

Министерство науки и высшего образования  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХАКАССКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ - филиал  
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
институт  
«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.С.Горопов  
подпись                      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024г.

## **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника»  
код – наименование направления

Электроснабжение многоквартирного жилого дома по адресу: г. Черногорск,  
ул. Г. Тихонова, 11 Б  
тема

Руководитель	_____	доц. каф. ЭМ и АТ к.т.н.	<u>А.В.Коловский</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Д.В.Мамонтов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И.А. Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2024

Министерство науки и высшего образования  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХАКАССКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ - филиал  
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
институт  
«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ А.С. Торопов

подпись

инициалы, фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту \_\_\_\_\_ Мамонтову Данилу Вадимовичу  
(фамилия, имя, отчество)  
Группа ЗХЭн 19-01 (3-19) Направление 13.03.02  
(код)  
\_\_\_\_\_ Электроэнергетика и электротехника  
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Электроснабжение многоквартирного жилого дома по адресу: г. Черногоorsk, ул. Г. Тихонова, 11 Б

Утверждена приказом по институту № 260 от 07.05.2024

Руководитель ВКР Коловский А. В., доцент кафедры ЭМиАТ

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР план расположения оборудования, характеристики электроприемников, режим работы оборудования.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

1 Теоретическая часть

1.1 Электроснабжение жилых зданий

1.2 Расчет нагрузки жилых зданий с нежилыми помещениями

1.3 Характеристика жилого здания и описание выбранной схемы внешнего электроснабжения здания

2 Аналитическая часть

2.1 Расчет нагрузки ВРУ секций жилого дома

2.2 Электротехнический расчет системы освещения

2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок распределительных щитов и этажных щитков

2.4 Расчет нагрузки потребителей I категории и выбор устройства АВР

2.5 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения

3.1 Выбор коммутационных аппаратов

3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

3.3 Выбор электрических щитов, счетчиков и прочих электрических устройств

3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовой и осветительных сетях

3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

Перечень обязательных листов графической части

1 Планы силовых сетей и электроосвещения подвала

2 Планы силовых сетей и электроосвещения 2-7 этажа

3 Однолинейная схема электроснабжения

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_ / А. В. Коловский  
(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ / Д. В. Мамонтов  
(подпись, инициалы и фамилия студента)

« 29 » января \_\_\_\_\_ 2024 г

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение многоквартирного жилого дома по адресу: г.Черногорск ул. Г.Тихонова 11 Б» содержит 48 страницы текстового документа, 28 использованных источников, 3 листа графического материала, 24 таблицы.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЖИЛОЙ ДОМ, УЗО, ВРУ, ОСВЕЩЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА, КАТЕГОРИЯ НАДЕЖНОСТИ, КОММУТАЦИОННЫЙ АППАРАТ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ.

Объект проектирования – электроснабжение многоквартирного жилого дома со средней этажностью по адресу г. Черногорск, ул. Г. Тихонова 11 Б.

Основной целью работы является разработка надежной схемы электроснабжения многоквартирного дома, которая соответствует всем современным требованиям, предъявляемым к электроснабжению жилых домов.

Работа состоит из трех основных разделов. Первый раздел – теоретический, который посвящен основным требованиям, предъявляемым к электроснабжению жилого дома. Второй раздел – аналитический – рассматривает расчет и выбор электрических нагрузок здания. Третий раздел – практический – рассматривает основное проектирование электрической сети, с выбором и проверкой оборудования электрической схемы.

## **THE ABSTRACT**

Final qualifying work on the topic "Power supply of a multi-apartment residential building with an average rise at the address Chernogorsk, st. G. Tikhonova 11 B" contains 48 pages of text document, 28 used sources, 3 sheets of graphic material, 24 tables.

**ELECTRIC SUPPLY, RESIDENTIAL BUILDING, RCD, ASU, LIGHTING, ELECTRICAL LOAD, RELIABILITY CATEGORY, SWITCHING DEVICE, SHORT CIRCUIT.**

The design object is the power supply of a mid-rise apartment building at the address Chernogorsk, st. G. Tikhonova 11 B.

The main goal of the work is to develop a reliable power supply scheme for an apartment building that meets all modern requirements for the power supply of residential buildings.

The work consists of three main sections. The first section is theoretical, which is devoted to the basic requirements for the power supply of a residential building. The second section - analytical - is devoted to the calculation and selection of electrical loads of the building. The third section - practical - is devoted to the basic design of an electrical network, with the selection and testing of electrical circuit equipment.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 Теоретическая часть .....	8
1.1 Электроснабжение жилых зданий .....	8
1.2 Расчет нагрузки жилых зданий с нежилыми помещениями .....	10
1.3 Характеристика жилого здания и описание выбранной схемы внешнего электроснабжения здания .....	12
2 Аналитическая часть .....	16
2.1 Расчет нагрузки ВРУ секций жилого дома .....	16
2.2 Электротехнический расчет системы освещения .....	19
2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок распределительных щитов и этажных щитков .....	22
2.4 Расчет нагрузки потребителей I категории и выбор устройства АВР .....	25
2.5 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам .....	26
3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения .....	29
3.1 Выбор коммутационных аппаратов .....	29
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции .....	32
3.3 Выбор электрических щитов, счетчиков и прочих электрических устройств .....	34
3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовых и осветительных сетях .....	37
3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования .....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	46

## ВВЕДЕНИЕ

Проектирование электроснабжения жилого дома несет за собой ряд требований, предъявляемых к правильности функционирования жилой электрической сети. Необходимо обеспечить надежное и эффективное электроснабжение жилого дома, чтобы обеспечить непрерывную работу электрооборудования здания и комфортные условия для жизни жильцов.

По этой причине разработка системы электроснабжения требует серьезного подхода. Проектирование должно осуществляться специалистами, гарантирующими оптимальные условия эксплуатации и безопасность здания.

Если жилую часть дома можно отнести ко второй категории надежности, то технические помещения относятся к первой, по причине большого влияния на жизнь человека. Основным оборудованием первой категории будут являться лифты и вентиляция здания.

В современных жилых зданиях помимо жилой зоны часто располагаются различные общественные помещения – магазины, рестораны, развлекательные центры и другие. Это создает потребность в зонировании электроснабжения таких объектов, а следовательно возникает необходимость в дополнительных технических площадях. Поэтому важно учитывать эти требования на этапе проектирования, выделяя необходимое пространство для размещения необходимого электрооборудования.

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Электроснабжение жилых зданий**

Жилые здания являются основными потребителями электроэнергии в городских системах электроснабжения. Оно осуществляется при помощи сетей напряжением до 1000 В.

В настоящий момент в России используют систему TN-C, которая является относительно простой и дешевой системой, к сожалению, она не может обеспечить необходимый уровень электробезопасности. В жилых зданиях обязательно должна быть система с трехпроводным проводником для штепсельных розеток, а так же защитный проводник для присоединения к металлическому корпусу электрооборудования. Поэтому сейчас рекомендуется применять систему TN-C-S, она обеспечивает необходимую безопасность в эксплуатации электроустановок, но при этом не требует больших затрат на реконструкцию системы электроснабжения.

Питание жилого здания осуществляется через главный распределительный щит (ГРЩ) или вводно-распределительное устройство (ВРУ). Основной функцией ВРУ является распределение нагрузки на потребителей. Вводное устройство должно состоять из устройств защиты и управления, которые позволят проводить независимые коммутации в сети.

Мощность ВРУ должна учитывать не только внутреннее, но и внешнее потребление нагрузки здания, т.е. возможность подключения внешнего освещения. Внутреннее питание подразумевает дополнительную группировку потребителей: питание квартир и питание служебных помещений здания.

Электроснабжение здание осуществляется по магистральному принципу с использованием стояков при помощи УЗО, которое устанавливается в этажных щитах. В системах TN-C-S УЗО осуществляет защиту оборудования от максимальных токов. Этажный распределительный щит должен состоять из трех основных элементов: электросчетчик, УЗО и

автоматические выключатели, которые сгруппированы по квартирам, учитывая функции потребителей, т.е. освещение, розетки и электроплита должны иметь свои отдельные автоматы (Рисунок 1.1). Чтобы создать максимально симметричную нагрузку в распределительной сети питание разных квартир подключают к разным фазам.

Такую комбинацию распределения электроснабжения в жилом доме называют устройством этажного распределительного модуля (УЭРМ).

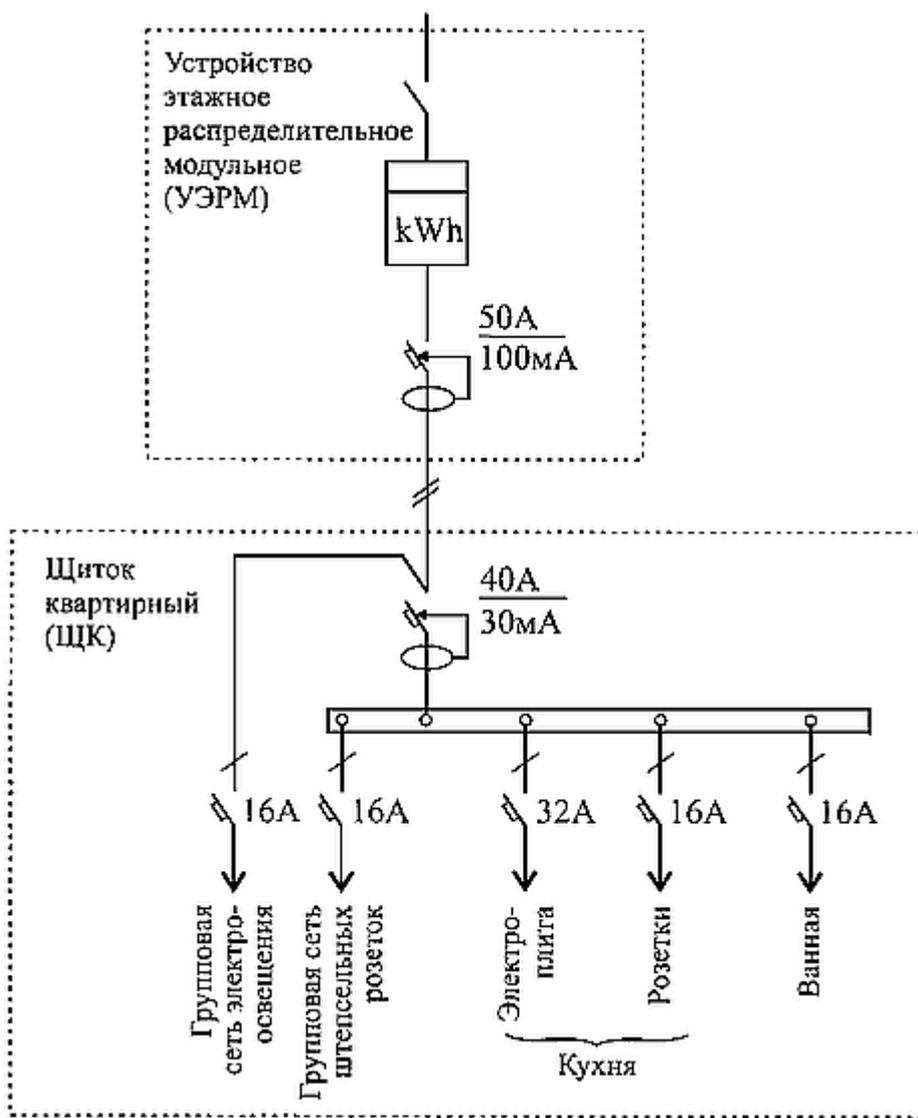


Рисунок 1.1 – Устройство этажного распределительного модуля

## 1.2 Расчет нагрузки жилых зданий с нежилыми помещениями

Расчет нагрузки жилых зданий с нежилыми помещениями должен соответствовать следующему перечню нормативных документов:

- ПУЭ – Правила устройства электроустановок (изд. 6, 7);
- СП 256.1325800.2016 – Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа;
- СП 76.13330.2016 – Электротехнические устройства;
- СО 153-34.21.122-2003 – Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций;
- СП 31-110-2003 – Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий;
- РД34.20.185-94 – Инструкция по проектированию городских электрических сетей.

Расчет электрической нагрузки жилого здания осуществляется согласно СП 256.1325800.2016, при этом необходимо учитывать СП 31-110-2003 и РД34.20.185-94.

Необходимо определить расчетную мощность объекта. Расчетная мощность – это электрическая мощность, которую должна потреблять электроустановка в определенный (расчетный) период времени. Данная мощность определяется расчетом, исходя из установленной мощности, типа электроустановки, режима ее работы и других показателей при помощи расчетных коэффициентов.

Учтем, что все нагрузки жилого здания можно разделить на две группы: нагрузки квартиры и нагрузки нежилых помещений. К нежилым помещениям отнесем подвал, чердак и первый этаж.

Рассмотрим методику расчета нагрузок нежилой части [1].

$$P_{н.об} = P_{роз} + P_{р.о} \quad (1.1)$$

где  $P_{роз}$  – мощность нагрузки розеток

$P_{р.о}$  – мощность осветительной нагрузки;

$P_{н.об}$  – общая мощность нагрузки нежилой части дома

$$P_{роз} = P_{роз,ук} * N_{роз} * K_{роз} \quad (1.2)$$

где  $P_{роз,ук}$  – мощность одной розеток

$N_{роз}$  – количество розеток

$K_{роз}$  – коэффициент спроса розеток.

$$P_{р.о} = K_{о.с.} \cdot P_{у.о.} \quad (1.3)$$

где  $K_{о.с.}$  – коэффициент освещения.

$P_{у.о.}$  – мощность осветительных приборов

$$P_{у.о.} = P_o \cdot N \quad (1.4)$$

где  $P_o$  – мощность одного осветительного прибора

$N$  – количество ламп

Для жилой части дома достаточно рассчитать один жилой этаж, а в дальнейшем умножить на их количество, т.к. этажи все типовые.

$$P_{э} = n(P_{уст} + K_{спл}P_{пл} + P_o) \quad (1.5)$$

где  $P_{э}$  – мощность этажа;

$n$  – количество квартир;

$P_{уст}$  – установленная мощность электроприемников квартиры;

$P_{пл}$  – мощность плиты;

$K_{спл}$  – коэффициент спроса плиты, который составляет 0,5;

$P_o$  – освещение квартиры

Итоговая мощность нежилой части с учетом наличия холодильного оборудования будет рассчитываться:

$$P_{н.об} = P_{р.о} + P_{т.о} + K_{сх} P_{х.о} \quad (1.6)$$

где  $P_{т.о}$  – мощность технологического оборудования;

$P_{х.о}$  – мощность холодильного оборудования;

$K_{сх}$  – коэффициент холодильного оборудования, который составляет 0,8.

Так же необходимо произвести расчет силового оборудования дома, к которому относятся лифт и насосы:

$$P_c = N_{лифт} K_{с.с} P_{лифт} + N_{насос} K_{с.с} P_{насос} \quad (1.7)$$

где  $P_c$  – мощность силового оборудования;

$K_{с.с}$  – коэффициент спроса силовой нагрузки, который составляет 0,8;

$N_{лифт}$  – количество лифтов в доме;

$P_{лифт}$  – мощность одного лифта (кВт);

$N_{насос}$  – количество насосов в доме

### **1.3 Характеристика жилого здания и описание выбранной схемы внешнего электроснабжения здания**

Многоквартирный семиэтажный жилой дом по адресу г. Черногоorsk, ул. Г. Тихонова 11 Б (Рисунок 1.1) имеет нагрузку I и II категории надежности. К первой категории электроснабжения относятся лифты, циркулярные насосы и аварийное освещение, а ко второй – жилая зона дома, при этом определено, что мощность электрических плит в квартире достигает, до 8,5кВт. Жилой дом состоит из четырех секций. Первая секция состоит из четырех квартир на этаже: 1 однокомнатная квартира, 2 двухкомнатных квартиры, 1 трехкомнатная. Вторая и четвертая секция одинаковые – состоят из семи двухкомнатных квартир на этаже. Третья секция дома состоит из пяти квартир на этаже: 3 однокомнатные и 2

трехкомнатные. Всего в доме 161 квартира. Дом является повышенной комфортности. Перечень основной нагрузки представлена в таблице 1.1.

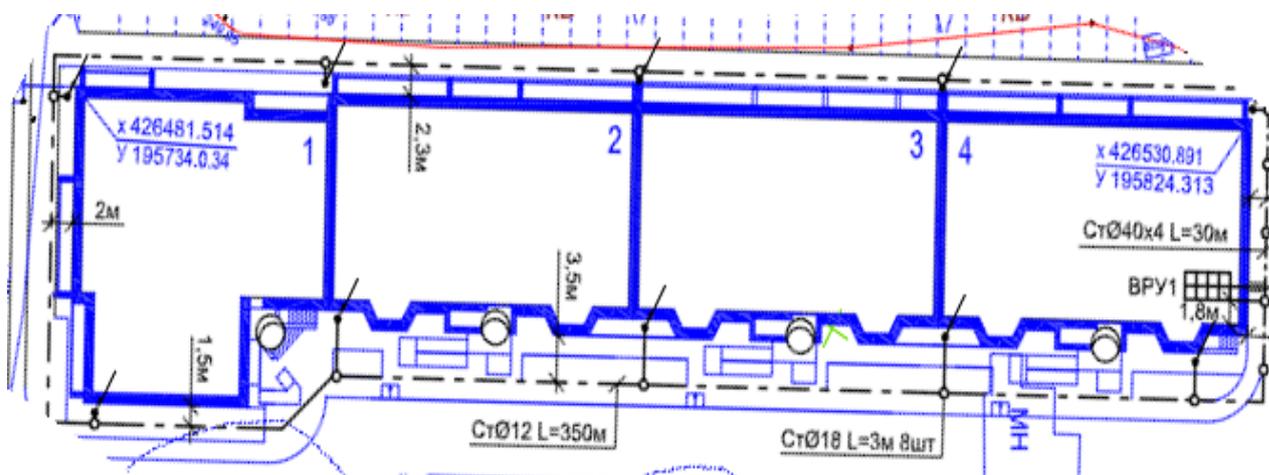


Рисунок 1.2 – Жилой многоэтажный дом по адресу г. Черногоorsk, ул. Г. Тихонова 11 Б

Таблица 1.1 – Потребители жилого дома

Наименование	Количество	Мощность, кВт	Общая мощность, кВт
Силовое оборудование			
Лифт	4	5,6	22,4
Насос	16	1,1	17,6
Жилая часть дома			
Однокомнатная квартира	28	9	252
Двухкомнатная квартира	112	11	1232
Трехкомнатная квартира	21	14	294

Электроснабжение жилого дома осуществляется от ТП 10/0,4кВ 2х1000кВА по взаимно-резервируемым кабельным линиям кабелем марки АВБШв-1кВ 2(4х120)мм<sup>2</sup>, прокладываемым в земле в траншее. Питание здания выполняется от сети 380/220В с системой заземления TN-C-S.

В подвале дома в электрощитовой устанавливается два устройства ВРУ. Необходимо учесть, что для потребителей первой категории электроснабжения необходима установка устройств с автоматическим вводом резерва. Учет электроэнергии общедомовых потребителей должен осуществляться счетчиками.

На первое ВРУ подключаются линии питания квартир и питающие и групповые линии освещения общедомовых помещений, а так же общее освещение нежилой части дома лестничные пролеты и уличное освещение. На второе ВРУ подключаем линии питания электрооборудования первой категории (лифты и насосы), аварийное освещение, противопожарные устройства.

На каждом этаже дома должны устанавливаться этажные щиты, в комплектацию которых входят:

1. Вводной автоматический выключатель;
2. Автоматические выключатели предназначенные для линий питания освещения и электроплиты мощностью до 8,5кВт;
3. Автоматический выключатель дифференциальный для штепсельных розеток переносных электроприборов, для трехкомнатных квартир предполагается две розеточные группы;
4. Счетчик общеквартирного учета 220В;

В жилом доме предусматривается рабочее, аварийное и ремонтное освещение. Освещение общедомовых помещений будет выполняться светодиодными светильниками. Наружное освещение предполагается светильниками типа РКУ с лампой ДРЛ.

Управление рабочим освещением лестничных клеток и наружным освещением будет выполняться автоматически от фоторелейного устройства, датчик которого устанавливается на лестничной клетке между 1 и 2 этажами. Управление освещением остальных помещений осуществляется выключателями, установленными у входов.

Распределительные сети должны выполняться кабелем ВВГнг-LS и ВВГнг-FRLS открыто в гофрированных трубах по подвалу на лотках НЛ. Ответвления от горизонтальной трассы к стоякам будут осуществляться через ответвительные коробки. Вертикальные стояки прокладываются в ПВХ трубах в штрабах стен.

Групповые общедомовые сети будут выполняться кабелем ВВГнг-LS открыто на скобах по подвалу, в штрабах кирпичных стен и в ПВХ трубах (стояки).

Групповые сети аварийного освещения будут выполняться кабелем ВВГнг(А)-FRLS открыто на скобах и скрыто в штрабах кирпичных стен и в ПВХ трубах для стояков.

Электропроводки квартир предполагают выполние ВВГнг-LS скрыто в штрабах стен и в пустотах плит перекрытий. Групповая сеть в квартирах должна выполняться по трем отдельным линиям питания общего освещения, штепсельных розеток (в трехкомнатных квартирах предусматриваем две розеточные группы) и электроплиты кабелем ВВГнг-LS. В передней каждой квартиры устанавливается электрический звонок, а у входа в квартиру – звонковая кнопка. Электропроводка к звонковым кнопкам будет выполняться кабелем ВВГнг-LS скрыто.

Все металлические нетоковедущие части электрооборудования подлежат защитному заземлению путем соединения с главной заземляющей РЕ шиной вводного устройства защитных проводников распределительных линий, заземляющих проводников, присоединенных к наружному контуру заземления. На вводе в здание необходима система уравнивания потенциалов путем соединения с главной РЕ-заземляющей шиной проводящих частей магистральных защитных и заземляющих проводников, стальных труб коммуникаций, металлических частей строительных конструкций, системы отопления и водоснабжения. Для ванн должна предусматриваться дополнительная система уравнивания потенциалов путем присоединения корпусов ванн кабелем ВВГнг-LS к РЕ зажимам этажных щитков.

В жилых комнатах, кухнях квартир предусматривается установка клеммных колодок для подключения светильников, а в кухнях и коридорах, кроме того - подвесных патронов, присоединяемых к клеммной колодке. Розетки в квартирах необходимо устанавливать с защитным устройством,

закрывающим гнезда при вынутой вилке. Розетки смежных квартир должны располагаться по разным осям.

Молниезащита жилого дома выполняется как для обычных объектов по IV уровню защиты от прямых ударов молнии. Для этого молниеприемная сетка с шагом ячеек 10x10м будет укладываться на кровлю, по выступающим частям кровли и соединяться токоотводами по периметру здания на расстоянии 25м друг от друга с заземлителями молниезащиты. Наружный контур молниезащиты будет выполняться на глубине 0,5м от поверхности земли на расстоянии не менее 1м от стен по периметру здания, в местах присоединения токоотводов привариваются вертикальные электроды. Заземлители молниезащиты совмещаются с заземлителями электроустановок. Кабельные линии в местах пересечения с инженерными коммуникациями, с проездом по дворовой территории и на вводе в жилой дом прокладываются в хризотилцементных трубах. Для защиты кабельных линий 0,4кВ от механических повреждений применяется сигнальная лента.

## **2 Аналитическая часть**

### **2.1 Расчет нагрузки ВРУ секций жилого дома**

Определим нагрузку ВРУ жилого дома. Для этого необходимо рассчитать мощность потребления всех квартир и потребление силового оборудования. В доме 161 квартира, а так же 4 секции (подъезда), следовательно, 4 лифта, т.к. дом семиэтажный. Жилой дом состоит из четырех секций. Первая секция состоит из четырех квартир на этаже: 1 однокомнатная квартира, 2 двухкомнатных квартиры, 1 трехкомнатная. Вторая и четвертая секция одинаковые – состоят из семи двухкомнатных квартир на этаже. Третья секция дома состоит из пяти квартир на этаже: 3 однокомнатные и 2 трехкомнатные. Необходимо учитывать, что дом повышенной комфортности.

$$P_{ВРУ} = P_{кв} + P_c \quad (2.1)$$

$$P_{ж.д} = P_{кв} N_{кв} K_{с.кв} K_o \quad (2.2)$$

$$P_c = N(N_{лифт} K_{с.с} P_{лифт} + N_{насос} K_{с.с} P_{насос}) \quad (2.3)$$

где  $P_{ВРУ}$  – мощность ВРУ (кВт);

$P_{ж.д}$  – мощность жилой части (кВт);

$P_{кв}$  – мощность квартиры (кВт);

$K_{с.кв}$  – коэффициент спроса квартиры составляет 0,8;

$K_o$  – коэффициент одновременности составляет 0,15;

$P_c$  – силовая нагрузка дома (кВт);

$K_c$  – коэффициент спроса силовой нагрузки, который составляет 0,8;

$N_{лифт}$  – количество лифтов в доме;

$P_{лифт}$  – мощность одного лифта (кВт);

$N_{насос}$  – количество насосов в доме;

$P_{насос}$  – мощность одного насоса (кВт);

$N$  – количество секций в доме.

Определим силовую нагрузку, учтем что в доме четыре секции (подъезда).

$$P_c = 4(1 \cdot 0,8 \cdot 5,6 + 4 \cdot 0,8 \cdot 1,1) = 32 \text{ кВт}$$

Определим нагрузку одного этажа каждой секции:

1 секция:

$$P_{Э1сек.} = 0,8 \cdot 0,15 \cdot (9 + 2 \cdot 11 + 14) = 5,4 \text{ кВт}$$

2 и 4 секция:

$$P_{Э2сек.} = 0,8 \cdot 0,15 \cdot (7 \cdot 11) = 9,24 \text{ кВт}$$

3 секция:

$$P_{Э3сек.} = 0,8 \cdot 0,15 \cdot (3 \cdot 9 + 2 \cdot 14) = 6,6 \text{ кВт}$$

Общая нагрузка на один этаж всех секций:

$$P_{Э} = P_{Э1сек.} + P_{Э2сек.} + P_{Э3сек.} + P_{Э4сек.} \quad (2.4)$$

$$P_{Э} = 5,4 + 9,24 + 6,6 + 9,24 = 30,48$$

Тогда общая жилая нагрузка составит:

$$P_{\text{ж.д}} = 7 \cdot 30,48 = 213,36 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ВРУ}} = 213,36 + 32 = 245,36 \text{ кВт}$$

Исходя из значения нагрузки определим значение расчетного тока для выбора ВРУ.

$$I_p = \frac{P_{\text{ВРУ}}}{\sqrt{3}U \cos \varphi} \quad (2.5)$$

где  $\cos \varphi = 0,98$

$$I_p = \frac{245,36}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,98} = 380,4 \text{ (А)}$$

В соответствии с расчётной нагрузкой и категорией надёжности питания здания применим, ВРУ на два ввода.

В качестве вводного устройства подбираем ВРУ, которое предназначены для приёма, учёта и распределения электрической энергии в электроустановках напряжением до 400В трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц. Они могут быть оборудованы автоматическими выключателями различных типов отечественных и импортных производителей, аппаратурой мониторинга и контроля с возможностью интеграции в АСУ. ВРУ соответствуют требованиям ГОСТ Р 51321.1. ВРУ имеют блочную структуру, которая позволяет заказчику самостоятельно реализовывать, как типовые схемы, так и любые другие схемы в зависимости от потребностей электроснабжения объекта. При этом возможно изготовление, как панелей по отдельности, так и многопанельного ВРУ. Электрические соединения между панелями выполняются заводом-изготовителем. Ток вводного автомата корректируется в соответствии с расчётным током.

Таблица 2.1 – Технические характеристики ВРУ-1Д-400

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Марка панели	ВРУ-1Д-400
Номинальное рабочее напряжение главных цепей, В	380/220
Номинальная частота, Гц	50
Номинальный ток вводного аппарата, А	400
Аппараты защиты	АВ
Система заземления	TN-C-S

## **2.2 Электротехнический расчет системы освещения**

Задачей электротехнического расчета освещения является правильный выбор системы освещения, т.к. от нее зависит комфорт людей, находящихся в помещении, а так же рациональный расход электроэнергии.

В рассматриваемом здании предусматривается три вида освещения: рабочее, аварийное и ремонтное до 36В.

Светотехнический расчет позволяет определить оптимальное место расположение, тип и мощность светильника.

Освещение общедомовых помещений выполняется светодиодными светильниками. Наружное освещение выполняется светильниками типа РКУ с лампой ДРЛ. Аварийное освещение в штатном режиме работает вместе с рабочем освещением, а в случае аварийного режима продолжает гореть.

Управление рабочим освещением лестничных клеток и наружным освещением выполняется автоматически от фоторелейного устройства, датчик которого устанавливается на лестничной клетке между 1 и 2 этажами. Управление освещением остальных помещений осуществляется выключателями, установленными у входов на высоте 0,8 – 1,7 м над уровнем пола со стороны ручки двери.

Расчет освещения осуществляется по методу использования светового потока [2]. Данный метод зависит от индекса помещения, который влияет на коэффициент использования светового потока.

$$\Phi = \frac{E_n K_{\text{зап}} F z}{N \eta} \quad (2.5)$$

$$i = \frac{AB}{h(A + B)} \quad (2.6)$$

где  $\Phi$  – световой поток одной лампы (лм);  
 $E_n$  – номинальная освещенность лампы (лк);  
 $K_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса;  
 $F$  – площадь помещения ( $\text{м}^2$ );  
 $z$  – коэффициент минимальной освещенности;  
 $N$  – количество светильников (шт);  
 $\eta$  – коэффициент использования светового потока  
 $i$  – индекс помещения;  
 $h$  – высота подвеса лампы(м);  
 $A$  и  $B$  – длина и ширина помещения (м).

По значению светового потока выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения светового потока на  $[-15 \div +20\%]$ .

Значение отклонения светового потока определяется:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi}{\Phi} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

где  $\Delta\Phi$  – отклонение светового потока %;  
 $\Phi_{\text{л}}$  – световой поток выбранной лампы (лм).

Для удобства расчетов выделим основные типы помещений, учитывая их номинальную освещенность, согласно таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Номинальная освещенность

Вид помещения	Освещенность, лк
Лестничная клетка	20
Электрощитовая	50
Узел управления	20
Техническое помещение	30
Тамбур	30
Коридор	20
Жилая комната	150
Кухня	150
Ванны с санузлом	50
Прихожая	50

Произведем расчет светового потока и выбор типа светильника для цокольного и первого этажа, для удобства расчетов выделяя основные типы помещений. Результаты расчетов сведем в таблицы 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 – Расчет светового потока

Наименование	Ен, лк	F, м <sup>2</sup>	K <sub>зап</sub>	Z	N, шт	A, м	B, м	h, м	i	η	Φ <sub>рас</sub> , лм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Нежилая часть дома</b>											
Коридор	75	47,82	1	1	2	7,2	6,8	2,5	1,37	0,28	6404,46
Узел управления	20	31,64	1	1	4	6,20	5,10	2,5	1,12	0,49	322,86
Электрощитовая	50	17,3	1	1	2	3,40	5	2,5	0,82	0,28	1544,64
Техническое помещение	30	8,65	1	1	2	4,49	1,93	2,5	0,54	0,28	463,39
Тамбур	30	2,77	1	1	1	2,50	1,11	2,5	0,31	0,28	296,79
<b>Жилая часть дома</b>											
Тамбур	30	4,9	1	1	1	3	1,63	2,5	0,42	0,28	525,00
Лифтовой холл	75	9,57	1	1	2	1,7	5,63	2,5	0,52	0,28	1281,70
Лестничная клетка	75	14,97	1	1	2	2	7,49	2,5	0,63	0,28	2004,91
Жилая комната	150	18,32	1	1	1	7,2	2,54	2,5	0,75	0,49	5608,16
Кухня	150	11,4	1	1	1	7,2	1,58	2,5	0,52	0,49	3489,80
Ванны с санузлом	50	4,8	1	1	1	3	1,60	2,5	0,42	0,28	857,14
Прихожая	50	5,2	1	1	1	3	1,73	2,5	0,44	0,49	530,61
Туалет	75	3,5	1	1	1	1,32	2,64	2,5	0,35	0,28	937,50

Таблица 2.4 – Выбор типа светильника.

Наименование	Ен, лк	F, м <sup>2</sup>	Ф <sub>рас</sub> , лм	тип светильника	P, Вт	Ф <sub>ном</sub> , лм	ΔФ, %
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Нежилая часть дома</b>							
Коридор	75	47,82	6404,46	A070	36	3600	-77,90
Узел управления	20	31,64	322,86	Strong	18	500	35,43
Электрощитовая	50	17,3	1544,64	Lux	18	1600	3,46
Техническое помещение	30	8,65	463,39	Strong	18	500	7,32
Тамбур	30	2,77	296,79	ЖКХ	10	400	25,80
<b>Жилая часть дома</b>							
Тамбур	30	4,9	525,00	ЖКХ	10	400	-31,25
Лифтовой холл	75	9,57	1281,70	Lux	36	3200	59,95
Лестничная клетка	75	14,97	2004,91	Lux	36	3200	37,35
Жилая комната	150	18,32	5608,16	CITRO	45	5500	-1,97
Кухня	150	11,4	3489,80	CITRO	45	5500	36,55
Ванны с санузлом	50	4,8	857,14	ЖКХ	18	650	-31,87
Прихожая	50	5,2	530,61	CITRO	45	5500	90,35
Туалет	75	3,5	937,50	ЖКХ	18	650	-44,23

### 2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок распределительных щитов и этажных щитков

Определим нагрузку распределительных щитов дома. Для этого произведем группировку электроприемников на питающие линии. Мощность линий будет определяться как суммарная. Для удобства представим результаты группировки в таблицах 2.5 и 2.6.

Так же определим значение полной мощности и тока в каждой линии.

$$S_{рл} = \frac{P_{рл}}{\cos \varphi}, \text{ (кВА)} \quad (2.7)$$

$$I_{рл} = \frac{S_{рл} \cdot 10^3}{U_{л}}, \text{ (А)} \quad (2.8)$$

где  $P_{рл}$  – расчетная активная суммарная мощность линии, кВт;

$\cos \varphi$  – коэффициент активной мощности;

$S_{рл}$  – расчетная полная мощность линии, кВА;

$U_{л}$  – напряжение линии, 220 или 380 В;

$I_{рл}$  – расчетный ток линии, А

Таблица 2.5 – Распределение нежилой нагрузки для СЦ№1

Линия	Наименование ЭП	Р, кВт	cos φ	S, кВА	I, А
1	2	3	4	5	6
1-Л	Лифт	5,6	0,65	8,62	22,68
2-Л	Лифт	5,6	0,65	8,62	22,68
1.1-Н	Насос 1.1	1,1	0,4	2,75	7,24
1.2-Н	Насос 1.2	1,1	0,4	2,75	7,24
1.3-Н	Насос 1.3	1,1	0,4	2,75	7,24
1.4-Н	Насос 1.4	1,1	0,4	2,75	7,24
2.1-Н	Насос 2.1	1,1	0,4	2,75	7,24
2.2-Н	Насос 2.2	1,1	0,4	2,75	7,24
2.3-Н	Насос 2.3	1,1	0,4	2,75	7,24
2.4-Н	Насос 2.4	1,1	0,4	2,75	7,24
1-ЛО	Освещение лифтового холла 1	0,5	0,8	0,63	2,86
2-ЛО	Освещение лифтового холла 2	0,5	0,8	0,63	2,86
1-АО	Аварийное освещение секции 1	0,5	1	0,5	2,27
2-АО	Аварийное освещение секции 2	0,5	1	0,5	2,27
ПожС	Пожарная сигнализация	0,1	1	0,1	0,45
1-В	Вентиляция секции 1	5,5	0,9	6,11	15,28
2-В	Вентиляция секции 2	5,5	0,9	6,11	15,28
Ввод в СЦ1		33,1	0,68	48,68	73,96

Таблица 2.6 – Распределение нежилой нагрузки для СЦ№2

Линия	Наименование ЭП	Р, кВт	cos φ	S, кВА	I, А
1	2	3	4	5	6
3-Л	Лифт	5,6	0,65	8,62	22,68
4-Л	Лифт	5,6	0,65	8,62	22,68
3.1-Н	Насос 3.1	1,1	0,4	2,75	7,24
3.2-Н	Насос 3.2	1,1	0,4	2,75	7,24
3.3-Н	Насос 3.3	1,1	0,4	2,75	7,24
3.4-Н	Насос 3.4	1,1	0,4	2,75	7,24
4.1-Н	Насос 4.1	1,1	0,4	2,75	7,24
4.2-Н	Насос 4.2	1,1	0,4	2,75	7,24
4.3-Н	Насос 4.3	1,1	0,4	2,75	7,24
4.4-Н	Насос 4.4	1,1	0,4	2,75	7,24
3-ЛО	Освещение лифтового холла 3	0,5	0,8	0,63	2,86
4-ЛО	Освещение лифтового холла 4	0,5	0,8	0,63	2,86
3-АО	Аварийное освещение секции 1	0,5	1	0,5	2,27
4-АО	Аварийное освещение секции 2	0,5	1	0,5	2,27
3-В	Вентиляция секции 3	5,5	0,9	6,11	15,28
4-В	Вентиляция секции 4	5,5	0,9	6,11	15,28
Ввод в СЦ2		33	0,68	48,53	73,73

В жилом доме находится 4 подъезда с 7 этажами, следовательно, в доме находится 28 этажных щитов, т.е. 28 групп. Рассмотрим этажные щиты для первого этажа каждой секции дома, т.к. на остальных этажах они аналогичны, различие наблюдается только в нумерации рассматриваемой линии. Так же учтем, что 2 и 4 секции полностью повторяют друг друга, поэтому повторно рассчитывать 4 секцию нет смысла. В кодировке линии прописывается номер секции – этаж – тип квартиры – порядковый номер данного типа квартиры на этаже. Параметры нагрузки жилой части дома представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Распределение нагрузки этажных щитов

Секция	Линия	Тип квартиры	P, кВт	cos φ	S, ВА	I, А
1	2	3	4	5	6	7
1	1-1-1-1	1	9	0,98	9,18	6,26
	1-1-2-1	2	11	0,98	11,22	7,65
	1-1-2-2	2	11	0,98	11,22	7,65
	1-1-3-1	3	14	0,98	14,29	9,74
Итого 1 этаж 1 секции			45	0,98	45,92	10,47
2	2-1-2-1	2	11	0,98	11,22	7,65
	2-1-2-2	2	11	0,98	11,22	7,65
	2-1-2-3	2	11	0,98	11,22	7,65
	2-1-2-4	2	11	0,98	11,22	7,65
	2-1-2-5	2	11	0,98	11,22	7,65
	2-1-2-6	2	11	0,98	11,22	7,65
	2-1-2-7	2	11	0,98	11,22	7,65
Итого 1 этаж 2 секции			77	0,98	78,57	14,32
3	3-1-2-1	2	11	0,98	11,22	7,65
	3-1-2-2	2	11	0,98	11,22	7,65
	3-1-2-3	2	11	0,98	11,22	7,65
	3-1-3-1	3	14	0,98	14,29	9,74
	3-1-3-2	3	14	0,98	14,29	9,74
Итого 1 этаж 3 секции			61	0,98	62,24	11,35

## 2.4 Расчет нагрузки потребителей I категории и выбор устройства АВР

Потребители I категории электроснабжения требуют наличие бесперебойного питания, т.к. отсутствие питания может привести к человеческим жертвам. С этой целью выполняется схема электроснабжения от двух независимых источников питания, что позволяет совершать мгновенные переключения.

К первой категории электроснабжения относится силовое оборудование, а так же аварийное освещение суммарная мощность которых составляет 66,1 кВт с суммарным током 95,41 А. Перечень оборудования представим в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Оборудование первой категории

Наименование	Количество	Р, кВт	I, А
Лифт	4	5,6	22,68
Насос	16	1,1	7,24
Вентиляция секции	4	5,5	15,28
Освещение лифтового холла	4	0,5	2,86
Аварийное освещение секции	4	0,5	2,27
Пожарная сигнализация	4	0,1	0,45
Итого		66,1	95,41

По данным параметрам выбираем:

1. ВРУ-1Д-400-208.3 (5x100+5x100А) – панель распределительная с блоком автоматического управления освещением (13x10+1x16А).
2. ША 8355-74 (2x80А) - панель вводная с автоматическим вводом резерва с общим учетом электроэнергии.
3. ЩРН-24з-1 36 - шкаф распределительный.

## 2.5 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

Распределим однофазную нагрузку силовых щитов и этажных щитов по фазам. Результаты распределения представим в таблицах 2.9 – 2.11.

Таблица 2.9 – Распределение нагрузки по фазам для СЦ№1

Линия	Фаза	Р, кВт
1	2	3
1-ЛО	А	0,5
2-ЛО	В	0,5
1-АО	С	0,5
2-АО	А	0,5
ПожС	В	0,1
<b>Итого фаза А</b>		<b>1</b>
<b>Итого фаза Б</b>		<b>0,6</b>
<b>Итого фаза С</b>		<b>0,5</b>

Таблица 2.10 – Распределение нагрузки по фазам для СЦ№2

Линия	Фаза	Р, кВт
1	2	3
3-ЛО	А	0,5
4-ЛО	В	0,5
3-АО	С	0,5
4-АО	В	0,5
<b>Итого фаза А</b>		<b>0,5</b>
<b>Итого фаза Б</b>		<b>1</b>
<b>Итого фаза С</b>		<b>0,5</b>

Таблица 2.11 – Распределение нагрузки по фазам для этажных щитов

Этаж	Секция	Фаза	Нагрузка, кВт	Тип квартиры	
1	2	3	4	5	
1	1	A	20	1 и 2	
		B	11	2	
		C	14	3	
	2	2	A	22	2 и 2
			B	22	2 и 2
			C	33	2 и 2 и 2
	3	3	A	25	2 и 3
			B	11	2
			C	25	2 и 3
	4	4	A	33	2 и 2 и 2
			B	22	2 и 2
			C	22	2 и 2
2	1	A	11	2	
		B	14	3	
		C	20	1 и 2	
	2	2	A	22	2 и 2
			B	33	2 и 2 и 2
			C	22	2 и 2
	3	3	A	11	2
			B	25	2 и 3
			C	25	2 и 3
	4	4	A	22	2 и 2
			B	22	2 и 2
			C	33	2 и 2 и 2
3	1	A	14	3	
		B	20	1 и 2	
		C	11	2	
	2	2	A	33	2 и 2 и 2
			B	22	2 и 2
			C	22	2 и 2
3	3	A	25	2 и 3	
		B	25	2 и 3	
		C	11	2	
	4	4	A	22	2 и 2
			B	33	2 и 2 и 2
			C	22	2 и 2
4	1	A	20	1 и 2	
		B	11	2	
		C	14	3	
	2	2	A	22	2 и 2
			B	22	2 и 2
			C	33	2 и 2 и 2
	3	3	A	33	2 и 2 и 2
			B	22	2 и 2
			C	22	2 и 2

Продолжение таблицы 2.11

1	2	3	4	5
4	4	A	33	2 и 2 и 2
		B	22	2 и 2
		C	22	2 и 2
5	1	A	11	2
		B	14	3
		C	20	1 и 2
	2	A	22	2 и 2
		B	33	2 и 2 и 2
		C	22	2 и 2
	3	A	11	2
		B	25	2 и 3
		C	25	2 и 3
	4	A	22	2 и 2
		B	22	2 и 2
		C	33	2 и 2 и 2
6	1	A	14	3
		B	20	1 и 2
		C	11	2
	2	A	33	2 и 2 и 2
		B	22	2 и 2
		C	22	2 и 2
	3	A	25	2 и 3
		B	25	2 и 3
		C	11	2
	4	A	22	2 и 2
		B	33	2 и 2 и 2
		C	22	2 и 2
7	1	A	20	1 и 2
		B	11	2
		C	14	3
	2	A	22	2 и 2
		B	22	2 и 2
		C	33	2 и 2 и 2
	3	A	25	2 и 3
		B	11	2
		C	25	2 и 3
	4	A	33	2 и 2 и 2
		B	22	2 и 2
		C	22	2 и 2
<b>Итого фаза А, кВт</b>			<b>628</b>	
<b>Итого фаза В, кВт</b>			<b>597</b>	
<b>Итого фаза С, кВт</b>			<b>611</b>	

### 3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения

#### 3.1 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор коммутационных аппаратов позволяет обеспечить защиту человека и оборудования от аварийных ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации электрических сетей. В жилых зданиях таким коммутационным аппаратом является устройство защитного отключения (УЗО). Оно позволяет ограничивать длительность протекания электрического тока через человека, при аварийной ситуации, за счет моментального отключения электроустановки. УЗО позволяет оградить человека от прямого и косвенного прикосновения к токоведущим частям электроустановок, за счет срабатывания на возникновение тока утечки, что так же позволяет оградить защищаемую электроустановку от случайного возгорания в процессе возникновения тех самых нежелательных токов утечки.

Произведем выбор автоматов, результаты выбора представим в таблицах 3.1 – 3.3. Выбор автоматов должен соответствовать следующему неравенству:

$$I_{рл} \leq I_{ном.АВ} \quad (3.1)$$

где  $I_{рл}$  – расчетный ток защищаемой линии, (А);

$I_{ном.АВ}$  – номинальный ток автомата (А).

Таблица 3.1 – Выбор автоматов для СЦ№1

Линия	$I_{рл.}, А$	Тип выключателя	$I_{ном.АВ}, А$	$I_{кзmax}, кА$
1	2	3	4	5
1-Л	22,68	ВА 47-63 3Р 32 С	32	6
2-Л	22,68	ВА 47-63 3Р 32 С	32	6
1.1-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
1.2-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
1.3-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
1.4-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
2.1-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
2.2-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
2.3-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
2.4-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
1-ЛО	2,86	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
2-ЛО	2,86	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
1-АО	2,27	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
2-АО	2,27	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
ПожС	0,45	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
1-В	15,28	ВА 47-63 3Р 16 С	16	6
2-В	15,28	ВА 47-63 3Р 16 С	16	6
Ввод в СЦ1	73,96	ВА 47-100 3Р 80 С	80	10

Таблица 3.2 – Выбор автоматов для СЦ№2

<b>Линия</b>	<b>I<sub>рл.</sub>, А</b>	<b>Тип выключателя</b>	<b>I<sub>ном.АВ</sub>, А</b>	<b>I<sub>кзтах</sub>, кА</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
3-Л	22,68	ВА 47-63 3Р 32 С	32	6
4-Л	22,68	ВА 47-63 3Р 32 С	32	6
3.1-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
3.2-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
3.3-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
3.4-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
4.1-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
4.2-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
4.3-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
4.4-Н	7,24	ВА 47-63 3Р 10 С	10	6
3-ЛО	2,86	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
4-ЛО	2,86	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
3-АО	2,27	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
4-АО	2,27	ВА 47-63 1Р 6 В	6	6
3-В	15,28	ВА 47-63 3Р 16 С	16	6
4-В	15,28	ВА 47-63 3Р 16 С	16	6
Ввод в СЦ2	73,73	ВА 47-100 3Р 80 С	80	10

Таблица 3.3 – Выбор автоматов для ЩО

Линия	$I_{рл.}, А$	Тип выключателя	$I_{ном.АВ}, А$	$I_{кзmax}, кА$
1	2	3	4	5
1-1-1-1	6,26	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
1-1-2-1	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
1-1-2-2	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
1-1-3-1	9,74	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
Ввод в ЩО 1.1	10,47	ВА 47-63 3P 16 С	16	6
2-1-2-1	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
2-1-2-2	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
2-1-2-3	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
2-1-2-4	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
2-1-2-5	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
2-1-2-6	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
2-1-2-7	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
Ввод в ЩО 2.1	14,32	ВА 47-63 3P 16 С	16	6
3-1-2-1	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
3-1-2-2	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
3-1-2-3	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
3-1-3-1	9,74	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
3-1-3-2	9,74	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
Ввод в ЩО 3.1	11,35	ВА 47-63 3P 16 С	16	6
4-1-2-1	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
4-1-2-2	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
4-1-2-3	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
4-1-2-4	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
4-1-2-5	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
4-1-2-6	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
4-1-2-7	7,65	ВА 47-63 1P 10 В	10	6
Ввод в ЩО 4.1	14,32	ВА 47-63 3P 16 С	16	6

Рассмотрим более подробно состав автоматических выключателей в этажном щитке для одной квартиры.

Ввод в квартиру предполагает наличие автоматического выключателя ВА61F29-1C50NA; автоматические выключатели ВА61F29-1В с уставкой 16 и 40А для линий питания освещения и электроплиты мощностью до 8,5кВт; автоматический выключатель дифференциальный АВДТ32С20 ( $I_p=20А$ ,  $I_{ут}=30мА$ ) для штепсельных розеток переносных электроприборов.

### 3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Выбор кабеля произведем исходя из токовой нагрузки линии, для этого необходимо учитывать номинальный ток коммутационного аппарата, установленного в линии.

$$I_{\text{ср}} \leq I_{\text{доп}} \quad (3.2)$$

$$I_{\text{ср}} = 1,4I_{\text{ном.АВ}} \quad (3.3)$$

где  $I_{\text{ном.АВ}}$  – номинальный ток автомата (А);

$I_{\text{ср}}$  – ток срабатывания коммутирующей аппаратуры (А);

$I_{\text{доп}}$  – допустимый ток кабеля (А)

Помимо размерности токовой нагрузки, необходимо учитывать сам вид нагрузки линии в целом: для однофазных линий будем выбирать трехжильный кабель, а для трехфазной – пятижильный. Такая необходимость связана с физическими процессами, протекающими в кабеле при его эксплуатации, т.е. с возможностью нагрева, которая приводит к старению изоляции, что в конечном случае может привести к пожару.

Условия окружающей среды в проектируемом здании являются нормальными, поэтому будем использовать кабели марки ВВГнг. Марка выбранного кабеля расшифровывается как силовой кабель с медными жилами с изолированной оболочкой из поливинилхлоридного пластиката, без защитного покрова, не способствует распространению горения.

Выбранные кабели представим в таблицах 3.4 – 3.6.

Таблица 3.4 – Выбор кабеля для СЦ№1

Линия	$I_{\text{рл.}}$ , А	Тип нагрузки	Тип кабеля	число жил	сечение	$I_{\text{доп}}$ , А	$I_{\text{ном.АВ}}$ , А	$I_{\text{ср}}$ , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-Л	22,68	3Ф	ВВГ нг	5	10	50	32	44,8
2-Л	22,68	3Ф	ВВГ нг	5	10	50	32	44,8

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
1.2-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
1.3-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
1.4-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
2.1-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
2.2-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
2.3-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
2.4-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
1-ЛО	2,86	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
2-ЛО	2,86	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
1-АО	2,27	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
2-АО	2,27	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
ПожС	0,45	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
1-В	15,28	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4
2-В	15,28	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4
Ввод в СЦ1	73,96	3Ф	ВВГ нг	5	50	135	80	112

Таблица 3.5 – Выбор кабеля для СЦ№2

Линия	$I_{рл}, А$	Тип нагрузки	Тип кабеля	число жил	сечение	$I_{доп}, А$	$I_{ном.ав}, А$	$I_{ср}, А$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-Л	22,68	3Ф	ВВГ нг	5	10	50	32	44,8
4-Л	22,68	3Ф	ВВГ нг	5	10	50	32	44,8
3.1-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
3.2-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
3.3-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
3.4-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
4.1-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
4.2-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
4.3-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
4.4-Н	7,24	3Ф	ВВГ нг	5	1,5	18	10	14
3-ЛО	2,86	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
4-ЛО	2,86	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
3-АО	2,27	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
4-АО	2,27	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	6	8,4
3-В	15,28	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4
4-В	15,28	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4
Ввод в СЦ2	73,73	3Ф	ВВГ нг	5	50	135	80	112

Таблица 3.6 – Выбор кабеля для ЩО

Линия	$I_{рл.}, A$	Тип нагрузки	Тип кабеля	число жил	сечение	$I_{доп}, A$	$I_{ном.АВ}, A$	$I_{ср}, A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1-1-1	6,26	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
1-1-2-1	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
1-1-2-2	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
1-1-3-1	9,74	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
Ввод в ЩО 1.1	10,47	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4
2-1-2-1	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
2-1-2-2	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
2-1-2-3	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
2-1-2-4	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
2-1-2-5	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
2-1-2-6	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
2-1-2-7	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
Ввод в ЩО 2.1	14,32	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4
3-1-2-1	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
3-1-2-2	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
3-1-2-3	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
3-1-3-1	9,74	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
3-1-3-2	9,74	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
Ввод в ЩО 3.1	11,35	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4
4-1-2-1	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
4-1-2-2	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
4-1-2-3	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
4-1-2-4	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
4-1-2-5	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
4-1-2-6	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
4-1-2-7	7,65	1Ф	ВВГ нг	3	1,5	18	10	14
Ввод в ЩО 4.1	14,32	3Ф	ВВГ нг	5	2,5	25	16	22,4

### 3.3 Выбор электрических щитов, счетчиков и прочих электрических устройств

Если для много квартирного дома главной точкой электроснабжения является ВРУ, то для квартиры является электрический щит, который называют этажным. В нем устанавливаются автоматические выключатели трехфазного и однофазного исполнения, УЗО или дифференцированные

автоматы и счетчики. Располагается этажный щит на лестничных площадках в электрощитах.

Выбираем щит типа ЩУР 8805 со слаботочным отсеком. Преимущество выбранного щита в том, что он может устанавливаться в любой тип сети электроснабжения. Номинальное напряжение до 380В, что позволяет использовать трехфазное и однофазное исполнение электрической сети переменного тока частотой 50 Гц. Токовая нагрузка на одну квартиру может достигать до 50 А.

ЩУР 8805 выполняются только в утопленном виде и состоят из корпуса без задней стенки и передней дверцей. В Этажном щите выделяется два отсека:

1. Абонентский отсек, который располагается сверху и именно там располагаются защитные автоматы квартирной сети. К нему имеют доступ жильцы квартиры.

2. Учетный отсек. Доступ к данному отсеку имеют работники электронадзора и электросбыта, поэтому он запирается на ключ. В этом отсеке устанавливаются электросчетчики и относящиеся к нему автоматические выключатели для отключения оного.

В щит устанавливается счетчик общеквартирного учета Фобос-1 на напряжение 220 В с токовой нагрузкой от 5 до 60А.

Счетчик Фобос-1 предназначен для измерения активной и реактивной мощности. Он измеряет показатели качества электрической энергии в однофазных двухпроводных электрических сетях переменного тока промышленной частоты на контролируемых им объектах, в частности в жилых квартирах.

Выбранный счетчик содержит LPWAN-модуль с технологией двусторонней связи NB-Fi, за счет наличия в своей конструкции радиомодуля NB-Fi. Он обеспечивает передачу результатов измерений на сервера и информационно-вычислительные комплексы верхнего уровня автоматизированных систем энергоучета. Двухсторонний канал связи NB-Fi

обеспечивает удаленное управление и контроль счетчиков ФОБОС 1, включая следующие функции:

- Многотарифный учет активной и реактивной электроэнергии в двух направлениях
- Контроль параметров сети: мощность (активная, реактивная, полная), ток, напряжение, коэффициент мощности, ток в нулевом проводе;
- Контроль параметров качества сети: положительное и отрицательное отклонение напряжения, отклонение частоты сети;
- Ведение журналов событий глубиной не менее 1000 записей с инициативным оповещением о событиях, в том числе – превышении лимитов мощности, напряжения, тока, попытках вскрытия, воздействия магнитным полем, результатах самодиагностики
- Дистанционное отключение и ограничение потребления
- Дистанционная установка\изменение тарифного расписания
- Дистанционное обновление метрологически не значимой части ПО.

Так же выбранный счетчик позволяет хранить следующие виды данных в своей базе данных:

- Профиль энергий – хранение данных не менее 180 суток
- Показания на конец суток – хранение данных не менее 128 суток
- Показания на конец месяца – хранение данных не менее 39 месяцев

Счетчик позволяет автономно функционировать часам, дисплеям и датчикам счетчика со встроенной батареей, которая срабатывает при отсутствии питающей сети, а также позволяет организовать дистанционную синхронизацию времени, в том числе, автоматическую, в составе интеллектуальных систем учета АСКУЭ.

### 3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовых и осветительных сетях

Потребители электрической энергии работают нормально, когда на их зажимы подается то напряжение, на которое рассчитаны данный электродвигатель или устройство. При передаче электроэнергии по проводам часть напряжения теряется на сопротивление проводов и в результате в конце линии, т. е. у потребителя, напряжение получается меньшим, чем в начале линии.

Согласно ПУЭ, для силовых и осветительных сетей отклонение напряжения от нормального должно составлять не более  $\pm 5\%$ .

Потери напряжения относительно номинального напряжения сети для выбранного сечения кабелей определяются по формуле (3.4).

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{расч}} \cdot L (r_{\text{уд}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}} \cdot 100 \% \quad (3.4)$$

где  $\Delta U$  – потери напряжения в кабеле (%);

$I_{\text{расч}}$  – расчетный ток электроприемника (А);

$L$  – длина кабеля (м);

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение сети (В);

$r_{\text{уд}}$  – удельное активное сопротивление кабеля (Ом/м);

$x_{\text{уд}}$  – удельное реактивное сопротивление кабеля (Ом/м);

$\cos \varphi$  – коэффициент активной мощности ЭП (о.е);

$\sin \varphi$  – коэффициент реактивной мощности ЭП (о.е).

Результаты расчетов для силовых и осветительных сетей представим в таблицах 3.7 – 3.9.

Таблица 3.7 – Расчет потерь напряжения на СЦ№1

Линия	$I_{рл}, A$	$U_{ном}, B$	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$S, мм^2$	$L, м$	$r_0, мОм/м$	$x_0, мОм/м$	$\Delta U, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-Л	22,68	380	0,65	0,76	10	50	2	0,37	0,47
2-Л	22,68	380	0,65	0,76	10	50	2	0,37	0,47
1.1-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
1.2-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
1.3-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
1.4-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
2.1-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
2.2-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
2.3-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
2.4-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
1-ЛО	2,86	220	0,8	0,6	1,5	45	13,55	0,11	0,64
2-ЛО	2,86	220	0,8	0,6	1,5	45	13,55	0,11	0,64
1-АО	2,27	220	1	0	1,5	32	13,55	0,11	0,45
2-АО	2,27	220	1	0	1,5	32	13,55	0,11	0,45
ПожС	0,45	220	1	0	1,5	32	13,55	0,11	0,09
1-В	15,28	380	0,9	0,44	2,5	37	8	0,09	1,08
2-В	15,28	380	0,9	0,44	2,5	37	8	0,09	1,08
ВВОД В СЦ1	73,96	380	0,68	0,73	50	25	0,4	0,25	0,22

Таблица 3.8 – Расчет потерь напряжения на СЦ №2

Линия	$I_{рл}, A$	$U_{ном}, B$	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$S, мм^2$	$L, м$	$r_0, мОм/м$	$x_0, мОм/м$	$\Delta U, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3-Л	22,68	380	0,65	0,76	10	50	2	0,37	0,47
4-Л	22,68	380	0,65	0,76	10	50	2	0,37	0,47
3.1-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
3.2-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
3.3-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
3.4-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
4.1-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
4.2-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
4.3-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
4.4-Н	7,24	380	0,4	0,92	1,5	70	13,55	0,11	0,74
3-ЛО	2,86	220	0,8	0,6	1,5	45	13,55	0,11	0,64
4-ЛО	2,86	220	0,8	0,6	1,5	45	13,55	0,11	0,64
3-АО	2,27	220	1	0	1,5	32	13,55	0,11	0,45
4-АО	2,27	220	1	0	1,5	32	13,55	0,11	0,45
3-В	15,28	380	0,9	0,44	2,5	37	8	0,09	1,08
4-В	15,28	380	0,9	0,44	2,5	37	8	0,09	1,08
ВВОД В СЦ2	73,96	380	0,68	0,73	50	25	0,4	0,25	0,22

Таблица 3.9 – Расчет потерь напряжения на ЩО

Линия	$I_{рл}, A$	$U_{ном}, B$	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$S, мм^2$	$L, м$	$r_0, мОм/м$	$x_0, мОм/м$	$\Delta U, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-1-1-1	6,26	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,38
1-1-2-1	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
1-1-2-2	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
1-1-3-1	9,74	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,59
Ввод в ЩО 1.1	10,47	380	0,98	0,2	2,5	10	8	0,09	0,22
2-1-2-1	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
2-1-2-2	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
2-1-2-3	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
2-1-2-4	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
2-1-2-5	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
2-1-2-6	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
2-1-2-7	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
Ввод в ЩО 2.1	14,32	380	0,98	0,2	2,5	10	8	0,09	0,30
3-1-2-1	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
3-1-2-2	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
3-1-2-3	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
3-1-3-1	9,74	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,59
3-1-3-2	9,74	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,59
Ввод в ЩО 3.1	11,35	380	0,98	0,2	2,5	10	8	0,09	0,23
4-1-2-1	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
4-1-2-2	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
4-1-2-3	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
4-1-2-4	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
4-1-2-5	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
4-1-2-6	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
4-1-2-7	7,65	220	0,98	0,2	1,5	10	13,55	0,11	0,46
Ввод в ЩО 4.1	14,32	380	0,98	0,2	2,5	10	8	0,09	0,30

### 3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

Коротким замыканием (К.З.) называется всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки между собой и землей, при котором токи в аппаратах и проводниках, примыкающих к месту

присоединения резко возрастают, превышая, как правило, расчетные значения нормального режима.

Основными причинами возникновения короткого замыкания в электрических сетях являются повреждение изоляции или неправильные действия обслуживающего персонала при эксплуатации электрической сети.

Для проверки электрических аппаратов и проводников необходимо произвести расчет токов короткого замыкания (КЗ). Для этого достаточно определить ток трехфазного и однофазного КЗ в месте повреждения. Необходимо учитывать, что режимы будут несимметричными, поэтому при расчетах будем использовать методику расчета симметричных составляющих с применением правила эквивалентности прямой последовательности.

Составим схему замещения, которая подойдет для каждой точки КЗ.

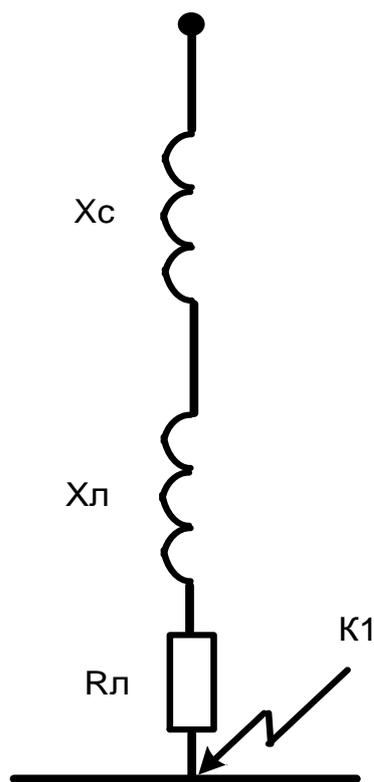


Рисунок 3.1 – Схема замещения для любой точки КЗ

При напряжении до 1 кВ даже небольшое сопротивление оказывает существенное влияние на ток короткого замыкания. Поэтому в расчетах

учитывают все сопротивления короткозамкнутой цепи, как индуктивные, так и активные. Кроме того, учитывают активные сопротивления всех переходных контактов в этой цепи; сопротивления шин и шинопроводов, индуктивные сопротивления катушек выключателей и трансформаторов тока.

Тогда значение тока КЗ будет определяться:

$$I^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\text{рез1}}} \quad (3.5)$$

$$I^{(1)} = \frac{\sqrt{3}U}{2Z_{\text{рез1}} + Z_{\text{рез0}}} \quad (3.6)$$

где  $I^{(3)}$  – ток трехфазного КЗ (кА);

$I^{(1)}$  – ток однофазного КЗ (кА);

$Z_{\text{рез1}}$  – полное сопротивление прямой последовательности (МОм);

$Z_{\text{рез0}}$  – полное сопротивление нулевой последовательности (МОм).

Для силовых сетей произведем расчет трехфазного и однофазного КЗ. Результаты расчетов представим в таблицах 3.10 – 3.11.

Проверим оборудование на отключающую способность, согласно условию 3.7.

$$I_{\text{к}}^{(3)} < I_{\text{откл}}, \text{ (кА)} \quad (3.7)$$

где  $I_{\text{откл}}$  – наибольшая отключающая способность защитного аппарата (кА);

$I_{\text{к}}^{(3)}$  – значение трехфазного короткого замыкания (кА)

Результаты проверки представим в таблице 3.12.

Таблица 3.10 – Расчет токов КЗ для ЩС№1

Место КЗ	ВРУ		Линия ВРУ – ЩС					QF1		QF2		Линия ЩС – ЭП					R <sub>рез1</sub>	X <sub>рез1</sub>	R <sub>рез0</sub>	X <sub>рез0</sub>	I <sup>(3)</sup> , кА	I <sup>(1)</sup> , кА
	R <sub>ВРУ</sub> , мОм	X <sub>ВРУ</sub> , мОм	L, м	r <sub>0</sub> , мОм/м	x <sub>0</sub> , мОм/м	R, мОм	X, мОм	R <sub>q</sub> , мОм	X <sub>q</sub> , мОм	R <sub>q</sub> , мОм	X <sub>q</sub> , мОм	L, м	r <sub>0</sub> , мОм/м	x <sub>0</sub> , мОм/м	R, мОм	X, мОм						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
К ЩС1	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85						0	0	43,71	27,98	118,27	27,98	4,46	3,11
1-Л	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	8	5	50	2	0,37	100	18,5	122,05	31,85	526,27	51,48	1,83	0,89
2-Л	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	8	5	50	2	0,37	100	18,5	122,05	31,85	526,27	51,48	1,83	0,89
1.1-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
1.2-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
1.3-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
1.4-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
2.1-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
2.2-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
2.3-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
2.4-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	1021,2	75,68	3941,2	75,68	0,23	0,12
1-ЛО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	45	13,55	0,11	609,7	4,95	652,8	53,3	2586,2	72,93	0,35	0,18
2-ЛО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	45	13,55	0,11	609,7	4,95	652,8	53,3	2586,2	72,93	0,35	0,18
1-АО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	32	13,55	0,11	433,6	3,52	476,65	51,87	1881,6	71,50	0,48	0,24
2-АО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	32	13,55	0,11	433,6	3,52	476,65	51,87	1881,6	71,50	0,48	0,24
ПожС	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	32	13,55	0,11	433,6	3,52	476,65	51,87	1881,6	71,50	0,48	0,24
1-В	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	13	18	37	8	0,09	296	3,33	323,05	29,68	1315,2	49,31	0,71	0,35
2-В	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	13	18	37	8	0,09	296	3,33	323,05	29,68	1315,2	49,31	0,71	0,35

Таблица 3.11 – Расчет токов КЗ для ЩС№2

Место КЗ	ВРУ		Линия ВРУ – ЩС					QF1		QF2		Линия ЩС – ЭП					R <sub>рез1</sub>	X <sub>рез1</sub>	R <sub>рез0</sub>	X <sub>рез0</sub>	I <sup>(3)</sup> , кА	I <sup>(1)</sup> , кА
	R <sub>ВРУ</sub> , МОм	X <sub>ВРУ</sub> , МОм	L, м	r <sub>0</sub> , МОм/м	x <sub>0</sub> , МОм/м	R, МОм	X, МОм	R <sub>q</sub> , МОм	X <sub>q</sub> , МОм	R <sub>q</sub> , МОм	X <sub>q</sub> , МОм	L, м	r <sub>0</sub> , МОм/м	x <sub>0</sub> , МОм/м	R, МОм	X, МОм						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
К ЩС2	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85						0	0	43,71	27,98	118,27	27,98	4,46	3,11
3-Л	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	8	5	50	2	0,37	100	18,5	122,05	31,85	526,27	51,48	1,83	0,89
4-Л	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	8	5	50	2	0,37	100	18,5	122,05	31,85	526,27	51,48	1,83	0,89
3.1-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
3.2-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
3.3-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
3.4-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
4.1-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
4.2-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
4.3-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	991,55	56,05	3941,2	75,68	0,23	0,12
4.4-Н	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	70	13,55	0,11	948,5	7,7	1021,2	75,68	3941,2	75,68	0,23	0,12
3-ЛО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	45	13,55	0,11	609,7	4,95	652,8	53,3	2586,2	72,93	0,35	0,18
4-ЛО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	45	13,55	0,11	609,7	4,95	652,8	53,3	2586,2	72,93	0,35	0,18
3-АО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	32	13,55	0,11	433,6	3,52	476,65	51,87	1881,6	71,50	0,48	0,24
4-АО	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	29	40	32	13,55	0,11	433,6	3,52	476,65	51,87	1881,6	71,50	0,48	0,24
3-В	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	13	18	37	8	0,09	296	3,33	323,05	29,68	1315,2	49,31	0,71	0,35
4-В	29,66	19,63	30	0,4	0,25	12	7,5	2,05	0,85	13	18	37	8	0,09	296	3,33	323,05	29,68	1315,2	49,31	0,71	0,35

Таблица 3.12 – Проверка на отключающую способность

Место КЗ	Наибольшая отключающая способность Юткл, (кА)	$I_K^{(3)}$ , (кА)
К ЩС1	4,46	10
1-Л	1,83	6
2-Л	1,83	6
1.1-Н	0,23	6
1.2-Н	0,23	6
1.3-Н	0,23	6
1.4-Н	0,23	6
2.1-Н	0,23	6
2.2-Н	0,23	6
2.3-Н	0,23	6
2.4-Н	0,23	6
1-ЛО	0,35	6
2-ЛО	0,35	6
1-АО	0,48	6
2-АО	0,48	6
ПожС	0,48	6
1-В	0,71	6
2-В	0,71	6
К ЩС2	4,46	10
3-Л	1,83	6
4-Л	1,83	6
3.1-Н	0,23	6
3.2-Н	0,23	6
3.3-Н	0,23	6
3.4-Н	0,23	6
4.1-Н	0,23	6
4.2-Н	0,23	6
4.3-Н	0,23	6
4.4-Н	0,23	6
3-ЛО	0,35	6
4-ЛО	0,35	6
3-АО	0,48	6
4-АО	0,48	6
3-В	0,71	6
4-В	0,71	6

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была рассмотрена и разработана система электроснабжения жилого дома. Процесс проектирования включал в себя выбор оптимальных коммутационных аппаратов, кабельно-проводниковой продукции, а также электрических щитов и счетчиков. Особое внимание уделялось обеспечению безопасности и надежности функционирования электрических сетей, что является критически важным для комфортной и бесперебойной эксплуатации жилого здания.

На этапе теоретического исследования были рассмотрены основные принципы электроснабжения жилых зданий, включая расчеты нагрузок и распределение электрической энергии.

В аналитической части работы проведены детальные расчеты нагрузок на вводно-распределительные устройства (ВРУ) и системы освещения, что позволило грамотно распределить электрическую нагрузку и обеспечить эффективное функционирование всех электрических приборов в здании. Были учтены особенности распределения несимметричных нагрузок по фазам, что также способствует повышению надежности электроснабжения.

Практическая часть работы включала выбор и проверку оборудования на соответствие требованиям безопасности и эффективности. Проведенные расчеты токов короткого замыкания и проверка коммутационных аппаратов подтвердили, что выбранное оборудование соответствует необходимым стандартам и способно надежно защищать электрические сети от аварийных ситуаций.

В итоге, разработанная система электроснабжения обеспечивает надежное и безопасное функционирование жилого дома, учитывая все необходимые технические и эксплуатационные требования. Работа подтверждает, что грамотное проектирование электроснабжения является

ключевым фактором для создания комфортных условий жизни и эффективной эксплуатации здания.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа; дата введения 2 марта 2017г. – М.:Стандартинформ, 2017 – 84 с.
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под. ред. Г. М. Кнорринга. – Л., Энергия, 1976.
3. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2004. – 65 с.
4. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. - 701 с.
5. Киреева, Э.А. Электроснабжение жилых и общественных зданий / Э.А. Киреева. – М. 2005. – 206 с.
6. Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 253 с.
7. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов / Е. А. Конюхова. – М.: Издательство «Мастерство», 2001. – 188 с.
8. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для студентов высших учебных заведений.– 2-е изд. – М. : Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
9. Мукаев, А. И. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы : Практическое пособие / А.И. Мукаев – Фаменское: ИПК ТЭК, 2011.

10. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-н/Д: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
11. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АООТ ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция).
12. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектро-проект, 1993 (2-я редакция).
13. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 131 с.
14. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.
15. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т 2. Электрооборудование/Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. 592 с.: ил.
16. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М. : Колос, 2007. – 464 с.
17. Старкова, Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1987. – 386 с.
18. Филатов И.В., Гурнина Е.В.: Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие/ Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 276 с.
19. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. - М.: Энергия, 1980. – 384 с.

20. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2010. – 214 с.
21. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 9-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 964 с.
22. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 9-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 696 с.
23. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 640 с.
24. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 2. Электротехнические устройства и изделия / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 10-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2012. – 988 с.
25. Бондаренко, С. И. Электроснабжение городов : учебное пособие / С. И. Бондаренко. — Иркутск : ИРНИТУ, 2020. — 138 с
26. Бовтрикова, Е. В. Электроснабжение потребителей : учебно-методическое пособие / Е. В. Бовтрикова. — Москва : РосНОУ, 2020. — 241 с
27. Хусаев, Н. С. Электроснабжение : учебно-методическое пособие / Н. С. Хусаев, А. А. Коновалова. — Улан-Удэ : Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2019. — 92 с
28. Стрельников, Н. А. Энергосбережение в системах электроснабжения и энергопотребления : учебное пособие / Н. А. Стрельников. — Новосибирск : НГТУ, 2023. — 103 с.

Министерство науки и высшего образования  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХАКАССКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ - филиал  
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
институт  
«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.С.Торопов  
инициалы, фамилия

« 25 » 06 2024г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение многоквартирного жилого дома по адресу: г. Черногорск,  
ул. Г. Тихонова, 11 Б

тема

Руководитель

А.В.Коловский  
подпись, дата

доц. Каф. ЭМ и АТ, к.т.н.  
должность, ученая степень

А.В.Коловский  
инициалы, фамилия

Выпускник

Д.В.Мамонтов  
подпись, дата

Д.В.Мамонтов  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

И.А.Кычак  
подпись, дата

И.А. Кычак  
инициалы, фамилия

Абакан 2024