

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

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильного транспорт»
кафедра

Реконструкция системы
электроснабжения многоквартирного
жилого дома по адресу г. Абакан, ул. Крылова д. 85.

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 13.03.02. Профессиональное обучение по
профилю
«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Идентификационный код ВКР:

Выпускник _____ А.Н. Милованов
подпись, дата инициалы, фамилия

Руководитель _____ доцент каф. ЭЭ, к.т.н. Г. Н. Чистяков
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ И.А. Кычакова
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2023

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

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильного транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А. С. Горопов

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2023г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

«Реконструкция системы электроснабжения многоквартирного жилого дома
по адресу г. Абакан, ул. Крылова д. 85»

тема

Выпускник _____

подпись, дата

А.Н. Милованов

инициалы, фамилия

Руководитель _____

подпись, дата

доцент каф. ЭЭ, к.т.н. Г. Н. Чистяков

должность, ученая степень

Г. Н. Чистяков

инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2023

ABSTRACT

The final qualifying work is made on 55 pages, contains 8 figures, 7 tables, 34 sources of literature, and contains 2 applications of graphic material.

Key words: POWER SUPPLY, ENERGY SAVING, LIGHTNING PROTECTION, SHORT CIRCUIT, GROUNDING.

Brief description of the content of the WRC:

The theme of the final qualification work is "Reconstruction of the power supply system of an apartment building."

The objectives of the final qualifying work are to develop a project for the reconstruction of the power supply of a multi-storey residential building.

reconstruction of the power supply of the residential building was carried out through cable lines 0.4 kV with cables of the PV 4 brand ($1 \times 120 \text{ mm}^2$). According to the degree of reliability of power supply, the receivers of the training and production center, according to "SP 31 - 110 - 2003" [20], belong to consumers of the third category.

In the final qualifying work performed:

development of a project for the reconstruction of the power supply of a residential apartment building;

- development of a project for the power supply of a residential apartment building

- selection of the cross-section of wires and protective equipment of a residential building;

- calculation of the ground loop.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 55 страницах, содержит 8 рисунков, 7 таблицы, 34 источника литературы, и содержит 2 приложения графического материала.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ.

Краткая характеристика содержания ВКР:

Тема выпускной квалификационной работы «Реконструкция системы электроснабжения многоквартирного жилого дома».

Цели выпускной квалификационной работы — разработать проект реконструкции электроснабжения многоэтажного жилого дома.

реконструкция электроснабжение жилого дома было выполнено по кабельным линиям 0,4кВ кабелями марки ПВ 4 (1×120мм²). По степени надежности электроснабжения приемники учебно-производственного центра согласно «СП 31 - 110 – 2003» [20] относятся к потребителям третьей категории.

В выпускной квалификационной работе выполнены:

разработка проекта реконструкции электроснабжения жилого многоквартирного дома;

- разработка проекта электроснабжения жилого многоквартирного дома
- выбор сечения проводов и защитного оборудования жилого дома;
- расчет контура заземления.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Теоретическая часть	
1.1 Общая характеристика многоквартирного дома	7
1.2 Особенности проектирования систем электроснабжения жилых и общественных зданий	8
2 Аналитическая часть	
2.1 Обзор методов проектирования систем электроснабжения жилых и общественных зданий	10
2.2 Обоснование необходимости реконструкции системы электроснабжения многоквартирного жилого дома	11
3 Практическая часть	
3.1 Расчёт нагрузок квартир жилого дома.....	12
3.2 Выбор и расчёт системы электроснабжения многоквартирного жилого дома	15
3.3 Расчет токов КЗ	31
3.4 Выбор защитного оборудования системы электроснабжения многоквартирного жилого дома.....	24
3.5 Выбор и расчёт систем заземления и молниезащиты	27
3.6 Расчет стоимости схемы внешнего электроснабжения жилого дома.....	42
3.7 Выбор вводно-распределительного устройства.....	47
3.8 Анализ потерь напряжения сети многоквартирного дома и расчёт отклонения напряжения для характерных приёмников	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	54

ВВЕДЕНИЕ

В представленной работе рассматриваются вопросы реконструкции системы электроснабжения многоквартирного жилого дома. Электроснабжение жилых домов является естественной составляющей быта людей в настоящее время. Необходимо учитывать, безопасность людей, так как может быть непосредственный контакт человека с напряжением при использовании некачественных, испорченных, сломанных и не сертифицированных электроприборов. Как это часто бывает в быту, незаземленные электроприборы также могут представлять угрозу. В случае поражения электрическим током система защиты должна реагировать как можно быстрее, чтобы предотвратить поражение электрическим током. Это означает, что специальное автоматическое устройство (защитное отключение) быстро отсоединяет поврежденную, опасную часть. Поэтому, поражение человека электрическим током способно послужить причиной значительных повреждений, а иногда даже к смерти, поэтому, прежде всего, электроснабжение жилого дома должно быть максимально безопасно для человека.

Не следует забывать и о защите всей электрической системы. При проектировании и работе любой системы электроснабжения необходимо учитывать возможность нарушений и неправильной эксплуатации, включая перегрузки сети, чрезмерное или недостаточное напряжение и, возможно, наиболее распространенные и опасные короткие замыкания. Для защиты в жилых домах, а именно в квартирах, используются автоматические устройства - автоматические выключатели на различную мощность. Правильно выбранная и рассчитанная защита должна удовлетворять нормативным документам в части обеспечения требований селективности, быстродействия и чувствительности.

Объект исследования: система электроснабжения жилого дома.

Предмет исследования: вопросы реконструкция электрооборудования многоквартирного жилого дома.

Цель работы: разработка проекта реконструкции системы электроснабжения многоквартирного жилого дома.

1 Теоретическая часть

1.1 Общая характеристика многоквартирного жилого дома.

Электрооборудование шестнадцатиэтажного жилого дома выполнено в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок, СП 31-110-2003, СНИП 23-05-95, СНИП 21-02-99, СанПиН 2.2.112.1.1276-03, ГОСТ Р50571-1-15.

По степени надежности электроснабжения отнесем потребителей рассматриваемого шестнадцатиэтажного дома к потребителям второй категории надежности. Электроснабжение по второй категории надежности — это наличие дублирующих кабелей электроснабжения, которые подключается к разным трансформаторам. Перерыв в электроснабжении квартир допускается, но только на время подключения электротехническим персоналом нагрузок целого дома к работающему кабелю. Питание дома от разных трансформаторов будем осуществлять по принципу равномерного распределения нагрузки между обоими трансформаторами, но при аварии одной линии всегда нагрузка будет переводится на другой ввод.

Жилой дом — шестнадцатиэтажный, с техническим этажом и подвалом. Размеры дома в крайних осях $27,45 \times 24,00$ м. Внутри здания располагаются квартиры. Жилой дом получает электроснабжение от трансформатора ТМ-400/10/0,4 Трансформаторная подстанция (ТП) находится вне помещения жилого дома на расстоянии 50 м. Жилой дом по надежности электроснабжения относятся к третьей категории, с системой заземления TN-C-S.

Грунт в районе здания —осадочный с температурой $+10$ °С. Конструктивная схема здания —каркасная, состоящая из кирпичных стен, пустотных плит перекрытий, покрытия и монолитного железобетонного ленточного фундамента. Несущими элементами являются каркас, фундаменты и плиты перекрытий.

Технико-экономические показатели проектируемого объекта:

- размеры здания А x В x Н= $27,45 \times 24,00 \times 54$ м;
- все помещения, высотой 2,7 м;

- этажность здания: надземных этажей — 16; тех. этаж — 1;
- площадь здания: 6640,3 кв. м;
- крыша выполнена из бетонных перекрытий;
- количество квартир — 120.

1.2 Особенности проектирования систем электроснабжения жилых и общественных зданий.

Теоретической основой построения любой системы электроснабжения является схема (или несколько схем) доставки электроэнергии от источника питания к потребителям электрического тока. При этом все схемы и прилагаемые к ним расчеты должны содержаться в специальном пакете документов, который получил название – проект электроснабжения.

Проектная документация является, своего рода, перечнем предписаний, в соответствии с которыми ведется построение электросистемы в целом, а также выполняется монтаж ее отдельных элементов. А это значит, что от того, насколько профессионально разработан проект, будет зависеть надежность системы электроснабжения, а также безопасность людей, которые используют ее в своей повседневной жизни.

Рассмотрим, к примеру, проект внутреннего электроснабжения. Как правило, он разрабатывается для объектов самого разнообразного предназначения: это многоквартирные дома и офисные здания, цеха промышленных предприятий и общественные центры, магазины, больницы, вокзалы и многое другое. Каждый такой объект обладает индивидуальными особенностями и призван выполнять определенные функции. В этой связи проектирование внутреннего электроснабжения должно решать индивидуальные задачи, характерные для того или иного объекта, опираясь при этом на специфику его деятельности и на определенные нюансы, связанные с его основным предназначением.

Учесть всю индивидуальность того или иного объекта во время выполнения

проектировочных работ способен только тот специалист, который обладает большим опытом и с соответствующими знаниями. Имеются ввиду не только те знания, которые касаются выполнения электротехнических расчетов, но и те, которые связаны со строительными нормативами, с обеспечением требований электрической и пожарной безопасности, с правилами выполнения электромонтажных работ и т. д.

Грамотно составленный проект должен содержать в себе следующие документы и пояснительные материалы:

общая информация об объекте, для которого создается внутреннее электроснабжение (в некоторых случаях составляется в виде пояснительной записки);

технологические требования к осуществлению электромонтажных работ;

графические схемы электрической разводки;

схемы осветительных и силовых сетей, а также схемы расположения щитового и защитного оборудования;

расчетные таблицы, в которых отражены данные, касающиеся нагрузок на отдельные ответвления внутренних сетей и на систему электроснабжения в целом;

характеристики систем заземления и защиты от молний;

технологические предписания по прокладке внутренних кабельных линий, а также спецификация на используемые материалы и оборудование;

смета на электромонтажные работы.

Мы представили вашему вниманию перечень основных документов, который должен входить в состав полноценного проекта системы внутреннего электроснабжения, а также требования к его составлению. В заключение статьи хотелось бы немного заострить ваше внимание на однолинейной схеме электроснабжения, как на одном из основных разделов, входящих в общий пакет проектировочной документации.

На однолинейной схеме изображены все элементы, из которых состоят внутренние сети электроснабжения: все их компоненты.

2 Аналитическая часть

2.1 Обзор методов проектирования систем электроснабжения жилых и общественных зданий

Выбор метода расчета электрических нагрузок производится в зависимости от принадлежности проектируемого объекта к той или иной отрасли: промышленное предприятие, микрорайон города, многоквартирный жилой дом, сельскохозяйственный район, сельский населённый пункт, здание общежития, хостела, общеобразовательная организация, образовательная организация, дошкольная образовательная организация, специализированный дом престарелых и инвалидов, спальный корпус организации отдыха детей и их оздоровления, медицинская организация.

Методика базируется на результатах инструментальных измерений и мониторинга фактических электрических нагрузки натуральных данных по эффективности использования разрешённой электрической мощности в многоквартирных жилых домах различной этажности в городе.

2.2 Обоснование необходимости реконструкции системы электроснабжения многоквартирного жилого дома по адресу г. Абакан, ул. Крылова д.85

1. Технологическое устаревание электрооборудования и кабелей. Замена алюминиевой проводки на медную, вследствие текучести и ломкости алюминия. У любого технического оснащения есть срок службы. Старые кабели и вводно-распределительные устройства были достаточно надёжными, но не вечными. При

невозможности заменить аппаратуру на такую же приходится выполнять монтаж заново, с составлением новых схем и проекта.

2. Повышение уровня потребляемой мощности. По старым нормам на каждую квартиру выделялось 5А или 1кВт. В наше время это не актуально. Обогреватели, тёплые полы, бойлеры, чайники, электроплиты, духовые шкафы, стиральные машины, несколько телевизоров высокого разрешения и другая техника потребляют значительно больше. Следовательно, необходимо заменить кабели и устройство ввода, проводку, УЗО и автоматические выключатели жилого дома.

3. Новые нормативы законодательства 2023г. Постановления правительства о внесении изменений правил противопожарной безопасности.

3 Практическая часть

3.1 Расчёт нагрузок квартир жилого дома.

Рассматриваемый шестнадцатиэтажный жилой дом состоит из сто двадцати квартир:

- пятьдесят квартир – однокомнатные квартиры общей площадью – 37,1-46,20м²;
- пятьдесят квартир – двухкомнатные общей площадью – 60,7м²;
- семнадцать квартир – трехкомнатные общей площадью – 75,3²;
- три квартиры – четырехкомнатные общей площадью – 107м².

Первым этапом работы над системой электроснабжения жилого дома является определение расчетных электрических нагрузок для последующего выбора коммутационной аппаратуры и распределительных сетей. Правильный расчет электрических нагрузок жилого здания является залогом построения надежной системы электроснабжения.

Любая электрическая нагрузка разделяется на осветительную и силовую. Силовой нагрузкой в жилом здании является нагрузка электротепловых приборов. Поэтому суммарная электрическая нагрузка жилого здания равняется сумме из осветительной и силовой нагрузки.

Расчет электрической нагрузки жилого здания существенно отличается от расчета электрической нагрузки промышленного здания. Мощность жилых зданий приходится рассчитывать исходя из электроустановки на каждом этаже, которая не является постоянной и создает дополнительные проблемы при ее расчете. Поэтому для расчета электрической мощности жилых зданий используется метод, основанный на теории вероятности и многолетних исследованиях. Этот метод определяет нагрузку на каждую квартиру в киловаттах.

Величина удельной нагрузки также зависит от размера жилой площади каждой квартиры, числа квартир, присоединённых к данному элементу сети, вида кухонных приборов (газовые, электрические и прочие плиты). Рассматриваемое жилое здание

является полностью жилым без офисных помещений поэтому расчет электрических нагрузок будем производить по формуле [31]:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.уд}} \cdot n,$$

где $P_{\text{кв.уд}}$ – удельная нагрузка электроприемников квартир, присоединенных к линии (ТП); n – количество квартир, присоединенных к линии (ТП).

Рассчитаем нагрузку этажных щитов жилого дома:

$$P_{\text{кв.уд}} = -0,0006n + 1,037; P_{\text{кв.уд}} = 0,965 \text{ кВт};$$

$$K_o = -0,00006n + 0,1037; K_o = 0,0965;$$

Утренний максимум $P_{\text{кв.уд}} = 0,7$. Летний максимум $P_{\text{кв.уд}} = 0,8$.

Расчетная нагрузка для лифтовых установок: $P_{\text{р.л}} = K_{\text{с.л}} \Sigma^n P_{ni}$,

$$P_{\text{р.л}} = 0,8 \times 2 \times 7,5 = 12 \text{ кВт}; P_c = 24,2;$$

Расчетная нагрузка жилого дома $P_{\text{р.ж.д.}} = P_{\text{кв}} + 0,9 \times P_c$;

где $P_{\text{кв}}$ – расчетная нагрузка квартир, кВт; P_c – расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт.

$$P_{\text{кв (120кв)}} = 0,965 \times 120 = 115,8 \text{ кВт}.$$

$$P_{\text{р.ж.д.}} = 115,8 + 0,9 \times 24,2 = 137,6 \text{ кВт}$$

Значение утреннего максимума электрических нагрузок = 0,7;

Найдём полную расчетную мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \text{кВА}, \quad (2)$$

где P_p – расчетная активная мощность, кВт; Q_p – расчетная реактивная мощность, кВАр; S_p – полная расчетная мощность, кВА.

Питающие линии электроприемников жилых зданий и соответствующие им коэффициенты мощности приводятся в таблице 1.

Питающие линии электроприемников жилых зданий	Коэффициенты мощности
Квартиры с электрическими плитами	0,98
То же с бытовыми кондиционерами воздуха	0,93
Квартиры с плитами на природном, сжиженном газе и твердом топливе	0,96
То же с бытовыми кондиционерами воздуха	0,92
Общего освещения в общежитиях коридорного типа	0,95
Хозяйственных насосов, вентиляционных установок и других санитарно-технических устройств	0,8
лифтов	0,65

Таблица 1 . Коэффициенты мощности

Коэффициент $\cos\varphi$ по справочным данным [20] из таблицы 1 равен 0.98 $tg\varphi$ рассчитывается по формуле, представленной ниже,

$$tg\varphi = tg(\arccos \varphi). \quad (3)$$

Пользуясь формулой (3), считаем $tg\varphi$.

$$tg\varphi = tg(\arccos 0.98) = 0.2.$$

Находим расчетную реактивную мощность по формуле (4):

$$Q = P \times tg\varphi \text{ кВАр}. \quad (4)$$

Из полученных значений по формулам (1) и (3), рассчитываем реактивную мощность, используя формулу (4):

$$Q_p = 137,6 \times 0,2 = 27,5 \text{кВАр}.$$

Считаем полную мощность, используя формулу (2).

$$S_p = \sqrt{(137,6^2 + 27,5^2)} = \sqrt{(18934 + 756,2)} = 140,32 \text{кВА}.$$

Указывается значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается

сечение линии по допустимому нагреву, которое определяется по выражению:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_n},$$

где I_p - максимальный ток нагрузки, А; S_p - полная расчетная мощность, кВА;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение на шинах, кВ.

Токовая расчетная нагрузка считается по формуле (5).

Распределительное устройство питается от двух вводов (для питания потребителей II категории надежности). Определим номинальный ток распределительного устройства:

$$I_p = \frac{140,3}{0,38 * \sqrt{3}} = \frac{140,3}{0,66} = 212,6 \text{ А};$$

Для питания ВРУ в жилом 16-этажном здании выбирается кабель типа ПВ-1(4x120мм²) с длительно допустимым током 212,6А при подземной прокладке.

Ввод N1 – 140,3 кВт, 212,6А (жилой дом – нагрузки II категории);

Ввод N2 – 140,3кВт, 212,6А (жилой дом – нагрузки II категории).

3.2 Выбор и расчёт системы электроснабжения жилого дома

Прежде чем перейти к выбору сечения рассмотрим общие принципы выбора проводов и кабелей. Чтобы спроектировать электропроводку необходимо выбрать тип провода или кабеля, который будем использовать, а также тип сечения токопроводящего проводника и способы их прокладки. В жилых домах используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000В.

Типы проводов и кабелей определяют следующие факторы:

- материал изоляции токоведущих жил (резина, поливинилхлорид, полиэтилен и пр.);
- есть ли общие оболочки и оплетки; др.);
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- токоведущие жилы (медь, алюминий);

- гибкость токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение (круглый, плоский, самонесущий и
- назначение (для водопогружных насосов; повышенной термической стойкости и др.);
- напряжение (220, 380, 660 и 1000В);
- число токоведущих жил.

Особенности, на которые следует обращать внимание при выборе типа провода или кабеля:

- где планируется прокладка и способ монтажа (в земле, в грунте, в воздухе, в трубах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто и др.);
- характеристика помещений (сухие, сырые, особо сырые, с химически активной средой и др.);
- влияние внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ, механические внешние воздействия, наличие флоры и фауны, солнечное излучение, конструкция здания);
- напряжения питающей сети.

Выбранные для электроснабжения проводники и защитные устройства должны удовлетворять следующим условиям:

- проводить расчетный ток;
- не перегреваться;
- выдерживать кратковременные перегрузки;
- падение напряжения не должно превышать нормативных значений;
- защита проводников от перегрузок и коротких замыканий должна происходить за счет защитных устройств, таких как автоматические выключатели.

Перейдем к выбору сечения проводов и кабелей. Сечение проводов и кабелей определяют, учитывая допустимый нагрев (нормального и аварийного режимов). Выбор сечения из условий допустимого нагрева сводится к пользованию соответствующими таблицами. В таблицах указано значение сечения кабеля и провода при длительных высоких токовых нагрузках. Для того чтобы предупредить

преждевременный износ изоляции, гарантировать надежный контакт в местах соединения проводников и устранить различные аварийные ситуации.

Ниже представлена таблица 2 с указанием сечения токопроводящих жил и соответствующие им показатели токовых нагрузок [15].

Сечение токопроводящей жилы, мм	Медные жилы, проводов и кабелей			
	Напряжение, 220 В		Напряжение, 380 В	
	Ток, А	Мощность, кВт	Ток, А	Мощность, кВт
1,5	19	4,1	16	10,5
2,5	27	5,9	25	16,5
4	38	8,3	30	19,8
6	46	10,1	40	26,4
10	70	15,4	50	33,0
16	85	18,7	75	49,5
25	115	25,3	90	59,4
35	135	29,7	115	75,9
50	175	38,5	145	95,7
70	215	47,3	180	118,8
95	260	57,2	220	145,2
120	300	66,0	260	171,6

Таблица 2 — Сечения жил проводов и соответствующие им токовые нагрузки

Расчет мощности групповых сетей в квартире, выбор автоматов и проводов

Расчет сечения провода будет зависеть от показателя суммарной мощности, потребляемой электрическими приборами в квартире. Она может рассчитываться индивидуально, или по средним характеристикам. В таблице 3 представлены средние характеристики для электроприборов для однокомнатных и двухкомнатных квартир. В освещении применяем светодиодные светильники и лампочки.

Зная показатель мощности, определяем номинальную силу тока по формуле (6):

$$I_{\text{дл. линии}} = \frac{P \cdot K_0}{U \cdot \cos \varphi}, \quad (6)$$

где $I_{\text{дл. линии}}$ - длительный ток линии, А; P - мощность, Вт; K_0 - коэффициент одновременности; U - номинальное напряжение, В.

Наименование	Коэффициент спроса (Kс)	Мощность (P), Вт	Приведенная мощность (P), Вт
Освещение	0,7	500	350
Итого:	0,7	500	350
Розеточная группа кухни			
Электрическая плита	0,8	8500	6800
Холодильник	0,7	200	140
Вентилятор	0,7	300	210
Посудомоечная машина	0,2	300	60
Микроволновка	0,3	1000	300
Чайник	0,3	2200	600
Мясорубка	0,2	1200	240
Телевизор	0,6	200	120
Стиральная машина	0,2	2000	400
Бойлер	0,3	2000	600
Другие потребители	0,3	300	90
Итого:	0,3125	19400	6060
Розеточная группа жилых помещений			
Телевизор	0,6	400	240
Компьютер	0,7	450	315

МФУ	0,5	20	10
Пылесос	0,2	700	140
Обогреватель	0,7	500	350
Пылесос	0,3	1200	400
Утюг	0,2	1200	300
Фен	0,4	700	360
Вентилятор	0,4	100	40
Другие потребители	0,3	500	150
Итого:	0,325	4500	1450
Итого по квартире:	0,45	15000	4460

Таблица 3. Квартирные группы электросетей и потребители однокомнатных и двухкомнатных квартир

Пятьдесят квартир – однокомнатные и пятьдесят квартир – двухкомнатные, рассчитаем для них. Используя формулу (6), определяем номинальную силу тока для кухонной группы:

$$I_{\text{дл. линии}} = \frac{6060 \cdot 0,7}{220 \cdot 0,96} = \frac{6650}{211,2} = 31,2 \text{ А,}$$

Освещение:

$$I_{\text{дл. линии}} = \frac{500 \cdot 0,7}{220 \cdot 0,96} = \frac{350}{211,2} = 1,6 \text{ А,}$$

Розеточная группа жилых помещений:

$$I_{\text{дл. линии}} = \frac{8630 \cdot 0,7}{220 \cdot 0,96} = \frac{6041}{211,2} = 28,6 \text{ А,}$$

Итого в среднем $I_{\text{дл. линии}} = 61,4 \text{ А}$ приходится на однокомнатную и двухкомнатную квартиры.

В таблице 4 представлены средние характеристики для электроприборов трёхкомнатных и четырёхкомнатных квартир повышенной комфортности. Семнадцать квартир – трёхкомнатные и три четырёхкомнатные, рассчитаем для них. По формуле (6), определяем номинальную силу тока для кухонной группы:

$$I_{\text{дл. линии}} = \frac{9660 \cdot 0,7}{220 \cdot 0,96} = \frac{6710}{211,2} = 31,8 \text{ А,}$$

$$I_{\text{дл. линии}} = \frac{18990 \cdot 0,7}{220 \cdot 0,96} = \frac{13300}{211,2} = 63 \text{ А,}$$

Итого в среднем $I_{\text{дл. линии 3-4}} = 63 \text{ А}$ приходится на трёхкомнатные и четырёхкомнатные квартиры.

Все остальные группы просчитываем точно так же и заносим в таблицу

Наименование	Коэффициент спроса (Kс)	Мощность (P), Вт	Приведенная мощность (P), Вт
Освещение	0,7	1000	700
Итого:	0,7	1000	700
Розеточная группа кухни			
Холодильник	0,7	400	280
Электрическая плита	0,8	8500	6800
Кухонный комбайн	0,2	1900	380
Посудомоечная машина	0,2	300	60
Микроволновка	0,3	1000	300
Чайник	0,3	2200	600
Телевизор	0,6	200	120
Стиральная машина	0,2	2000	400
Бойлер	0,3	2000	600
Другие потребители	0,3	300	90
Итого:	0,3125	19500	9660
Розеточная группа жилых помещений			
Пылесос	0,3	1200	400
Утюг	0,2	1200	300
Тёплые полы	0,3	3000	1000
Кондиционер(2шт)	0,7	4800	3360
Телевизор (3шт)	0,6	600	360
Обогреватель	0,7	500	350

Фен	0,4	700	360
Музыкальный центр	0,5	200	100
Компьютер	0,7	450	315
Другие потребители	0,3	500	150
Итого:	0,45	10750	8630
Итого по квартире:	0,45	30250	15400

Таблица 4. Квартирные группы выбранных проводов и автоматов для трёхкомнатных и четырёхкомнатных квартир.

$$I_{\text{дл.линии}} = \frac{15400 \cdot 0,7}{220 \cdot 0,96} = \frac{10770}{211,2} = 51 \text{ А,}$$

Группы общего потребления просчитываем точно так же и заносим в таблицу

Наименование	Коэффициент спроса (Кс)	Мощность (Р), Вт	Приведенная мощность (Р), Вт
Освещение общедомовых помещений	0,5	3000	1500
Светоградительные огни	0,5	200	100
Лифтовое оборудование	0,9	7500	6300
Лифтовое оборудование	0,9	7500	6300
Видеонаблюдение	0,9	1000	900
Система оповещения о пожаре	0,3	500	150
Оборудование системы диспетчеризации (АСУ)	0,5	2300	1150
Системы безопасности и связи	0,3	1000	300
Насосные станции	0,85	2000	1700
Системы противопожарных устройств	0,7	500	350
Итого:	0,77	24200	18600

Таблица 5. Группы общего потребления

$$\text{Итого } I_{\text{дл.линии}} = \frac{18600 \cdot 0,7}{220 \cdot 0,96} = \frac{13020}{211,2} = 61,6 \text{ А,}$$

3.4 Выбор защитного оборудования системы электроснабжения многоквартирного жилого дома.

Любое электрооборудование должно быть защищено устройствами автоматического отключения в случае появления перегрузок, коротких замыканий (сверхтоков) или для предотвращения утечки тока, приводящие к возгоранию проводки и пожарам. Сверхток – это любой ток, превышающий номинальный. Обычно сверхтоки появляются, когда случаются перегрузки или короткие замыкания в электроустановках.

Защитная аппаратура автоматического отключения представляет собой следующие виды устройств: плавкие предохранители, автоматические выключатели и дифференциальные автоматические выключатели.

УЗО должны устанавливаться в местах, где имеется доступ для обслуживания и осмотра к распределительным устройствам и сборкам аппаратов управления, расположенным в помещениях, где риск поражения электрическим током невелик.

Выбор мест установки УЗО для групповых цепей в зданиях должен включать участки групповых электрических цепей (розеточные группы, стиральные машины, помещения с высоким риском поражения электрическим током из-за пробоя изоляции), где риск поражения людей электрическим током при прикосновении к токоведущим или открытым проводящим частям электрооборудования наиболее высоки где существует вероятность того, что цепь станет активной. Помещения с высоким риском поражения электрическим током и т.д.) должны рассматриваться для включения в сферу установки УЗО в первую очередь.

УЗО, предназначенные для противопожарной защиты, должны быть установлены у главного входа в здание.

В жилых комплексах УЗО рекомендуется устанавливать в групповых шкафах, включая квартирные, а также могут быть установлены в этажных распределительных шкафах; раздел 1.7.153 ПУЭ (7-издание) гласит: «УЗО для защиты розеточных цепей следует устанавливать в распределительных щитах» (групповых, квартирных).

В цепях радиального типа с большим количеством исходных групп рекомендуется устанавливать общий автоматический выключатель ответвления и отдельные УЗО для каждой группы (потребителя), при этом параметры УЗО выбираются соответствующим образом для обеспечения селективности.

Селективность-согласование характеристик последовательно установленных устройств защиты таким образом, чтобы в случае аварийной ситуации срабатывал только та часть питающей линии или цепи, на которой произошло повреждение.

При выборе места установки УЗО в здании следует учитывать способ подключения, строительные материалы, назначение УЗО, требования электробезопасности, параметры УЗО, класс здания и электропроводку приборов. Во взрывоопасных зонах УЗО должны устанавливаться в распределительных щитах со степенью защиты IP44 или выше, а на открытом воздухе-со степенью защиты IP54 или выше.

Рассматриваем устройства автоматического отключения (УЗО), автоматические выключатели и дифференциальные автоматические выключатели, руководствуясь нормативной литературой [20]. Произведем расчет для выбора автоматических выключателей, чтобы защитить электроприёмники и линии групповых сетей от токов короткого замыкания.

Автоматические выключатели выбираем исходя из условий (7), (8), (9):

$$I_{н.а.} \geq I_{н.р.} \quad (7)$$

$$U_{н.а.} \geq U_{сети.} \quad (8)$$

$$I_{н.р.} \geq I_{дл. линии.} \quad (9)$$

где $I_{н.р.}$ - номинальный ток расцепителя автомата, А; $I_{н.а.}$ - номинальный ток автомата, А; $I_{дл. линии}$ - длительный ток линии, А; $U_{н.а.}$ - номинальное напряжение автомата, В; $U_{сети}$ - номинальное напряжение сети, В.

В качестве примера выбираем автоматы для кухонной группы розеток с номинальной силой тока 31,5 А, посчитанной по формуле (6) и исходя из условий (7), (8), (9).

$$I_{н.р.} \geq 31,5 \text{ А.}$$

Выбираем автомат с номинальным током $I_{н.а} = I_{н.р.} = 32 \text{ А}$.

Рассчитываем ток мгновенной отсечки автомата категории С по формуле

(10):

$$I_{уст} \geq K_0 \times I_{ном} \quad (10)$$

Где $I_{уст}$ - ток мгновенного срабатывания автомата, А; $I_{расч}$ - расчетный ток группы розеток, А; K_0 - кратность тока мгновенной отсечки автомата категории С.

$$I_{уст} = 10 \times 32 = 320 \text{ А}.$$

Если перегрузка кратно (в 10 раз) превышает номинальный ток автоматического выключателя, происходит мгновенное отключение автоматического выключателя. Согласно нормативам, данная группа розеток должна быть защищена не только автоматическим выключателем, но и устройством защитного отключения (УЗО). В качестве альтернативы требуется дифференциальный автоматический выключатель, представляет собой уникальное устройство, в котором одновременно сочетаются функции автоматического выключателя и защитные свойства УЗО. При этом, ток утечки УЗО должен составлять не менее 0,3 А. По произведенным расчетам и требованиям ПУЭ выбираем дифференциальный автомат с номинальным током расцепителя, превышающим значение 31,5 А и током утечки не менее 0,3 А. Таковым является дифференциальный автомат ИЕК 2п 32А/30мА АД-12 с номинальным током расцепителя $I_{н.р.} = 32 \text{ А}$.

На основе рассчитанного номинального тока выбирается силовой проводник в соответствии с номинальным током автоматического выключателя и сверхтоком короткого замыкания. Выбор площади поперечного сечения в соответствии с условиями нагрева требует сравнения рассчитанного максимального тока с допустимым током для данного типа проводника и условий его монтажа. При этом необходимо соблюдать следующие соотношения:

$$I_p \leq I_{д.} \quad (11)$$

Допустимый непрерывный ток кабеля основан на нормальных условиях монтажа (температура воздуха +25°C, температура земли +15°C, с прокладкой только одного проводника на стыке). Если условия прокладки проводников отличаются от

нормальных, допустимый ток нагрузки корректируется в зависимости от температуры и количества кабелей, проложенных рядом друг с другом. Тогда сечение кабеля выбираем из условия (12):

$$I_d \geq I_p / (K_1 \cdot K_2), \quad (12)$$

Где I_d - допустимый ток для кабеля, А; I_p - расчетный ток потребителя, А; K_1 - коэффициент, учитывающий число рядом работающих кабелей; K_2 - коэффициент, учитывающий отклонение температуры окружающей среды от нормированной.

Например, определим сечение кабеля для подключения кухонной группы. Кабель прокладываем в штробе с температурой около +25 °С, число рядом

проложенных кабелей принимаем равным единице. В этом случае коэффициенты равны $K_1=1$, $K_2=1$. Допустимый ток определится согласно условию (12):

$$I_d \geq 31,5 / 1 \times 1 = 31,5 \text{ А.}$$

Согласно ПУЭ [15] для питания групп розеток потребителей выбираем кабели марки ВВГнг. Определяем величину допустимого тока и сечение кабельной жилы, используя таблицу допустимых значений токов для провода. В результате выбираем кабель с допустимым током $I_{\text{доп}}$ превышающим 31,5А,

кабель марки ВВГнг-3х4, для которого допустимый ток равен 38 А.

Выбранный кабель проверяем на соответствие аппарату защиты. Так как групповая электрическая сеть квартиры должна быть защищена от перегрузки в соответствии с пунктом 3.1.11 ПУЭ [15], то:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{уст}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{уст}}$ - ток уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенного действия расцепитель, А; $I_{\text{доп}}$ - допустимая токовая нагрузка проводника, защищаемого от токов КЗ и перегрузки, А.

Аналогично выбираем кабели и для всех остальных потребителей, результаты заносим в таблицу 4.

Потребители электроэнергии	I _p , А	Марка автомата и УЗО	Марка кабеля	Примечание
Жилой дом	212,6	Schneider Electric E2C250F 18 KA 400В 3П3Т 250 А	ПВ-1(4x120мм ²)	Рекомендации СП 31-110-2003. Пункт 6.2
Общедомовое потребление	61,6	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 63А	ПВ-1 (4x10мм ²)	Расчеты
Распределительная сеть по подъезду	60	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 63А	ПВ-1 (4x10мм ²)	РМ 2696-01 Пункт 3.2
Распределительная сеть к квартирным щиткам	51	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 63А УЗО IEK ВД1-63S 4P 63А 300мА IEK УЗДП 63-1IEK ВА 47-29(С)4,5кА	ПВ-1 (4x6мм ²)	Рекомендации СП 31-110-2003. Пункт 6.2 ППБ-2023 Пункт 32 РМ 2696-01 Пункт 3.2
Розетка на кухне электроплита	8,5	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 32А	ВВГнг (3x4мм ²)	Расчеты
Розеточная группа кухни в квартире	31,5	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 32А	ВВГнг (3x2,5мм ²)	Расчеты
Розеточная группа жилых помещений в квартире	28,6	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 40А	ВВГнг (3x2,5мм ²)	Расчеты
Освещение в квартире	3,3	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 6А	ВВГнг (3x1,5мм ²)	ПУЭ 7.1.34
Общедомовое освещение	0,5	IEK ВА 47-29(С)4,5кА 1А	ВВГнг (3x1,5мм ²)	ПУЭ 7.1.34

Таблица 4. — Таблица выбранных проводов и автоматов для однокомнатных и двухкомнатных квартир.

Потребители электроэнергии	I_p , А	Марка автомата и УЗО	Марка кабеля	Примечание
Жилой дом	212,6А	Schneider Electric EZC250F 18 КА 400В 3П3Т 250 А	ПВ-1(4x120мм ²)	Рекомендации СП 31-110- 2003. Пункт 6.2
Распределительная сеть по подъезду.	60	IEK ВА 47- 29(С)4,5кА 63А	ПВ-1 (4x10мм ²)	РМ 2696-01 Пункт 3.2
Распределительная сеть к квартирным щиткам	31,8	IEK ВА 47- 29(С)4,5кА 63А УЗО IEK ВД1-63S 4P 63А 300мА IEK УЗДП 63-1IEK ВА 47-29(С)4,5кА	ПВ-1 (4x6мм ²)	РМ 2696-01 Пункт 3.2 ППБ-2023 Пункт 32
Розетка на кухне электроплита	8,5	IEK ВА 47- 29(С)4,5кА 32А	ВВГнг (3x4мм ²)	Расчеты
Розеточная группа кухни в квартире	36,5	IEK ВА 47- 29(С)4,5кА 40А	ВВГнг (3x2,5мм ²)	Расчеты
Розеточная группа жилых помещений в квартире	15,9	IEK ВА 47- 29(С)4,5кА 16А	ВВГнг (3x2,5мм ²)	Расчеты
Освещение в квартире	0,98	IEK ВА 47- 29(С)4,5кА 10А	ВВГнг (3x1,5мм ²)	ПУЭ 7.1.34
Общедомовое освещение	0,5	IEK ВА 47- 29(С)4,5кА 10А	ВВГнг (3x1,5мм ²)	ПУЭ 7.1.34

Таблица 5. — Таблица выбранных проводов и автоматов для трёхкомнатных и четырёхкомнатных квартир.

Избираем сечение проводов группы розеток кухни. Сечение проводов должно удовлетворять условию (13). Для группы кухонных розеток мгновенный ток автоматического выключателя составляет $I_{уст} = 320$ А согласно расчетам (10), ток мгновенного срабатывания автомата:

$$I_{\text{доп}} \geq 320 \text{ А.}$$

Этому условию соответствует медный провод ВВГнг 3х4мм² $I_{\text{доп}}=430\text{А}$, результаты выбора заносим в таблицу 5.

Выбор автоматов, проводов и кабелей для жилого дома исходя из посчитанных токов и нагрузок с учетом коэффициентов использования, одновременности заносим в таблицу 4.

ИЕК УЗДП 63-1- Противопожарные устройства защиты при дуговом пробое или опасном искрении в электропроводке.

Защита потребителей от дугового пробоя или опасного искрения в электропроводке.

Защита однофазных потребителей от скачков, длительных перенапряжений, возникающих в результате аварий на линии (обрыв нуля, перехлестывание проводов и пр.)

Варисторная защита электрооборудования от высоковольтных импульсных скачков сетевого напряжения (коммутационные помехи, удалённые грозовые разряды и пр.)

Номинальный ток коммутации AC1 (63А) при напряжении 250В.

Сохраняет работоспособность в широком диапазоне напряжения питания - 70...440В

Климатическое исполнение УХЛ4 (-250С...+550С) или УХЛ2 (-400С...+550С).

Перегрузки из-за чрезмерной мощности или короткого замыкания. Пожар может возникнуть, если выбран неправильный выключатель/пара проводов. При правильном выборе номинала предохранителя и сечения провода (если не экономить) пожара не произойдет. Работает тепловая защита в случае перегрузки и электромагнитная защита в случае короткого замыкания.

Искрение электропроводки из-за плохого контакта или частичного пробоя цепи (последовательный пробой). GFCI в таких случаях бесполезен, даже при правильно выбранном АВВ, так как ток дуги меньше или равен нормальному току вцепи.

Дуга, вызванная контактом между предметами, которые не должны соприкасаться из-за плохой изоляции или смещения находящихся под напряжением частей проводки (параллельное замыкание). В случае параллельного замыкания ток в цепи может быть больше или меньше нормального тока, но продолжительность и уровень разрывного тока, скорее всего, будут недостаточными для активации автоматического выключателя (неполное короткое замыкание). Однако его может быть достаточно для воспламенения одежды вблизи искрящей розетки!

ТКП-339-2022 **8.1.3** Для защиты внутренних сетей жилых и общественных зданий от грозových и коммутационных перенапряжений во вводном или вводно-распределительном устройстве здания должны устанавливаться ограничители импульсных перенапряжений. Рекомендуется установка устройств защиты от искрения. Как правило, в зданиях, имеющих помещения с взрывоопасными и пожароопасными зонами, определенными согласно [8], должна выполняться установка устройств защиты от искрения.

ППБ-2023 **Пункт 32** «Электроустановки зданий общежитий, хостелов, общеобразовательных организаций, образовательных организаций с наличием интерната, дошкольных образовательных организаций, специализированных домов престарелых и инвалидов (не квартирных), спальных корпусов организаций отдыха детей и их оздоровления, медицинских организаций, предназначенных для осуществления медицинской деятельности, оборудуются устройствами защиты от дугового пробоя, которые поддерживаются в исправном состоянии. Оборудование таких зданий, введенных в эксплуатацию до 1 марта 2024 г., указанными устройствами защиты осуществляется при их реконструкции или капитальном ремонте».

3.3 Расчет токов КЗ

Расчеты токов короткого замыкания (КЗ) выполняются для:

выбора и проверки электрооборудования по электродинамической и термической стойкости;

определения установок и обеспечения селективности срабатывания защиты на вводах в квартиру.

Это в первую очередь относится к выбору автоматических выключателей.

Основными документами, регламентирующими порядок расчета токов короткого замыкания, являются: [25]; [17].

Различные методики расчетов токов КЗ достаточно подробно отражены в технической литературе. В настоящей работе на основании опубликованных материалов приведены только те данные, которые необходимы для расчетов токов КЗ при выполнении проектов электроснабжения элитного жилища и, в первую очередь, для электроснабжения жилых домов.

При расчетах токов КЗ в электроустановках до 1 кВ необходимо учитывать активные и индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутого контура, включая силовые трансформаторы, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей и проводники. Необходимо также учитывать:

- изменение активного сопротивления проводников в короткозамкнутой цепи вследствие их нагрева при коротком замыкании;
- сопротивление электрической дуги в месте короткого замыкания.

При составлении эквивалентных схем замещения параметры элементов исходной расчетной схемы следует приводить к ступени напряжения сети, на которой находится точка КЗ.

При расчетах токов КЗ допускается:

- максимально упрощать всю внешнюю сеть по отношению к месту КЗ, представив ее системой бесконечной мощности с нулевым сопротивлением;
- принимать коэффициенты трансформации трансформаторов равными отношению средних номинальных напряжений тех ступеней

напряжения, которые связывают трансформаторы. Значения средних номинальных напряжений: 10,5; 6,3; 0,4; 0,23 кВ.

В электроустановках, получающих питание непосредственно от сети энергосистемы принято считать, что понижающие трансформаторы подключены к источнику неизменного по амплитуде напряжения через эквивалентное индуктивное сопротивление системы.

Значение этого сопротивления, приведенное к ступени низшего напряжения сети.

Расчет токов трехфазного КЗ заключается в определении:

- начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ;
- апериодической составляющей тока КЗ в начальный и произвольный момент времени; ударного тока КЗ.

1.6 Расчет трехфазного короткого замыкания

Определим ток КЗ на вводе в жилой многоквартирный дом из приведенных ниже условий:

- жилой дом питается от распределительного пункта (РП) энергосистемы по ВЛ-10 кВ через трансформатор 10/0,4 кВ, мощностью 400 кВ*А;
- электроснабжение жилого дома осуществляется кабельной линией 0,4 кВ длиной 100 м;
- кабель с медными жилами сечением $4 \times 120 \text{ мм}^2$ (рисунок 1);
- мощность КЗ на шинах РП-10 $S_{к.з} = 200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Расчетная схема и схема замещения представлены на рисунке 14. Учитывая, что длина линии 10 кВ от РП 10 кВ системы до трансформаторной подстанции менее 1 км, то в соответствии с ГОСТ 28249-93 в расчетах токов КЗ линия может не учитываться.

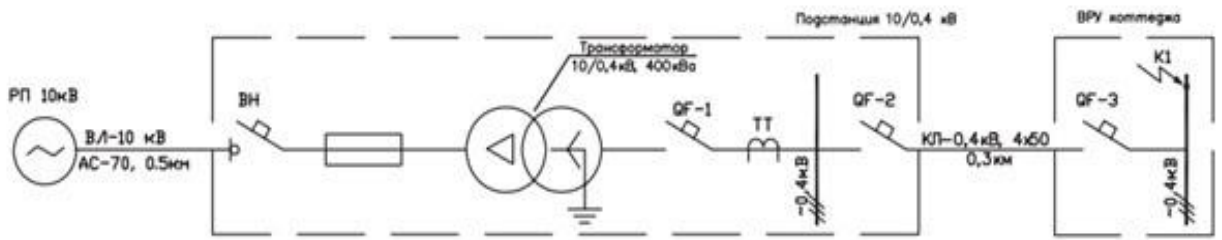


Рисунок 1. — Схема электроснабжения жилого многоквартирного дома

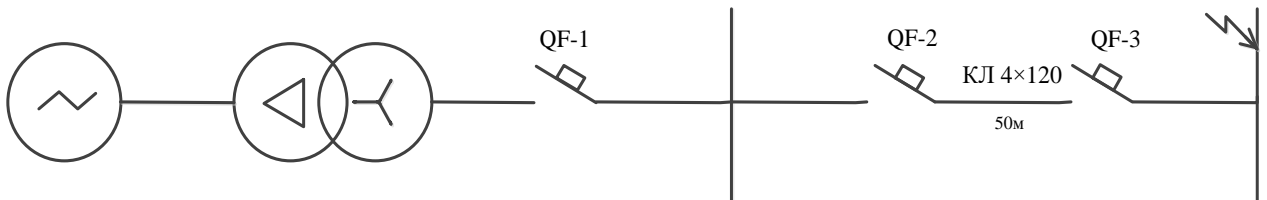


Рисунок 2. — Расчетная схема (а) и схема замещения (б) электроснабжения жилого дома

Определение сопротивлений схемы замещения:

- сопротивление системы рассчитывается по формуле (20):

$$X_c = \frac{U_{\text{СР.Н.Н}}^2}{S_k} * 10^{-3} = \frac{400^2}{200} * 10^{-3} = 0,8 \text{ МОм};$$

- сопротивление трансформатора 400 кВА, $x_T=17,1$ мОм, $r_T=5,5$ мОм по формуле

$$(21): Z_T = \sqrt{(r_T^2 + x_T^2)} = 18 \text{ мОм}; \quad (21):$$

Raschet.info

Таблица 2.4

Активные и индуктивные сопротивления трансформаторов 6(10)/0,4 кВ [28], мОм

Мощность трансформатора, кВ·А	u_k , %	$x_{1T} = x_{2T}$	x_{0T}	$r_{1T} = r_{2T}$	r_{0T}	$\frac{z_T^{(1)}}{3}$
Соединение обмоток Y/Y						
100	4,5	64,7	581,8	31,5	253,9	260
160	4,5	41,7	367	16,6	150,8	162
250	4,5	27,2	234,9	9,4	96,5	104
400	4,5	17,1	148,7	5,5	55,6	65
630	5,5	13,6	96,2	3,1	30,3	43
1000	5,5	8,5	60,6	2,0	19,1	27
1000	8	12,6	72,8	2,0	19,1	33,6
1600	5,5	4,9	37,8	1,3	11,9	16,6
Соединение обмоток Δ/Y						
100	4,5	66	66	36,3	36,3	75,3
160	4,5	43	43	19,3	19,3	47
250	4,5	27	27	10,7	10,7	30
400	4,5	17	17	5,9	5,9	18,7
630	5,5	13,5	13,5	3,4	3,4	14
1000	5,5	8,6	8,6	2,0	2,0	9
1000	8	12,65	12,65	1,9	1,9	12,8
1600	5,5	5,4	5,4	1,1	1,1	5,7
2500	6	3,8	3,8	0,6	0,6	3,85

Таблица 4. — Активные и индуктивные сопротивления трансформаторов
6(10)/0,4кВ

- переходное сопротивление электрических контактов (пункт 2.5 [25]),

$R_k = 0,1$ мОм. Сопротивление автоматических выключателей и трансформатора
смотрится по таблице в нормативной литературе [17];

- сопротивление КЛ-0,4 кВ, сечением 4х50, длиной 300 метров.

$$r_0 = 0,43 \text{ мОм/м,}$$

$$X_0 = 0,086 \text{ мОм/м,}$$

$$r_{\text{КЛ}} = 0,43 \cdot 300 = 129 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{КЛ}} = 0,086 \cdot 300 = 25,8 \text{ мОм.}$$

- сопротивление контура КЗ активное:

$$r_{\text{к.з.}} = r_T + r_K + r_{\text{QF1}} + r_{\text{T.T}} + r_{\text{QF2}} + r_{\text{КЛ}} + r_{\text{QF3}} = 5,4 + 0,1 + 0,41 + 0,2 + 1,1 + 129 + 1,3 = 137,5$$

мОм;

- сопротивление контура КЗ реактивное:

$$X_{\text{к.з.}} = X_C + X_T + X_{\text{QF1}} + X_{\text{T.T}} + X_{\text{QF2}} + X_{\text{КЛ}} + X_{\text{QF3}} = 0,8 + 17,1 + 0,13 + 0,3 + 0,5 + 25,8 + 0,7 = 45,3$$

мОм.

- полное сопротивление цепи КЗ:

$$Z_{\text{к.з.}} = \sqrt{r_{\text{к.з.}}^2 + x_{\text{к.з.}}^2} = \sqrt{137,5^2 + 45,3^2} = 145 \text{ мОм.}$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{U_{\text{ср. н. н.}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{к.з.}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 145} \approx 1,6 \text{ кА.}$$

Апериодическая составляющая тока КЗ в начальный момент КЗ:

$$I_{a0} = \sqrt{2} \cdot 1,6 = 2,25 \text{ кА,}$$

где I_{a0} - наибольшее начальное значение апериодической составляющей тока КЗ.

Апериодическая составляющая в произвольный момент времени t

рассчитывается по формуле (22):

$$i_{at} = I_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_a}} \quad (22)$$

где t - время, с;

T_a - постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ;

$$T_a = \frac{X_{к.з}}{\omega r_{к.з}} \quad (23)$$

В нашем случае:

$$T_a = 45,3314 \cdot 137,5 = 0,001 \text{ с.}$$

Апериодическая составляющая затухает примерно через 0,002 с и ее можно не учитывать.

Ударный ток КЗ:

$$I_{уд.} = \sqrt{2} \cdot I_{к.з} \cdot k_{кд.} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 1 = 2,25 \text{ кА,}$$

где $k_{уд.} = 1$ - по кривой из соотношения:

$$\frac{X}{R} = \frac{45,3}{137,5} \approx 0,33 < 0,5.$$

Расчет токов однофазных коротких замыканий в сетях до 1 кВ выполняется для обеспечения надежной работы защиты при минимальных значениях тока КЗ в конце защищаемой линии.

Расчетная точка однофазного КЗ - электрически наиболее удаленная точка участка сети, защищаемая выключателем.

В соответствии с требованиями (ПУЭ) для надежного отключения поврежденного участка сети наименьший расчетный ток короткого замыкания должен превышать номинальный ток плавкой вставки или номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, защищающего этот участок сети, с обратнозависимой от тока характеристикой не менее чем в три раза.

Если автоматический выключатель имеет только мгновенно действующий расцепитель (отсечку), то наименьший расчетный ток короткого замыкания должен превышать уставку отсечки не менее чем в 1,4 раза.

Расчет токов однофазных КЗ является более сложным, так как в этом случае помимо учета сопротивления в прямой цепи короткого замыкания (в фазе) необходим учет сопротивления и в цепи зануления (в обратной цепи). Когда для зануления используются стальные трубы, обрамления кабельных каналов и другие строительные

конструкции, в решении вопроса о сопротивлении цепи короткого замыкания появляется много неопределенностей.

Кроме того, однофазные короткие замыкания относятся к несимметричным, что вносит в расчет дополнительные сложности.

Расчет токов однофазных КЗ можно выполнять методом симметричных составляющих или по сопротивлению петли фаза-ноль.

Метод симметричных составляющих предложен для упрощения расчетов несимметричных КЗ. Сущность этого метода состоит в замене несимметричной системы токов трехфазной сети при однофазном коротком замыкании тремя симметричными системами: прямой, обратной и нулевой последовательности. Симметричные системы являются достаточно простыми для теоретического расчета. При практическом использовании этого метода часто возникают затруднения из-за отсутствия справочных материалов по сопротивлениям нулевой последовательности для принятого варианта выполнения цепи зануления.

При расчете токов однофазного КЗ по сопротивлению петли фаза-ноль используется закон Ома, но встречаются те же затруднения с исходными данными.

Оба метода должны давать один и тот же результат и теоретически могут быть выведены один из другого. Точность расчета определяется только точность исходных данных.

В основу расчета токов однофазных КЗ положен метод симметричных составляющих, который более подробно рассматривается ниже [25].

Расчет однофазного КЗ методом симметричных составляющих производят по формуле (24):

$$I_1 = \frac{U_{\text{л}}\sqrt{3}}{\sqrt{(2R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}$$

где I_1 – действующее значение периодической составляющей тока однофазного КЗ, кА; $U_{\text{л}}$ - среднее номинальное (линейное) напряжение сети, В; $R_{1\Sigma}$ - суммарное активное сопротивление фазной цепи короткого замыкания (сопротивление прямой последовательности), мОм;

$R_{0\Sigma}$ - суммарное активное сопротивление цепи КЗ для тока нулевой последовательности (сопротивление нулевой последовательности), мОм;

$X_{1\Sigma}$ - суммарное индуктивное сопротивление фазной цепи короткого замыкания (сопротивление прямой последовательности), мОм;

$X_{0\Sigma}$ - суммарное индуктивное сопротивление цепи КЗ для тока нулевой последовательности (сопротивление нулевой последовательности), мОм.

Сопротивления обратной последовательности равны сопротивлениям прямой последовательности и в приведенной формуле (24) учитываются коэффициентом 2 перед $R_{1\Sigma}$ и $X_{1\Sigma}$.

Суммарное активное и суммарное индуктивное сопротивления фазной цепи короткого замыкания определяются по формулам (25) и (26):

3.5 Выбор и расчёт систем заземления и молниезащиты

Классификация объекта. Тип объекта – многоквартирный жилой дом. Высота 54 метра. Работой принята III категория молниезащиты в соответствии с СО 153-34.21.122-2003. III уровень защиты от прямых ударов молнии – надежность защиты от прямых ударов молнии 0,9. Комплекс разрабатываемых средств, включает устройство защиты от прямых ударов молнии (внешняя молниезащитная система) и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя). Система внешней молниезащиты. Рассчитать систему заземления 16-этажного жилого дома. Система заземления рассматриваемого дома представляет собой периметральный контур по периметру здания. Горизонтальный проводник представляет собой стальную омедненную полосу 120x5мм. В качестве вертикального электрода используется омедненный стальной электрод $d=14$ мм, $L=3$ м. Вертикальный электрод должен быть установлен вместе спуска токопровода. Расстояние от фундамента здания должно быть не менее 0,7 м. Сопротивление заземления в электроустановках с напряжением ниже 1000 В и большими токами

короткого замыкания не должно превышать 0,4 Ом. 24 вертикальных электрода должны быть установлены по периметру дома на глубине 1,5 м от верха электродов. Поэтому предполагается сопротивление $r_3 = 0,4$ Ом. Сопротивление искусственного заземлителя рассчитывается с учетом использования системы трос – опора. Это сопротивление R_n можно вычислить по формуле [23]:

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_c} \quad (1) ,$$

где r_c – сопротивление системы трос – опора.

$$\frac{1}{R_n} = 2,5 - 0,76 = 1,73 \text{ Ом}, \quad R_n = 0,57 \text{ Ом}$$

Определим сопротивление вертикального электрода по формуле [23]:

$$R_{\text{ВО}} = \frac{\rho_{\text{расч.в}}}{2 \cdot \pi \cdot l} * \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 * \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right)$$

$$R_{\text{ВО}} = \left(\frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \right) * \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,014} + 0,5 * \ln \frac{4 \cdot 3 + 1}{4 \cdot 3 - 1} \right) = 14,66,$$

где l – длина вертикального электрода, равняется 3 м; d – диаметр вертикального электрода, равный 0,012 м; t – геометрический параметр, в данном случае равный $L/2 + 1,5$, м

Определим примерное число вертикальных электродов при предварительном коэффициенте использования, принятом равным $\eta_v = 0,6$.

$$n = \frac{R_{\text{ВО}}}{\eta_v \cdot R_n}, \quad (3)$$

$$n = \frac{14,66}{0,6 \cdot 0,57} = 42,88 \quad (4)$$

Сопротивление растеканию полосы по периметру контура ($l=120$) равно

$$R_{\text{гор}} = \frac{\rho}{2 \pi L_{\text{гор}}} * \ln \frac{2 L_{\text{гор}}^2}{bh},$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м; b – ширина полосы горизонтального электрода, м; h – глубина заложения горизонтальной сетки, м; $L_{\text{гор}}$ – длина горизонтального электрода, м.

$$R_{\text{гор}} = \left(\frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 120} \right) * \ln \frac{(2 \cdot 120)^2}{(0,03 \cdot 0,5)} = \frac{150}{753,6} * \ln \frac{57600}{0,015} =$$

$$0,2 \times \ln 66,66 = 0,84 \text{ Ом},$$

Уточненное число вертикальных электродов определяется при коэффициенте использования $\eta_B = 0,57$, принятого при числе электродов порядка 20 и отношении расстояний между вертикальными электродами и их длине равном l .

$$n = \frac{14,66}{0,57 \cdot 0,57} = 45,12$$

Окончательно принимаем сорок пять вертикальных электродов. Все соединения элементов заземляющих устройств, в том числе и пересечения, выполняются сваркой внахлест.

Для защиты от удара молнии должна использоваться сетка из оцинкованной стальной проволоки диаметром 8 мм (площадь поперечного сечения 50 мм²). Должна использоваться стальная арматура ф 8 ГОСТ 5781-82. Сетка укладывается поверх изоляционного слоя и поверх стяжки кровли. Шаг ячеек не более 15x15 м. Узлы сетки соединить сваркой. Металлические конструкции на крыше (например, вентиляторы, пожарные лестницы, водостоки, ограждения и т.д.) соединяются с сеткой с помощью сварочных прутьев диаметром 8мм. Все неметаллические выступающие конструкции должны быть защищены путем прокладки проволоки по периметру конструкции и соединения ее с молниезащитной сеткой. Токоотводы располагаются по периметру жилого дома. В качестве токоотводов применить стальную оцинкованную полосу 25x5. Расположение токоотводов представлено на планах.

В качестве заземлителя используется железобетонная арматура фундамента, соединенная с помощью сварки стальной полосой 50x4 по ГОСТ 103-2006. Полоса заземления молниезащиты проложена вокруг здания, на глубине не менее 0,7 м от поверхности земли. Грунт суглинок с удельным

сопротивлением 1000 Ом·м. Протяженность горизонтального заземлителя $D=115,6$ м.

Расчетное сопротивление растеканию тока не более $R=4,0$ Ом.

Материал системы – сталь 19 .

Все соединения выполнить сваркой. Предусмотреть антикоррозийное покрытие всех открытых элементов системы молниезащиты. Для защиты контура заземления от почвенной коррозии, покрыть его элементы битумной мастикой МБР-65 (ГОСТ 15836-79), толщиной не более 0,5 мм. Заземлитель молниезащиты соединить с главной заземляющей шиной на вводном распределительном устройстве [23].

Защита от вторичных воздействий молнии

Для защиты от заноса высокого потенциала по внешним металлическим коммуникациям их необходимо на вводе коммуникаций в здание присоединить к заземлителю системы молниезащиты. Соединение выполнить стальной полосой сечением 40x5 (ГОСТ 103-2006).

Для защиты людей от шаговых напряжений и напряжения прикосновения, могущих возникнуть на полу, вокруг жилого дома. Материал системы – сталь.19

Все соединения выполнить сваркой. Предусмотреть антикоррозийное покрытие всех открытых элементов системы молниезащиты. Для защиты контура заземления от почвенной коррозии, покрыть его элементы битумной мастикой МБР-65 (ГОСТ 15836-79), толщиной не более 0,5 мм. Заземлитель молниезащиты соединить с главной заземляющей шиной на вводном распределительном устройстве [23].

Защита от вторичных воздействий молнии

Для защиты от заноса высокого потенциала по внешним металлическим коммуникациям их необходимо на вводе коммуникаций в здание присоединить к заземлителю системы молниезащиты. Соединение выполнить стальной полосой сечением 40x5 (ГОСТ 103-2006).

Для защиты людей от шаговых напряжений и напряжения прикосновения, могущих возникнуть на полу, вокруг жилого дома необходимо уложить контур. Контур выполнить из стальной полосы 40х5. Контур выполнить на горизонте +12.00, +27.00 и +39.00 м.

Все соединения выполнить сваркой.

Предусмотреть антикоррозийное покрытие всех элементов системы молниезащиты. Для защиты элементов системы от почвенной коррозии, покрыть его элементы битумной мастикой МБР-65 (ГОСТ 15836-79).

Указание по монтажу заземления трубопроводов

Дуговая разводка металлических трубопроводов должна выполняться со стороны входа в здание, в доступном месте. Подключите все внешние металлические трубопроводы к искусственному заземлителю системы внешней молниезащиты. Для соединений используйте стальные полосы 40х5. Для чугунных канализационных труб стальные хомутовые отводы 08×13. Хомуты устанавливаются на трубы, очищенные до металлического блеска, а стыки обработаны вазелином. Монтаж хомута производится в соответствии с У-ЕТ-06-89.20.

Переходное сопротивление соединения составляет не более 0,030м на контакт.

Система заземления и уравнивания потенциалов

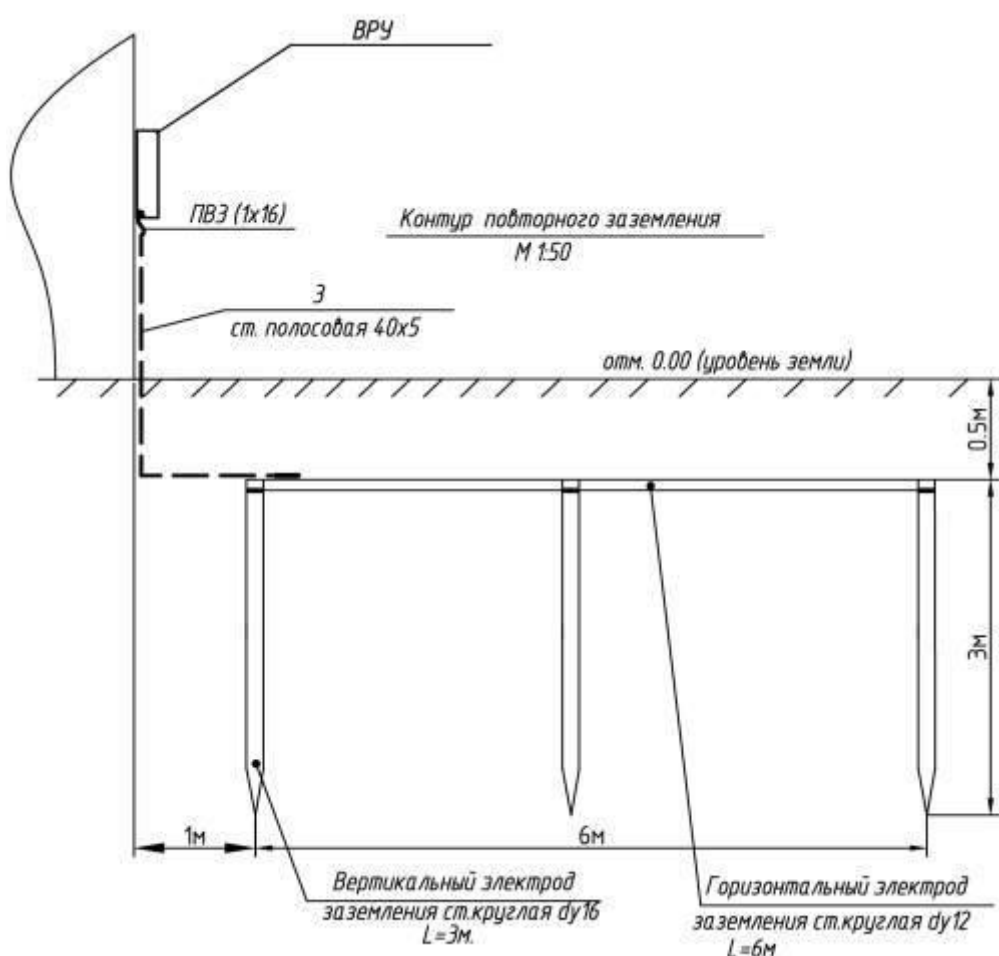
В качестве повторного заземлителя использовать контур заземления молниезащиты.

Внешний контур заземления соединить с главной заземляющей шиной. Для соединения использовать стальную полосу Ст.40х5.

Соединение выполнить сваркой. Для полосовых стальных проводников, длина сварных швов 80 мм, высота 4 мм. Соединения с трубами выполнить в соответствии с узлами, приведенными на чертеже или согласно требованиям

типового альбома серии 1-464-15. Места внешних соединений и наружные стальные соединительные проводники окрасить битумной мастикой МБР-65.

Проводники уравнивания потенциалов, не являющиеся частью кабеля, должны быть проложены вне помещения и закреплены на конструкции здания с помощью металлических скоб. Расстояние между креплениями должно быть определено вовремя монтажа. При прохождении через стены следует использовать гильзы с диаметром, обеспечивающим свободное прохождение проводника. В пожароопасных, горячих и влажных зонах допускается скрытый монтаж.



3.6 Расчет стоимости схемы внешнего электроснабжения жилого дома по адресу г. Абакан, ул. Крылова д.85

После расчета сечения кабелей и проводов, необходимо выяснить, сколько материала понадобится на монтаж проводки. Определить расход кабеля поможет схема электропроводки, созданная на основе плана жилища.

Расположение электроустановок в схеме при проектировании электропроводки должно отвечать требованиям СНиП 31-02 от 2001 года и часть 5-52 ГОСТа “Электроустановки низковольтные”.

Длина основного силового кабеля многоэтажного дома.

Расчет длины и сечения основного силового кабеля в многоэтажном доме может понадобиться при ремонте электропроводки. Возникает резонный вопрос о замене главного силового кабеля в подъезде на кабель с большим сечением.

Так как основной кабель проходит от ТП до ВРУ, рассчитать его протяженность не составит большого труда: она будет равняться расстоянию от ТП до ВРУ составит 50 метров. Укладывается кабель на слой песка и кирпичей (для предотвращения повреждения изоляции поливинилхлоридной оболочки) на глубину 0,7 метра. Общая стоимость выходит из стоимости кабеля (2600р/м), цены строительных материалов с доставкой (песок от 230р/м³, кирпич 3000р/м³) и произведённых демонтажных, земляных, строительных, электромонтажных работ и восстановительных работ.

Итого общая стоимость строительно-монтажных работ укладки кабеля составит около 300 т. р.



рис.5 Кабель ПВ-1(4x120мм²)

Таблица выбора количества кирпича для защиты прокладываемых кабелей

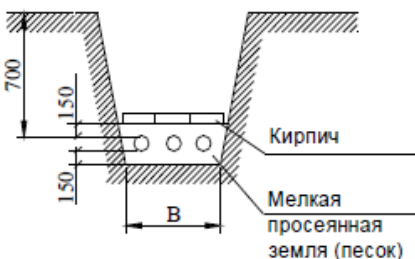
Эскиз траншеи	Тип траншеи	Ширина траншеи, В, мм.	Количество кирпича на 100м. траншеи, шт.	Схема укладки кирпича в траншее
		T-1	200	
T-2		300	834	В один ряд вдоль по узкой плоскости кирпича
T-3		400	1234	В два ряда: один вдоль по узкой, другой по широкой плоскости кирпича
T-4		500	1688	В два ряда вдоль по узкой плоскости кирпича
T-5		600		
T-6		700	2068	В три ряда: два вдоль по узкой, один по широкой плоскости кирпича
T-7		800	2502	В три ряда вдоль по узкой плоскости кирпича
T-8		900	2802	В четыре ряда: три вдоль по узкой, один по широкой плоскости кирпича
T-9		1000	3336	В четыре ряда вдоль по узкой плоскости кирпича

Таблица 6. Выбор количества кирпича

Сечение кабеля, мм ²	Марка кабеля	Общая длина прокладки кабельной линии в траншеи	Восстановление благоустройства,	Восстановление асфальтового покрытия, метров	Общая стоимость строительно-монтажных работ	Стоимость проектных работ, руб.
	Кабель ПВ-1(4x50мм ²)	100 метров	70 метров	30 метров		
70мм ²		от 230 000	от 35 000	от 50 000	от 605 000	от 95 000
120мм ²		от 245 000	от 35 000	от 50 000	от 620 000	от 95 000
150мм ²		от 270 000	от 35 000	от 50 000	от 640 000	от 95 000
185мм ²		от 290 000	от 35 000	от 50 000	от 660 000	от 95 000
240мм ²		от 310 000	от 35 000	от 50 000	от 685 000	от 95 000

Таблица.7 Стоимость работ по прокладке кабеля в земле из расчета на 100 метров

3.6 Выбор приборов учета

Рассмотрим основные требования к установке приборов учета. Установка приборов учета должна проводиться с учетом правил устройства электроустановок (ПУЭ) и Инструкций энергоснабжающих организаций. Приборы учета покупаются и устанавливаются за счет потребителей и передаются на баланс энергоснабжающей организации безвозмездно.

В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц, для счетчиков должен предусматриваться закрывающийся на замок шкаф с окошком для снятия показаний.

Разрешается установка счетчиков в неотапливаемых помещениях, а также в шкафах наружной установки, если условия эксплуатации счетчиков (технические характеристики) предусматривают возможность такой установки. Около каждого расчетного счетчика обязана быть гравировка о наименовании присоединения.

Выбор счетчика электрической энергии

Основным элементом, обеспечивающим учет электроэнергии, является счетчик электрической энергии.

Счетчик электрической энергии — интегрирующий по времени прибор, измеряющий активную и (или) реактивную энергию.

Все счетчики обладают классом точности, который представляется как число равное пределу допускаемой погрешности, выраженной в процентах. Для всех значений диапазона измерений тока — от минимального до максимального значения, коэффициентом мощности равном единице, при нормальных условиях, установленных стандартами или техническими условиями на счетчик. На щитке счетчика отмечаются цифрой в круге.

Согласно ПУЭ пункта 1.5.15, для учета электроэнергии квартир и жилых домов следует устанавливать счетчики классом точности не ниже 2,0 [15].

Для измерений электроэнергии переменного тока используются индукционные (механические) и электронные (цифровые) счетчики.

Индукционный (механический) счетчик. Принцип его работы основан на

воздействии магнитного поля неподвижных катушек, по обмоткам которых протекает ток, на подвижный элемент – диск.

Недостатками таких счетчиков являются:

- плохая (очень низкая) защита от воровства электроэнергии;
- относительно низкий класс точности (высокая погрешность);
- низкая функциональность.

Электронный (цифровой) счетчик — современное средство учёта электроэнергии. Несмотря на высокую стоимость (по сравнению с механическими счётчиками), такие счётчики имеют хорошие технические параметры и приличные сервисные функции.

Характерными отличиями данных счетчиков являются:

- высокий класс точности;
- долговечность, отсутствие подвижных деталей;
- возможность реализации многотарифной системы учета;
- возможность создания автоматизированной системы учёта потребляемой энергии (АСКУЭ);
- наличие внутренней памяти для хранения информации по потребленной электроэнергии.

В основе в целом описанного для учета электроэнергии проектируемого жилого дома по каталогу [30] предполагается установить трехфазный электронный счетчик трансформаторного включения СА4У-И672, через трансформатор тока Т-0,66 УТЗ 100/5а. Данный счётчик осуществляет измерение и учет активной энергии в трехфазных сетях переменного тока частотой 50 Гц, класс точности – 2,0.

Для квартирного учета выбираем счетчик электроэнергии однофазный СЕ101- R5. Данный счетчик осуществляет измерение активной энергии в однофазных двухпроводных цепях переменного тока [30].

3.7 Выбор вводно-распределительного устройства

Для присоединения внутренних электрических сетей электроустановок к внешним питающим кабельным линиям, а также для распределения электрической энергии и защиты от перегрузок и короткого замыкания отходящих линий служат вводные устройства (ВУ) или вводно-распределительные устройства (ВРУ).

Вводное устройство также предназначается для разграничения ответственности за эксплуатацию электрических сетей между персоналом городской сети и персоналом потребителя. За вводным устройством электрические сети находятся в ведении потребителя. При питании по одному кабелю небольших по мощности электроустановок, относящихся к третьей категории бесперебойности электроснабжения в качестве вводных устройств применяют вводные трехполюсные ящики на токи 63, 100, 250, 350 А с одним блоком «предохранители ПН-2» и выключатель. Также используются ящики ЯЗ700 с одним трехполюсным автоматическим выключателем серии АЗ700 на токи 50 - 600 А. Для трех- и пятиэтажных жилых домов в качестве вводных устройств используют шкафы серии «ШВ».

Для общественных зданий, жилых домов и небольших предприятий применяют ВРУ, выполненные в виде щитов одностороннего или двустороннего обслуживания. Любое ВРУ комплектуется из вводных и распределительных панелей или шкафов заводского изготовления. На рисунке 10 представлен шкаф вводно-распределительного устройства.



Рисунок 6 — Шкаф вводно-распределительного устройства

Распределительные панели изготавливают следующих видов:

распределительные с автоматическими выключателями на отходящих линиях, распределительные с автоматикой управления лестничным и коридорным освещением, распределительные с отделением учета. В распределительных панелях устанавливают автоматические выключатели серии АЗ7, АЕ20, АЕ1000 и АП50Б, магнитные пускатели серии ПМЛ, промежуточные реле РПЛ и пакетные выключатели ПВ, ПП.

При компоновке вводные и распределительные панели одного ввода располагаются рядом. Панели ВРУ изготавливаются заводом-изготовителем отдельными панелями с вмонтированными аппаратами и приборами, а также соединительными проводниками между панелями.

Благодаря большому разнообразию схем вводных и распределительных панелей ВРУ-УВР-8503 по заданным электрическим схемам питания внутренних сетей зданий можно скомпоновать любое ВРУ. Пример схемы вводной панели с переключателем на вводе представлен на рисунке 7

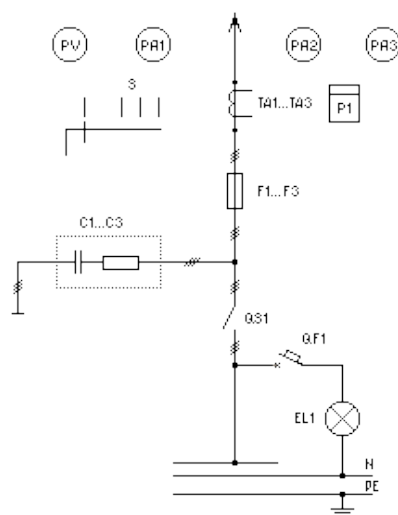


Рисунок 7 — Схема вводной панели ВРУ-УВР-8503:

обозначение	наименование
PA1, PA2, PA3	Амперметры 400/5 А
PV	Вольтметр 500 В
S	Переключатель вольтметровый
TA1, TA2, TA3	Трансформаторы тока 400/5 А
P1	Счетчик трехфазный СА4

C1, C2, C3	Конденсаторы КЗ-7с-1000В-0,47мкФ
F1, F2, F3	Предохранители ПН2-400 А
QS1	Рубильник врубной ВР32 400А
QF1	Выключатель автоматический 6А
EL	Патрон потолочный

Таблица 8 - ВРУ-УВР-8503

Помещения ВРУ (электрощитовая) расположим на первом этаже. Шкафы закрыты, рукоятки аппаратов управления внутри или съемные. ВРУ установим в сухом помещении, не подверженному затоплению. Исходя из собранной информации и расчетным токам выбираем вводно-распределительное устройство ВРУСЗМ-29-63А [31].

3.8 Анализ потерь напряжения сети многоквартирного дома и расчет отклонения напряжения для характерных электроприемников.

Наиболее наглядно анализ качества напряжения отражается эпюрой отклонения напряжения. Общее отклонение напряжения характеризуется исходной схемой электроснабжения. Величина напряжения на источнике питания за счет встречного регулирования напряжения в зависимости от режима работы следующая:

в максимальном режиме $1,05U_{НОМ}$

в минимальном режиме $U_{НОМ}$

На трансформаторных подстанциях многоквартирного дома устанавливают трансформаторы, которые имеют устройства ПБВ с пределом регулирования $\pm 2 \times 2,5\%$.

Расчет будем производить:

1. Для самого приближённого электроприемника (Квартира № 1, этаж 1);
2. Для самого удалённого (Квартира № 120, этаж 16).

$$V = \frac{(U_{ИП} - \Delta U_{участка}) - U_{Н}}{U_{Н}} \cdot 100\%.$$

Величина отклонения напряжения рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{(U_{\text{ИП}} - \Delta U_{\text{участка}}) - U_{\text{Н}}}{U_{\text{Н}}} \cdot 100\%.$$

Потери в питающей линии определяются выражением:

$$\Delta U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб}} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi).$$

Потери в трансформаторе КТП определяются выражением:

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi),$$

где β - коэффициент загрузки, U_a , U_p -соответственно активная и реактивная составляющие напряжение короткого замыкания:

$$U_p = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_a^2},$$

$$U_a = \Delta P_{\text{к.з.}} / S_{\text{ном.тр.}} \cdot 100.$$

Оценка качества напряжения для самого приближённого электроприемника.

При расчетах используем данные из предыдущих расчетов.

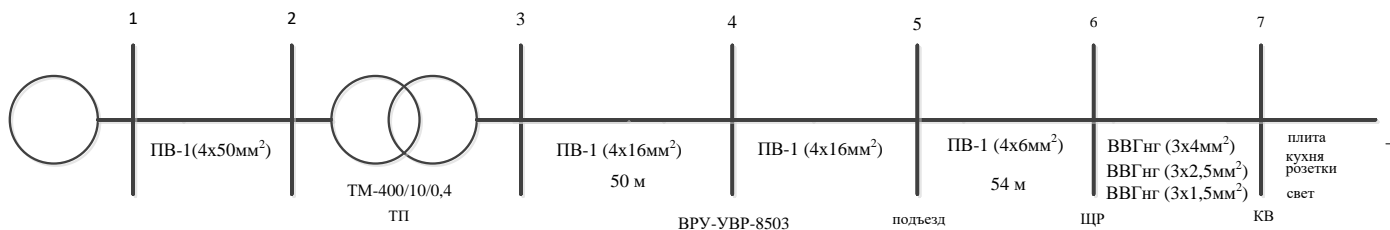


Рисунок 8. – Расчетная схема

Максимальный режим.

$U_{\text{ном}} = 10500 \text{ В}$ – напряжение ИП в максимальном режиме.

Максимальный режим.

Потери напряжения в высоковольтной линии Л, питающей один трансформатор, определены в процентах в п.13 по формуле (13.10):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%}{U_{\text{ном}}}$$

$$\Delta U_{\text{л}} = 1,68 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{\text{л}} = 1,68 * 10000/100 = 168 \text{ В}.$$

Отклонение напряжения относительно номинального в линии Л:

$$V = \frac{(10500 - 168) - 10000}{10000} \cdot 100\% = 3,32\%.$$

тогда напряжение в конце линии Л составит:

$$U_2 = 10500 - 168 = 10332 \text{ В.}$$

Вычислим потери напряжения в трансформаторе.

$$\Delta P_{\text{к.з.}} = 3,7 \text{ кВт}; S_{\text{ном.тр.}} = 250 \text{ кВА.}$$

$$U_a = \Delta P_{\text{к.з.}} / S_{\text{ном.тр.}} \cdot 100 = 3,7 / 250 \cdot 100 = 1,48 \%$$

$$U_k = 4,5\%,$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,48^2} = 4,25 \%$$

$$\beta = \frac{S_{2\text{СШ}}}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{121}{250} = 0,484.$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) =$$

$$= 0,484 \cdot (1,48 \cdot 0,94 + 4,25 \cdot 0,34) = 1,37 \%$$

$$\Delta U_{\text{тр1}} = \Delta U_{\text{тр}} \cdot \frac{U_{\text{ном}}}{100} = 1,37 \cdot \frac{10000}{100} = 137 \text{ В.}$$

Напряжение на шинах НН трансформатора, приведенное к ВН:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{\text{тр1}} = 10332 - 137 = 10195 \text{ В.}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}}, \quad K_{\text{тр}} = \frac{380}{10000} = 0,038.$$

$$U_{2\text{НН}} = U_3 \cdot K_{\text{тр}},$$

$$U_{2\text{НН}} = 10195 \cdot 0,038 = 387,41 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_3 = \frac{U_{2\text{НН}} - U_{\text{ном НН}}}{U_{\text{номНН}}} \cdot 100 = \frac{387,41 - 380}{380} \cdot 100 = 1,95 \%$$

Потеря напряжения в линии, соединяющей ТП и ВРУ:

$$\Delta U_{3-4} = 2,39 \text{ В.}$$

Напряжение в конце кабеля, у ВРУ:

$$U_4 = U_{2\text{НН}} - \Delta U_{3-4} = 387,41 - 2,39 = 385,02 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_6 = \frac{385,02 - 380}{380} \cdot 100 = 1,32 \%$$

Потери напряжения в линии от ВРУ до кв120:

$$\Delta U_{4-7} = 1,13 \text{ В.}$$

Напряжение в месте присоединения линии, питающего кв120:

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{4-5} = 385,02 - 1,13 = 383,89 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_5 = \frac{383,89 - 380}{380} \cdot 100 = 1,02 \%$$

1,02% < 10%. Условие выполняется, потери допустимы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модернизация и планирование электроснабжения дома необходимы для обеспечения комфортной жизни в обществе. Несчастные случаи, связанные с поражением электрическим током и возгоранием от искрового разряда, являются смертельными и не должны допускаться. В процессе проектирования была выбрана надежная схема электроснабжения в соответствии с действующей нормативной документацией. Согласно техническим условиям, данный жилой комплекс относится к 3-й категории по надежности электроснабжения. Электроснабжение осуществляется от подстанции ТМ-400/10/0,4. В данной дипломной работе были выполнены следующие задачи: расчет электрической нагрузки квартиры, выбор кабелей наружной и внутренней проводки и кабельных линий, расчет и выбор защитных устройств, проверка выбранных защитных устройств, расчет заземляющих устройств, выбор молниезащитных устройств.

Для питания квартир были выбраны кабели ВВГнг, которые были подвергнуты кратковременным испытаниям на сверхтоки с токами короткого замыкания. В качестве защитного устройства был выбран дифференциальный автоматический выключатель, сочетающий в себе характеристики автоматического выключателя и устройства остаточного тока (не менее 0,3 А согласно ПУЭ). Кроме того, в качестве заземляющих электродов были выбраны 20 арматурных стержней диаметром 14 мм и длиной 3 м и разработан контур заземления. Согласно нормативной литературе, в качестве молниеотвода применяем 2 стальные полосы сечением 100 мм², соединенных с контуром заземления. Молниеотводы прокладываются в стенах на расстоянии не менее 3 метров от ближайшего окна или балкона.

Для электроснабжения квартир было выбрано высококачественное электрооборудование и электромонтажные материалы.

Проект основан на реальных данных, и его результаты практически применимы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках : учеб. пособие для вузов / П. А. Долин. – М.: Энергия, 1979. – 408 с.
3. Карякин Р. Н. Заземляющие устройства электроустановок / Р. Н. Карякин. — М.: Энергосервис, 2006. — 520 с.
4. Князевский, Б. А. Охрана труда в электроустановках / Князевский Б. А. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
5. Лещинская, Т. Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.
6. Маньков, В. Д. Основы проектирования систем электроснабжения: справочное пособие/ В. Д. Маньков. – СПб: НОУ ДПО «УМИТЦ «Электросервис», 2010 – 664 с.
7. Найфельд М. Р. Заземление, защитные меры электробезопасности /М. Р. Найфельд. – М.: Энергия, 1971. – 312 с.
8. Прищеп Л.Г. Проектирование комплексной электрификации / Л.Г. Прищеп, А.П.Якименко, Л.В. Шаповалов [и др.]; под ред. Л.Г. Прищеп. – М.: Колос, 1983. – 271 с.
9. Расчет сопротивления заземления. Учебное электронное текстовое издание / под ред. А.А. Волкова, В. С. Мушников, И. А. Дряхлова, В. С. Цепелев и др. – Екатеринбург.: УрФУ, 2016. – 25 с.
10. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / под ред. А.А. Федорова. – М: Энергоатомиздат, 1986. – 586 с.
11. Тульчин И. К. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий / И. К. Тульчин, Г.И. Нудлер – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 480 с.

12. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Введ. 2016.10.19. — М., 2016
13. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Введ. 2003.01.22. — М.: Энергосервис, 168 с.
14. Приказ об утверждении правил технической эксплуатации электроустановок потребителей — Введ. 2003-01-13. — М.: Энергосервис, 2003. — 168 с.
15. ПУЭ Правила устройства электроустановок. Издание 7. — Введ. 2003-01-01. — М.: Энергоатомиздат, 369 с.
16. РМ – 2696 - 01 Временная инструкция по расчету электрических нагрузок жилых зданий, не являющиеся документом федерального уровня. — М., 2001.
17. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования РД 153-34.0-20.527-98 РАО ЕЭС России. — Введ. 1998-03-23. — М: ЭНАС, 2002. — 141 с.
18. СО-153-34.21.122-2003 инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных предприятий — Введ. 2003-06-30. — М.: ЦПТИ ОРГРЭС, 2004. — 31 с.
19. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. — Введ. 2009-05-01. — М.: ВНИИПО, 2009. — 91 с.
20. СП 31 – 110 - 2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. — М., 2004.
21. Строительные нормы и правила СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства. — Введ. 2086-07-01. — СССР, 1985. — 34 с.
22. ГОСТ 12.1.013-78 ССБТ. Строительство. Электробезопасность. — Введ. 1980-01-01. — СССР, 1978. — 6 с.
23. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. — Введ. 1982-07-01. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. — 8 с.

24. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. — Введ. 1983.07.01. — М.: Стандартиформ, 2011. — 5с.
25. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кв. — Введ. 1995-01-01. — Минск: Стандартиформ, 2006. — 47 с.
26. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — Введ. 2014-01-01. — М.: Стандартиформ, 19 с.
27. ГОСТ Р. 50571.15-97 (МЭК-364) Электроустановки зданий. — Введ. 1997.07.01. — М.: Стандартиформ, 2012. — 12 с.
28. ГОСТ Р. 50571.1-93 Электроустановки зданий. Основные положения. — Введ. 1995.01.01. — М.: Стандартиформ, 2010. — 19 с.
29. ГОСТ Р. 50571.2-94 Электроустановки зданий. Основные характеристики. — Введ. 1994.11.10. — М.: Стандартиформ, 2012. — 60 с.
30. Концерн «Энергомера»: [Электронный ресурс], 2001-2018. URL: www.energomera.ru (Дата обращения: 18.02.2018)
31. Профсектор: [Электронный ресурс], 2018. URL: <http://profsector.com/> (Дата обращения: 02.03.2018)
32. Технический справочник Schneider Electric [Электронный ресурс]: электрон. журн. 2015. URL: [http://stek35.ru/bitrix/templates/books/files/catalogs/schneider/Panorama_SE_2015.p df](http://stek35.ru/bitrix/templates/books/files/catalogs/schneider/Panorama_SE_2015.pdf) (Дата обращения: 15.01.2018)
33. Кабель Москва <https://kable-m.ru/cable/pv-1-4h50/passports>
34. Методика расчета электрических нагрузок многоквартирных домов <https://docs.cntd.ru/document/603250150>

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильного транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А. С. Торопов
инициалы, фамилия
подпись « 06 » 07 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления
«Реконструкция системы электроснабжения многоквартирного жилого дома
по адресу г. Абакан, ул. Крылова д. 85»
тема

Выпускник Милов 05.07.2023 А.Н. Милованов
подпись, дата инициалы, фамилия
Руководитель Чистяков 05.07.2023 доцент каф. ЭЭ, к.т.н. Г. Н. Чистяков
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия
Нормоконтролер Кычакова 05.07.2023 И.А. Кычакова
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2023