рогалев Н.Д. Экономика энергетики: учебное пособие для ВУЗов. М.: «МЭИ», 2018. 288 с.
15. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2016. 448 с.
16. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 464 с.
17. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
18. Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей. М.: ЭНАС, 2018. 312 с.
19. Барыбин Ю.Г. Справочник по проектированию электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 2016. 576 с.
20. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения. М.: Лань, 2017. – 480 с.