

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения многоквартирного дома

Студент

М.Ю. Чичин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.В.Шлыков

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

Тольятти 2021

Аннотация

Название бакалаврской работы: «Проектирование системы электроснабжения многоквартирного дома».

Выпускная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1.

Ключевым вопросом выпускной работы является разработка системы электроснабжения одной секции двухсекционного многоквартирного дома; выбор системы электrorаспределения в здании; расчет общей электрической нагрузки и отдельно по выводам; выбор силового и распределительного электрооборудования, его проверка; выбор оборудования и его размещение в электрощитовой; разработка однолинейных электрических схем; разработка схем подключения к этажным и квартирным электрическим щиткам; разработка схемы уравнивания потенциалов; рассмотрение вопросов молниезащиты и заземления; подбор электрических аппаратов для вводного распределительного устройства, щитков; разработка схем расположения розеток, осветительных приборов; изучение электропроводки аварийного освещения, пожарного лифта и противопожарного оборудования; разработка системы учета потребленной электроэнергии.

Целью бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения жилого многоквартирного дома.

Выпускная работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные части: введение, определение электрических нагрузок и характеристик дома, расчет и выбор электрооборудования, освещения, вопросы электробезопасности.

Данная работа актуальна не только для конкретного жилого дома, но и других многоквартирных домов.

Содержание

Введение.....	4
1 Объект проектирования, обоснование принятия решений при	6
проектировании системы электроснабжения.....	6
1.1 Выбор объекта проектирования	6
1.2 Обоснование принятия решений при проектировании системы	7
электроснабжения	7
2 Выбор и обоснование электрооборудования системы.....	13
электроснабжения многоквартирного дома	13
2.1 Расчет электрических нагрузок	13
2.2 Распределение электрических нагрузок по РП.....	16
2.3 Расчет числа и количества трансформаторов ТП.....	17
2.4 Расчет кабельных линий.....	18
2.5 Спецификация оборудования	21
2.6 Электрощитовая и помещение средств связи	37
3 Разработка электрических схем, вопросы безопасности	41
3.1 Схемы подключения этажных щитов	41
3.2 Схемы подключения распределительных щитов	42
3.3 Схемы управления вентиляторными установками.....	42
3.4 Система молниезащиты и заземления	45
3.5 Система уравнивания потенциалов.....	48
Заключение	50
Список используемых источников.....	51

Введение

Во всем мире за удобное и качественное проживание в квартирах или домах отвечают энергетические ресурсы, главный из которых – электрическая энергия. В высотных многоквартирных домах роль электричества стала еще более значительной, так как электрическая энергия участвует во многих процессах, происходящих в здании: обеспечивает энергией лифты, приводит в действие электропривода насосов подачи воды и отопления, пожарных гидрантов, вентиляционных установок. Поэтому надежность электроснабжения многоквартирного дома для обеспечения безопасности проживающих в нем людей выходит на первый план.

Одним из первых мероприятий, повышающих надежность электроснабжения домов является присвоение ему высокой первой категории надежности, что позволяет дому питаться от двух независимых линий. К первой высшей категории относится электропитание лифтов, тепловых пунктов, пожарных насосов. Затем предусматривается автоматическое переключение между этими линиями при возникновении аварийной ситуации на одной из них. Для этого применяется устройство автоматического ввода резерва (АВР). Благодаря этому напряжение будет недоступно буквально одну две секунды [1].

Постоянное присутствие в здании людей требует выполнение определенных правил для безопасного сосуществования электричества и человека в части:

- заземления,
- недоступности контактности электроузлов,
- изоляции,
- учета влажности,
- защиты детей,
- расположение розеток и светильников.

В последнее время повышенное внимание уделяется системам вентиляции, которые из естественных вытяжных превращаются в принудительные вытяжные с электровентиляторами. Это улучшает вентиляцию квартир и делает проживание в них более комфортным.

Электроснабжение многоквартирного дома регламентируется [12]:

- Закон РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности»;
- ГОСТ Р 50571.1 об «Электроустановке зданий»;
- ФЗ №35 «Об электрике»;
- СНиП 2.08.1-89 «Жилые здания»;
- Постановление правительства РФ №354 «О предоставлении коммунальных услуг».

Все многогранным и хлопотным хозяйством под названием «многоквартирный жилой дом» может управлять любая организация, получившая лицензию на управление многоквартирным домом [17]. Права и обязанности управляющей компании и жильцов дома указаны в постановлении Правительства РФ от 03.04.2013 г. под №290.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электроснабжения многоквартирного жилого дома.

1 Объект проектирования, обоснование принятия решений при проектировании системы электроснабжения

1.1 Выбор объекта проектирования

В качестве объекта проектирования выбрали строящийся многоквартирный жилой дом №3А с инженерными коммуникациями по адресу: г. Ярославль, территория, ограниченная проспектом Фрунзе, ул. Чернопрудной, ул. Лескова, ул. Бурмакинской во Фрунзенском районе. Дом двухсекционный (см. рисунок 1).

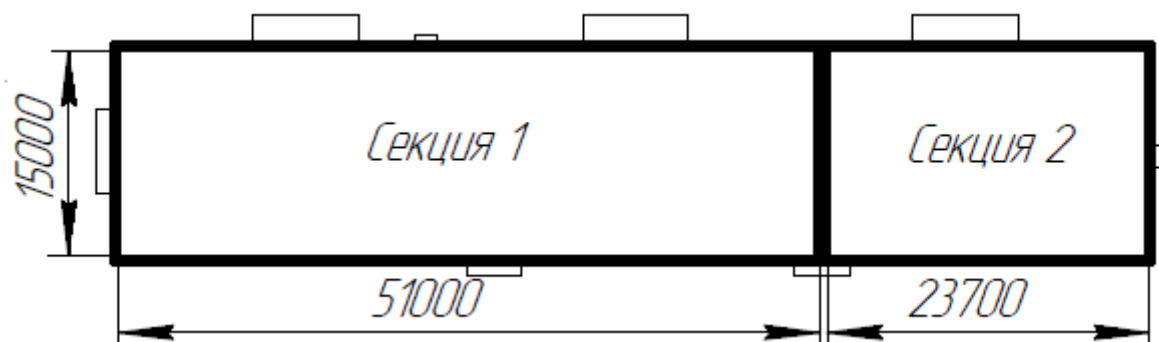


Рисунок 1 – Габаритные размеры многоквартирного дома

В доме две секции: секция 1, состоящая из двух подъездов и секция 2, состоящая из одного подъезда. Обе секции включают в себя:

- техническое подполье;
- жилые этажи с первого по семнадцатый;
- технический этаж (чердачное помещение);
- кровля.

В секции №1 168 квартир: в каждом подъезде на первом этаже одна однокомнатная квартира, две – двухкомнатные и одна трехкомнатная, на остальных этажах добавляется еще одна двухкомнатная квартира.

В секции №2 67 квартир: на первом этаже одна трехкомнатная квартира, две – двухкомнатные, на остальных этажах три двухкомнатных и одна трехкомнатные квартиры.

1.2 Обоснование принятия решений при проектировании системы электроснабжения

Настоящий проект системы электроснабжения разработан в соответствии с требованиями действующих технических регламентов, стандартов, сводов правил, ПУЭ "Правила устройства электроустановок", СП 256.1325800.2016 "Электроустановки жилых и общественных зданий правила проектирования и монтажа", СО 153-343.21.122-2003 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций" и обеспечивает безопасную эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий [2].

В настоящей части проекта рассматриваются вопросы внутреннего силового оборудования и электроосвещения жилого дома.

В техническом подполье предусмотрены две электрощитовые для электроснабжения жилого дома.

Проектом предусмотрено присоединение дома к городской электрической сети напряжением 380/220В с глухозаземленной нейтралью трансформаторов на подстанции. Система распределения электроэнергии в здании принята пятипроводной TN-C-S с использованием рабочего и защитного нулевых проводников.

По степени надежности электроснабжения потребители проектируемого жилого дома относятся:

- к I категории-электрооборудование индивидуального теплового пункта (ИТП), аварийное освещение, лифты, противопожарное оборудование [11];
- ко II категории-комплекс остальных электроприемников дома [11].

В электрощитовой №1 устанавливается вводно-распределительное устройство ВРУ-1 секции 1 жилого дома (см. рисунок 2).

В электрощитовой 2 устанавливается вводно-распределительное устройство ВРУ-2 секции 1 и 2 жилого дома.



Рисунок 2 – Электрощитовая современного многоквартирного дома

В этажных щитах предусматривается установка дифференциальных автоматов с током утечки 100мА. В квартирных щитках на группах, питающих штепсельные розетки, предусматривается установка дифференциальных автоматов с током утечки не более 30мА.

Этажные щиты предусматриваются встраиваемого исполнения, квартирные щитки - навесного исполнения.

Электроснабжение потребителей I категории проектируется через шкаф автоматического ввода резерва ВРУ (АВР).

Учет электроэнергии предусматривается: коммунальный-электрическими счетчиками, установленными в помещении электрощитовой и поквартирный-электрическими счетчиками установленными в этажных щитах [3].

В общедомовых помещениях жилого дома рабочее и аварийное освещение проектируется светодиодными светильниками. Кроме рабочего освещения в коридорах, лифтовых холлах и на лестничных площадках предусматривается эвакуационное освещение.

Проектируется так же освещение безопасности и ремонтное освещение (на 36В) в помещениях электрощитовой, помещении СС и в ИТП.

Управление рабочим освещением вестибюля и тамбуров осуществляется от ОДС, рабочее освещение лифтовых холлов и межквартирных коридоров осуществляется посредством датчиков движения. Электроосвещение лестничных клеток управляется автоматически от фотовыключателя, установленного на панели освещения в щите ППУ. В помещениях без естественного освещения, аварийное освещение включено постоянно.

Групповые общедомовые сети освещения проектируются кабелем ВВГнг(А)-LS в ПНД трубах скрыто в монолите стен и в ПВХ трубах открыто в техническом подполье.

В монолитных стенах и перекрытиях трубы ПНД закладываются в процессе строительства.

В технических помещениях электропроводка проектируется кабелем марки ВВГнг(А)-LS, прокладываемым в ПВХ трубах открыто с креплением скобами.

Вертикальная прокладка сетей в электротехнических нишах с 1-го по последний этаж выполняется в транзитном коробе.

Для электропроводки аварийного освещения, пожарного лифта и противопожарного оборудования используется кабель марки ВВГнг(А)-FRLS с низким дымо- и газовыделением, огнестойкий.

Групповые сети в квартирах проектируются сменяемыми, кабелем ВВГнг(А)-LS, прокладываемым в штробах стен и за натяжным потолком класса Г1 в гофрированных ПВХ трубах с креплением скобами к перекрытию, а также в монолитных стенах в ПНД трубах. Распаячные коробки квартир должны быть установлены на стене на расстоянии 150 мм (центр коробки) от натяжного потолка. В местах для протяжки кабеля в монолите должна быть выполнена подрезка бетона за натяжным потолком.

Высота установки от уровня чистого пола до центра рамки должна быть: для выключателей- 0,95м, штепсельных розеток в комнатах и кухнях (кроме зоны кухонного фартука) -0,25м, в санузлах и ванных комнатах для бытовых приборов-1,01 м, в зоне кухонного фартука- 1,1 м, возле квартирного щитка предусмотреть розетку для подключения Wi-Fi роутера. Расстояние от штепсельных розеток до ванн и душевых поддонов должно быть не менее 0,6 м.

Все металлические нетоковедущие части электрооборудования подлежат занулению путем соединения с защитным нулевым проводом сети (РЕ), заземленным на вводе.

Согласно ПУЭ гл.1.7 в проекте выполнена система уравнивания потенциалов. Между собой должны быть соединены следующие проводящие части:

- PEN проводник, присоединенный к наружному контуру заземления;
- заземляющий проводник, присоединенный к наружному контуру заземления на вводе в здание;
- металлические трубы коммуникаций, входящие в здание;
- заземляющие устройства системы молниезащиты.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены с контуром заземления как можно ближе к точке их ввода в здание. Металлические трубы водопровода и ванны в квартирах соединить с РЕ проводником этажно-квартирных щитков с помощью провода ПВ 1-4мм², через коробки ШДУП.

Молниезащита жилого дома выполняется путем соединения металлической сетки с ячейками не более 10x10 м из стали диаметром 10 мм на кровле зданий с контуром заземления из оцинкованной стали 40x5 сталью диаметром 10 мм [31].

В рабочей документации предусматривается установка дифференциальных автоматов, которые предназначены:

- для защиты от поражения электрическим током при случайном прикосновении к нетоковедущим частям электрооборудований, оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции;

- для предотвращения пожаров, вызванных воспламенением изоляции проводов и кабелей из-за больших токов утечки на землю или коротких замыканий;

- для защиты электрических сетей переменного тока напряжением 220В от перегрузок и коротких замыканий.

Электропроводка должна обеспечивать легкое распознавание по всей длине проводников по цветам согласно главы 2.1 "Правил устройства электроустановок" [1].

Количество проводов (три, пять) электрической сети принимается согласно пункта 7.1.36 "Правил устройства электроустановок".

Согласно п.2.1.58 ПУЭ, в местах прохода через стены, перекрытия должны быть заделаны зазоры между проводами, кабелями и трубой (коробом, проемом) легко удаляемой массой от несгораемого материала. Заделка должна обеспечить предел огнестойкости не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

Кабельные линии (совокупность кабелей, элементов креплений, соединительных коробок) должны быть сертифицированы по ГОСТ Р 53316-2009. Электромонтажные работы следует производить согласно СП 76.13330.2016 "Электротехнические устройства". Электромонтажные работы следует производить согласно СП 76.13330.2016 "Электротехнические устройства" [30].

Электрооборудование, применяемое при монтаже, должно иметь сертификат соответствия.

При выполнении электромонтажных работ согласно ПУЭ п 1.8.40, СП.48.13330.2011 и СНиП 12-01-2004 "Организация строительства" предоставляются:

- акт измерения сопротивления изоляции проводов и кабелей;
- акт фазировки электрических линий с сетью напряжением до 1 кВ;
- протокол-проверка наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами;
- протокол измерения сопротивления цепи фаза-ноль для наиболее удаленных и мощных электроприемников;
- протокол испытания кабелей повышенным напряжением промышленной частоты.

Согласно ГОСТ Р 50571.5.52-2011 (МЭК 60364-5-52:2009) часть 5-52 "Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки" должны быть выполнены противопожарные мероприятия согласно пунктов 527.1.1-527.1.6 и 527.2.1-527.2.5 [5].

Выводы.

Проектирование системы электроснабжения является сложной задачей из-за большого количества регламентирующих документов, требования которых необходимо выполнить при проектировании.

2 Выбор и обоснование электрооборудования системы электроснабжения многоквартирного дома

2.1 Расчет электрических нагрузок

Выполним расчет для первой секции дома.

Расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого комплекса, определяется по формуле:

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

где $P_{\text{КВ.уд}}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий. Принимаем по таблице 6.1 [4] $P_{\text{КВ.уд}} = 1.97$ кВт/кв для домов с электрическими плитами; $n = 168$ – количество квартир в доме.

$$P_{\text{КВ}} = 1,97 \cdot 168 = 331 \text{ кВт.}$$

Расчетная нагрузка силовых электроприемников, приведенная к вводу жилого комплекса, определяется по формуле:

$$P_{\text{С}} = P_{\text{Л.у}} + P_{\text{Ст.у}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{Л.у}}$ – мощность лифтовых установок, кВт (2).

$P_{\text{Ст.у}}$ – мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств (3).

В секции №1 два лифта: пассажирский лифт, комплект которого (электропривод плюс система управления) потребляет 5 кВт и грузовой мощностью 6,7 кВт.

$$P_{\text{Л.у}} = k_{\text{С}} \cdot \sum_1^n P_{\text{Л.у}}, \quad (3)$$

$$P_{\text{Л.у}} = 0,7 \cdot (5 + 6,7) \cdot 2 = 16,4 \text{ кВт}$$

где $k_C = 0,7$ – коэффициент спроса лифтовых установок. Принимаем согласно [4] $k_C = 0,7$.

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств:

$$P_{\text{ст.у}} = k_C \cdot \sum_1^n P_{\text{ст.у}}, \quad (4)$$

где $k_C = 0,75$ – коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств (СТУ).

В проектируемом доме расположены следующие СТУ:

- вентилятор дымоудаления 2,2 кВт (2 штуки);
- вентилятор вытяжной 0,4 кВт (2 штуки);
- вентилятор приточной 0,4 кВт (2 штуки);
- насос ГВС циркуляционный 0,75 кВт (6 штук);
- насос отопления циркуляционный 3,0 кВт (6 штук);
- электронагреватель ИТП 12 кВт (1 штука).

$$P_{\text{ст.у}} = 0,75 \cdot (4,4 + 0,8 + 0,8 + 4,5 + 18 + 12) = 30,4 \text{ кВт};$$

$$P_C = 16,4 + 30,4 = 46,8 \text{ кВт}.$$

Расчетная электрическая нагрузка жилого комплекса (квартир и силовых электроприемников):

$$P_{\text{р.ж.д.}} = P_{\text{кв}} + k_y \cdot P_C, \quad (5)$$

$$P_{\text{р.ж.д.№1}} = 331 + 0,9 \cdot 46,8 = 373,1 \text{ кВт}.$$

Полная мощность нагрузки жилого комплекса и питающей его линии:

$$S_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{Р.Ж.Д.}}}{\cos\phi}, \quad (6)$$

$$S_{\text{расч.№1}} = \frac{373,1}{0,98} = 380,7 \text{ кВА.}$$

Расчетное значение силы тока:

$$I = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (7)$$

$$I_{\text{№1}} = \frac{380,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 549,5 \text{ А.}$$

Выполним расчет для второй секции дома:

$$P_{\text{КВ}} = 1,97 \cdot 67 = 131,9 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{Л.У}} = 0,7 \cdot (5 + 6,7) = 8,2 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{СТ.У}} = 0,75 \cdot (2,2 + 0,4 + 0,4 + 2,25 + 9 + 6) = 15,2 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{С}} = 8,2 + 15,2 = 23,4 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{Р.Ж.Д.№2}} = 131,9 + 0,9 \cdot 23,4 = 152,9 \text{ кВт};$$

$$S_{\text{расч.№2}} = \frac{152,9}{0,98} = 156,1 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{№2}} = \frac{156,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 225,3 \text{ А.}$$

Полученные значения внесем в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета

Наименование	n	P _{уд} , кВт	P _{расч} , кВт	cosφ	S _{расч} , кВА	I, А
Секция №1	168	1,97	373,1	0,98	380,7	549,5
Секция №2	67	1,97	152,9	0,98	156,1	225,3
Итого	235	-	526	-	536,8	774,8

2.2 Распределение электрических нагрузок по РП

Расчетная мощность по вводу №1:

$$P_p = P_{\text{кв.уд}} \cdot n + 0,9 \cdot (0,9 \cdot P_{\text{л}} + P_{\text{итк}}), \quad (8)$$
$$P_p = 1,97 \cdot 39 + 0,9 \cdot (0,9 \cdot 11,7 + 9,55) = 94,9 \text{ кВт.}$$

где $P_{\text{кв.уд}}$ - удельная нагрузка на одну квартиру, кВт/кв. Принимаем

$$P_{\text{кв.уд}} = 1,97 \text{ кВт [7]},$$

n – количество квартир;

$P_{\text{л}}$ – номинальная мощность лифтов, кВт;

$P_{\text{итк}}$ – потребляемая мощность инженерно-технического оборудования, кВт.

Расчетная мощность по вводу №1 при пожаре:

$$P_p = P_{\text{кв.уд}} \cdot n + 0,9 \cdot (P_{\text{л.п}} + P_{\text{итк}}) + P_{\text{п.о}}, \quad (9)$$
$$P_p = 1,97 \cdot 39 + 0,9 \cdot (6,7 + 9,55) + 46,8 = 138,3 \text{ кВт,}$$

где $P_{\text{п.о}}$ – потребляемая мощность пожарного оборудования, кВт;

$P_{\text{л.п}}$ – потребляемая мощность лифтов при пожаре, кВт;

Расчетная мощность по вводу №2:

$$P_p = P_{\text{кв.уд}} \cdot n + 0,9 \cdot P_{\text{итк}}, \quad (10)$$
$$P_p = 1,89 \cdot 45 + 0,9 \cdot 10,0 = 94 \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность по вводу №2 при аварийном режиме на АВР:

$$P_p = P_{\text{кв.уд}} \cdot n + 0,9 \cdot (P_{\text{л.п}} + P_{\text{итк}}), \quad (11)$$
$$P_p = 1,89 \cdot 45 + 0,9 \cdot (6,7 + 10) = 100,1 \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность АВР в рабочем режиме:

$$P_p = P_{осв} + 0,9 \cdot P_{л}, \quad (12)$$

$$P_p = 1,83 + 0,9 \cdot 11,7 = 12,4 \text{ кВт},$$

где $P_{осв}$ – потребляемая мощность аварийного освещения, кВт

Расчетная мощность АВР при пожаре:

$$P_p = P_{осв} + P_{л.п}, \quad (13)$$

$$P_p = 1,83 + 6,7 = 8,5 \text{ кВт}.$$

Расчетная мощность при аварии на питающем кабеле [6]:

$$P_p = P_{кв.уд} \cdot n + 0,9 \cdot (0,9 \cdot P_{л} + P_{итк}), \quad (14)$$

$$P_p = 1,58 \cdot 84 + 0,9 \cdot (0,9 \cdot 11,7 + 19,55) = 159,8 \text{ кВт}.$$

2.3 Расчет числа и количества трансформаторов ТП

Так как часть электроприемников имеет I категорию, то примем число трансформаторов в ТП $n = 2$ с коэффициентом загрузки $k_3 = 0,7$ [8].

Произведем ориентировочный выбор числа и мощности трансформаторов по удельной плотности нагрузки:

$$\sigma_H = \frac{S_{НАГР}}{F}, \frac{\text{кВ} \cdot \text{А}}{\text{м}^2}, \quad (15)$$

$$\sigma_H = \frac{536,8}{19048} = 0,0282 \frac{\text{кВ} \cdot \text{А}}{\text{м}^2},$$

где $S_{\text{НАГР}} = 536,8$ кВА – расчетная нагрузка;

$F = 19048$ м² – площадь всех этажей.

Исходя из удельной плотности нагрузки, единичная мощность устанавливаемых трансформаторов будет находиться в диапазоне 1000...1600 кВА [4]. Проведем выбор трансформаторов для ТП [29]. Расчетная номинальная мощность трансформатора:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot k_3}, \text{ кВА}, \quad (16)$$

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{536,8}{2 \cdot 0,7} = 383,4 \text{ кВА},$$

где $n = 2$ – количество трансформаторов на ТП [32];

$k_3 = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформаторов [14].

Принимаем герметичный масляный трансформатор серии ТМГ класса напряжения до 35 кВ мощностью 400 кВА (таблица 2).

Таблица 2 – Выбор трансформаторов

Наименование	$S_{\text{НАГР}}$, кВА	$S_{\text{Т.НОМ.расч}}$, кВА	$S_{\text{Т.НОМ}}$, кВА	Тип трансформатора	Потери XX, Вт	Потери КЗ, Вт	Ток XX, %	Ток КЗ, %
Жилой дом	536,8	383,4	400	ТМГ-400-6/0,4	870	5600	4,5	1,2

2.4 Расчет кабельных линий

Выполним расчет для двух кабельных линий: от подстанции 110/6 кВ до ТП, питающей дом (расстояние $l_{\text{ТП-ТП}}=1,6$ км) и от ТП до электрощитовой ($l_{\text{ТП-ЭЩ}}=0,06$ км).

Определим расчетный ток в линии:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (17)$$
$$I_{\text{расч.л-тп}} = \frac{383,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 18,5 \text{ А},$$
$$I_{\text{расч.тп-эщ}} = \frac{383,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 276,7 \text{ А}.$$

Определим ток в линии при аварийном режиме [28]:

$$I_{\text{АР}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{(n-1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}; \quad (18)$$
$$I_{\text{АР.л-тп}} = \frac{383,4}{(2-1) \cdot \sqrt{3} \cdot 6} = 36,9 \text{ А},$$
$$I_{\text{АР.тп-эщ}} = \frac{383,4}{(2-1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 553,4 \text{ А}.$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{АР}}}{k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{сн}} \cdot k}, \quad (19)$$
$$I_{\text{доп.л-тп}} = \frac{36,9}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 38,2 \text{ А},$$
$$I_{\text{доп.тп-эщ}} = \frac{553,4}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 572,4 \text{ А}.$$

где $k_{\text{пер}} = 1,13$ – коэффициент перегрузки [23];

$k_{\text{сн}} = 0,93$ – коэффициент снижения [23];

k – поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле [19].

Исходя из полученного значения длительно допустимого тока, выберем кабель нужного сечения (см. таблица 3).

Таблица 3 – Выбор КЛ

Участок	S _{нагр} , кВА	n	I _{расч} , А	I _{АР} , А	I _{доп} , А	Кабель
Подстанция 110/6 кВ - ТП	383,4	2	18,5	36,9	38,2	ПвБП-3х10
ТП- ЭЩ	383,4	2	276,7	553,4	572,4	ПвББШв-3х 240

Проверим выбранные кабельные по потере напряжения [9].

В нормальном и аварийном режимах потеря напряжения определяется по формулам и заносится в таблицу 4:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot I_{расч} \cdot \frac{l_{П-ТП}}{1000} \cdot (r_{уд} \cdot \cos\phi + x_{уд} \cdot \sin\phi), \quad (20)$$

$$\Delta U_{АР} = \sqrt{3} \cdot I_{АР} \cdot \frac{l_{ТП-ЭЩ}}{1000} \cdot (r_{уд} \cdot \cos\phi + x_{уд} \cdot \sin\phi). \quad (21)$$

$$\Delta U_{H.П-ТП} = \sqrt{3} \cdot 18,5 \cdot \frac{1600}{1000} \cdot (0,195 \cdot 0,9 + 0,078 \cdot 0,436) = 8,8В.$$

$$\Delta U_{H.ТП-ЭЩ} = \sqrt{3} \cdot 276,7 \cdot \frac{60}{1000} \cdot (0,154 \cdot 0,9 + 0,076 \cdot 0,436) = 5,32В.$$

$$\Delta U_{АР.П-ТП} = \sqrt{3} \cdot 36,9 \cdot \frac{1600}{1000} \cdot (0,195 \cdot 0,9 + 0,078 \cdot 0,436) = 15,7 В.$$

$$\Delta U_{АР.ТП-ЭЩ} = \sqrt{3} \cdot 553,4 \cdot \frac{60}{1000} \cdot (0,154 \cdot 0,9 + 0,076 \cdot 0,436) = 12,1 В.$$

где $r_{уд}$ – удельное активное сопротивление кабеля. Принимаем

$$r_{уд.П-ТП} = 0,195 \text{ Ом/км}, r_{уд.ТП-ЭЩ} = 0,154 \text{ Ом/км} \quad [20]$$

$x_{уд}$ – удельное реактивное сопротивление кабеля. Принимаем

$$r_{уд.П-ТП} = 0,078 \text{ Ом/км}, r_{уд.П-ТП} = 0,076 \text{ Ом/км} \quad [20].$$

Таблица 4 – Потери напряжения в кабельных линиях

Участок	I _{расч} , А	I _{АР} , А	L, м	r _{уд} , Ом/км	x _{уд} , Ом/км	cosφ	sinφ	ΔU _H , В	ΔU _{АР} , В
П-ТП	18,5	36,9	1600	0,195	0,078	0,90	0,436	8,8	15,7
ТП-ЭЩ	276,7	553,4	60	0,154	0,076	0,90	0,436	5,32	12,1

Расчеты, результаты которых приведены в таблице 4, показывают, что в нормальном режиме потери напряжения в сети 6 кВ не превышают 2,8 %, а в сети 0,4 кВ – 8,7 %, что соответствует принятым нормативам [1].

2.5 Спецификация оборудования

Спецификация оборудования, изделий и материалов приведена в таблице 5.

Таблица 5– Спецификация оборудования, изделий и материалов. Секция №1.

Обоз-на-чение	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудования, завод изготовитель	Единица измерения	Количество
1. Силовое электрооборудование					
ВРУ-1	Вводно-распределительное устройство (в соответствии со схемой)	Индивидуальное изготовление	ОАО «МЭЛ»	Комплект	1
ВРУ-2	Вводно-распределительное устройство (в соответствии со схемой)	Индивидуальное изготовление	ОАО «МЭЛ»	Комплект	1
ВРУ-ИТП	Вводно-распределительное устройство (в соответствии со схемой)	Индивидуальное изготовление	ОАО «МЭЛ»	Комплект	1
ВРУ-ДУ	Вводно-распределительное устройство (в соответствии со схемой)	Индивидуальное изготовление	ОАО «МЭЛ»	Комплект	2
ЩЭ	Щит этажный учетно-распределительный на 5 квартир, встраиваемого типа (на схеме ЩЭ1)	Индивидуальное изготовление	—	Комплект	16
	1) корпус 1520x1381x187	УЭРВ ПИК 2,0-5 с ТБ ЩЭ	ОАО «МЭЛ»	шт	1

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
ЩЭ	2) выключатель нагрузки двухполюсный 230В, 1P+N, In=63А	ВН-63 2Р 63А	SL63-2-63- pro, «ЕКФ»	шт	5
	3) автоматический выключатель дифференциаль- ного тока 230В, 1P+N, 50А/30мА с защитной характеристикой С	АВДТ63 С50, 50А, 100 мА	DA63-50- 100e, «ЕКФ»	шт	5
	4) счетчик однофазный активной энергии 5-60А, кл.1	Меркурий 200.02	ООО «Инкотекс- СК»	шт	5
ЩЭ	Щит этажный учетно- распределительный на 4 квартиры, встраиваемого типа (на схеме ЩЭ1)	Индивидуаль- ное изготовление	—	Ком- плект	16
ЩЭ	Щит этажный учетно- распределительный на 2 квартиры, встраиваемого типа (на схеме ЩЭ1.1, ЩЭ1.2, ЩЭ2.1)	Индивидуаль- ное изготовление	—	Ком- плект	3
ЩЭ	Щит этажный учетно- распределительный на 1 квартиру, встраиваемого типа (на схеме ЩЭ1)	Индивидуаль- ное изготовление	—	Ком- плект	1
ЩК	Щиток квартирный распределительный навесной (на схеме ЩК1) состоящий из:	Индивидуаль- ное изготовление	—	Ком- плект	34

Продолжение таблицы 5

Обоз-на-чение	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудования, завод изготовитель	Единица измерения	Количество
ЩК	1) корпус щита распределения модульный, пластиковый, навесной, IP41, однорядный размером 256x200x95 на 18 модулей с N и PE шинами	ЩРН-П-18 IP41	Pb40-n-18, «ЕКФ»	шт	1
	2) на вводе: выключатель нагрузки двухполюсный 230В, 1P+N, In=63А	ВН-63 2P 63А	SL63-2-63- pro, «ЕКФ»	шт	1
	3) на отходящих линиях устанавливаются:				
	3.1) автоматический выключатель однополюсный 230В, 1P, In=10А, с защитной характеристикой В	ВН47-29 1P 10А х-ка В	mcb4729-1- 10-В, «ЕКФ»	шт	1
	3.2) автоматический выключатель однополюсный 230В, 1P, In=16А, с защитной характеристикой С	ВН47-29 1P 16А х-ка С	mcb4729-1- 16-С, «ЕКФ»	шт	5
	3.3) автоматический выключатель дифференциального тока 230В, 1P+N, 50А/30мА с защитной характеристикой С	АВДТ63 С 40А/30мА	DA63-40- 30е, «ЕКФ»	шт	1
	3.4) автоматический выключатель двухполюсный 230В, 2P, In=40А, с защитной характеристикой С	ВН47-29 2P 40А х-ка С	mcb4729-2- 40С, «ЕКФ»	шт	1

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
ЩК	Щиток квартирный распределительный навесной (на схеме ЩК2)	Индивидуаль- ное изготовление	—	Ком- плект	117
ПД1- ДУ, ПД7- ДУ	Шкаф управления вентилятором, 400В, Ру=2,2 кВт	ШУВ 5141- 2874-31У4	ОАО «МЭЛ»	шт	2
ЩР1	Щиток силовой учетно- распределительный навесной (на схеме ЩР1) состоящий из:	Индивидуаль- ное изготовление	—	Ком- плект	2
	1) корпус щита учета и распределения, металли- ческий, для однофазного счетчика, навесной, IP31, размером 400x300x140 с монтажной панелью под счетчик на 12 модулей	ЩУРН-1/12 IP31	mb23- 1/12bas, «ЕКФ»	шт	1
	2) автоматический выключатель однополюсный 230В, 1Р, In=25А, с защитной характеристикой С	ВН47-29 1Р 25А х-ка С	mcb4729-1- 250-С, «ЕКФ»	шт	1
	3) на отходящих линиях устанавливаются:				
	3.1) автоматический выключатель однополюсный 230В, 1Р, In=16А, с защитной характеристикой С	ВН47-29 1Р 16А х-ка С	mcb4729-1- 16-С, «ЕКФ»	шт	4
	3.2) автоматический выключатель	АД-12 С 16А/30мА	DA12-16- 30bas,	шт	1

Продолжение таблицы 5

Обоз-на-чение	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудования, завод изготовитель	Единица измерения	Количество
–	дифференциального тока 230В, 1Р+N,16А/30мА с защитной характеристикой С		«ЕКФ»		
	4) шина нулевая в корпусе, 125А	2x15	sn0-2x15, «ЕКФ»	шт	1
	5) счетчик однофазный активной энергии 5-60А, кл.1	Меркурий 200.02	ООО «Инкотекс- СК»	шт	1
ЩР2	Щиток силовой учетно- распределительный навесной (на схеме ЩР2)	Индивидуаль- ное изготовление	–	Ком- плект	1
ЩВ1	Щиток силовой распределительный навесной (на схеме ЩВ1) состоящий из:	Индивидуаль- ное изготовление	–	Ком- плект	1
	1) корпус щита учета и распределения, металлический, навесной, IP31, размером 350x300x120 на 48 модулей	ЩРН-48 IP31	mb21- mb24n, «ЕКФ»	шт	1
	2) на вводе: выключатель нагрузки трехполюсный 400В, 3Р, In=25А	ВН63 3Р 25А	SL63-3-25- pro, «ЕКФ»	шт	1
	3) на отходящих линиях устанавливаются:				
	3.1) автоматический выключатель трехполюсный 400В, 3Р, In=6А, с защитной характеристикой С	ВН47-29 3Р 6А х-ка С	mcb4729-3- 6-С, «ЕКФ»	шт	2

Продолжение таблицы 5

Обоз-на-чение	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудования, завод изготовитель	Единица измерения	Количество
	3.2) автоматический выключатель однополюсный 400В, 1Р, In=6А, с защитной характеристикой С	ВН47-29 1Р 6А х-ка С	msb4729-1-6-С, «ЕКФ»	шт	11
ЩВ1	Щиток силовой распределительный навесной (на схеме ЩВ2)	Индивидуальное изготовление	—	Комплект	1
ЯРП	Ящик с рубильником и предохранителями 400/230В IP54 Iуст=100А	ЯРП-100А 74 У1 IP54	YARP-100-74-54 группа компаний «ИЭК»	—	1
	Предохранитель плавкий типа gG, устанавливаемы в ЯРП	ППНИ-33, габ. 00С, 40А	DRP11-040 группа компаний «ИЭК»		3
	Транзитный короб	ТК ЩЭ ПИК2.0	ОАО «МЭЛ»		74
	Гильза	ГК-4	ОАО «МЭЛ»		74
2. Электроустановочные изделия					
ЯТП	Ящик с понижающим трансформатором	ЯТП 0,25 кВА 220/36В	Yatp0.25-220/36V-2a, «ЕКФ»	шт	6
	Розетка одноместная с крышкой для открытой установки с заземляющим контактом, 16А, 250В, IP54, серия «Этюд»	Этюд-РА16-04 4В	Schneider Electric	шт	17

Продолжение таблицы 5

Обоз-на-че-ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудования, завод изготовитель	Единица измерения	Количество
	Выключатель одноклавишный для открытой установки, 10А, 220В, IP44, серия «Этюд»	Этюд-ВА10-04 1В	Schneider Electric	шт	17
	Переключатель одноклавишный для открытой установки, 10А, 220В, IP44, серия «Этюд»	Этюд-ВА10-04 6В	Schneider Electric	шт	6
SA	Переключатель кулачковый 400В, 3Р, In=25А, IP54	ПКП25-13/К 25А	BCS33-025- 1, «IEK»	шт	37
SA-1,3аН, SA-ПД4	Переключатель кулачковый 400В, 3Р, In=32А, IP54	ПКП32-13/К 32А	BCS33-025- 1, «IEK»	шт	4
3. Освещение					
–	Фотореле 1,1 кВ	ФР 601, ГОСТ Р 51324.2.1	LFR 20-601- 2200-003, «IEK»	шт	2
	Заградительный огонь 30-265V, AC/DC, IP65	ЗОМ-1	ПромСпец Прибор	шт	8
	Трубостойка для заградительный огней 1000 мм	–	ПромСпец Прибор	шт	4
	Держатель для двух заградительных огней 30М	–	ПромСпец Прибор	шт	4
	Освещение входов в подъезды:				
	1) Профиль алюминиевый, L=2 м	SL-LINE-7477- 2000 ANOD	019310 Arlight	шт	4
	2) Экран для профиля, L=2 м	SL-W68-2000 OPAL	019312 Arlight	шт	4

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	3) Заглушка	SL-LINE-7477	019311 Arlight	шт	8
	4) светодиодная лента, 1200 LED	RTW 2-5000SE 24V WARM 2x2	014721 Arlight	шт	16
	5) Блок питания, 100W, 24V, 4.2A	APRV-24100- SLIM-B	022109 Arlight	шт	4
	Светильник светодиодный 18Вт, 230В, 4000К, 1350Лм, 640мм, IP65	ССП-159	46906120089 36 LLT	шт	293
	Светильник светодиодный накладной 15Вт IP65	SDSBET-LED- ЖКХ-D260- 15W/IP65	SDSBET	шт	3
	Светильник для потолка Грильято	ARM-GR-12W- 10x10-4000К	ООО «Линия света»	шт	87
	Драйвер на 6 светильников потолка Грильято	–	ООО «Линия света»	шт	15
	Панель СД круглая RLP-eco 18Вт 230В 4000К 1080Лм 225/205 мм, белая, IP40, In Home	RLP-eco 18Вт	46906120079 84 «ASD»	шт	192
	Датчик движения инфракрасный , встраиваемый	ДД301	46906120079 84 «IEK»	шт	96
	Датчик движения инфракрасный	ДД025	46906120079 84 «IEK»	шт	36
	Световой указатель «ВЫХОД»	V1-R0-70354- 02A02-2000365	V1-R0- 70354- «Varton»	шт	80

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
4. Кабельная продукция и провода					
—	Кабель силовой с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридных композиций пониженной пожарной опасности, сечением:				
	3x2,5-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	4042
	3x4-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	200
	3x10-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	1832
	5x2,5-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	245
	5x4-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	245
	5x6-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	232
	5x10-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	5
	5x16-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	5
	5x25-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	5
	1x2,5-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	1936
	1x6-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	50
	1x10-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	75
	1x16-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	408
	1x25-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	272
	1x35-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	711
	1x50-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	25
	1x70-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	252
	1x95-0,66	ВВГнг(А)-LS	-	м	25
	Кабель силовой огнестойкий, не распространяющий горение с низким дымо- и газовыделением, с медными жилами, сечением:				

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	3x1,5-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	550
	3x2,5-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	3774
	4x2,5-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	308
	4x4-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	121
	4x6-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	46
	5x2,5-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	20
	5x6-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	173
	1x10-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	25
	1x16-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	25
	1x25-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	520
	1x35-0,66	BBΓнг(A)- FRLS	–	м	1440
5. Трубы					
–	Труба гладкая жесткая ПНД Ø20 мм	CTR10-020- K02-100-1	«ЛЕК»	м	230
	Труба гибкая гофрированная легкая из ПВХ с протяжкой Ø20 мм	–	«ЛЕК»	м	1269

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	Труба гибкая гофрированная легкая из ПВХ с протяжкой Ø25 мм	–	«ЛЕК»	м	90
	Труба гибкая гофрированная легкая из ПВХ с протяжкой Ø32 мм	–	«ЛЕК»	м	120
	Труба гибкая гофрированная легкая из ПВХ с протяжкой Ø40 мм	–	«ЛЕК»	м	382
6. Монтажные материалы					
–	Лоток перфорированный 50x100x3000-1,0 ИЭК	–	CLP10-050- 100-1003, «ЛЕК»	м	15
	Лоток перфорированный 50x150x3000-1,0 ИЭК	–	CLP10-050- 150-1003, «ЛЕК»	м	18
	Лоток перфорированный 50x300x3000-1,0 ИЭК	–	CLP10-050- 300-1003, «ЛЕК»	м	15
	Лоток перфорированный 50x500x3000-1,0 ИЭК	–	CLP10-050- 500-1003, «ЛЕК»	м	21
	Поворот на 90 гр. 50x150	–	CLP2P-050- 150, «ЛЕК»	шт	31

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	Поворот на 90 гр. 50x300	–	CLP2P-050- 300, «ЛЕК»	шт	3
	Поворот на 90 гр. 50x500	–	CLP2P-050- 500, «ЛЕК»	шт	3
	Разветвитель Т-образный 50x500	–	CLP1T-050- 500, «ЛЕК»	шт	4
	Разветвитель Т-образный 50x300	–	CLP1T-050- 300, «ЛЕК»	шт	2
	Крышка на лоток осн. 100- 1,0мм ИЭК	–	CLP1K-100- 100-3, «ЛЕК»	м	15
	Крышка на лоток осн. 150- 1,0мм ИЭК	–	CLP1K-150- 100-3, «ЛЕК»	м	18
	Крышка на лоток осн. 300- 1,0мм ИЭК	–	CLP1K-300- 100-3, «ЛЕК»	м	15
	Крышка на лоток осн. 500- 1,0мм ИЭК	–	CLP1K-500- 100-3, «ЛЕК»	м	21
	Разделительная перегородка h=50 мм	–	CLP1F-050-2, «ЛЕК»	м	81
	Держатель горизонтальный VH200	–	CLW10-VH- 200, «ЛЕК»	шт	29
	Держатель горизонтальный VH300	–	CLW10-VH- 300, «ЛЕК»	шт	14

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	Держатель горизонтальный VH500	–	CLW10-VH- 500, «IEK»	шт	28
	Шпилька М8	–	CLW10-ТМ- 08-1, «IEK»	шт	142
	Держатель потолочный DR	–	CLW10-DR, «IEK»	шт	142
	Гайка со стопорным буртиком М8	–	CLP1M-N-8, «IEK»	шт	284
	Болт анкерный с гайкой М8х65	–	CLP1M-A-B-8- 65, «IEK»	шт	142
	Коробка установочная (бетон) 70х60	10131	69017 «RuVinil»	шт	168
	Коробка распаячная для о/п, IP55, 6 вводов 100х100х50	KM 41234	UK011-100- 100-050- K41-55	шт	600
	Осветительный зажим на сечение 50-70	У859М	UKZ-ZO- 859М	шт	800
	Осветительный зажим на сечение 16-35	У733М	UKZ-ZO- 733М	шт	600
	Сталь полосовая с цинковым покрытием 40х5 мм	ГОСТ 103-2006	–	м/кг	700/ 1099
	Сталь круглая d=8 мм	ГОСТ 2590- 2006	–	м/кг	1292/ 797
7. Защитные средства по технике безопасности					
–	Указатель индикатора напряжения 100-500В	МИН-2	ТУ 25-04-84	шт	2

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	Диэлектрические перчатки до 1 кВ, бесшовные, размером 350x135x1,1-25 мм	–	ТУ 35-1059- 76	пар	4
	Диэлектрические галоши	ДГ	ГОСТ 13385-78	пар	4
	Диэлектрический коврик 800x600x6	ДК	ГОСТ 4903- 75	шт	12
	Защитные очки размером 03-6	0-12	–	шт	2
	Огнетушитель углекислый	ОУ-2,0У-3	–	шт	2
	Аптечка	–	–	шт	2
	Плакаты и знаки безопасности	–	–	шт	2
	Изолирующие клещи	–	–	шт	4
8. Электрооборудование квартир					
–	Патрон подвесной карболитовый E27	Пк627-04-K01	ЕРК10-04- 01-K01, «IEK»	шт	810
	Лампа компактная люминисцентная 18Вт, 220В, E27	КЛЛ	–	шт	810
	Клемма пружинная соединительная КСП на три полюса	КСП3-L+N+PE	UKZ-B06- 3P-FO-EO- 10, «IEK»	шт	842
	Клемма пружинная соединительная КСП на четыре полюса	КСП4- 2L+N+PE	UKZ-B06- 4P-FO-EO- 10, «IEK»	шт	672
	Зажим контактный, винтовой, на 3 контакта, для сечения 2,5- 6 мм	ЗВИ-10	UZV4-010- 06, «IEK»	шт	471

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	Зажим контактный, винтовой, на 3 контакта, для сечения 6- 16 мм	ЗВИ-60	UZV2-060- 16, «IEK»	шт	436
	Светильник подвесной VARTON, 16 Вт, IP44	Varton, 16 Вт	V1-U0- 00362- 21000-44016, «IEK»	шт	251
	Беспроводный звонок	–	–	шт	218
	Шина дополнительного уравнивания потенциалов (коробка)	ШУДП У4	–	шт	251
	Выключатель одноклавишный для скрытой установки, 10А, 220В, IP20	GLS000111	Schneider Electric	шт	151
	Выключатель двухклавишный для скрытой установки, 10А, 220В, IP20	GLS000151	Schneider Electric	шт	556
	Выключатель одноклавишный проходной для скрытой установки, 10А, 220В, IP20	GLS000017	Schneider Electric	шт	65
	Переключатель двухклавишный для скрытой установки, 10А, 220В, IP20	GLS000165	Schneider Electric	шт	102
	Переключатель 10АХ для скрытой установки, 10А, 220В, IP20	GLS000142	Schneider Electric	шт	101
	Розетка штепсельная одноместная скрытой установки с заземляющими	GLS000145	Schneider Electric	шт	3272

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	контактами, влагостойкая, 16А, 220В, IP20				
	Розетка штепсельная одноместная скрытой установки с заземляющими контактами, с крышкой, влагостойкая, 16А, 220В, IP20	GLS000146	Schneider Electric	шт	474
	Рамка крышки одноместная	GLS000101	Schneider Electric	шт	2992
	Рамка крышки двухместная	GLS000102	Schneider Electric	шт	864
	Коробка распаячная для твердых стен (с крышкой) 80x40	КМ 41004	УКТ-080- 040-000, «IEK»	шт	1520
	Коробка модульная установочная для твердых стен (с саморезами) 65x40	КМ 40002	УКТ-065- 040-000, «IEK»	шт	3962
	Крышка для установочных коробок	КМ 43001	УКА-2, «IEK»	шт	1330
	Коробка установочная (бетон) 70x60	10131	69017, RuVinil	шт	1363
	Кабель силовой с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридных композиций пониженной пожарной опасности, сечением:				
	3x1,5-0,66	ВВГнг(А)-LS	–	м	7702

Продолжение таблицы 5

Обоз- на- че- ние	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код оборудова- ния, завод изготовитель	Еди- ница изме- рения	Коли- чество
–	3x2,5-0,66	ВВГнг(А)-LS	–	м	24190
	4x1,5-0,66	ВВГнг(А)-LS	–	м	2110
	3x6-0,66	ВВГнг(А)-LS	–	м	2265
	5x1,5-0,66	ВВГнг(А)-LS	–	м	2608
	Труба гладкая жесткая ПНД Ø20 мм	СТР10-020- R02-100-1	«ЛЕК»	м	2246
	Труба гладкая жесткая ПНД Ø32 мм	СТР10-032- R02-100-1	«ЛЕК»	м	102

2.6 Электрощитовая и помещение средств связи

В электрощитовой (см. рисунок 3) располагается силовое оборудование системы электроснабжения многоквартирного дома. Это ВРУ (вводные панели, шкафы управления), распределительные пункты, щиты управления электроприводами ИТК [10].

В помещении средств связи расположены щит средств связи, щиток учетно-распределительный, щит автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии, шкаф оперативной сети передачи данных, шкаф автоматизированной системы управления и диспетчеризации инженерным оборудованием.

Схема подключения электрооборудования к электрощитовой и помещению средств связи показана на рисунке 3. Через вводы №1 и №2 подводится напряжение 0,4 кВ на вводные панели ВП1 и ВП2 ВРУ. Затем электроэнергия равномерно распределяется по фазам и электроприемникам на группы с помощью распределительных пунктов.

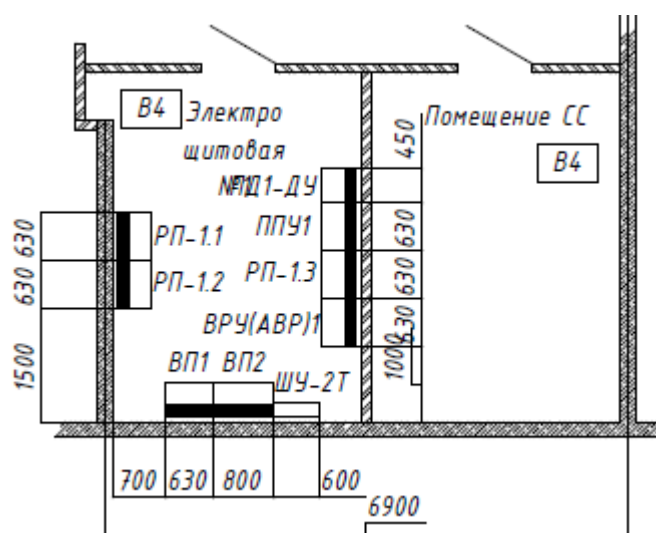


Рисунок 3 – План расстановки оборудования в электрощитовой

Типы размещенного электрооборудования представлены в таблице 5. Одним из требований, предъявляемых к помещению электрощитовой – это невозможность выхода пламени за ее территорию в случае возникновения пожара [13]. Для этого применяются различные противопожарные мероприятия: кабели и провода с негорючей изоляцией, отделка помещения негорючими материалами, противопожарная дверь. Из электрощитовой имеются несколько точек выхода к ВРУ ИТП и к этажным щиткам. Необходимо наличие рабочего, ремонтного и резервного освещения (см. рисунок 4). Уровень освещенности должен составлять 200 Лк. Для выполнения ремонтных работ и обслуживания требуется установка розетки с напряжением не более 50В.

В электрощитовой устанавливается главная заземляющая шину ГЗШ (стальная полоса 40x5 сечением 200 мм², исходя из сечения питающего вводного кабеля 240 мм²). Такой же полосой выполняю магистральный контур по периметру электрощитовой по стене (см. рисунок 5). К данному контуру медным проводом 16 мм² присоединяются (зануляются) корпуса электрических щитов и металлические двери, размещенные в электрощитовой.

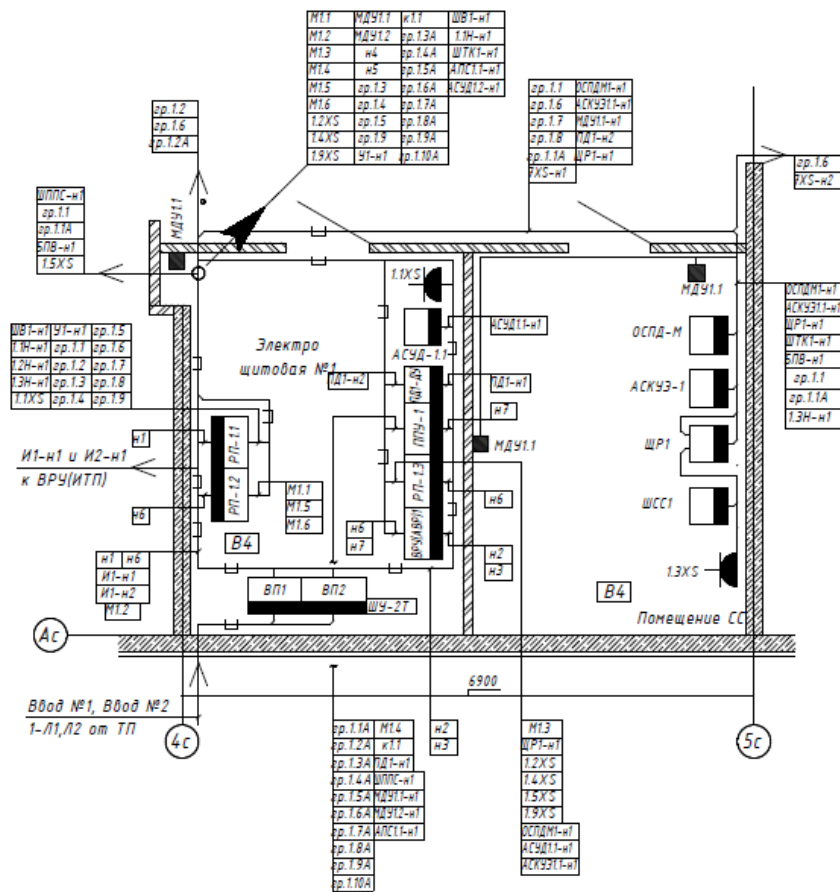


Рисунок 4 – Схема подключения электрооборудования к электрощитовой и помещению средств связи

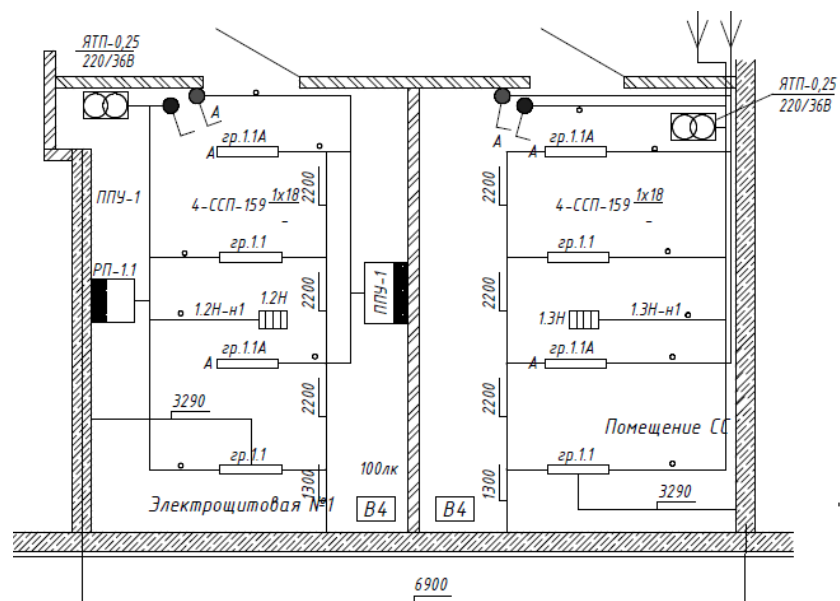


Рисунок 5 – Схема расположения освещения электрооборудования в электрощитовой

3 Разработка электрических схем, вопросы безопасности

3.1 Схемы подключения этажных щитов

Принципиальная электрическая схема подключения этажных щитов на 2 квартиры показана на рисунке 7, схема щитка квартирного (ЩК) для трехкомнатных квартир – на рисунке 8.

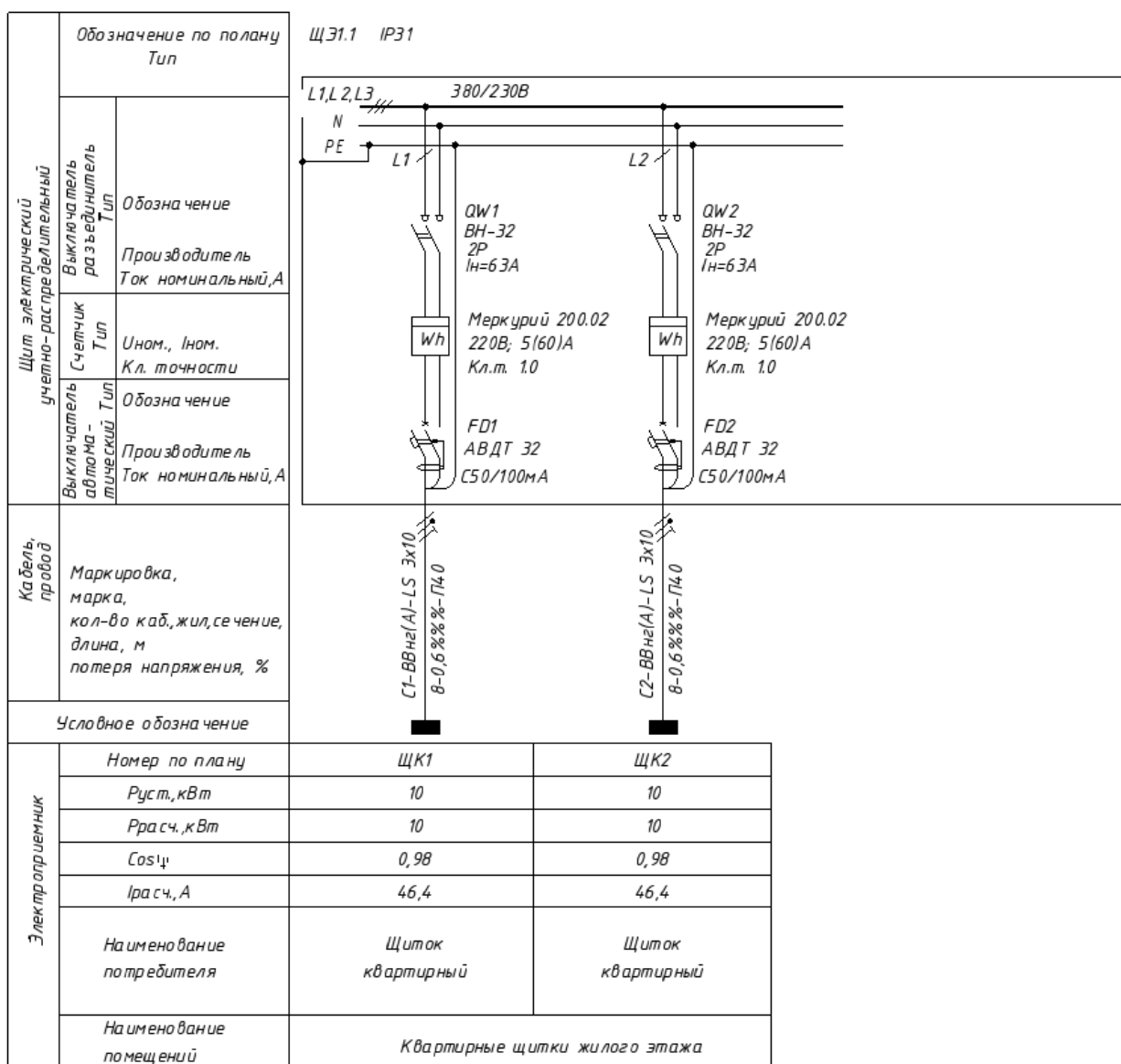


Рисунок 7 – Принципиальная электрическая схема подключения этажных щитов на 2 квартиры

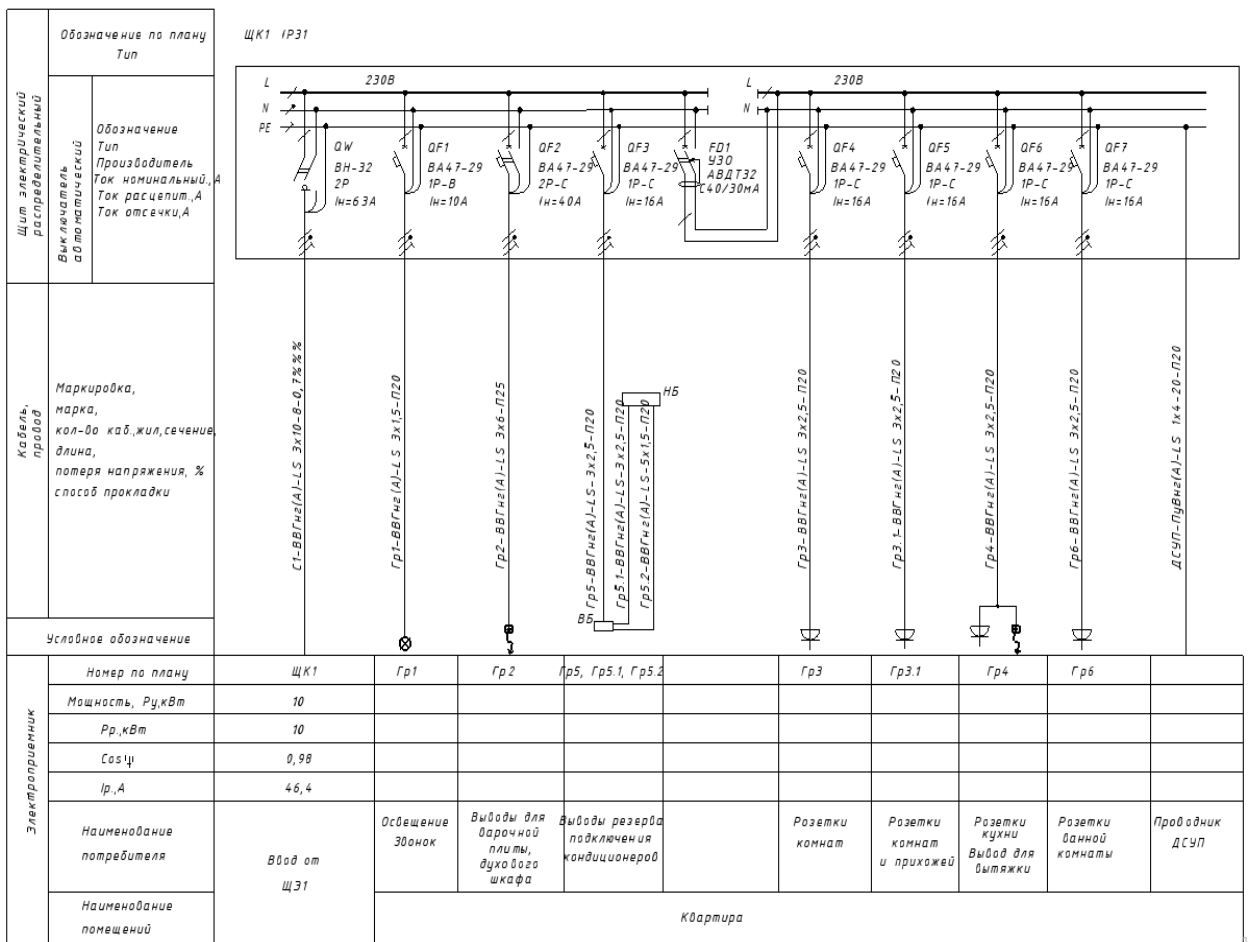


Рисунок 8 – Щиток квартирный (ЩК) для трехкомнатных квартир. Схема электрическая принципиальная

3.2 Схемы подключения распределительных щитов

Схема электрическая принципиальная распределительного щита ЩР-3 показана на рисунке 9.

3.3 Схемы управления вентиляторными установками

Вентиляторные установки питаются от щита ШУВ 5141 [27], электрическая схема (схема управления) которого приведена на рисунке 10.

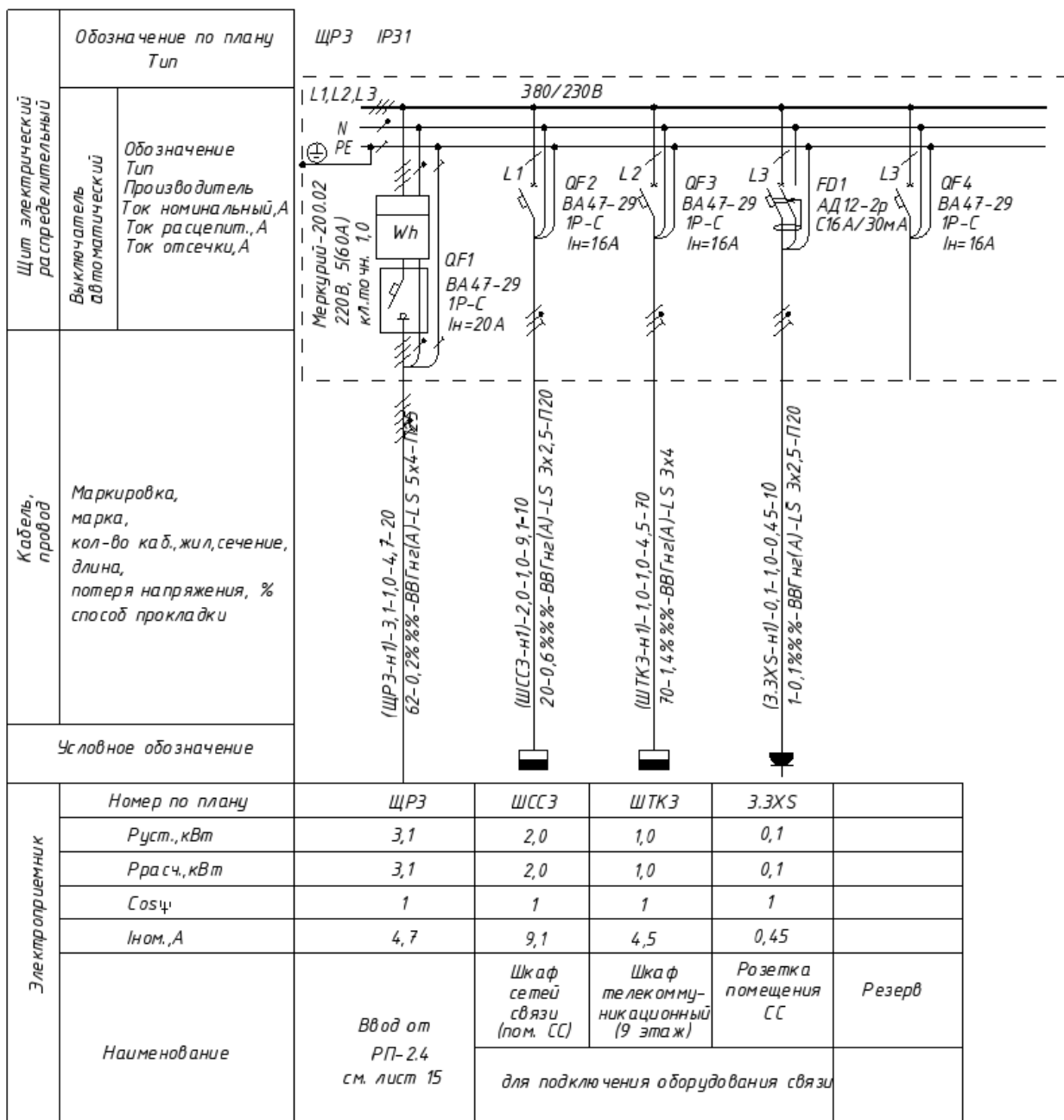
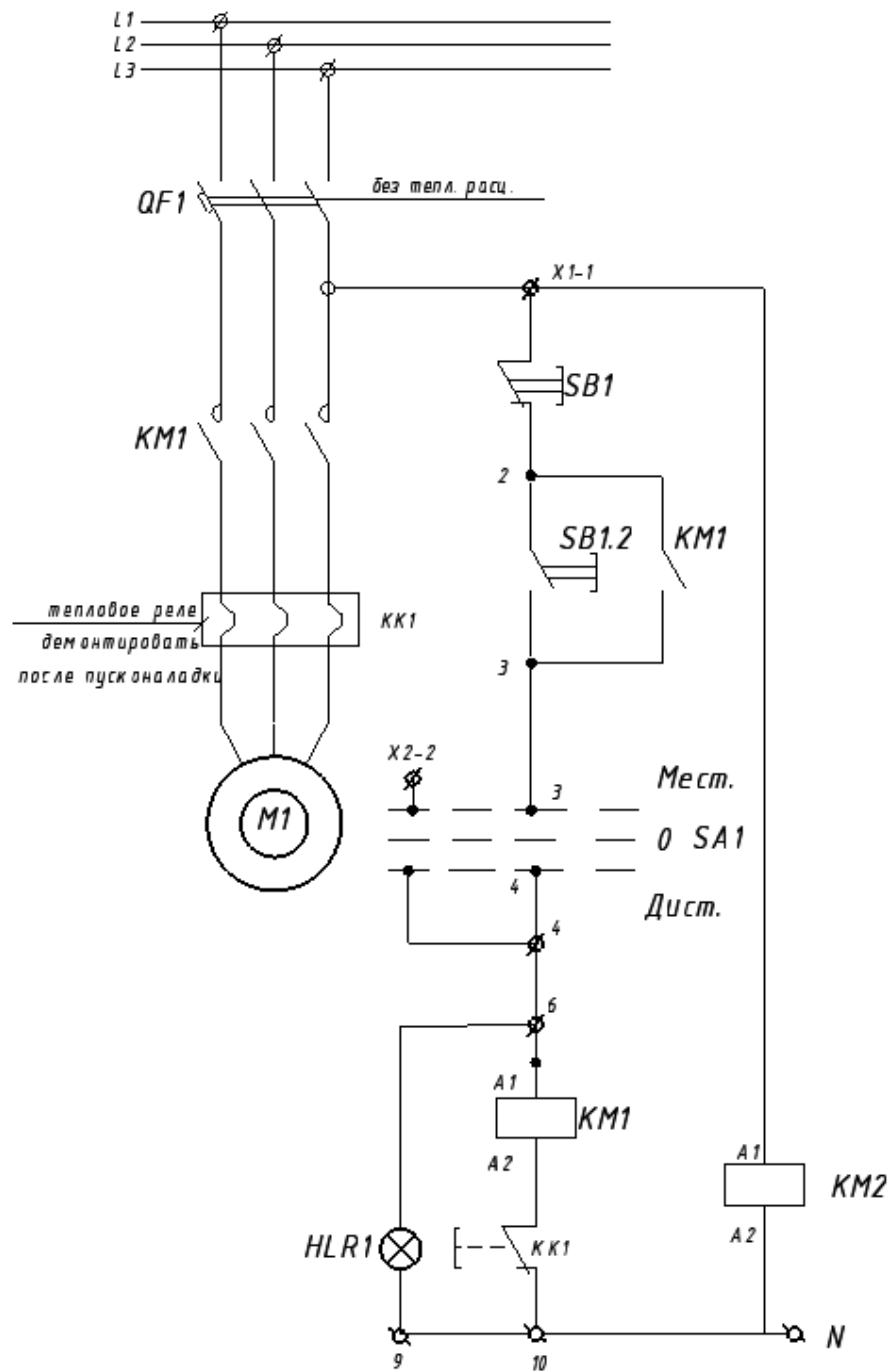


Рисунок 9 – Схема электрическая принципиальная распределительного щита ЩР-3

Диаграмма замыкания контактов универсального переключателя SA1 типа ПКУЗ-12С-3031 УЗ [15] показана в виде таблицы 6.

Схема управления вентиляторами подпора воздуха с подогревом показана на рисунке 11.



M1- вентилятор; QF1- выключатель автоматический; KM1- контактор нормально разомкнутый с четырьмя дополнительными контактами; KM2- контактор нормально разомкнутый с двумя дополнительными контактами; KK1- тепловое реле; HLR1- светосигнальная арматура красная; HLG1- светосигнальная арматура зеленая; SB1.1- кнопка управления без подсветки красная 1р; SB1.2- кнопка управления без подсветки зеленая 1з; SA1- переключатель трехпозиционный I-0-II

Рисунок 10 – Схема управления вентиляторами

Таблица 6 – Диаграмма замыкания контактов универсального переключателя SA1

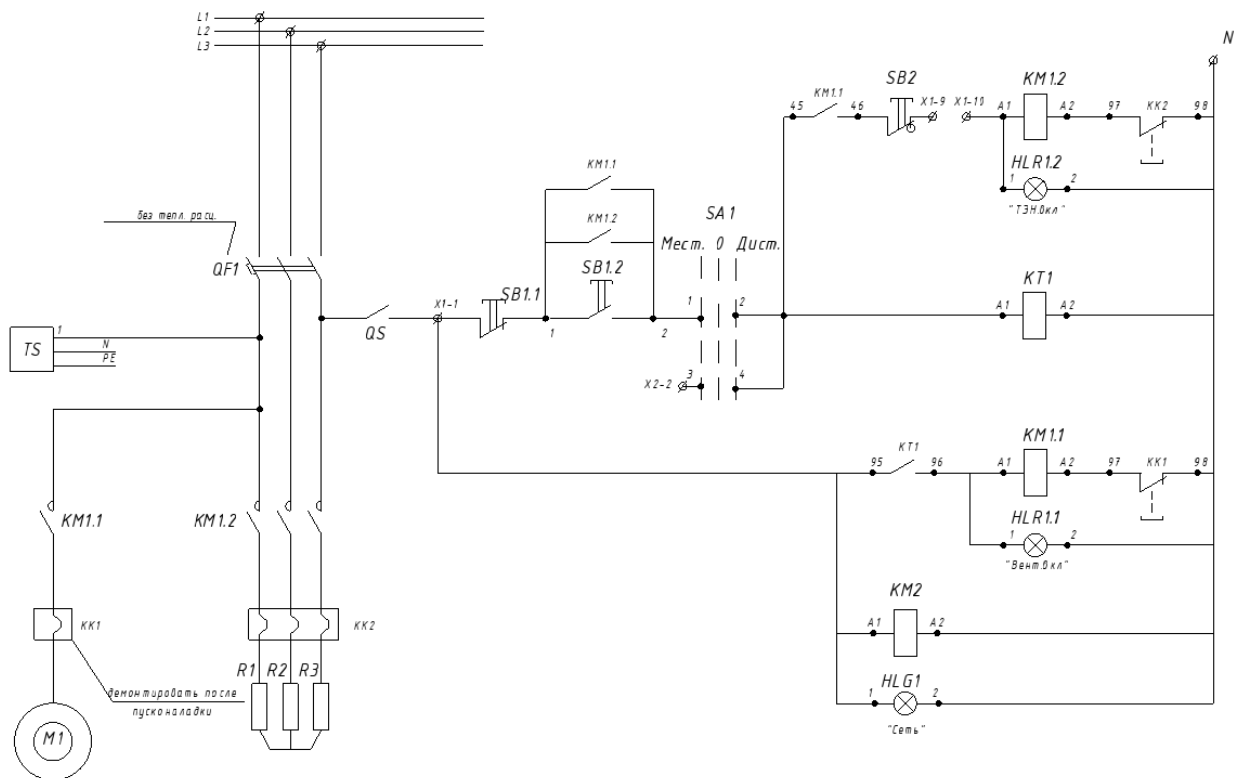
ПКУЗ-12С-3031 УЗ			
Соединение контактов	Положение рукоятки		
	Местное	Отключено	Дистанционное
	-45°	0	+45°
	М	О	Д
1-2	X	–	–
3-4	–	–	X
5-6	X	–	–
7-8	–	–	X
9-10	X	–	–
11-12	–	–	X

3.4 Система молниезащиты и заземления

В соответствии с СО-153-34.21.122-2003г. "Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций" здание относится к III уровню надежности от прямых ударов молнии [1].

Молниеприемником служит молниеприемная сетка, выполненная стальной катанкой $d=10$ мм, уложенная между слоями негорючего утеплителя безрулонной кровли здания под слой негорючего утеплителя. Шаг сетки не более 10×10 м [26].

Все выступающие над кровлей элементы: дефлекторы, вентиляторы и венткороба, телеантенна, радиостойка, лестницы и ограждение кровли оборудуются стержневыми молниеприемниками из круглой стали $\varnothing 10$ мм, высотой на 1000 мм выше выступающей части, которые присоединяются к молниеприемной сетке.



M1- вентилятор; R1, R2, R3- трубчатый электронагревательный прибор; QF1- выключатель автоматический; QS- выключатель разъединитель; KM1.1- контактор нормально разомкнутый с четырьмя дополнительными контактами; KM1.2- контактор нормально разомкнутый с двумя дополнительными контактами; KT1- реле времени с задержкой времени на выключение; KK1, KK2- тепловое реле; HLR1.1, HLR1.2- светосигнальная арматура красная; HLG1- светосигнальная арматура зеленая; SB1.1- кнопка управления без подсветки красная 1р; SB1.2- кнопка управления без подсветки зеленая 1з; SB2- кнопка управления без подсветки красная 1р; SA1- переключатель трехпозиционный I-0-II; TS- датчик реле температуры «Спрут Т-06»

Рисунок 11 – Схема управления вентиляторами подпора воздуха с подогревом

Молниеотводом служит стальная катанка $d=10$ мм. Токоотводы располагаются вертикально по периметру защищаемого объекта таким образом, чтобы среднее расстояние между ними было не более 20 м.

Токоотводы прокладываются за вентфасадом под слоем негорючего утеплителя и присоединяются к выпускам наружного контура заземления [22].

Токоотводы соединяются между собой по горизонтали через каждые 20м (см. рисунок 12).

Соединения должны быть сварными [25].

Наружный контур заземления прокладывается не выше чем -0,5 м от уровня земли и состоит из стальной полосы 40x5 проложенной по наружному контуру здания соединенной со стальными уголками длиной $l=3$ м забитыми с шагом $l=5$ м. Необходимость вертикальных заземлителей определяется после замера сопротивления тока растекания электролабораторией.

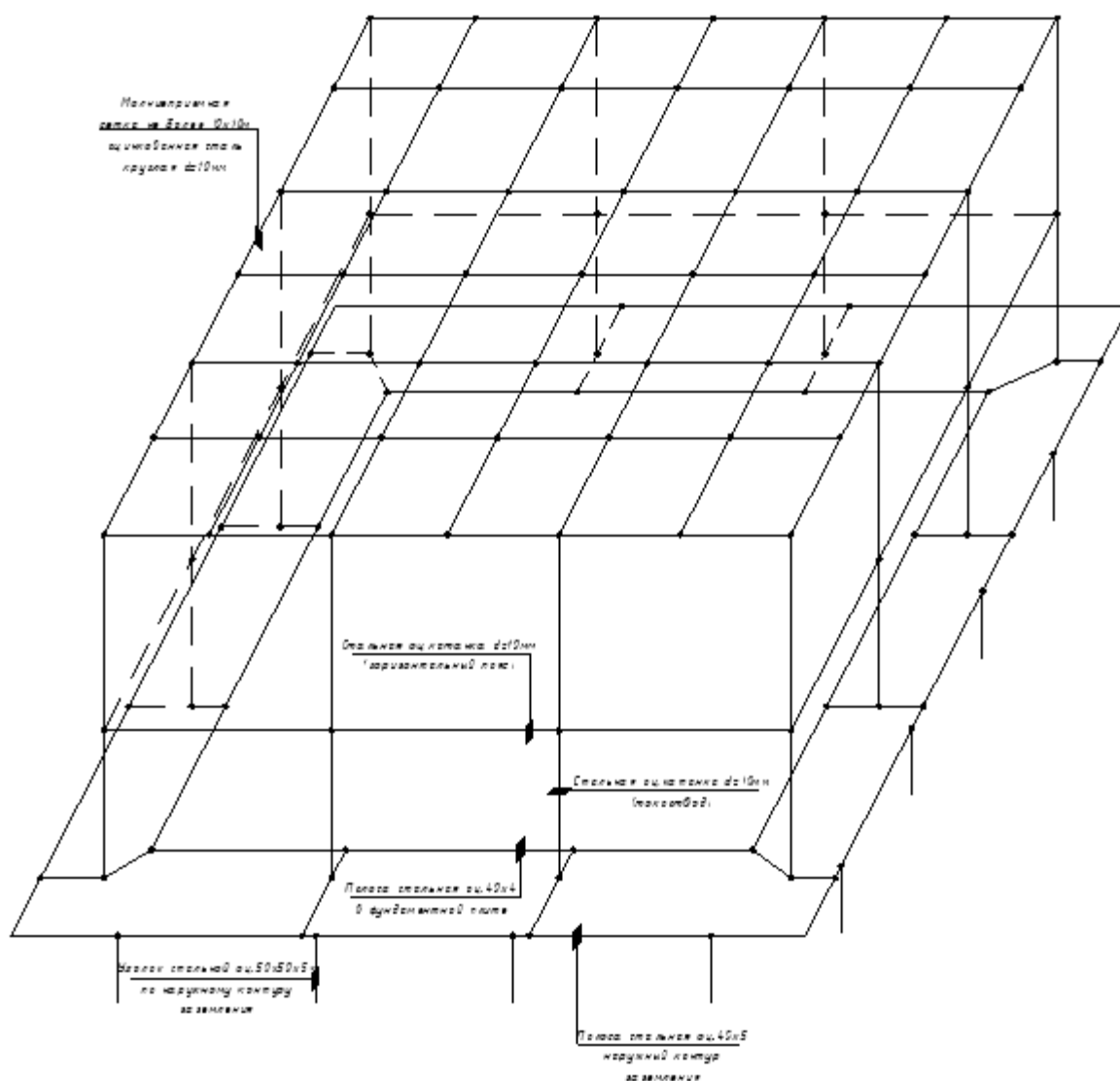


Рисунок 12 – Система молниезащиты здания

3.5 Система уравнивания потенциалов

Основная система уравнивания потенциалов должна удовлетворять следующим требованиям:

а) система уравнивания потенциалов должна быть выполнена монтажниками в соответствии с ПУЭ изд.7 п.7.1.87, 7.1.88 [1];

б) наружный контур заземления выполнить полосовой сталью 40x5мм. Контур прокладывается по периметру здания на расстоянии 1м от фундамента и крылец;

в) в качестве главной заземляющей шины использовать РЕ-шину ВРУ [21]. При нескольких обособленных вводах в здание, ГЗШ каждого вводного устройства соединить проводником уравнивания потенциалов (ПУЭ п.1.7.120);

г) сечение РЕ-шины в вводных устройствах электроустановок зданий и соответственно главная заземляющая шина принимается по ГОСТ Р 51321.1-2000 таблица 4 [16];

д) места для подключения защитных проводников к сторонним проводящим частям должны указываться специалистами организаций, осуществляющими сантехнические и другие специальные работы;

е) при использовании для систем водоснабжения пластиковых труб - выполнить металлическую вставку для присоединения к основной системе уравнивания потенциалов;

ж) для выполнения основной системы уравнивания потенциалов, К ГЗШ присоединить [18]:

1) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;

2) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (водоснабжения, канализации, отопления и т.д.);

3) металлические части каркаса здания;

- 4) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования;
- 5) заземляющее устройство системы молниезащиты;
- 6) верхние и нижние направляющие лифтов заземлить;
- 7) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, соединить как можно ближе к точке их ввода в здание.

и) в качестве проводников основной системы уравнивания потенциалов использовать полосу стальную оцинкованную 40x5 мм. Соединение полосы с проводящими частями выполнить с помощью медного провода сечением 25 мм² с изоляцией желто-зеленого цвета. Контактные соединения в цепи заземления должны соответствовать классу II по ГОСТ 10434-82 [24].

Магистраль заземления и ответвления от них должны быть доступны для осмотра.

Выводы.

Разработаны схемы подключения этажных щитков. Каждый щиток подключается через выключатель нагрузки типа ВН-32, автоматический выключатель дифференциального тока АВДТ-32 С50 и счетчик электрической энергии типа Меркурий 200.02.

Разработаны схемы подключения квартирных щитков. Освещение, звонок, духовой шкаф, варочная плита подключены через автоматический выключатель ВА 47-29. Все розетки подключены через УЗО АВДТ-32 С40 и счетчик электрической энергии типа Меркурий 200.02.

Заключение

Разработана система электроснабжения строящегося многоквартирного жилого дома. В доме две секции: секция 1, состоящая из двух подъездов и секция 2, состоящая из одного подъезда. В секции №1 168 квартир, в секции №2 - 67 квартир.

Проектом предусмотрено присоединение дома к городской электрической сети напряжением 380/220В с глухозаземленной нейтралью трансформаторов на подстанции. Система распределения электроэнергии в здании принята пятипроводной TN-C-S с использованием рабочего и защитного нулевых проводников.

Выполнен расчет электрических нагрузок по секциям дома. Для секции №1 суммарная нагрузка составила 373,1 кВт при рабочем токе 549,5 А, для секции №2 - нагрузка составила 152,9 кВт при токе 225,3 А. Количество и мощность трансформаторов для электрической подстанции для питания данного многоквартирного дома определено методом удельной плотности нагрузок. Выбрали два трансформатора ТМГ-400/6/0,4. Рассчитаны две кабельные линии: от головной подстанции 110/6 кВ до домовой трансформаторной подстанции и от ТП до электрощитовой. Выбрали кабели ПвБП-3х10 и ПвББШв-3х 240. Проверили кабели на потерю напряжения. Потери соответственно составили в номинальном режиме 8,8% и 5,32%, что не превышает 2,8 % для сетей 6 кВ и 8,7 % в сетях 0,4 кВ. Составлена спецификация оборудования для первой секции дома.

Разработаны схемы подключения этажных и квартирных щитков. Все розетки подключены через УЗО АВДТ-32 С40 и счетчик электрической энергии типа Меркурий 200.02.

Разработаны схемы управления электровентиляторами. Рассмотрены вопросы молниезащиты и заземления. Разработана система уравнивания потенциалов.

Список используемых источников

1. Библиотека электрика : ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. 3-е изд. М.: Эксмо, 2016. 750 с.
2. Вводно-распределительные устройства ВРУ1-23-56 [Электронный ресурс] : Офиц. сайт завода «Электрощит» URL: https://www.esnn.ru/catalog/13/26_vru-1-23-56_vr32.html (дата обращения 10.07.2021).
3. Вводно-распределительные устройства [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Электросам.Ру» URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/vvodno-raspredelitelnoe-ustroistvo/> (дата обращения 11.07.2021).
4. ВСН 59 – 88 Ведомственные строительные нормы. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования. [Электронный ресурс] : URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294854/4294854755.pdf> (дата обращения 15.07.2021).
5. Кабельные линии напряжением до 229 кВ [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «RusCable.Ru» URL: <https://www.ruscable.ru/info/pue/2-3.html> (дата обращения 16.07.2021).
6. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника", профиль "Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений" / Э. А. Киреева. М.: КНОРУС, 2016. 233 с.
7. Компания IEGroup – разработка и производство высокотехнологического оборудования [Электронный ресурс] : URL: www.incotex.com (дата обращения 17.07.2021).

8. Нагрузки жилых зданий [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Top Engineering». URL: <http://www.topeng.ru/sp31-110-2003-61.html> (дата обращения 18.07.2021).

9. Общая схема электроснабжения жилого дома [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Elektrik Info». URL: <http://elektrik.info/main/electrodom/628-elektrosnabzhenie-mnogokvartirnogo-doma.html> (дата обращения 20.07.2021).

10. Питание трансформаторных подстанций [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Globe Core». URL: <https://oils.globecore.ru/naznachenie-i-tipy-transformatornyh-p.html> (дата обращения 25.07.2021).

11. Питающие, распределительные и групповые сети в электроснабжении [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Школа электрика» URL: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1799-pitajushhie-raspredelitelnye-i.html#:~:text=%D0%B2>. (дата обращения 05.08.2021).

12. Подключение датчиков освещенности и датчиков движения [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Sestek.Ru» URL: https://sestek.ru/page/podkliuchi_datchik_sveta.html (дата обращения 14.08.2021).

13. Потери энергии в электрических сетях и установках: учеб. пособие / Г. В. Маслакова [и др.]. Липецк: Липец. гос. техн. ун-т, 2018. 79 с.

14. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей. Офиц. изд. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004921> (дата обращения 15.08.2021).

15. РМ-2696 Инструкция по расчету электрических нагрузок жилых зданий. Офиц. изд. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293784/4293784789.pdf> (дата обращения 15.08.2021).

16. Рябчинский М.Н. Электроснабжение жилых и общественных зданий. Автоматизация городского хозяйства №6(48), 2016 URL:

https://controleng.ru/wp-content/uploads/ce48_elektrosnabzhenie_zhilykh_i_obshchestvennykh_zdaniy.pdf (дата обращения 16.08.2021).

17. Сивков А.А. Основы электроснабжения: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. 184 с. [Электронный ресурс] : URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SIVKOV/uchebnrab/Tab1/Power-supply-IDO.pdf> (дата обращения 16.08.2021).

18. Система заземления TN-C-S – схема и описание [Электронный ресурс] : Интернет-портал «Электромонтаж». URL: <https://electricvdome.ru/zazemlenie/sistema-zazemlenija-tn-c-s.html> (дата обращения 16.08.2021).

19. СНиП 2.04.05-86 Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс] : URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294815/4294815604.pdf> (дата обращения 20.08.2021).

20. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. Офиц. изд. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 20.08.2021).

21. Счетчик электрической энергии трехфазный статический «Меркурий 230», «Mercury 230». Руководство по эксплуатации АВЛГ.411152.021 РЭ. URL: <https://www.incotexcom.ru/files/em/docs/merkuriy-230-avlg-411152-021-re-izm-4-2020-07-27.pdf> (дата обращения 25.08.2021).

22. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс] : URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения 25.08.2021).

23. Черненко А.Н. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Системы электроснабжения городов». ТГУ, 2018 г.

24. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учеб. пособие / В.П. Шеховцов. 3-е изд., испр. М. : Форум; ИНФРА-М, 2019. 214 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1009603> (дата обращения 25.08.2021).

25. Электроснабжение жилых домов [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Инженерные сети и коммутации». URL: <https://proekt-sam.ru/proektsistem/elektrosnabzhenie-mnogokvartirnogo-doma.html> (дата обращения 26.08.2021).

26. Энергосбережение и энергоэффективность. Инновационные технологии и оборудование [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Энергосэйв» URL: <https://energysaving-expo.ru/> (дата обращения 26.08.2021).

27. Энергоэффективные технологии [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «МАЭ» URL: <https://sro150.ru/vopros-otvet/148-energoeffektivnost-i-energoberegayushchie-tekhnologii-energoberezhenie-programma-energoberezheniya> (дата обращения 27.08.2021).

28. Connecting Wire Details [Электронный ресурс] : URL: https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/cables/awg-swg-connecting-wires.php (дата обращения 28.08.2021).

29. IEA Electricity Information 2015 [Electronic resource] : URL: <https://www.iea.org/Textbase/nptoc/elec2013toc.pdf> (дата обращения 28.08.2021).

30. Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council on the internal market for electricity, Chapter IV, Art. 20.1. [Electronic resource] : URL: <https://www.entsoe.eu/outlooks/midterm/> (дата обращения 28.08.2021).

31. Osbert J. C. High Rupturing Capacity (HRC) Fuses [Electronic resource] : URL: <https://owlcation.com/stem/High-Rupturing-Capacity-HRC-Fuses> (дата обращения 29.08.2021).

32. BF-80/1 Maschinenfabrik Reinhausen GmbH – MR : Design Submittal of 20 MVA Transformers [Electronic resource] : URL: <https://ru.scribd.com/document/23590321/4605-DS-002-B-Design-Submittal-of-20-MVA-Transformers> (дата обращения 29.08.2021).