

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Факультет Заочный
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, должность

_____/ _____ /
« ____ » _____ 20 ____ г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

_____/ И.М. Кирпичникова /
« ____ » _____ 20 ____ г.

Электроснабжение городского жилого микрорайона

(наименование темы работы)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ЮУрГУ – 13.03.02. 2018. 221. ВКР

(код направления, год, номер студенческого)

Руководитель, доцент, к.т.н.

_____/ Ю.В. Коровин /
« ____ » _____ 20 ____ г.

Автор

студент группы ПЗ – 590

_____/ Л.А. Попков /
« ____ » _____ 20 ____ г.

Нормоконтролер, доцент, к.т.н.

_____/ Ю.В. Коровин /
« ____ » _____ 20 ____ г.

Челябинск 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(национальный исследовательский университет)

Институт Политехнический
Факультет Энергетический
Кафедра Электрические станции, сети и системы электроснабжения
Направление Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____/И.М. Кирпичникова/
_____ 20 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента

Попков Леонид Александрович
(Ф. И.О. полностью)

Группа ПЗ-590

1. Тема выпускной квалификационной работы

Электроснабжение городского жилого микрорайона

утверждена приказом по университету от 25 декабря 2017 г. № 2438, приложение №18

2. Срок сдачи студентом законченной работы 9 января 2018г.

3. Исходные данные к работе

Схема электрической сети, тип, количество трансформаторов на БКТП 1 и

БКТП 2. Количество жилых домов – 5. Характеристика и параметры нагрузки

домов: кол-во подъездов (3), кол-во этажей (29), $P_{дв. лифта} = 9\text{ кВт}$, $P_{ст.у} = 1,5\text{ кВт}$.

План внешних сетей электроснабжения

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

1 Общая часть

1.1 Характеристика объекта с исходными данными на разработку проекта

2 Расчетно-конструкторская часть

2.1 Схема и конструктивное исполнение силовой и осветительной сети с выбором электрооборудования и комплектных устройств

2.2 Расчет электрических нагрузок по группам приемников и по узлу в целом

2.3 Расчет силовой питающей и распределительной сети при напряжении 220/380В с выбором сечений проводов аппаратов защиты

3 Выбор числа и мощности трансформаторов БКТП №2

4 Обоснование выбора схемы электроснабжения при напряжении 6-10 кВ и типа ПС

5 Выбор питающих линий подстанции и домов

5.1 Питающий кабель для БКТП №2 от БКТП №1

5.2 Питающий кабель для ввода дома № 1В от БКТП №2 10/0,4 кВ

6 Расчет токов короткого замыкания и уставок защит

6.1 Расчет токов короткого замыкания на стороне 10 кВ

6.2 Расчет уставок микропроцессорной релейной защиты

7 Выбор оборудования на стороне 10 кВ

7.1 Выбор высоковольтных выключателей

7.2 Выбор разрядника

7.3 Выбор трансформатора тока

7.4 Выбор трансформатора напряжения

8 Конструктивное исполнение сети заземления и расчет заземляющего устройства БКТП

9 Система уравнивания потенциала дома

10 Разводка электропроводки по этажу и спецификация расходуемого материала

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

1 Схема электроснабжения микрорайона – 1 лист (формат А1)

2 Расчетная графическая нагрузка дома и спецификация материала – 1 лист (формат А1)

3 Техничко-экономические показатели блочной комплексной трансформаторной подстанции 1,2 – 1 лист (формат А1)

4 План прокладки кабельной линии 10 кВ – 1 лист (формат А1)

5 Разводка электропроводки по этажу – 1 лист (формат А1)

Всего 5 листов

6. Дата выдачи задания 22 сентября 2017г.

Руководитель Ю.В. Коровин

(подпись)

Задание принял к исполнению Л.А. Попков

(подпись студента)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Расчетно-конструкторская часть Расчет электрических нагрузок по группам приемников и по узлу в целом	1 неделя	
Расчет силовой питающей и распределительной сети при напряжении 220/380В с выбором сечений проводов аппаратов защиты	2 неделя	
Выбор числа и мощности трансформаторов БКТП	3 неделя	
Выбор питающих кабельных линий подстанции и домов	4 неделя	
Расчет токов короткого замыкания на стороне 10кВ	5 неделя	
Выбор оборудования на стороне 10 кВ	5 неделя	
Оформление пояснительной записки	6 неделя	
Оформление графической части	6 неделя	

Заведующий кафедрой _____/И.М. Кирпичникова/

Руководитель работы _____/Ю.В. Коровин/

Студент _____/Л.А. Попков/

АННОТАЦИЯ

Попков Л.А. Электроснабжение городского жилого микрорайона. – Челябинск ЮУрГУ, ПЗ–590, 2018, 78 с., 4 иллюстрации, 17 табл., библиографический список – 19 наименов., 5 листов чертежей формата А1

Выполнен расчет электроснабжение городского жилого микрорайона. Выбрана рациональная схема питания энергоснабжения от блочной комплексной трансформаторной подстанции (БКТП) 10/0,4 кВ к вводу дома.

Определена поквартирная нагрузка и жилого дома согласно ПУЭ, действующей инструкции, санитарно-техническим требованиям, а затем и всего микрорайона.

На основании полученных мощностей были выбраны провода для разводки квартирной электропроводки, питающие линии стояков, автоматические выключатели.

Выполнен расчет мощности трансформаторов, каждой БКТП, на основании чего выбраны трансформаторы ТМГ–400; ТМГ–630, выбраны питающие кабельные линии от ПС до БКТП, и до каждого ввода дома электрощитовой. На ВН 10 кВ выбрано оборудование.

Все расчеты и оформление выполнены с использованием программных комплексов «Microsoft Office, Visio», «AutoCad».

					13.03.02.2018.221 ВКР			
Ул.	д/л	№ ТМ/У/л.	№ (ТМ/У)	№/л	Электроснабжение городского жилого микрорайона	Лит.	Лист	Листов
№/л	№/л	№/л	№/л	№/л		6	78	
№/л	№/л	№/л	№/л	№/л		ЮУрГУ кафедра ЭССиСЭ		
№/л	№/л	№/л	№/л	№/л				
№/л	№/л	№/л	№/л	№/л				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	12
1.1 Характеристика объекта с исходными данными на разработку проекта	12
2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	16
2.1 Схема и конструктивное исполнение силовой и осветительной сети с выбором электрооборудования и комплектных устройств	16
2.2 Расчет электрических нагрузок по группам приемников и по узлу в целом	18
2.3 Расчет силовой питающей и распределительной сети при напряжении 220/380В с выбором сечений проводов аппаратов защиты	21
3 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ БКТП №2	32
4 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НАПРЯЖЕНИИ 6-10 КВ И ТИПА ПС	38
5 ВЫБОР ПИТАЮЩИХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПОДСТАНЦИИ И ДОМОВ	40
5.1 Питающий кабель для БКТП №2 от БКТП №1	44
5.2 Питающий кабель для ввода дома № 1В от БКТП №2 10/0,4 кВ	47
6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И УСТАВОК ЗАЩИТ	50
6.1 Расчет токов короткого замыкания на стороне 10 кВ	50
6.2 Расчет уставок микропроцессорной релейной защиты	53
7 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ НА СТОРОНЕ 10 КВ	55
7.1 Выбор высоковольтных выключателей	55
7.2 Выбор разрядника	57
7.3 Выбор трансформатора тока	58
7.4 Выбор трансформатора напряжения	63
8 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СЕТИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И РАСЧЁТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА БКТП	66
9 СИСТЕМА УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДОМА	69

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

10 РАЗВОДКА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ ПО ЭТАЖУ И СПЕЦИФИКАЦИЯ РАСХОДУЕМОГО МАТЕРИАЛА	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	76

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

ВВЕДЕНИЕ

В августе 2003 года Правительством РФ была утверждена "Энергетическая стратегия России на период до 2020 года" (распоряжение от 28.08.03 № 1234р).

Активное участие в разработке Энергетической стратегии приняли специалисты Департамента научно-технической политики и развития ОАО РАО "ЕЭС России". Рабочую группу по электроэнергетике и теплоснабжению возглавлял заместитель председателя правления ОАО РАО "ЕЭС России" В.П. Воронин.

К числу наиболее важных задач Энергетической стратегии России относятся определение основных количественных и качественных параметров развития электроэнергетики и конкретных механизмов достижения этих параметров, а также координация развития электроэнергетики с развитием других отраслей топливно-энергетического комплекса и потребностями экономики страны.

Стратегическими целями развития отечественной электроэнергетики в перспективе до 2020 г. являются:

- надежное энергоснабжение экономики и населения страны электроэнергией;
- сохранение целостности и развитие Единой энергетической системы России, интеграция ЕЭС с другими энергообъединениями на Евразийском континенте;
- повышение эффективности функционирования и обеспечение устойчивого развития электроэнергетики на базе новых современных технологий;
- уменьшение вредного воздействия отрасли на окружающую среду.

В оптимистическом варианте развитие электроэнергетики России ориентировано на сценарий экономического развития страны, предполагающий форсированное проведение социально-экономических реформ с темпами роста производства валового внутреннего продукта до 5-6% в год и соответствующим устойчивым ростом электропотребления 2-2,5% в год.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

В результате ежегодное потребление электроэнергии должно достигнуть к 2020 году: в оптимистическом варианте - 1290 млрд. кВт/ч; в умеренном - 1185 млрд. кВт /ч.

С учетом увеличения экспорта ежегодная выработка электроэнергии на российских электростанциях к 2020 году должна будет возрасти до 1215-1365 млрд. кВт /ч.

Намечается значительный рост производства электроэнергии на АЭС: с 142 млрд. кВт / ч в 2002 году до 230 - 300 млрд. кВт ч в 2020 году, рост на ГЭС - с 164 млрд. кВт / ч в 2002 году до 195 - 215 млрд. кВт /ч в 2020 году.

Для надежного обеспечения прогнозируемого спроса на электроэнергию потребуется увеличение суммарной установленной мощности электростанций России.

Основу электроэнергетики по-прежнему будут составлять ТЭС, доля которых в структуре установленной мощности сохранится на уровне 65 - 70%.

Доля ГЭС и АЭС, не потребляющих органическое топливо, будет находиться в диапазоне 30 - 35 %.

12 ноября 2004 года состоялась расширенное заседание Бюро Совета Российского научно-технического общества строителей, целью этого собрания было общественное обсуждение работы "Разработка и освоение прогрессивной технологии строительства жилых домов из монолитного железобетона", выдвинутой на соискание Премии Правительства РФ в области науки и техники 2004 г.

Представленная работа содержит комплекс научных, опытно-конструкторских, проектных и технологических разработок в области монолитного домостроения, внедрение которых в практику строительства позволило получить значительные социальный и технико-экономический эффекты. Принципиально новая в отечественной и зарубежной практике технология строительства монолитных зданий каркасного и бескаркасного типов с самонесущими наружными ограждающими конструкциями слоистого

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

типа позволила существенно улучшить условия труда и безопасность строительного процесса.

За счет применения современных методов расчета при проектировании и новых способов ведения строительного-монтажных работ достигнут высокий технико-экономический эффект. По расчетам авторов работы, новая технология даст возможность уменьшить (в расчете на 1 кв. м общей площади дома): расход бетона на 20%; расход стали на 15%; сметную стоимость строительства на 15%; нормативные сроки строительства на 25%.

В курсовом проекте по электроснабжению жилого шести подъездного девяти этажного дома предусмотрено применение новых технологий, нового оборудования, которые позволяют сократить затраты на монтаж и эксплуатацию электрооборудования жилого дома.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика объекта с исходными данными на разработку проекта Челябинск расположен почти в центре громадного материка Евразии, к востоку от Уральского хребта, на большом удалении от морей и океанов, прежде всего от Атлантики. Климат города умеренный, по общим характеристикам относится к умеренному континентальному (переходный от умеренно-континентального к резко континентальному). Температура воздуха зависит как от влияния поступающих на территорию области воздушных масс, так и от количества получаемой солнечной энергии. 2066 часов солнце светит на территории области, это на 481 час больше, чем над Москвой. Количество и распределение осадков в течение всего года определяется главным образом прохождением циклонов над территорией области. Ветровой режим на территории Челябинска и области зависит от особенности размещения основных центров действия атмосферы и изменяется под влиянием орографии.

В январе—мае, в основном, преобладают ветры южного и юго-западного направления со средней скоростью 3—4 м/с.

При метелях максимальная скорость увеличивается до 16-28 м/с. В июне-августе ветер дует с запада и северо-запада, средняя скорость не увеличивается, но при грозах наблюдается кратковременное шквалистое усиление ветра до 16—25 м/с.

В сентябре-декабре ветер поворачивает на южный и юго-западный, средняя скорость ветра составляет 3 м/с, максимальная- 18—28 м/с.

Челябинск находится в лесостепной зоне Челябинской области. Зима длительная, достаточно холодная и снежная (с ноября по март, включительно), лето умеренно тёплое. Постоянный снежный покров образуется 15—18 ноября и сохраняется 145—150 дней. Высота снежного покрова составляет 30-40 см, но в малоснежные зимы бывает на 10—15 см меньше. Метели наблюдаются в течение 30—35 дней, общей продолжительностью 220—270 часов.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Глубина промерзания почвы колеблется от 90 до 130 см. Средняя температура января равняется $-15,5^{\circ} \dots -17,5^{\circ} \text{C}$. В суровые зимы она может опускаться до $-25^{\circ} \dots -29^{\circ} \text{C}$ (1969, 1972 гг.), а в отдельные годы средняя температура января равнялась $-8 \dots -9^{\circ} \text{C}$ (1949, 1971, 1983, 2002 гг.). Абсолютный минимум температуры воздуха достигал $-42 \dots -49^{\circ} \text{C}$. Средняя температура воздуха в июле равняется $+18 \dots +19^{\circ} \text{C}$.

Абсолютный максимум температуры отмечен 29 июля 1952 г — плюс $42,0^{\circ} \text{C}$. Годовое количество осадков равняется 410—450 мм. Наибольшее количество осадков приходится на июль. Дождливый был июль 1915, 1957, 1961 и 1994 гг — выпало 180—215 мм. Сухим оказался июль 1914, 1958, 1989 и 1995 гг — сумма осадков составила 7—12 мм.

Современные жилые здания насыщены большим количеством различных электроприёмников. К ним относятся осветительные и бытовые приборы и силовое электрооборудование. Рост энергетики и объём производства электроэнергии в значительной мере способствует расширению номенклатуры и увеличению количества электроприборов, применяемых в быту.

Современная бытовая техника всё в большей степени обеспечивает сокращение затрат труда на ведение домашнего хозяйства и повышения комфорта современного жилища. Электроприёмники жилого здания подразделены на две основные группы: электроприёмники квартир и электроприёмники общедомового назначения. К первым относятся осветительные и бытовые электроприборы. Ко вторым относятся светильники лестничных клеток, технических подпольев, чердаков вестибюлей, холлов, служебных и других помещений, лифтовые установки, различные противопожарные устройства, элементы диспетчеризации, переговорно-вызывные устройства (домофоны), кодовые замки и т.п.

Электрическое освещение квартир осуществляется с помощью светильников общего и местного освещения, как правило, с лампами накаливания.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Для общего освещения жилых комнат применяются многоламповые светильники различных конструкций с лампами накаливания мощностью 40-100 Вт, для освещения вспомогательных помещений - одноламповые светильники 40-60Вт, для ванных комнат разработан и внедряется светильник с лампой накаливания. Бытовые электроприборы по назначению можно разделить на следующие характерные группы: нагревательные; для обработки и хранения продуктов; хозяйственно бытовые; культурно бытовые; санитарно-гигиенические; бытовые кондиционеры воздуха; водонагреватели; приборы для отопления помещений.

Потребление электроэнергии жилыми зданиями имеет ряд особенностей, обусловленных составом электроприемников и режимами их работы, связанными с укладом жизни населения. Это, прежде всего неравномерность потребления электроэнергии по часам суток и сезонам года. В жилых зданиях 60 % электроэнергии расходуется в период между 18 и 22 ч; летом электроэнергии потребляется на 15 - 20 % меньше, чем зимой.

В жилом доме имеются электроплиты, противопожарные устройства, лифты, эвакуационное и аварийное освещение, а согласно ПУЭ жилые дома с электроплитами относятся к электроприемникам второй категории.

Перерыв электроснабжения которых приводит к нарушению нормальной деятельности значительного количества городских жителей, а электроприемники противопожарных устройств, лифты, эвакуационное и аварийное освещение относятся к электроприемникам первой категории, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, нарушение функционирования особо важных элементов городского хозяйства.

Электроприемники первой и второй категории обязательно обеспечиваются электроэнергией от двух независимых взаиморезервирующих источников питания. Перерыв в электроснабжении первой категории допускается лишь на время срабатывания АВР, а перерыв в электроснабжении второй категории

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

допустим на время необходимое для включения резервного питания действиями оперативно дежурного персонала, но не более одних суток.

Жилой дом состоит из трех подъездов десяти и девяти этажей, первый и второй подъезд по восемь квартиры на этаже, а третий подъезд по семь квартир на этаже.

Во всех квартирах установлена электрическая плита для приготовления и подогрева пищи типа ЧРШ и мощностью 5,8 кВт. В каждом из подъездов находится одна лифтовая установка мощностью 9 кВт, а в подвале установлены 8 насосов водоснабжения мощностью 1,5 кВт каждый. Исходные данные для расчёта приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1– Исходные данные

Кол-во подъездов	Кол-во этажей	$P_{\text{дв. лифта}}$, кВт	Нагрузка санитарно-Технических устройств, кВт	$P_{\text{расч}}$ на шинах 0,4 кВ ПС 10/0,4 кВ
3	2*10 1*9	9	1,5	-

Напряжение сети 380/220 В.

2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Схема и конструктивное исполнение силовой и осветительной сети с выбором электрооборудования и комплектных устройств

Для питания электроприёмников жилых домов применяется двухлучевая схема электроснабжения (рис 2.1).

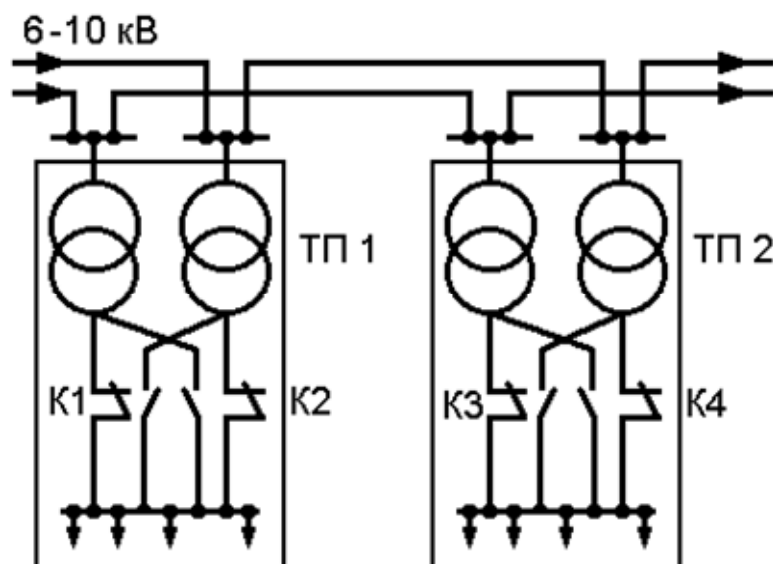


Рисунок 2.1 – Двухлучевая магистральная схема сети высокого напряжения с контакторной автоматикой (АВР) на стороне низкого напряжения.

От трансформатора по кабельной линии электроэнергия подается на вводно-распределительное устройство. Кабельные линии применяются при невозможности прокладки воздушных линий из-за стесненности территории либо по обоснованным градостроительным соображениям.

Вводно-распределительное устройство распределяет электроэнергию по питающим линиям и является комплектным электрическим устройством заводского изготовления и поставляется отдельными шкафом или блоками из нескольких шкафов со всеми соединительными проводниками между ними, которые могут быть как шины, так и изолированные провода.

ВРУ, устанавливаются в местах ввода внешних питающих сетей и предназначены для присоединения к ним внутренних электросетей зданий и распределения электроэнергии.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

В качестве вводно-распределительного устройства приняты панели серии ВРУ-1Д-400-102, ВРУ-1Д-400-227, ВРУ-1Д-400-228, ВРУ-1Д-250-105, установленные в электрощитовом помещении, расположенном в подвальном помещении жилого дома. Учёт электроэнергии осуществляется счётчиками типа ЦЭ6803В 380/220В, установленными на вводах, а в квартирах счётчиками типа ЦЭ6807П-Р5 220В.

С ВРУ по кабелям электроэнергия поступает на этажные щитки, типа ЩЭ 3000 установленные в электропанелях на лестничных клетках каждого этажа и предназначенные для приема, распределения и учета электроэнергии напряжением 220 В, а также для защиты линий квартир при перегрузках и коротких замыканиях. В каждой квартире располагается электрощиток ЩРН-П-18, в котором находится устройство защитного отключения и автоматические выключатели.

В проекте предусматривается рабочее, аварийное, эвакуационное и ремонтное освещение.

Рабочее освещение предусматривается во всех помещениях.

Аварийное освещение предусматривается в электрощитовой, машинном помещении лифта и узлах управления. Эвакуационное освещение - на лестничных клетках, лифтовой площадке, на входах.

Ремонтное освещение выполняется в электрощитовой, машинном помещении лифта и узлах управления.

Управление освещением техподполья, машинного помещения лифта, электрощитовой, тамбуров осуществляется выключателями, установленными у входов в помещения, управление освещением чердака выключателем, установленным у входа вне чердака.

Все металлические нетоковедущие части электрооборудования подлежат заземлению путём металлического соединения с нулевым защитным проводом сети. Применяется радиальная схема электроснабжения для распределения электроэнергии жилого дома.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2.2 Расчет электрических нагрузок по группам приемников и по узлу в целом

Расчетная электрическая нагрузка квартир $P_{кв}$ кВт, приведенная к вводу жилого дома:

$$P_{кв} = P_{кв.уд} \times n; \quad (2.1)$$

где $P_{кв.уд}$ - удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир, кВт/квартира; [2, табл. 2.1.1]

n - количество квартир, шт.

$$P_{кв} = 0,95 \times 223 = 211,85 \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность лифтовых установок $P_{пл}$, кВт

$$P_{пл} = K_c' \times \sum_1^n P_{ni}; \quad (2.2)$$

где K_c' - коэффициент спроса для лифтовых установок [2, табл. 2.1.2]

P_{ni} - мощность электродвигателя лифта, кВт

$$P_{пл} = 3 \times 9 \times 0,8 = 21,6 \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность санитарно технических устройств $P_{ст.у.}$, кВт

$$P_{ст.у.} = K_c'' \times \sum_1^n P_{ст.у.}; \quad (2.3)$$

где K_c'' - коэффициент спроса электродвигателей санитарно технических устройств [2, табл. 2.1.3]

$P_{ст.у.}$ - мощность электродвигателя санитарно технических устройства, кВт

$$P_{ст.у.} = 0,75 \times 8 \times 1,5 = 9,24 \text{ кВт.}$$

Расчетная электрическая нагрузка силовых электроприемников P_c , кВт приведенная к вводу жилого дома:

$$P_c = P_{пл} + P_{ст.у.}; \quad (2.4)$$

$$P_c = 21,6 + 9,24 = 30,84 \text{ кВт.}$$

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома $P_{р.ж.д.}$, кВт

$$P_{р.ж.д.} = P_{кв} + K_y \times P_c; \quad (2.5)$$

где K_y - коэффициент участие в максимуме нагрузки силовых электроприемников

$$P_{р.ж.д.} = 211,85 + 0,9 \times 30,84 = 239,6 \text{ кВт.}$$

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома $P_{д.}$, кВт приведенная к шинам 0,4 кВ трансформаторной подстанции:

$$P_{д} = P_{р.ж.д.уд} \times S \times 10^{-3} \text{ кВт}; \quad (2.6)$$

где $P_{р. ж. д. уд}$ – удельная расчётная нагрузка жилого дома, кВт [1, табл. 2.1.5]

S – общая площадь микрорайона, м².

$$P_{д} = 20,4 \times 11008 \times 10^{-3} = 224,56 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная нагрузка квартир $Q_{кв}$ квар, приведенная к вводу жилого дома:

$$Q_{кв} = P_{кв} \times \tan \varphi; \quad (2.7)$$

где $\tan \varphi$ – коэффициент реактивной мощности,

$$\tan \varphi = 0,2 \text{ [2, табл. 2.1.4]}$$

$$Q_{кв} = 223 \times 0,2 = 44,6 \text{ квар.}$$

Расчетная реактивная мощность лифтовых установок $Q_{пл}$, кВт

$$Q_{пл} = P_{пл} \times \tan \varphi; \quad (2.8)$$

где $\tan \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, $\tan \varphi = 1,17$

$$Q_{пл} = 21,6 \times 1,17 = 25,3 \text{ квар.}$$

Расчетная реактивная мощность санитарно технических устройств $Q_{ст.у.}$, кВт

$$Q_{ст.у} = P_{ст.у} \times \tan \varphi; \quad (2.9)$$

$$Q_{ст.у} = 9,24 \times 0,75 = 6,93 \text{ квар.}$$

Расчетная реактивная электрическая нагрузка силовых электроприемников Q_c кВт, приведенная к вводу жилого дома:

$$Q_c = Q_{пл} + Q_{ст.у}; \quad (2.10)$$

$$Q_c = 25,3 + 6,93 = 32,33 \text{ квар.}$$

Расчетная реактивная электрическая нагрузка жилого дома $Q_{р. ж. д.}$ кВт

$$Q_{р.ж.д} = Q_{кв} + K_y \times Q_c; \quad (2.11)$$

$$Q_{р.ж.д.} = 44,6 + 0,9 \times 32,33 = 73,6 \text{ квар.}$$

Расчетная реактивная нагрузка жилых домов микрорайона $Q_{р. мр.}$ кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ трансформаторной подстанции:

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

$$Q_d = P_{p.ж.д.уд} \times S \times 10^{-3} \times \operatorname{tg}\varphi \text{ кВт}; \quad (2.12)$$

$$Q_d = 20,4 \times 11008 \times 10^{-3} \times 0,2 = 44,91 \text{квар.}$$

Расчет полной мощности S_d кВА, всего дома:

$$S_d = \sqrt{P_d^2 + Q_d^2}, \text{кВА}; \quad (2.13)$$

$$S_d = \sqrt{224,56^2 + 44,91^2} = 229,6 \text{кВА.}$$

Остальные дома рассчитываются аналогичным способом и заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1– Расчетная нагрузка жилых домов

№ дома	Ркв, кВт	Рпл, кВт	Рст.у, кВт	Рс, кВт	Рр.ж/д, кВт	Рд, кВт	Qкв, квар	Qпл, квар	Qст.у, квар	Qс, квар	Qр.ж/д, квар	Qд, квар	Sд, кВА
1Б	218,5	21,6	14	35,6	257,75	216,2	46	25,2	10,5	35,7	78,13	43,24	222,7
5А	107,8	21,6	6,6	28,2	133,2	203,2	22	25,3	4,95	30,25	49,2	40,63	207,2
5Б	123,2	21,6	9	30,6	150,74	215,5	22,4	25,3	6,75	32,05	51,24	43,09	219,7
8	115	17,04	10,5	27,54	139,8	210,1	20	19,93	7,87	27,8	45,02	42	214

2.3 Расчет силовой питающей и распределительной сети при напряжении 220/380 В с выбором сечений проводов аппаратов защиты

Расчет и выбор провода, автоматического выключателя для электрической плиты

Расчетный ток I_p А, нагрузки определяется по формулам:

для однофазной сети:

$$I_p = P / (U \times \cos \varphi) \text{ А}; \quad (2.14)$$

где P – расчетная максимальная нагрузка, Вт;

U – номинальное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Ток расчетный для электроплиты определяется по формуле (2.14):

$$I = \frac{5800}{220} * 0,98 = 25 \text{ А.}$$

Для всех электроприемников выбирается сечение проводника по условию [19,стр30], $I_{\text{дд}} \geq I_p$ (2.15)

и данные заносятся в таблицу 2.2.

Выбираю провод для электроплиты марки ПВ-1, провод одножильный с сечением $S = 6 \text{ мм}^2$, с допустимым током $I_{\text{дд}} = 56 \text{ А}$. Поскольку условие (2.15) выполняется:

$$56 \geq 25 \text{ А.}$$

следовательно, провод выбран правильно.

Электрические сети, выбранные по току нагрузки и рассчитанные на нагрев, проверяются на потерю напряжения по формулам:

для двухпроводной линии:

$$\Delta U \% = (2 \times 10^5 / U_{\text{ном}}^2) \times P_{\text{ном}} \times l \times (r_0 + x_0 \times \text{tg } \varphi); \quad (2.16)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт;

L – длина питающей линии, км;

r_0 – активное сопротивление проводника, мОм/м;

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

x_0 - реактивное сопротивление проводника, мОм/м.

Проверяю выбранный провод для электроплиты на потерю напряжения по формуле (2.16):

$$\Delta U = \left(\frac{2 \times 10^5}{220^2} \right) \times 5,8 \times 0,03 \times (3,06 + 0,01 \times 0,2) = 2,2\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, провод выбран правильно.

Автоматический выключатель выбирается по условию $I_{дд} \geq I_p$, (2.17)

и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю автоматический выключатель для электроплиты типа: ВА47-29, 1р, $I_{ном}=40$ А.

$$I_{н.р} = 1,1 \times 25 = 27,5 \text{ А.}$$

$$40 > 27,5 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, автоматический выключатель выбран правильно.

Расчет и выбор провода и дифференциального автомата для кухни:

Расчетный ток I_p А, нагрузки определяется по формулам:

для однофазной сети:

$$I_p = P / (U \times \cos \varphi) \text{ А;} \quad (2.18)$$

где P - расчетная максимальная нагрузка, Вт;

U - номинальное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности.

Ток расчетный для кухонной зоны определяется по формуле (2.18):

$$I = \frac{6350}{220} \times 0,95 = 27 \text{ А.}$$

Для всех электроприемников выбирается сечение проводника по условию $I_{дд} \geq I_p$, (2.15) и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю провод для кухонной зоны марки ПВ 1, провод одножильный с сечением $S = 2,5 \text{ мм}^2$, с допустимым током $I_{дд} = 32$ А. Поскольку условие (2.18) выполняется:

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$32 \geq 27 \text{ А.}$$

следовательно, провод выбран правильно.

Электрические сети, выбранные по току нагрузки и рассчитанные на нагрев, проверяются на потерю напряжения по формулам:

для двухпроводной линии:

$$\Delta U \% = (2 \times 10^5 / U_{\text{ном}}^2) \times P_{\text{ном}} \times l \times (r_0 + x_0 \times \text{tg } \varphi); \quad (2.19)$$

где : $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт;

l – длина питающей линии, км;

r_0 – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_0 – реактивное сопротивление проводника, мОм/м.

Проверяю выбранный провод для э кухонной зоны на потерю напряжения по формуле (2.19):

$$\Delta U = \left(\frac{2 \times 10^5}{220^2} \right) \times 6,35 \times 0,035 \times (7,55 + 0,01 \times 0,2) = 4,3\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, провод выбран правильно.

Автоматический выключатель выбирается по условию $I_{\text{дд}} \geq I_{\text{р}}$, (2.15)

и данные заносится в таблицу 2.2

Выбираю дифференциальный автомат для кухонной зоны типа: АД12 2Р 32, 1р, $I_{\text{ном}}=32$ А.

$$I_{\text{н.р}} = 1,1 \times 27 = 29,5 \text{ А.}$$

$$32 > 29,5 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, дифференциальный автомат выбран правильно.

Расчет и выбор провода и автоматического выключателя, для комнаты и сантехнического узла:

Расчетный ток $I_{\text{р}}$ А, нагрузки определяется по формулам:

для однофазной сети

$$I_{\text{р}} = P / (U \times \cos \varphi) \text{ А}; \quad (2.20)$$

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

где P – расчетная максимальная нагрузка, Вт;

U – Номинальное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Ток расчетный для комнаты определяется по формуле (2.20):

$$I = \frac{6050}{220} \times 0,95 = 26 \text{ А.}$$

Ток расчетный для сантехнического узла определяется по формуле (2.20):

$$I = \frac{5300}{220} \times 0,95 = 23 \text{ А.}$$

Для всех электроприемников выбирается сечение проводника по условию $I_{\text{дд}} \geq I_p$, (2.15) и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю провод для комнаты марки ПВ 1, провод одножильный с сечением $S = 2,5 \text{ мм}^2$, с допустимым током $I_{\text{дд}} = 32 \text{ А}$. Поскольку условие (2.15) выполняется: $I_{\text{дд}} = 32 \text{ А}$.

$$32 \geq 26 \text{ А.}$$

Выбираю провод для сантехнического узла марки ПВ 1, провод одножильный с сечением $S = 2,5 \text{ мм}^2$, с допустимым током $I_{\text{дд}} = 32 \text{ А}$. Поскольку условие (2.15) выполняется: $I_{\text{дд}} = 32 \text{ А}$.

$$32 \geq 23 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, провод выбран правильно.

Электрические сети, выбранные по току нагрузки и рассчитанные на нагрев, проверяются на потерю напряжения по формулам:

для двухпроводной линии

$$\Delta U \% = (2 \times 10^5 / U_{\text{ном}}^2) \times P_{\text{ном}} \times l \times (r_0 + x_0 \times \text{tg } \varphi); \quad (2.21)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт;

L – Длина питающей линии, км;

r_0 – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_0 – реактивное сопротивление проводника, мОм/м.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Проверяю выбранный провод для комнаты на потерю напряжения по формуле (2.21):

$$\Delta U = \left(\frac{2 \times 10^5}{220^2} \right) \times 6,05 \times 0,04 \times (7,55 + 0,01 \times 0,2) = 4,72\%.$$

Проверяю выбранный провод для сантехнического узла на потерю напряжения по формуле (2.21):

$$\Delta U = \left(\frac{2 \times 10^5}{220^2} \right) \times 5,3 \times 0,015 \times (7,55 + 0,01 \times 0,2) = 2,48\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, провод выбран правильно.

Автоматический выключатель выбирается по условию, $I_{\text{дд}} \geq 1,1 \times I_p$ (2.15) и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю автоматический выключатель для комнаты типа: ВА47-29 1P 32А, $I_{\text{ном}}=32$ А.

$$I_{н,р} = 1,1 \times 26 = 28,6 \text{ А.}$$

$$32 > 28,6 \text{ А.}$$

Выбираю автоматический выключатель для сантехнического узла и комнаты типа: ВА47-29 1P 32А, $I_{\text{ном}}=32$ А.

$$I_{н,р} = 1,1 \times 23 = 25,3 \text{ А.}$$

$$32 > 25,3 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, дифференциальный автомат выбран правильно.

Расчет и выбор провода и автоматического выключателя для освещения:

Расчетный ток I_p А, нагрузки определяется по формулам:

для однофазной сети

$$I_p = P / (U \times \cos \varphi) \text{ А;} \quad (2.22)$$

где P – расчетная максимальная нагрузка, Вт;

U – номинальное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Ток расчетный для освещения всей зоны квартиры определяется по формуле (2.15):

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$I = \frac{900}{220} \times 1 = 4,1 \text{ А.}$$

Для всех электроприемников выбирается сечение проводника по условию $I_{\text{дд}} \geq I_p$, (2.15) и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю провод для освещения всей зоны квартиры марки ПВ 1, провод одножильный с сечением $S=1,5 \text{ мм}^2$, с допустимым током $I_{\text{дд}}=23 \text{ А}$. Поскольку условие (2.15) выполняется: $I_{\text{дд}} = 23 \text{ А}$.

$$23 \geq 4,1 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, провод выбран правильно.

Электрические сети, выбранные по току нагрузки и рассчитанные на нагрев, проверяются на потерю напряжения по формулам:

для двухпроводной линии

$$\Delta U \% = (2 \times 10^5 / U_{\text{ном}}^2) \times P_{\text{ном}} \times l \times (r_0 + x_0 \times \text{tg } \varphi); \quad (2.23)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт;

l – длина питающей линии, км;

r_0 – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_0 – реактивное сопротивление проводника, мОм/м.

Проверяю выбранный провод для освещения всей зоны квартиры на потерю напряжения по формуле (2.23):

$$\Delta U = \left(\frac{2 \times 10^5}{220^2} \right) \times 0,9 \times 0,04 \times (12,6 + 0,01 \times 0,2) = 1,87\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, провод выбран правильно.

Автоматический выключатель выбирается по условию $I_{\text{дд}} \geq 1,1 \times I_p$, (2.15) и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю дифференциальный автомат для освещения всей зоны квартиры типа: ВА47-29 1р 8А, $I_{\text{ном}}=8 \text{ А}$.

$$I_{\text{н.р}} = 1,1 \times 4,1 = 4,51 \text{ А.}$$

$$8 > 4,51 \text{ А.}$$

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Условие выполняется, следовательно, автоматический выключатель выбран правильно.

Расчет и выбор провода, автоматического выключателя для питания квартиры:

Расчетный ток I_p А, нагрузки определяется по формулам:

для однофазной сети

$$I_p = P / (U \times \cos \varphi) \text{ А}; \quad (2.24)$$

где P – расчетная максимальная нагрузка, Вт;

U – номинальное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Ток расчетный для питания квартиры определяется по формуле (2.24):

$$I = \frac{9000}{220} \times 1 = 40,1 \text{ А.}$$

Для всех электроприемников выбирается сечение проводника по условию, $I_{\text{дд}} \geq I_p$ (2.15) и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю провод для кухонной зоны марки ПВ 1 провод одножильный с сечением $S=10 \text{ мм}^2$, с допустимым током $I_{\text{дд}}=80 \text{ А}$. Поскольку условие (2.15) выполняется: $I_{\text{дд}} = 80 \text{ А}$.

$$80 \geq 40,1 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, провод выбран правильно.

Электрические сети, выбранные по току нагрузки и рассчитанные на нагрев, проверяются на потерю напряжения по формулам:

для двухпроводной линии

$$\Delta U \% = (2 \times 10^5 / U_{\text{ном}}^2) \times P_{\text{ном}} \times l \times (r_0 + x_0 \times \text{tg } \varphi); \quad (2.25)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт;

l – длина питающей линии, км;

r_0 – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_0 – реактивное сопротивление проводника, мОм/м.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Проверяю выбранный провод для питания квартиры на потерю напряжения по формуле (2.25):

$$\Delta U = \left(\frac{2 \times 10^5}{220^2} \right) \times 9 \times 0,02 \times (1,84 + 0,01 \times 0,2) = 1,37\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, провод выбран правильно.

Автоматический выключатель выбирается по условию $I_{\text{дд}} \geq 1,1 \times I_p$, (2.15) и данные заносится в таблицу 2.2

Выбираю дифференциальный автомат для кухонной зоны типа: ВА47-29 2р 50А, $I_{\text{ном}}=50$ А.

$$I_{н.р} = 1,1 \times 40,1 = 44,11 \text{ А.}$$

$$50 > 44,11 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, автоматический выключатель выбран правильно.

Расчет и выбор провода, автоматического выключателя для питания квартирного стояка:

Выполним выбор линий стояков:

Питание осуществляется по 3-м стоякам.

1 подъезд:

$$P_{р.ст.} = P_{кв.уд} \times n = 1,3 \times 80 = 104 \text{ кВт}; \quad (2.26)$$

$$Q_{р.ст.} = P_{р.ст.} \times \text{tg}\varphi = 104 \times 0,2 = 20,8 \text{ квар.} \quad (2.27)$$

2 подъезд:

$$P_{р.ст.} = P_{кв.уд} \times n = 1,3 \times 80 = 104 \text{ кВт};$$

$$Q_{р.ст.} = P_{р.ст.} \times \text{tg}\varphi = 104 \times 0,2 = 20,8 \text{ квар.}$$

3подъезд:

$$P_{р.ст.} = P_{кв.уд} \times n = 1,3 \times 63 = 81,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{р.ст.} = P_{р.ст.} \times \text{tg}\varphi = 81,9 \times 0,2 = 16,38 \text{ квар.}$$

где: $P_{р.ст.}$ – суммарная активная мощность питания линии стояков;

$Q_{р.ст.}$ – суммарная реактивная мощность питания линии стояков;

$P_{кв.уд.}$ – удельная расчетная нагрузка электроприемников кВт/квартиру при количестве квартир;

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

N – количество квартир в подъезде.

Расчетный ток I_p в питающей линии стояка

1 подъезд:

$$I_p = I_{ст. 1} = I_{ст. 2} = I_{ст. 3} = \frac{\sqrt{P_{р.ст.}^2 + Q_{р.ст.}^2}}{U_{ном} \times \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{104^2 + 20,8^2}}{0,38 \times \sqrt{3}} = 131,5 \text{ А.}$$

2 подъезд:

$$I_p = I_{ст. 1} = I_{ст. 2} = I_{ст. 3} = \frac{\sqrt{P_{р.ст.}^2 + Q_{р.ст.}^2}}{U_{ном} \times \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{104^2 + 20,8^2}}{0,38 \times \sqrt{3}} = 131,5 \text{ А.}$$

3 подъезд:

$$I_p = I_{ст. 1} = I_{ст. 2} = I_{ст. 3} = \frac{\sqrt{P_{р.ст.}^2 + Q_{р.ст.}^2}}{U_{ном} \times \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{81,9^2 + 16,38^2}}{0,38 \times \sqrt{3}} = 103,5 \text{ А.}$$

где: $I_{ст. 1} = I_{ст. 2} = I_{ст. 3}$ – ток питающей линий стояков;

$U_{ном}$ – Номинальное напряжение сети.

Выбираем провод марки ПВ1-3 1x35 + 1x16 с $I_{доп}=188\text{А}$.

Для всех электроприемников выбирается сечение проводника по условию

$I_{дд} \geq I_p$, (2.15) и данные заносятся в таблицу 2.2

Выбираю провод для питающей линии стояка марки ПВ1-3 провод одножильный с сечением $35\text{мм}^2 + 16\text{мм}^2$ с сечением $S = 35\text{мм}^2$ и $S = 16\text{мм}^2$ с допустимым током $I_{дд} = 188\text{ А}$. Поскольку условие (2.15) выполняется:

1 подъезд:

$$I_{дд} = 188 \text{ А.}$$

$$188 \geq 131,5 \text{ А.}$$

2 подъезд:

$$I_{дд} = 188 \text{ А.}$$

$$188 \geq 131,5 \text{ А.}$$

3 подъезд:

$$I_{дд} = 188 \text{ А.}$$

$$188 \geq 103,5 \text{ А.}$$

следовательно, провод выбран правильно.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Электрические сети, выбранные по току нагрузки и рассчитанные на нагрев, проверяются на потерю напряжения по формулам:

а) для трехпроводной линии

$$\Delta U \% = (10^5 / U_{ном}^2) \times P_{ном} \times l \times (r_0 + x_0 \times tg \varphi); \quad (2.28)$$

б) для двухпроводной линии

$$\Delta U \% = (2 \times 10^5 / U_{ном}^2) \times P_{ном} \times l \times (r_0 + x_0 \times tg \varphi); \quad (2.29)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, В;

$P_{ном}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт;

l – длина питающей линии, км;

r_0 – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_0 – реактивное сопротивление проводника, мОм/м.

Проверяю выбранный провод для питающей линии стояка на потерю напряжения по формуле (2.29):

1-2 подъезд

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{380^2} \right) \times 229,6 \times 0,035 \times (0,39 + 0,01 \times 0,2) = 2,95\%.$$

3 подъезд

$$\Delta U = \left(\frac{10^5}{380^2} \right) \times 229,6 \times 0,075 \times (0,39 + 0,01 \times 0,2) = 4,88\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, провод выбран правильно.

Автоматический выключатель выбирается по условию $I_{дд} \geq 1,1 \times I_p$, (2.15)

и данные заносится в таблицу 2.2

Выбираю автоматический выключатель типа: ВА88-33 ЗР 160А, $I_{ном}=160$ А.

Данный автоматический выключатель выбирается для первого и второго подъезда.

$$I_{н.р} = 1,1 * 131,5 = 144,65 \text{ А.}$$

$$160 > 144,65 \text{ А.}$$

Выбираю автоматический выключатель типа: ВА88-33 ЗР 125А, $I_{ном}=125$ А.

Данный автоматический выключатель выбирается для третьего подъезда.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{н.р} = 1,1 * 103,5 = 113,85 \text{ А.}$$

$$125 > 113,85 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, автоматический выключатель выбран правильно.

Таблица 2.2 – Спецификация по выбранному материалу

Местоположение	Тип провода	Iрас, А	ΔU, %	Тип автоматического выключателя	Iном, А
Электроплита	ПВ 1 (1*6)	25	2,2	ВА47-29; 1P	40
Кухонная зона	ПВ 1 (1*2,5)	27	4,3	ВА47-29; 2P	32
Комнаты	ПВ 1 (1*2,5)	26	4,72	ВА47-29; 1P	32
Санузел	ПВ 1 (1*2,5)	25,3	2,48	ВА47-29; 1P	32
Освещение	ПВ 1 (1*1,5)	4,1	1,87	ВА47-29; 1P	8
Питание квартиры	ПВ 1 (1*10)	40,1	1,37	ВА47-29; 2P	50
1-2 подъезд	ПВ 1-4 (1*35)	131,5	2,95	ВА88-33; 3P	160
3 подъезд	ПВ 1-4 (1*35)	103,5	4,88	ВА88-33; 3P	125

3 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

БКТП №2

Выбор мощности трансформатора производится из следующих условий:
полной расчетной нагрузки объекта электроснабжения;
время использования максимальной нагрузки;
допустимой перегрузки и экономической загрузки трансформатора;
время использования потерь.

Расчетная мощность $S_{p.тр}$ кВА, трансформатора определяется по формуле:

$$S_{p.тр} = S_p / (n \times B); \quad (2.30)$$

где n – количество трансформаторов, $n=2$ шт.

B – коэффициент загрузки трансформатора $B=0,7$

$S_{1В,5Б}$ - полная мощность дома

Выбор трансформаторов для домов 1В и 5Б:

$$S_{1В} = 229,6 \text{ кВА.}$$

$$S_{5Б} = 219,7 \text{ кВА.}$$

$$S_{p.тр.} = \frac{449,3}{2 \times 0,7} = 321 \text{ кВА.}$$

Выбираю два возможных варианта мощности трансформатора:

вариант два трансформатора по 400 кВА;

вариант два трансформатора по 630 кВА.

Технико-экономические показатели трансформаторов приведены в таблице 3.1.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Таблица 3.1 – Техничко-экономические показатели трансформаторов

Тип	Мощность, кВА	Предел напряжения, кВ		Потери, кВ		Ток холостого хода, %	Напряжение короткого замыкания, %
		ВН	НН	ΔP_{xx}	$\Delta P_{кз}$	I_x %	U_k %
ТМГ-400/10	400	10	0,4	0,78	5,5	1,4	4,5
ТМГ-630/10	630	10	0,4	1,07	7,6	1,6	5,5

Коэффициент загрузки K_3 трансформатора определяется по формуле:

$$K_3 = S_{p.тр.}/S_{н.тр.}; \quad (2.31)$$

где $S_{н.тр.}$ - номинальная мощность трансформатора, кВА.

$$K_{400} = \frac{449,3}{2 \times 400} = 0,56.$$

$$K_{630} = \frac{449,3}{2 \times 630} = 0,35.$$

По документам определяем стоимость трансформаторов К:

$$K1_{ТМГ-400/10} = 236\,962 \text{ тыс. руб.} \quad K_1 = 2 \times 236962 = 473924 \text{ тыс. руб}$$

$$K2_{ТМГ-630/10} = 330\,682 \text{ тыс. руб.} \quad K_2 = 2 \times 330682 = 661364 \text{ тыс. руб}$$

Приведенные потери холостого хода ΔP_{xx} , кВт трансформатора:

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_x + K_{ин} \times S_{н.тр.} \times (I_{xx} / 100); \quad (2.32)$$

где $K_{ин}$ – коэффициент изменения потерь, $K_{ин}=0,12$ кВт/квар.

$$\Delta P_{xx400} = 0,78 + 0,12 \times 400 \times \left(\frac{1,4}{100}\right) = 1,45 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{xx630} = 1,07 + 0,12 \times 630 \times \left(\frac{1,6}{100}\right) = 2,27 \text{ кВт.}$$

Приведенные потери короткого замыкания $\Delta P_{кз}$, кВт трансформатора:

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + K_{ин} \times S_{н.тр.} \times (U_{кз} / 100); \quad (2.32)$$

$$\Delta P_{кз400} = 5,5 + 0,12 \times 400 \times \left(\frac{4,5}{100}\right) = 7,66 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{кз630} = 7,6 + 0,12 \times 630 \times \left(\frac{5,5}{100}\right) = 11,75 \text{ кВт.}$$

Полные потери ΔP_T , кВт трансформатора:

$$\Delta P_T = \Delta P'_{xx} + K_3^2 \times \Delta P'_{кз}; \quad (2.33)$$

$$\Delta P_{T400} = 1,45 + 0,56^2 \times 7,66 = 3,44 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{T630} = 2,27 + 0,35^2 \times 11,75 = 3,70 \text{ кВт.}$$

Количество часов T час, работы трансформатора за год:

$$T_{400,630} = 365 * 24 = 8760 \text{ часов.} \quad (2.34)$$

Потери трансформатора ΔW_T , кВтчас за год:

$$\Delta W_T = \Delta P_T \times T; \quad (2.35)$$

$$\Delta W_{400} = 3,44 \times 8760 = 30134,4 \text{ кВтчас/год.}$$

$$\Delta W_{630} = 3,70 \times 8760 = 32412 \text{ кВтчас/год.}$$

Стоимость потерь C_n руб, трансформатора за год:

$$C_n = C_o \times \Delta W_T; \quad (2.36)$$

где C_o - стоимость 1 кВт/час руб, $C_o = 2,12$ руб.

$$C_{n400} = 2,12 \times 30134,4 = 63884,9 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{n630} = 2,12 \times 32412 = 68713,44 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость амортизационных отчислений C_a , тыс. руб:

$$C_a = 2 \times K \times (Y / 100); \quad (2.37)$$

где Y – коэффициент амортизационных отчислений (%), $Y = 6,3$

K – стоимость трансформатора.

$$C_{a400} = 2 \times 236962 \times \left(\frac{6,3}{100}\right) = 29857,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{a630} = 2 \times 330682 \times \left(\frac{6,3}{100}\right) = 41665,9 \text{ тыс. руб.}$$

Общие затраты C_3 , тыс. руб:

$$C_3 = C_a + C_n; \quad (2.38)$$

$$C_{3400} = 29857,2 + 63884,9 = 93742,1 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{3630} = 41665,9 + 68713,44 = 110379,34 \text{ тыс. руб.}$$

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

После технико-экономического расчета необходимо произвести проверку трансформатора на аварийную перегрузку:

$$S_{mp} \times r_{сист} \geq S_p ; \quad (2.39)$$

где $r_{сист}$ – аварийная перегрузка, $r_{сист} = 1,4$.

$$400 \times 1,4 = 560 > 449,3.$$

$$630 \times 1,4 = 882 > 449,3.$$

Определяю приведенные затраты $Z_{пр}$

$$Z_{пр} = E_n \times K_1 + C_1;$$

где $E_n = 0,17$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений

K_1, K_2 – единовременные капитальные вложения в трансформатор, тыс. руб;

C_{31}, C_{32} – ежегодные эксплуатационные расходы, тыс. руб.

(2.40)

$$Z_{пр1} = 0,17 \times 473,9 + 93,7 = 174,26 \text{ тыс. руб/год.}$$

$$Z_{пр2} = 0,17 \times 661,3 + 110,3 = 222,7 \text{ тыс. руб/год.}$$

Вывод: В результате технико-экономического сравнения вариантов трансформаторов выяснили, что первый вариант экономичнее, когда капиталовложения меньше, и ежегодные эксплуатационные расходы меньше, по этим условиям подходят два трансформатора типа ТМГ–400/10/0,4. Чем наличие двух ТМГ–630/10/0,4 увеличивает стоимость данной сети на 48461 тыс.руб.

Таблица 3.2 – Техничко-экономические показатели и результаты расчетов для сравниваемых вариантов

Тип трансформатора	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт	I_{xx} , %	$U_{кз}$, %	К, тыс. руб	$\Delta P_{xx}'$, кВт	$\Delta P_{кз}'$, кВт	$\Delta P_{т}'$, кВт	$\Delta W_{т}$, кВтч/год	C_a , тыс. руб/год	$C_{п}$, тыс. руб/год	$C_{э}$, тыс. руб/год	Зпр, руб/год
ТМГ-400/10/0,4	0,78	5,5	1,4	4,5	236,9	1,45	7,66	3,44	30,1	29,8	63,8	93,7	174,26
ТМГ-630/10/0,4	1,7	7,6	1,6	5,5	330,6	2,27	11,75	3,70	32,4	41,6	68,7	110,3	222,7

Вывод: Из расчетов видно, что по условию работы в аварийном режиме трансформатор типа ТМГ–400/10/0,4 подходит.

Окончательно выбираю вариант исполнения блочной комплексной трансформаторной подстанции с двумя трансформаторами типа ТМГ–400/10/0,4.

Для блочной комплексной трансформаторной подстанции №1 расчет ведется аналогичным способом, и данные заносятся в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Техничко-экономические показатели и результаты расчетов для сравниваемых вариантов

Тип трансформатора	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт	I_{xx} , %	$U_{кз}$, %	К, тыс. руб	$\Delta P_{xx}'$, кВт	$\Delta P_{кз}'$, кВт	$\Delta P_{т}'$, кВт	$\Delta W_{т}$, кВтч/год	C_a , тыс. руб/год	$C_{п}$, тыс. руб/год	$C_{э}$, тыс. руб/год	Зпр, руб/год
ТМГ-630/10/0,4	1,07	7,6	1,6	5,5	330,6	2,27	11,75	4,75	41,6	41,6	88,2	129,8	241,7
ТМГ-1000/10/0,4	1,55	10,2	2	5,5	537,7	3,95	16,8	5,36	46,9	67,7	99,5	167,3	350,1

13.03.02.2018.221.ВКР

Лист

36

Вывод: В результате технико-экономического сравнения вариантов трансформаторов выяснили, что первый вариант экономичнее, когда капиталовложения меньше, и ежегодные эксплуатационные расходы меньше, по этим условиям подходят два трансформатора типа ТМГ-630/10/0,4. Чем наличие двух ТМГ-1000/10/0,4 увеличивает стоимость данной сети на 108347 тыс.руб.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

4 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НАПРЯЖЕНИИ 6-10 КВ И ТИПА ПС

Трансформаторной подстанцией (ТП) называется электрическая установка для преобразования и распределения электроэнергии. В зависимости от положения в сети электросистемы понижающие подстанции подразделяются на районные и местного назначения. Трансформаторные подстанции выполняются отдельно стоящими, пристроенными, т.е. примыкающими к зданию, встроенными в него, внутрицеховыми, располагающимися непосредственно внутри производственного помещения.

Городские электрические сети напряжением 6-10 кВ характерны тем, что в любом из микрорайонов могут оказаться потребители всех категорий по надежности электроснабжения. Естественно, это требует и надлежащего построения схемы сети. Для подключения городских подстанций с двумя трансформаторами номинальной мощностью до 630 кВ-А часто применяют двухлучевую схему с АВР на стороне низшего напряжения с контакторной автоматикой (рис.2.1). При выходе из строя одного из лучей высшего напряжения или трансформатора нагрузка автоматически переключается на неповрежденный кабель и второй трансформатор. Двухлучевая схема с АВР на стороне низшего напряжения имеет значительные преимущества, надежна в эксплуатации, обладает быстродействием (переключение производится за 0,2-0,3 с, тогда как АВР на стороне высшего напряжения включается за 1-1,5с). Кроме того, эта схема является самовосстанавливающейся: при возникновении напряжения на отключившейся линии (луче) схема приходит в исходное положение без участия обслуживающего персонала.

При этом одна из питающих линии используется для присоединения электроприёмников квартир и общедомовых помещений (подвал, лестничные клетки, вестибюли, холлы, чердаки, наружное освещение и т.д.); другая питающая линия предназначена для подключения противопожарных

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

устройств эвакуационного и аварийного освещения, элементов диспетчеризации и кодовых замков подъезда.

Двухлучевая схема обходится несколько дороже петлевой с резервными перемычками, применяемой в небольших и средних городах, но при петлевой схеме переключение производится вручную выездным персоналом, а ответственные объекты приходится выделять на отдельные линии.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

5 ВЫБОР ПИТАЮЩИХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПОДСТАНЦИИ И ДОМОВ

Необходимо выбрать питающий кабель для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ.

Определяю активные потери в трансформаторе для ТМГ–630/10/0,4 ΔP_T кВт, по формуле:

$$\Delta P_T = 0,02 \times S_p ; \quad (2.41)$$

$$\Delta P_T = 0,02 \times 586,6 = 11,73 \text{ кВт.}$$

Определяю индуктивные потери в трансформаторе ΔQ_T квар, по формуле:

$$\Delta Q_T = 0,1 \times S_p ; \quad (2.42)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \times 586,62 = 58,66 \text{ квар.}$$

Определяю полные потери в трансформаторе ΔS_T кВА, по формуле:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} ; \quad (2.43)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{11,73^2 + 58,66^2} = 59,82 \text{ кВА.}$$

Определяю максимальную расчетную мощность S_m кВА, по формуле:

$$S_m = S_p + \Delta S_T ; \quad (2.44)$$

$$S_T = 586,62 + 59,82 = 646,44 \text{ кВА.}$$

Определяю активные потери в трансформаторе для ТМГ 400/10/0,4 ΔP_T кВт, по формуле:

$$\Delta P_T = 0,02 \times S_p ; \quad (2.45)$$

$$\Delta P_T = 0,02 \times 449,3 = 9 \text{ кВт.}$$

Определяю индуктивные потери в трансформаторе ΔQ_T квар, по формуле:

$$\Delta Q_T = 0,1 \times S_p ; \quad (2.46)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \times 449,3 = 45 \text{ квар.}$$

Определяю полные потери в трансформаторе ΔS_T кВА, по формуле:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} ; \quad (2.47)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{9^2 + 45^2} = 45,9 \text{ кВА.}$$

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Определяю максимальную расчетную мощность S_m кВА, по формуле:

$$S_m = S_p + \Delta S_T; \quad (2.48)$$

$$S_T = 449,3 + 45,9 = 495,2 \text{ кВА.}$$

Находим полную мощность потребления микрорайона

$$P_{\text{мр}} = S_{T1} + S_{T2} \text{ кВА}; \quad (2.49)$$

$$P_{\text{мр}} = 495,2 + 646,44 = 1141,64 \text{ кВА.}$$

Определяю расчетный ток I_p А, для выбора кабеля по формуле:

$$I_p = S_m / \sqrt{3} \times U_n; \quad (2.50),$$

$$I_p = \frac{1141,64}{\sqrt{3} \times 10} = 66 \text{ А.}$$

Определяю экономическое сечение кабеля $S_{\text{эк}}$ мм², по формуле:

$$S_{\text{эк}} = I_p / j; \quad (2.51)$$

где j -значение экономической плотности тока выбираем и

[1, стр. 41, таб.1.3.36]

$$S_{\text{эк}} = 66 / 1,2 = 55 \text{ мм}^2.$$

Выбираю кабель марки АСБ2Л-10 кВ 3х185 на $U_{\text{ном}}=10$ кВ, по расчетному току 66 А с $I_{\text{дд}}=275$ А, с сечением $S = 185$ мм².

$$I_{\text{дд}} \geq I_p; \quad (2.52)$$

$$275 \geq 66 \text{ А.}$$

Расшифровка кабеля АСБ2Л:

А – алюминий, алюминиевая токопроводящая жила

С – свинцовая оболочка

Б – Броня из стальных лент

2Л – в составе подушки дополнительная двойная лента

Элементы конструкции кабеля АСБ2Л:

1. Алюминиевая токопроводящая жила:

- однопроволочная сечением 25-240 кв.мм - "ож",
- многопроволочная сечением 70-800 кв.мм;

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

2. Фазная бумажная изоляция, пропитанная вязким или нестекающим изоляционным пропиточным составом; маркировка жил: цифровая: 1, 2, 3, 4, цветовая: белая или жёлтая, синяя или зеленая, красная или малиновая, коричневая или чёрная;
3. Заполнение из бумажных жгутов;
4. Поясная бумажная изоляция, пропитанная вязким или нестекающим изоляционным пропиточным составом;
5. Экран из электропроводящей бумаги для кабелей на напряжение от 6 кВ и более;
6. Свинцовая оболочка;
7. Подушка из битума, пленки ПВХ и крепированной бумаги;
8. Броня из стальных лент;
9. Наружный покров из волокнистых материалов.

Условие выполняется, следовательно, провод выбран правильно.

Определяю тепловой импульс токов короткого замыкания B_k кА²/с, по формуле:

$$B_k = I_{кз}^2 \times (t_{отк} + T_a); \quad (2.53)$$

$$B_k = 15,66^2 \times (0,37 + 0,01) = 93,2 \text{ кА}^2/\text{с}.$$

Проверяю кабель на термическую устойчивость к токам КЗ, мм² по формуле:

$$S_{\min} = \sqrt{B_k} / C_m; \quad (2.54)$$

где C_m – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника.

B_k – импульс квадратичного тока короткого замыкания, пропорциональный количеству тепловой энергии, выделенной за время короткого замыкания

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.221.ВКР					

Его рекомендуемые значения приведены ниже:

- кабели до 10 кВ с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами = 90;
- кабели и провода с полиэтиленовой изоляцией, алюминиевыми жилами = 65.

где S_{\min} - минимальное сечение провода; мм²; $C = 65$.

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{93,2 \times 10^6}}{90} = 107,2 \text{ мм}^2.$$

Выбранный кабель термически устойчив к токам КЗ.

Делается проверка кабеля на потерю напряжения ΔU %, по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times l \times (r_o \times \cos \varphi + x_o \times \sin \varphi) \% ; \quad (2.55)$$

где: r_o – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_o – индуктивное сопротивление проводника, мОм/м;

I – допустимый ток, А

L – длина трасы, км

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 66 \times 0,170 \times (0,167 \times 0,98 + 0,077 \times 0,19) = 3,47\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, то кабель выбран правильно.

Окончательно выбираю кабель марки АСБ2л-10 кВ 3х185мм².

Так как, микрорайон относится ко II категории, выбираем резервирующий кабель марки АСБ2л-10 кВ 3х185мм².

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

5.1 Питающий кабель для БКТП №2 от БКТП №1

Определяю активные потери в трансформаторе для ТМГ 400 10/0,4 ΔP_T кВт, по формуле:

$$\Delta P_T = 0,02 \times S_p; \quad (2.56)$$

$$\Delta P_T = 0,02 \times 449,3 = 9 \text{ кВт.}$$

Определяю индуктивные потери в трансформаторе ΔQ_T квар, по формуле:

$$\Delta Q_T = 0,1 \times S_p, \quad (2.57)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \times 449,3 = 45 \text{ квар.}$$

Определяю полные потери в трансформаторе ΔS_T кВА, по формуле:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2}; \quad (2.58)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{9^2 + 45^2} = 46 \text{ кВА.}$$

Определяю максимальную расчетную мощность S_m кВА, по формуле:

$$S_m = S_p + \Delta S_T; \quad (2.59)$$

$$S_T = 449,3 + 46 = 496 \text{ кВА.}$$

Определяю расчетный ток I_p А, для выбора кабеля по формуле:

$$I_p = S_m / \sqrt{3} \times U_n; \quad (2.60),$$

$$I_p = \frac{496}{\sqrt{3} \times 10} = 28,7 \text{ А.}$$

Определяю экономическое сечение кабеля $S_{эк}$ мм², по формуле:

$$S_{эк} = I_p / j; \quad (2.61)$$

где j - значение экономической плотности тока выбираем из ПУЭ [стр.41 таб.1.3.36].

$$S_{эк} = 28,7 / 1,2 = 24 \text{ мм}^2.$$

Выбираю кабель марки АСБ2Л-10 кВ 3х35 на $U_{ном}=10$ кВ, по току расчетному 28,7А с $I_{дд}=110$ А, с сечением $S=35$ мм².

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$I_{\text{дд}} \geq I_p; \quad (2.62)$$

$$110 \geq 28,7 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, провод выбран правильно.

Определяю тепловой импульс токов короткого замыкания B_k кА²/с, по формуле:

$$B_k = I_{\text{кз}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a); \quad (2.63)$$

$$B_k = 2,93^2 \times (0,56 + 0,1) = 0,5 \text{ кА}^2/\text{с.}$$

Проверяю кабель на термическую устойчивость к токам КЗ, мм² по формуле:

$$S_{\text{мин}} = \sqrt{B_k / C_T}; \quad (2.64)$$

где C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника.

Его рекомендуемые значения приведены ниже:

- кабели до 10 кВ с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами = 90;
- кабели и провода с полиэтиленовой изоляцией, алюминиевыми жилами = 65.

где $S_{\text{мин}}$ - минимальное сечение провода; мм²; $C_T = 90$.

$$S_{\text{мин}} = \frac{\sqrt{0,5 \times 10^6}}{90} = 7,85 \text{ мм}^2.$$

Выбранный кабель термически устойчив к токам КЗ.

Делается проверка кабеля на потерю напряжения ΔU %, по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times l \times (r_o \times \cos \varphi + x_o \times \sin \varphi) \% ; \quad (2.65)$$

где: r_o – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_o – индуктивное сопротивление проводника, мОм/м;

I – допустимый ток, А

L – длина трасы, км

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 28,7 \times 0,210 \times (0,423 \times 0,98 + 0,098 \times 0,19) = 4,51\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, то кабель выбран правильно.

Окончательно выбираю кабель марки АСБ2л-10 кВ 3х35-10кВ.

Так как, микрорайон относится ко II категории, выбираем резервирующий кабель марки АСБ2л-10 кВ 3х35-10кВ.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

5.2 Питающий кабель для ввода дома № 1В от БКТП №2 10/0,4 кВ

Определяю активные потери в трансформаторе для ТМГ– 40010/0,4 ΔP_T кВт,
по формуле:

$$\Delta P_T = 0,02 \times S_p ; \quad (2.66)$$

$$\Delta P_T = 0,02 \times 229,6 = 4,6 \text{ кВт.}$$

Определяю индуктивные потери в трансформаторе ΔQ_T квар, по формуле:

$$\Delta Q_T = 0,1 \times S_p ; \quad (2.67)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \times 229,6 = 23 \text{ квар.}$$

Определяю полные потери в трансформаторе ΔS_T кВА, по формуле:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} ; \quad (2.68)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{4,6^2 + 23^2} = 23,45 \text{ кВА.}$$

Определяю максимальную расчетную мощность S_m кВА, по формуле:

$$S_m = S_p + \Delta S_T ; \quad (2.69)$$

$$S_T = 229,6 + 23,45 = 253,05 \text{ кВА.}$$

$$I_p = S_m / \sqrt{3} \times U_n ; \quad (2.70),$$

$$I_p = \frac{253,05}{\sqrt{3} \times 10} = 14,62 \text{ А.}$$

Определяю экономическое сечение кабеля $S_{эк}$ мм², по формуле:

$$S_{эк} = I_p / j ; \quad (2.71)$$

где j - значение экономической плотности тока выбираем и ПУЭ

[стр.41 таб.1.3.36].

$$S_{эк} = 14,62 / 1,2 = 12 \text{ мм}^2.$$

Выбираю кабель марки ААШв-10 кВ 4х16 на $U_{ном}=10$ кВ, по току
расчетному 14,62А с $I_{дд}=79$ А, с сечением $S=16$ мм².

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Расшифровка кабеля ААШв 4*16мм²

А – алюминиевая токопроводящая жила

А – алюминиевая оболочка

Шв – выпрессованный поливинилхлоридный защитный шланг

4 – количество жил

16 – номинальное сечение жилы (мм²)

$$I_{\text{дл}} \geq I_p; \quad (2.72)$$

$$79 \geq 14,62 \text{ А.}$$

Условие выполняется, следовательно, провод выбран правильно.

Определяю тепловой импульс токов короткого замыкания B_k кА²/с, по формуле:

$$B_k = I_{\text{кз}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a); \quad (2.73)$$

$$B_k = 1,28^2 \times (1,2 + 0,03) = 2 \text{ кА}^2/\text{с.}$$

Проверяю кабель на термическую устойчивость к токам КЗ, мм² по формуле:

$$S_{\text{min}} = \sqrt{B_k / C_m}; \quad (2.74)$$

где C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника.

Его рекомендуемые значения приведены ниже:

-кабели до 10 кВ с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами = 90;

-кабели и провода с полиэтиленовой изоляцией, алюминиевыми жилами = 65.

где S_{min} - минимальное сечение провода; мм²; $C = 90$.

$$S_{\text{мин}} = \frac{\sqrt{2 \times 10^6}}{90} = 15,7 \text{ мм}^2.$$

Выбранный кабель термически устойчив к токам КЗ.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Делается проверка кабеля на потерю напряжения ΔU %, по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (r_o \times \cos \varphi + x_o \times \tan \varphi) \% ; \quad (2.75)$$

где: r_o – активное сопротивление проводника, мОм/м;

x_o – индуктивное сопротивление проводника, мОм/м;

I – допустимый ток, А

L – длина трасы, км

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 14,62 \times 0,08 \times (1,95 \times 0,98 + 0,113 \times 0,19) = 3,9\%.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 14,62 \times 0,100 \times (1,95 \times 0,98 + 0,113 \times 0,19) = 4,88\%.$$

Так как $\Delta U < 5\%$, то кабель выбран правильно.

Окончательно выбираю кабель марки ААШв 4х16-10кВ.

Так как, микрорайон относится ко II категории, выбираем резервирующий кабель марки ААШв 4х16-10кВ.

Остальные кабельные линии, подходящие к вводу дома рассчитываются аналогичным способом и заносятся в таблицу.

Таблица 5.2.– Кабельные линии, подходящие к вводу дома

№ дома	ΔP_T , кВт	ΔQ_T , квар	ΔS_T , кВА	S_T , кВА	I_p , А	$S_{эк,2}$, мм ²	B_k , кА ² /с	$S_{мин,2}$, мм ²	ΔU , %
1Б	4,45	22,3	22,7	245,4	14,18	11,8	2	15,7	3,5 4,93
5А	4,14	20,7	21,1	228,3	13,19	11	2	15,7	3,83
5Б	4,4	22	22,4	242,4	14	11,6	2	15,7	4,96
8	4,28	21,4	21,8	235,8	13,63	11,3	2	15,7	2,96

Так как $\Delta U < 5\%$, то кабель выбран правильно.

Окончательно выбираю кабель марки ААШв 4х16-10кВ для всех домов. Так как, микрорайон относится ко II категории, выбираем резервирующий кабель марки ААШв 4х16-10кВ.

6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И УСТАВОК ЗАЩИТ

6.1 Расчет короткого замыкания на стороне 10 кВ

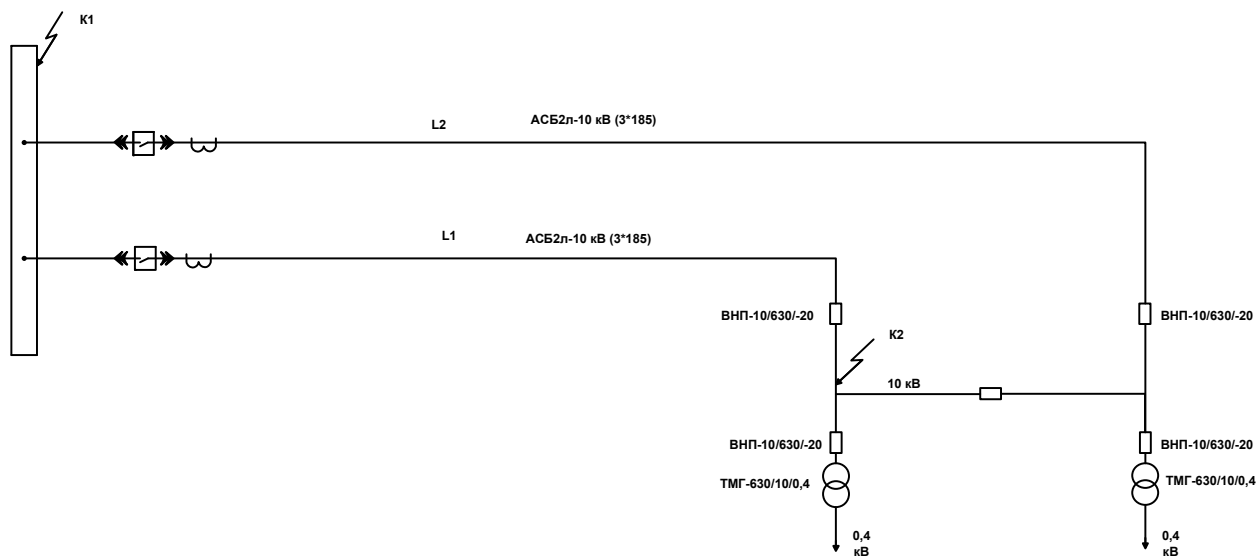


Рисунок 6.1 – схема точек короткого замыкания.

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета токов короткого замыкания и уставок релейной защиты.

Наименование расчетных величин		Единица измерения	Значение
Расчетная мощность отх. линии, ТП – 2*630/10/0,4 кВ	$P_{расч.}$	кВА	6400
Расчетный ток отходящей линии, ТП – 2*630/10/0,4 кВ	$I_{расч. max}$	А	110,1
Максимальный 3-х фазный ток К.З. на шинах ЗРУ – 10 кВ	$I_{к.з. max}^k$	А	7300
Минимальный 3-х фазный ток К.З. на шинах ЗРУ – 10 кВ	$I_{к.з. min}^k$	А	7100

Данные релейной защиты на ВН-10 кВ

Отходящая линия $S=2000$ кВА		
МТО	1300	0
МТЗ	840	0,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2018.221.ВКР

Лист

50

Таблица 6.2 – Сопротивление участков линии.

Обозначение	Марка кабеля	Длина, L, км	R _о , Ом/км	R=R _о *L, Ом	X _о , Ом/км	X=X _о *L, Ом
L 1	АСБ2Л-10 3*185	0,17	0,167	0,028	0,071	0,012
L 2	АСБ2Л-10 3*185	0,17	0,167	0,028	0,071	0,012

Таблица 6.3 – Сопротивление трансформатора

Обозначение	R _о , Ом	X _о , Ом
Тр-р ТМГ - 630 кВА 10/0,4 кВ	1,9	8,5

РУ– 10 кВ. Сопротивление системы.

Расчет системы в максимальном и минимальном режиме

1с.ш.

$$X_{с.махК1} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times I_{к.з.махК1}^{(3)}} \text{ Ом}; \quad (2.76)$$

$$X_{с.махК1} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times 7300} = 0,83 \text{ Ом.}$$

$$X_{с.минК1} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times I_{к.з.минК1}^{(3)}} \text{ Ом}; \quad (2.77)$$

$$X_{с.минК1} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times 7100} = 0,82 \text{ Ом.}$$

Ток К.З. в точке К1

$$I_{к.з.мах}^{(3)} = 7300 \text{ А.}$$

$$I_{к.з.мин}^{(3)} = 7100 \text{ А.}$$

Расчет токов короткого замыкания в максимальном и минимальном режиме

$$I_{к.з.мах}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times \sqrt{(X_{сист.мах}+x)^2 + (r_{сист.мах}+r)^2}}; \quad (2.78)$$

$$I_{к.з.мин}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times \sqrt{(X_{сист.мин}+x)^2 + (r_{сист.мах}+r)^2}};$$

Ток короткого замыкания в точке К2

$$I_{к.з.маx}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times \sqrt{(x_{сис.т.маx} + X1)^2 + (r_{сис.т.маx} + R1)^2}}; \quad (2.78)$$

$$I_{к.з.маx}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times \sqrt{(1,25 + 0,0142)^2 + (0,0258)^2}} = 7,17 \text{ кА.}$$

$$I_{к.з.миn}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times \sqrt{(x_{сис.т.маx} + X2)^2 + (r_{сис.т.маx} + R2)^2}}; \quad (2.79)$$

$$I_{к.з.миn}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \times \sqrt{(1,43 + 0,0142)^2 + (0,0258)^2}} = 6,98 \text{ кА.}$$

Таблица 6.4 – токи короткого замыкания

Точка КЗ	$I_{к.з.маx}^{(3)}$, кА	$I_{к.з.миn}^{(3)}$, кА
К1	7,3	7,1
К2	7,17	6,98

6.2 Расчет уставок микропроцессорной релейной защиты

Выключатель отходящей линии

$$S_{уст}=2000 \text{ кВА.}$$

$$I_{рmax}=110,1 \text{ А.}$$

1. Максимальная – токовая защита:

1.1 Отстройка от тока нагрузки:

$$I_{с.з. МТЗ} \geq \frac{K_H \times K_{сзн}}{K_B} \times I_{раб.макс}; \quad (2.80)$$

$$I_{с.з. МТЗ} \geq \frac{1,25 \times 2,5}{0,9} \times 110,1 = 367,01 \text{ А.}$$

Принимаем $I_{с.з. МТЗ} = 400 \text{ А.}$

1.2 Проверка коэффициента чувствительности МТЗ для наиболее удаленной точки КЗ.

$$K_q = \frac{0,866 \times I_{кз min}^{(3)}}{I_{с.з. МТЗ}}, \quad (2.81)$$

$$K_q = \frac{0,866 \times 7,17}{400} = 15,11 > 1,0.$$

1.3 Вторичный ток срабатывания защиты:

$$I_{с.р} = \frac{K_{сх} \times I_{с.з.}}{n_{тт}}, \quad (2.82)$$

$$I_{с.р} = \frac{1 \times 400}{100/5} = 20 \text{ А.}$$

1.4 Время срабатывания защиты:

$$t_{с.з. МТЗ} = 0,5.$$

2. Токовая отсечка:

2.1 Надежность отстройки токовой отсечки от токов КЗ перед ближайшим мощным трансформатором (точка К2).

$$I_{с.з. МТО} \geq K_H \times I_{к.з.макс}^{(3)} \text{ К2}; \quad (2.83)$$

$$I_{с.з. МТО} \geq 1,6 \times 7,17 \times 10^3 = 114,78 \text{ А.}$$

2.2 Надежность отстройки токовой отсечки от бросков тока намагничивания всех трансформаторов, подключенных к линии.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$I_{c.з. МТО} \approx (4 \div 5) \sum I; \quad (2.84)$$

$$\text{уст. тр} = 5 \times 110,1 = 550,51 \text{ A};$$

$$\sum I_{\text{уст. тр}} = \frac{2000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 110,1 \text{ A}.$$

Принимаем $I_{c.з. ТО} = 600 \text{ A}$.

2.3 Проверка коэффициента чувствительности ТО в место установки защиты точка К1

$$K_{\text{ч}} = \frac{0,866 \times I_{\text{кз}}^{(3)} \text{ min.}}{I_{c.з. МТЗ}}; \quad (2.85)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{0,866 \times 7,17}{600} = 10,25 > 1,2.$$

2.4 Вторичный ток срабатывания защиты:

$$I_{c.р} = \frac{K_{\text{сх}} \times I_{c.з.}}{n_{\text{mm}}}; \quad (2.86)$$

$$I_{c.р} = \frac{1 \times 600}{100/5} = 7,5 \text{ A}.$$

2.5 Время срабатывания защиты:

$$t_{c.з. ТО} = 0.$$

Принимаем к установке релейное устройство защиты:

$$I_{c.з. ТО} = 600 \text{ A}; t_{c.з. ТО} = 0;$$

$$I_{c.з. МТЗ} = 400 \text{ A}; t_{c.з. МТЗ} = 0,5.$$

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

7 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ НА СТОРОНЕ 10 кВ.

Выбираю для установки на высшей стороне разрядник, выключатель, трансформатор тока, трансформатор напряжения.

Коммутационный аппарат – электрический аппарат, предназначенный для коммутации электрической цепи и снятия напряжения с части электроустановки.

7.1 Выбор высоковольтных выключателей.

Выключателем называется коммутационный электрический аппарат, имеющий два коммутационных положения или состояния и предназначенный для включения и отключения тока.

По условию длительного нагрева аппараты и проводники должны удовлетворять форсированному режиму, который возникает:

- в нормальном режиме, кА,

$$I_{\text{раб.}} = S_{\text{ном.тр}} / \sqrt{3} U_{\text{н}} ; \quad (2.87)$$

- в аварийном режиме, кА,

$$I_{\text{раб.мах}} = 1,4 S_{\text{ном.тр}} / \sqrt{3} U_{\text{н}} ; \quad (2.88)$$

Так как выбор оборудования идет для трансформатора ТМГ – 630/10/0,4, то для расчета берем номинальную мощность данного трансформатора. Для расчетов принимаем максимальный ток в цепи трансформатора 10 кВ.

$$I_{\text{раб}} = \frac{630}{\sqrt{3} \times 10} = 0,364 \text{ кА.}$$

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{1,4 \times 630}{\sqrt{3} \times 10} = 0,509 \text{ кА.}$$

Отключающая способность выключателя характеризуется номинальным симметричным током отключения $I_{\text{откл. ном.}}$ и номинальным содержанием апериодической слагающей $\beta_{\text{ном.}}$. Для проверки отключающей способности выключателя симметричный ток отключения $I_{\text{откл. ном.}}$ и полный ток отключения сравнивают с периодической составляющей и полным током КЗ.

Выключатель устойчив к динамическому действию тока КЗ, если мгновенное значение предельного сквозного тока $i_{\text{пр.скв.}}$ больше $i_{\text{у}}$.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Аппарат устойчив к тепловому действию тока КЗ, если каталожное значение теплового импульса

$$B_{кв} \leq I_{тер}^2 \times t_{тер}; \quad (2.89)$$

где $B_{к}$ – тепловой импульс по расчету;

$I_{тер}$ – предельный ток термической стойкости по каталогу;

$t_{тер}$ – длительность протекания тока термической стойкости по каталогу.

Для цепей трансформатора высшего напряжения выбираем выключатели ВНА-10/630-20У2.

Результаты проверки выключателя сводим в таблицу № 7.1.

Таблица № 7.1 – Выбор выключателей в цепях трансформатора 10 кВ

Условие выбора	Расчетная величина	Данные выключателя по каталогу
$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ	10кВ
$I_{раб.мах} \leq I_{ном}$	0,509 кА	0,630 кА
$I_{пт} \leq I_{откл.ном}$	9,4 кА	20 кА
$i_{а\tau} \leq i_{а.ном}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{\alpha} =$ $= \sqrt{2} \cdot 9,4 + 5,69 = 16,4 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{откл.ном} \cdot (1 + \beta_{ном}) =$ $= \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,35) = 38,07 \text{ кА}$
$i_{уд} \leq i_{пр.скв}$	25,78 кА	80 кА
$B_{к} \leq I_{т}^2 \cdot t_{т}$	44,29 кА ² с	$20^2 \cdot 2 = 1200 \text{ кА}^2 \text{ с}$

Исходя из проведенных расчетов, можно сделать вывод, что выключатель ВНА-10/630-20У2 полностью удовлетворяет требованиям.

7.2 Выбор разрядника

Для сети с номинальным напряжением 10 кВ наибольшее длительно допускаемое рабочее напряжение в электрической сети: $U_{\text{ном}}=10$ кВ

Рекомендуемое условие выбора ОПН 6-35 кВ:

$$U_{\text{нс опн}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3}}; \quad (2.90)$$

$$U_{\text{нс опн}} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5,78 \text{ кВ.}$$

где: $U_{\text{ном}}$ – наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение в электрической сети.

Во всех случаях для повышения надежности выбирают ограничители с наибольшим длительно допустимым рабочим напряжением $U_{\text{нропн}}$ не менее, чем на 2-5% выше наибольшего уровня напряжения сети в точке установки ОПН.

Нормированные значения по $U_{\text{нропн}}$ действительны для температуры окружающей среды до плюс 45 °С с учетом дополнительного нагрева от солнечной радиации. Если имеются другие источники повышенных температур около ограничителя, длительно воздействующих на ОПН, то увеличивают значение $U_{\text{нропн}}$. В этом случае для каждых 5 градусов повышения температуры окружающей среды $U_{\text{нропн}}$ увеличивают на 2%.

Значение наибольшего длительно допустимого рабочего напряжения ограничителя выбирают из номенклатуры предприятия-изготовителя, которое должно быть не ниже расчетных значений, произведенных в соответствии с данным пунктом

Исходя из полученных параметров, для РУ ВН выбираем: ОПН-10/12 УХЛ1.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Таблица 7.2 – данные разрядника

Наименование	Класс напряжения, кВ	Допустимое напряжение, кВ	Номинальный разрядный ток, кА	Пропускная способность, А
ОПН-10/12 УХЛ1	10	12	10	400

7.3 Выбор трансформатора тока

Контроль за режимом работы электрооборудования на подстанции осуществляется с помощью контрольно-измерительных приборов, подключенных к измерительным трансформаторам

Трансформаторы тока предназначены для понижения тока до величины, удобной к измерению, а также являются изоляцией между первичными и вторичными цепями. Трансформатор тока включается в цепь последовательно. Во вторичную обмотку включаются токовые катушки приборов и реле так же последовательно. Вторичная обмотка трансформаторов тока обязательно заземляется в целях техники безопасности на случай пробоя изоляции между первичной и вторичной обмотками. Сопротивление приборов, включенных во вторичную цепь, мало, поэтому режим работы трансформатора тока близок к режиму короткого замыкания.

Для цепи высшего напряжения в трансформаторе 10кВ принимаем к установке, трансформатор тока ТОЛ– 10–1–У2. коэффициентом трансформации 300/5. Такой трансформатор имеет, 3 вторичные обмотки с номинальным током 5 А. Одна из обмоток имеет класс точности 0,5 и предназначена для подключения счётчиков и измерительных приборов, а остальные обмотки имеют класс точности 10Р и используются для подключения устройств релейной защиты и автоматики.

Правильность выбора трансформатора тока необходимо проверить по известным из технической литературы [19.стр.28] условиям выбора и проверки:

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

а) по напряжению электроустановки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (2.91)$$

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

б) по длительному номинальному току:

$$I_{раб.макс} \leq I_{1ном}; \quad (2.92)$$

где $I_{1ном}$ □ номинальный первичный ток трансформатора тока, А;

$$I_{раб.макс} = 400 \text{ А} < I_{1ном} = 600 \text{ А}.$$

в) по электродинамической стойкости:

$$i_{уд} \leq i_{дин}; \quad (2.93)$$

где $i_{уд}$ □ ударный ток КЗ в месте установки трансформатора тока;

$k_{эд}$ □ кратность электродинамической стойкости трансформатора тока по каталогу;

$I_{1ном}$ □ номинальный первичный ток трансформатора тока;

$i_{дин}$ □ ток электродинамической стойкости трансформатора тока по каталогу.

Для выбранного ТТ $i_{дин} = 50 \text{ кА}$

$$17,69 \text{ кА} < 50 \text{ кА}. \quad (2.94)$$

г) по термической стойкости:

$$I_{тер}^2 t_{тер} \geq B_k; \quad (2.95)$$

где $k_{тер}$ □ кратность термической стойкости по каталогу;

$t_{тер}$ □ время термической стойкости по каталогу;

B_k □ тепловой импульс по расчету;

$I_{тер}$ □ ток термической стойкости.

Для выбранного ТТ $I_{тер} = 14 \text{ кА}$, $t_{тер} = 2,5 \text{ с}$.

$$14^2 * 2,5 = 490 \text{ кА}^2 \text{ с} > B_k = 49 \text{ кА}^2 \text{ с}. \quad (2.96)$$

д) по вторичной нагрузке:

$$Z_2 \leq Z_{2ном}; \quad (2.97)$$

где Z_2 □ расчетная вторичная нагрузка трансформатора тока;

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$Z_{2ном}$ □ номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока для выбранного класса точности.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому им можно пренебречь и считать, что вторичное сопротивление чисто активное $Z_2 \approx r_2$.

Расчетная вторичная нагрузка трансформатора тока состоит из сопротивления приборов $r_{приб}$, соединительных проводов $r_{пр}$ и переходного сопротивления контактов r_k :

$$Z_2 = r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k; \quad (2.98)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле

$$S_{приб} = \frac{r_{приб}}{I_{2ном}^2}; \quad (2.99)$$

где $S_{приб}$ – мощность, потребляемая приборами, ВА;

$I_{2ном}$ – вторичный номинальный ток трансформатора тока,

$$I_{2ном} = 5A.$$

Схема соединения трансформаторов тока – полная звезда.

Для определения мощности приборов составляем схему включения трансформаторов тока и измерительных приборов, рисунок 7.1.

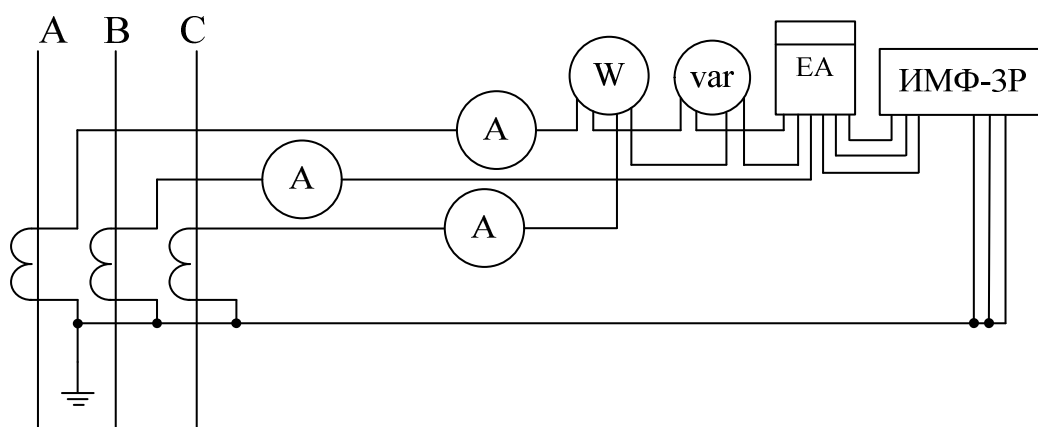


Рисунок № 7.1 – Схема включения трансформаторов тока и измерительных приборов.

Пользуясь схемой включения и каталожными данными приборов, выбираем наиболее загруженный трансформатор тока, для чего определяем нагрузку по всем фазам и сводим в таблицу. 7.3 После этого суммируем мощности токовых обмоток приборов, включенных в данную фазу.

Таблица № 7.3 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока

Прибор	Тип	Нагрузка фазы, ВА		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0,5	0,5	0,5
Ваттметр	Д-335	0,5	–	0,5
Варметр	Д-335	0,5	–	0,5
Индикатор микропроцессорный фиксирующий	ИМФ-3Р	0,5	0,5	0,5
Счетчик эл. энергии универсальный	ЕА 05	2	2	2
Итого:		4,0	3,0	4,0

Из таблицы 7.3 – видно, что наиболее загружены трансформаторы тока фаз А и С. Мощность, потребляемая приборами в этих фазах,

$$S_{\text{приб}} = 4,0 \text{ ВА.}$$

Тогда сопротивление приборов по формуле (2.99):

$$r_{\text{приб}} = \frac{4}{5^2} = 0,16 \text{ Ом.} \quad (3)$$

Сопротивление контактов принимается $r_k = 0,1 \text{ Ом}$. Сопротивление соединительных проводов $r_{\text{пров}}$ зависит от их длины и сечения.

Чтобы трансформатор тока работал в заданном классе точности, необходимо выдержать условие

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_k + r_{\text{пров}} \leq z_{2\text{ном}}; \quad (3.1)$$

Приняв $r_2 = z_{2\text{ном}}$, определяем допустимое значение $r_{\text{пров}}$:

$$r_{\text{пров}} = z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_k; \quad (3.2)$$

В каталоге на трансформатор тока задается номинальная нагрузка вторичной обмотки трансформатора тока в классе точности 0,5 в виде мощности $S_{2\text{ном}} = 12 \text{ ВА}$, номинальное сопротивление определяем по формуле:

$$z_{2\text{НОМ}} = \frac{S_{2\text{НОМ}}}{I_{2\text{НОМ}}^2}; \quad (3.3)$$

$$z_{2\text{НОМ}} = \frac{12}{5^2} = 0.48 \text{ Ом.}$$

$$r_{\text{пров}} = 0.48 - 0.16 - 0.1 = 0.22 \text{ Ом.} \quad (3.4)$$

Зная допустимое сопротивление проводов, можно определить сечение соединительных проводов

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}}; \quad (3.5)$$

где ρ – удельное сопротивление материала провода, Ом*мм²/м.

$l_{\text{расч}}$ – расчетная длина соединительных проводов, м.

На подстанциях с высшим напряжением 10 кВ и выше во вторичных цепях применяются провода с алюминиевыми жилами, удельное сопротивление алюминия $\rho = 0,028 \cdot \text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$.

Расчетная длина соединительных проводов $l_{\text{РАСЧ}}$ зависит от схемы включения ТТ. Так как ТТ включены по схеме полной звезды, $l_{\text{расч}} = l$, где l – длина соединительных проводов от трансформатора тока до приборов в один конец, для цепей 10 кВ можно принять $l = 40$ м.

Сечение соединительных проводов по формуле (3.5):

$$q = \frac{0.028 \cdot 40}{0.22} = 5,09 \text{ мм}^2.$$

По условию механической прочности сечение алюминиевых жил должно быть не меньше 4 мм² [19]. Поэтому в качестве соединительных проводов принимаем контрольный кабель АКВВГЭнг сечением 6 мм².

Следует также иметь в виду, что трансформаторы и автотрансформаторы должны быть снабжены встроенными трансформаторами тока, предназначенными для присоединения релейной защиты, согласно [17;19].

Трансформаторы тока, встроенные в выключатели и в силовые трансформаторы на динамическую и термическую стойкость не проверяются [17].

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.4 Выбор трансформатора напряжения

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения напряжения до величины, удобной к измерению. Первичная обмотка трансформатора напряжения включается в цепь параллельно, во вторичную обмотку включаются параллельные катушки или катушки напряжения приборов и реле. Первичное напряжение соответствует напряжению сети, вторичное напряжение для трансформатора напряжения 10 кВ имеет стандартную величину $100/\sqrt{3}$ В. в основной обмотке и 100 В. в дополнительной обмотке.

Вторичные обмотки трансформатора напряжения обязательно заземляются в целях техники безопасности на случай пробоя изоляции между высшим и низшим напряжениями.

Трансформатор напряжения работает в режиме, близком к режиму холостого хода, так как сопротивление приборов и реле, включенных во вторичную обмотку, большое.

Трансформаторы напряжения выбирают по следующим условиям:

а) по напряжению установки

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (3.6)$$

В нашем случае номинальное первичное напряжение трансформатора напряжения на стороне ВН следует принять $U_{ном} = U_{уст} = 10$ кВ.

б) по конструкции и схеме соединения обмоток;

в) по классу точности;

г) по вторичной нагрузке:

$$S_2 \leq S_{ном}; \quad (3.7)$$

где $S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора напряжения в выбранном классе точности;

S_2 – суммарная нагрузка измерительных приборов присоединенных к трансформатору напряжения.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

При напряжении 10 кВ к установке принимаем трансформатор напряжения типа 3*ЗНОЛП - 10-УХЛ2. Схема включения трансформаторов напряжения – «звезда с землей – звезда с землей – разомкнутый треугольник», для чего используются три трансформатора напряжения.

Эта схема позволяет получить фазные и линейные напряжения, а также используется для включения релейной защиты от однофазных замыканий на землю, действующей на отключение в сети 10 кВ.

В первую вторичную обмотку, соединенную по схеме звезды, включаются измерительные приборы, счетчики, приборы РЗА и противоаварийной автоматики, телеизмерений, регистраторы аварий и ОМП, вторая вторичная обмотка соединяется в разомкнутый треугольник и используется для включения релейной защиты.

Таблица 7.4 – Вторичная нагрузка трансформатора напряжения 10кВ

Прибор	Тип	S одной обмотки, ВА	Число обмоток	Число приборов	Потребляемая мощность	
					P, Вт	Q, ВАр
Вольтметр регистрирующий	Н-394	10	1	2	20	–
Вольтметр	ЩП120	2	1	2	4	–
Ваттметр	Д-335	1,5	2	6	18	–
Варметр	Д-335	1,5	2	6	18	–
Счетчик эл. энергии универсальный	ЕА 05	2	3	6	36	–
Индикатор микропроцессорный фиксирующий	ИМФ-3Р	20 Вт	-	4	80	
Итого (ВА):					176	–

Общая мощность, потребляемая приборами, определяется по формуле:

$$S_{\text{нагр}} = \sqrt{P^2 + Q^2} ; \quad (3.8)$$

где P – активная мощность приборов, Вт;

Q – реактивная мощность приборов, ВАр.

Трансформаторы напряжения проверяем в классе точности 0,5.

К трансформатору напряжения подключаются измерительные преобразователи (датчики), устройства РЗиА всех присоединений СШ, счетчики электроэнергии. На каждой СШ устанавливается один ТН, а при отключении одного из ТН, вся нагрузка подключается ко второму, поэтому каждый ТН рассчитывается на подключение к нему всех приборов и устройств ЗРУ-10 кВ.

Мощность, потребляемую приборами, определяем по формуле (3.8):

$$S_{\text{нагр}} = \sqrt{176^2 + 0^2} = 176 \text{ ВА.}$$

Так как имеются счетчики денежного расчета, то трансформаторы напряжения необходимо проверить в классе точности 0,5. Номинальная мощность вторичной обмотки одного трансформатора напряжения типа 3*ЗНОЛП - 10-УХЛ2 в классе точности 3 $S_{2\text{ном}} = 300\text{ВА}$. Номинальная мощность трех трансформаторов напряжения, соединенных в звезду,

$$S_{2\text{ном}} = 3 \cdot 300 = 900 \text{ ВА.}$$

Таким образом, $S_{\text{нагр}} < S_{2\text{ном}}$, то есть условие (3.8) выполняется, следовательно, трансформаторы напряжения будут работать в классе точности 3. Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель КВВГЭнг.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

8 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СЕТИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И РАСЧЁТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА БКТП

Расчет заземления выполнен по методике, изложенной в работе
[5;гл.8.2;стр.400]

Необходимо определить число вертикальных заземлителей для заземления трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ. Общая протяженность кабельной линии напряжением 10 кВ равна $l_{\text{каб}} = 0,170$ км, $l_{\text{каб}} = 0,210$ км.

Значение удельного сопротивления грунта $\rho_{\Gamma} = 200$ Ом*м (каменистая почва). Принимаю в качестве вертикального электрода прутковую сталь с диаметром 10 мм и длиной 3 м. В качестве горизонтального электрода стальная полоса 40×4 мм. Трансформаторная подстанция имеет следующие значения А×В = 6×5 м. Климатическая зона I I.

Определяю ток замыкания I_3 А, на землю в сети 10 кВ по формуле:

$$I_3 = (U_n \times 35 \times l_{\text{каб}}) / 350; \quad (3.9)$$

где U – междуфазное напряжение сети, кВ;

$l_{\text{каб}}$ – общая длина электрически связанных между собой кабельных линий, км;

$$I_3 = \frac{10 \times 35 \times 0,380}{350} = 0,38 \text{ А.}$$

Определяю предельное сопротивление ЗУ R_3 Ом, по формулам:

а) в электроустановках выше 1 кВ

$$R_3 \leq 250 / I_3; \quad (3.10)$$

б) в электроустановках до 1 кВ

$$R_3 \leq 125 / I_3; \quad (3.11)$$

Предельное сопротивление ЗУ по ВН:

$$R_3 = \leq \frac{250}{0,38} = 657 \text{ Ом.}$$

Предельное сопротивление ЗУ по НН:

$$R_3 = \leq \frac{125}{0,38} = 328 \text{ Ом.}$$

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

По ПУЭ $R_{3y} = 4 \text{ Ом}$, но так как $\rho > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то для расчета принимается:

$$R_3 \leq 4 \times (\rho / 100); \quad (3.12)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта.

$$R_3 \leq 4 \times \left(\frac{200}{100}\right) = 8 \text{ Ом}.$$

Определяю расчетное удельное сопротивление грунта $\rho_p \text{ Ом} \cdot \text{м}$, для вертикального электрода по формуле:

$$\rho_{расч\ в} = k_{сез\ в} \times \rho; \quad (3.13)$$

где $k_{сез\ в}$ - коэффициент сезонности для вертикального электрода;

[5, таб. 1.13.2]

$$P_{расч\ в} = 1,35 \times 200 = 270 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяю расчетное удельное сопротивление грунта $\rho_p \text{ Ом} \cdot \text{м}$, для горизонтального электрода по формуле:

$$\rho_{расч\ г} = k_{сез\ г} \times \rho; \quad (3.14)$$

где $k_{сез\ г}$ - коэффициент сезонности для горизонтального электрода

[5, таб. 1.13.2].

$$P_{расч\ в} = 5,8 \times 200 = 1160 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяю приближенное сопротивление вертикально одиночного пруткового электрода $r_v \text{ Ом} \cdot \text{м}$, по формуле:

$$r_v = 0,27 \times \rho_{расч\ в}; \quad (3.15)$$

$$P_{расч\ в} = 0,27 \times 270 = 73 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяю приближенное сопротивление горизонтального электрода $r_g \text{ Ом}$, по формуле:

$$r_g = (0,366 \times \rho_{расч\ г} / l) \times \lg(2 \times l^2 / b \times t); \quad (3.16)$$

где l - длина полосы, м;

b - ширина полосы, м;

t - глубина заложения, м;

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$r_{\Gamma} = \left(\frac{0,366 \times 1160}{38} \right) \times \lg \times \left(\frac{2 \times 38^2}{0,04 \times 0,8} \right) = 55,35 \text{ Ом.}$$

Определяю сопротивление горизонтального электрода R_{Γ} Ом, с коэффициентом использования по формуле:

$$R_{\Gamma} = r_{\Gamma} / \eta_{\Gamma}; \quad (3.17)$$

где η_{Γ} - коэффициент использования горизонтального электрода [5, табл. 1.13.5].

$$R_{\Gamma} = \frac{55,35}{0,62} = 89,3 \text{ Ом.}$$

Определяю количество вертикальных заземлителей $N_{\text{в}}$ по формуле:

$$N_{\text{в}} = r_{\Gamma} / (R_{\Gamma} \times \eta_{\text{в}}); \quad (3.18)$$

где $\eta_{\text{в}}$ - коэффициент использования горизонтального электрода [5, табл. 1.13.5].

$$N_{\text{в}} = 73 / (8 \times 0,7) = 13 \text{ шт.}$$

Определяю необходимое сопротивление вертикальных заземлителей $R_{\text{в}}$ Ом, с учетом соединительной полосы по формуле:

$$R_{\text{в}} \leq (R_{\Gamma} \times R_{\text{з}}) / (R_{\Gamma} - R_{\text{з}}); \quad (3.19)$$

$$R_{\text{в}} \leq \frac{89,3 \times 8}{89,3 - 8} = 8,8 \text{ Ом.}$$

Уточняется количество вертикальных заземлителей $N'_{\text{в}}$, по формуле:

$$N'_{\text{в}} = R_{\Gamma} / \eta_{\text{в}} \times R_{\text{в}}; \quad (3.20)$$

$$N_{\text{в}} = \frac{73}{0,55 \times 8,8} = 15 \text{ шт.}$$

Определяю фактическое сопротивление ЗУ по формуле:

$$R_{\text{з у ф}} = (R_{\text{в}} \times R_{\Gamma}) / (R_{\text{в}} + R_{\Gamma}); \quad (3.21)$$

$$R_{\text{з у ф}} \leq \frac{8,8 \times 89,3}{8,8 + 89,3} = 7,8 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{з у ф}} (7,8) < R_{\text{з}} (8)$$

следовательно, ЗУ эффективно.

Окончательно для установки принимаю 15 вертикальных заземлителей.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

9 СИСТЕМА УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДОМА

Важное значение для обеспечения условий электробезопасности в конкретной электроустановке имеет выполнение системы уравнивания потенциалов. Правила выполнения системы уравнивания потенциалов определены стандартом МЭК 364-4-41. Эти правила предусматривают подсоединение всех подлежащих заземлению проводников к общей шине.

Такое решение позволяет избежать протекания различных непредсказуемых циркулирующих токов в системе заземления, вызывающих возникновение разности потенциалов на отдельных элементах электроустановки. ПУЭ предписывает выполнение основного устройства системы и системы дополнительного уравнивания потенциалов следующим образом: на вводе в здание должна быть выполнена система уравнивания потенциалов путем объединения следующих проводящих частей:

- основной (магистральный) защитный проводник;
- основной (магистральный) заземляющий проводник или основной заземляющий зажим; стальные трубы коммуникаций зданий и между зданиями; металлические части строительных конструкций; молниезащиты, системы центрального отопления, вентиляции и кондиционирования.

Такие проводящие части должны быть соединены между собой на вводе в здание.

Рекомендуется по ходу передачи электроэнергии повторно выполнять дополнительные системы уравнивания потенциалов.

К дополнительной системе уравнивания потенциалов должны быть подключены все доступные прикосновению открытые проводящие части стационарных электроустановок, сторонние проводящие части и нулевые защитные проводники всего электрооборудования (в том числе штепсельных розеток).

Для ванн и душевых помещений дополнительная система уравнивания потенциалов является обязательной и должна предусматривать, в том числе,

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

подключение сторонних проводящих частей, выходящих за пределы помещений. Если отсутствует электрооборудование с подключенными к системе уравнивания потенциалов нулевыми защитными проводниками, то систему уравнивания потенциалов следует подключить к РЕ шине (зажиму) на вводе. Не допускается использовать для саун, ванных и душевых помещений системы местного уравнивания потенциалов.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание. Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Применение УЗО в комплексе с правильно выполненной системой уравнивания потенциалов позволяет ограничить и даже исключить протекание токов утечки, блуждающих токов по проводящим элементам конструкции здания, в том числе и по трубопроводам.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

10 РАЗВОДКА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ ПО ЭТАЖУ И СПЕЦИФИКАЦИЯ РАСХОДУЕМОГО МАТЕРИАЛА.

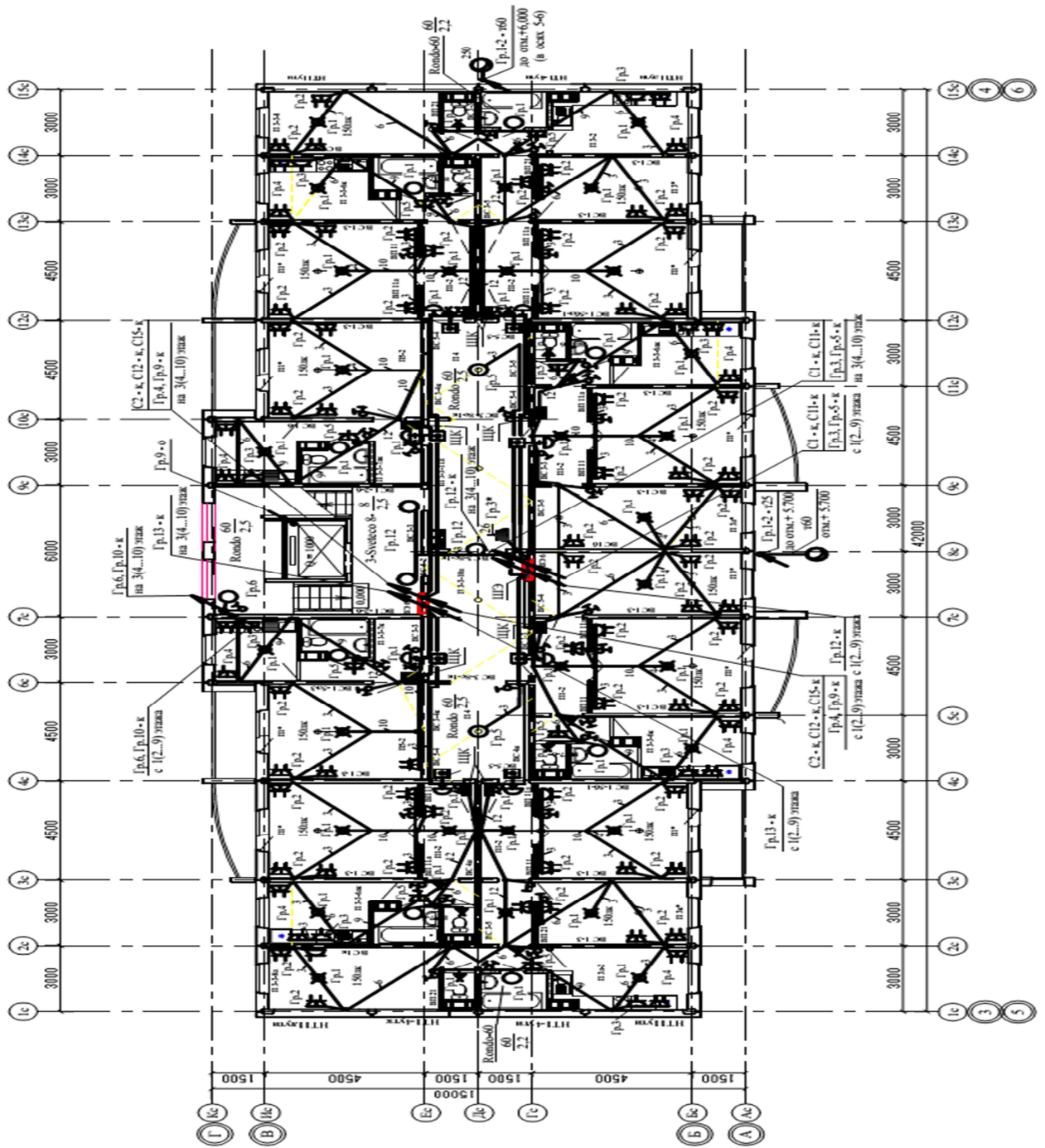


Рисунок 10 – План расположения затяжки этажа

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

На данном этапе строительства нового жилого дома, производится затяжка электропроводки в квартирах.

Основные моменты, на которые нужно обратить внимание это:

- Проходные каналы для электропроводки должны быть чистыми и не забитыми строительным раствором, если же есть какие-то затруднения в каналах, необходимо произвести чистку.
Если же этого не сделать, то при затяжке возможно повреждение изоляции или непроходимость данных (го) провода.
- Заводские штробы и распаечные коробки были чистыми.
- При затяжке в штробе провод необходимо прокладывать в ПВХ трубке или гофре.
- Так же в каждой квартире используется исходы их группы (комнат, кухни, санузла, освещения, электроплиты) используется свой провод ПВ, данное количество ниток на розетку, выключатель или светильник указано в проекте.
- После затяжки квартиры происходит расключение распаечных коробок и для лучшего контакта окончание скрутки сваривают и закрывают защитным колпачком.
- Когда дом уже выходит на чистовую отделку производится установка электрооборудования: розетки, выключатели, светильники, электроплиты, КРЗ, звонки, кнопки, электрощиты.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Таблица 10 – Спецификация расходного материала

№	Наименование оборудования	Марка	Единица измерения	Количество
1	Провод	ПВ1 (1*1,5)	м.	150
2	Провод	ПВ1 (1*2,5)	м.	800
3	Кабель	ВВГ (1*4)	м.	100
4	Провод	ПВ1 (1*6)	м.	130
5	Провод	ПВ1 (1*10)	м.	200
6	Крюк	Л249У3	шт.	23
7	Розетка потолочная	РП1-03	шт.	23
8	Розетка одноместная для наружной установки	РА40-002	шт.	8
9	Розетка одноместная для скрытой установки	РА16-227	шт.	8
10	Розетка двухместная для скрытой установки	РА16-239	шт.	67
11	Выключатель 1-кл для с/у	С56-122	шт.	9
12	Выключатель 2-кл для с/у	С16-124	шт.	20
13	Патрон пластмассовый подвесной	Е27Н12П-02	шт.	23
14	Патрон пластмассовый настенный	Е27ФП-02	шт.	10

Продолжение таблицы 10

15	Щиток квартирный	ЩРН-П-18	шт.	8
16	Автоматический выключатель	ВА47-29,1Р 8А	шт.	8
17	Автоматический выключатель	ВА47-29,1Р 32А	шт.	8
18	Автоматический выключатель	ВА47-29,1Р 32А	шт.	8
19	Автоматический дифференциальный выключатель	АД12,2Р 32А	шт.	8
20	Счетчик	ЦЭ6807П-Р5	шт.	8
21	Светильник	RONDO	шт.	8
22	Лампа накаливания 60 Вт	Б220-230-60	шт.	41
23	Звонок с кнопкой	ЗП-220	шт.	8
24	Коробка заземления	КРЗ-0,4	шт.	8
25	Щиток этажный	ЩЭ-3000	шт.	2
26	Светильник	НСП 02-60- 002	шт.	3
27	Светильник ударопрочный	Svetoco 8	шт.	1
28	Светильник	НПП 45-60	шт.	2
29	ПВХ 20,40,50мм трубка	DKC	м.	200
30	Кабель-канал 40*60	DKC	м.	8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2018.221.ВКР

Лист

74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе выполнен расчет по электроснабжению городского жилого микрорайона.

Была выбрана рациональная и надежная схема электроснабжения жилых домов от двух независимых источника питания типа 2*ТМГ 400/10/0,4 и 2*ТМГ630/10/0,4, потому что по ПУЭ жилой дом относится ко второй категории электроснабжения. С высшей стороны ТП выбрал для установки разрядник ОПН-10/12 УХЛ1, выключатель ВНА-10/630-20У2, трансформатор тока ТОЛ-10-1-У2, трансформатор напряжения 3*ЗНОЛП - 10-УХЛ2.

Для распределения электроэнергии применяется, ВРУ 0,4 кВ, которое представляет собой комплект электрических устройств заводского изготовления и поставляется отдельными шкафами или блоками из нескольких шкафов со всеми соединительными проводниками между ними, которые могут быть как шины, так и изолированные провода. Для питания потребителей жилого дома применена радиальная схема электроснабжения.

При расчете распределительной сети было рассчитано сечение проводников, произведен выбор кабеля и аппаратов защиты. Питание подводится кабелем АСБ2л-3*185мм². По расчетам токов короткого замыкания произведен выбор высоковольтного оборудования. Для ТП рассчитано заземление.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандарт предприятия. Курсовые и дипломные проекты. Общие требования к оформлению, – Челябинск: ЮУрГУ, 2008.
2. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. М.: ЕЭС России, 1994.
3. Федорова А.А. Справочник по Электроснабжению и оборудованию ч.2. М.: Электрооборудование, 1978 - 367с.
4. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.: Высшая школа, 1990. - 363с.
5. Коновалова Л.П., Рожков Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.: Энергоатомиздат. 1988. - 528с.
6. Меньшов Б.Г. Электрооборудование нефтяной промышленности. М.: Энергия, 1978 - 407 с.
7. Хромченко Г.Е. 1980 г Проектирование кабельных сетей и проводок.
8. <https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-bumajnoi-izolyaciei/aashv-1kv/>
9. <http://ufa-cable.ru/ASB2I/>
10. ГОСТ 17703-72. Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения. Межгосударственный стандарт [Текст]: утв. постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 10 мая 1972 г; введ 1973–07-01. – М.: Изд-во стандартов. □ 14 с.
11. Методические указания по применению ограничителей перенапряжений нелинейных в электрических сетях 6-35 кВ, РАО «ЕЭС России», Москва, 2001.
12. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2012. – 376 с.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

13. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций [Текст]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. – 9-е изд., стер. □ М.: издательский центр «Академия», 2013. □ 448 с.
14. ГОСТ 30331.1-95 Электроустановки зданий. Основные положения
15. Каталог производства ИЕК автоматические выключатели 63стр.
16. СП 31-110-2003 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. Москва 2015г.74стр.
17. Правила устройства электроустановок – 7-е издание , 2017г.
18. Справочник по проектированию электрических сетей. / Под ред. Д.Л. Файсбисович – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006-2009.
19. Гайсаров Р.В. и др. Выбор аппаратуры, токоведущих частей и изоляторов. 2002 59 стр.

					13.03.02.2018.221.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77