

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

---

**С.А. Цырук, Д.В. Михеев, Г.С. Кулешова**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КВАРТИРЫ**

Учебное пособие

по курсу «Системы электроснабжения потребителей»  
для студентов, обучающихся по направлению  
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Москва  
Издательство МЭИ  
2020

УДК 65  
ББК 31.279.2  
Ц 975

*Утверждено учебным управлением НИУ «МЭИ»  
в качестве учебного издания*

Подготовлено на кафедре электроснабжения промышленных  
предприятий и электротехнологий

Рецензенты: М.Г. Баширов, докт. техн. наук проф., зав. каф.  
электрооборудования и автоматики промышленных  
предприятий Уфимского государственного нефтяного  
технического университета;  
Е.Н. Рыжкова, докт. техн. наук, доцент,  
проф. каф. ЭППЭ НИУ «МЭИ»

**Цырук, С.А.**

Ц 975 Проектирование системы электроснабжения квартиры: учеб. посо-  
бие / С.А. Цырук, Д.В. Михеев, Г.С. Кулешова. – М.: Издательство  
МЭИ, 2020. – 52 с.

ISBN 978-5-7046-2410-3

В учебном пособии изложены основные положения, этапы и реко-  
мендации по проектированию системы электроснабжения квартиры в  
многоквартирном жилом доме с учетом нормативных требований.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по  
направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

**УДК 65  
ББК 31.279.2**

ISBN 978-5-7046-2410-3

© Национальный исследовательский  
университет «МЭИ», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
1. Требования к оформлению проекта.....	6
2. Задание и исходные данные для проектирования.....	8
3. Определение мест размещения электрического щитка и узлов питания силовой и осветительной нагрузок.....	11
3.1. Формирование групп электроприемников.....	11
3.2. Определение мест размещения и количества электророзеток.....	11
3.3. Разработка плана размещения осветительных приборов общего освещения.....	12
3.4. Выбор места размещения выключателей системы общего освещения.....	13
3.5. Определение места размещения прибора учета.....	13
3.6. Определение места размещения распределительного щитка....	14
4. Выбор трасс прокладки линий электропитания и схемы электрических соединения распределительного щитка.....	15
4.1. Выбор схемы электроснабжения.....	15
4.2. Выбор способа и трасс прокладки электропроводки.....	16
4.3. Определение количества присоединений в распределительном щитке.....	18
4.4. Выбор типа распределительного щитка.....	18
5. Расчет электрических нагрузок.....	19
5.1. Расчет электрических нагрузок розеточной сети.....	19
5.2. Светотехнический расчет и расчет электрических нагрузок осветительных приборов общего освещения.....	20
5.3. Анализ суммарной нагрузки квартиры.....	22
6. Выбор сечений токопроводящих жил.....	24
6.1. Выбор марки проводов, исходя из принципов обеспечения пожарной и электробезопасности.....	24
6.2. Выбор сечений проводников по допустимому нагреву рабочим током.....	25
6.3. Проверка сечений проводов по допустимой потере напряжения.....	27
7. Расчет токов короткого замыкания и выбор аппаратов защиты.....	28
7.1. Расчет токов короткого замыкания.....	28
7.2. Проверка выбранных сечений токопроводящих жил по стойкости к токам короткого замыкания.....	30
7.3. Выбор коммутационных аппаратов и определение уставок электрических аппаратов по электробезопасности.....	31

8. Выбор системы учета потребляемой электроэнергии и тарифного плана.....	33
9. Подготовка договора энергоснабжения жилого помещения в многоквартирном доме.....	37
9.1. Порядок заключения.....	37
9.2. Документы, предоставляемые для заключения договора энергоснабжения в отношении жилого помещения в многоквартирном доме.....	38
10. Расчет стоимости оборудования, проектных и электромонтажных работ.....	39
11. Рекомендации по энергосбережению.....	41
12. Рекомендации по применению технических средств обеспечения электробезопасности.....	42
12.1. Системы заземления.....	42
12.2. Устройства защитного отключения (УЗО).....	44
12.3. Система уравнивания потенциалов.....	45
13. Построение однолинейной схемы квартирного распределительного щитка.....	46
14. Рекомендации по обеспечению оптимальной экологической обстановки .....	47
Список рекомендуемой литературы.....	49

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Теоретические вопросы проектирования, расчетов и анализа режимов электрооборудования и электрических сетей закрепляются, обобщаются и углубляются в процессе работы студентов над курсовым проектом «Проектирование системы электроснабжения квартиры».

Современный этап проектной деятельности отличается повсеместным и широким использованием типовых проектных решений на всех уровнях систем электроснабжения, в том числе для питания конечных потребителей. Это гарантирует повышение надежности и безопасности функционирования проектируемых объектов. Студент при выполнении курсового проекта работает с профильной нормативной литературой, знакомится и анализирует предлагаемые типовые проектные решения, на основе расчетных исследований синтезирует оптимальный вариант, документирует его и защищает, таким образом, получая новые практические навыки и способность отстаивать свою точку зрения на основе приобретенных знаний и умений.

Помимо принятия технических решений в проекте студенту предлагается выполнение экономических расчетов: определение стоимости проекта, монтажа и наладки электрооборудования, выбора оптимального тарифного плана для расчета за потребленную электроэнергию, а также заключение договора с энергоснабжающей организацией.

Учебное пособие предназначено для студентов магистратуры, обучающихся по образовательной программе «Управление организациями в электроэнергетике и электротехнике» при выполнении курсового проекта при изучении дисциплины «Системы электроснабжения потребителей». При этом вопросы, освещенные в учебном пособии, могут быть полезными и для студентов, обучающихся по другим образовательным программам направления «Электроэнергетика и электротехника».

# 1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПРОЕКТА

Проект должен быть подготовлен на компьютере и представлен в виде расчетно-пояснительной записки (РПЗ) на листах формата А4. Графическая часть курсового проекта выполняется в специальных программах (AutoCAD, КОМПАС, MS Visio и др.).

Содержание РПЗ.

1. Титульный лист.
2. Аннотация на русском и английском (или другом иностранном языке).
3. Содержание с указанием страниц.
4. Задание и исходные данные для проектирования.
5. Расчетно-аналитическая часть проекта:
  - 5.1) определение мест размещения электрического щитка и узлов питания силовой и осветительной нагрузок;
  - 5.2) выбор трасс прокладки линий электропитания и схемы электрических соединения распределительного щитка;
  - 5.3) расчет электрических нагрузок;
  - 5.4) выбор и проверка сечений токопроводящих жил;
  - 5.5) расчет токов короткого замыкания;
  - 5.6) выбор аппаратов защиты и проверка по токам короткого замыкания;
  - 5.8) выбор системы учета потребляемой электроэнергии и тарифного плана;
  - 5.9) подготовка договора энергоснабжения жилого помещения в многоквартирном доме;
  - 5.10) расчет стоимости оборудования, проектных и электромонтажных работ.
6. Выводы по проведенной работе.
7. Список литературы.

Требования к оформлению РПЗ приведены далее по тексту.

- Текст РПЗ набирается на компьютере, шрифт – Times New Roman 14, межстрочный интервал – от 1,0 до 1,5, выравнивание – по ширине; отступ – 1,25.
- Поля: сверху, снизу – 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм.
- Каждый новый раздел РПЗ начинается с новой страницы.
- Расположение названий разделов – по центру; шрифт – Times New Roman 16 (жирный); междустрочный интервал в заголовке главы – 1,0; интервал после заголовка – 12 п.

- Нумерация разделов выполняется арабскими цифрами.
  - В тексте должны содержаться ссылки на все библиографические источники, рисунки, таблицы, формулы и приложения.
  - Страницы нумеруются от титульного листа и до последнего, цифра 1 на титульном листе не ставится; нумерация страниц – по центру снизу.
  - Должна присутствовать расшифровка всех сокращений или аббревиатур.
  - Названия рисунков пишутся под рисунками (шрифт Times New Roman 14, курсив, междустрочный интервал – 1,0). Расположение – по центру. Отступ до и после – 6 п. Нумерация рисунков – сквозная. В тексте РПЗ должны быть даны ссылки на все рисунки с обязательным указанием их нумерации.
  - Названия таблиц пишутся над таблицами. Названия таблиц располагаются над таблицами и выравниваются по ширине (шрифт Times New Roman 14, курсив, междустрочный интервал – 1,0). Отступ до – 6 п., после – 6 п. Нумерация таблиц – сквозная. В таблицах – шрифт Times New Roman 10–12, междустрочный интервал – 1,0.
  - В тексте РПЗ должны отсутствовать «пустые» и малозаполненные листы. Последний лист раздела должен быть заполнен минимум на 75%.
  - Знаки, символы, математические формулы, текст РПЗ, графическая часть работы должны быть набраны на компьютере, написание фрагментов РПЗ «от руки» не допускается.
  - Оформление библиографических источников в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «СИБИД. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления».
  - Отсутствие орфографических и синтаксических ошибок.
  - Отсутствие трудно воспринимаемых по смыслу предложений.
  - Графическая часть (чертежи, схемы и т.п.) выполняется с соблюдением соответствующих государственных стандартов.
- Графическая часть РПЗ должна содержать:
- 1) план электроснабжения квартиры с изображением электроприемников, узлов питания, силовых щитков, трасс прокладки линий питания;
  - 2) план электроосвещения квартиры;
  - 3) однолинейную схему электроснабжения квартиры от вводного щитка до электроприемников.

## 2. ЗАДАНИЕ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В курсовом проекте разрабатывается система электроснабжения (СЭС) квартиры в многоквартирном жилом доме. Исходные данные на проектирование содержат схему планировки квартиры (по вариантам) с примерной расстановкой мебели и некоторых бытовых электроприемников, виде плиты (газовая или электрическая), а также сведения о системе заземления нейтрали, типе электропитания (однофазное или трехфазное), категории надежности электроснабжения.

Каждая из систем искусственного заземления направлена на решение вопросов безопасной эксплуатации электроустановок. Основным документом, регламентирующим выбор типа системы заземления, являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [1]. В распределительных сетях напряжением 0,4 кВ применяется система заземления TN, которая предусматривает обязательное заземление нейтрали источника питания. При этом открытые токоведущие части конечных электроустановок могут быть соединены с нейтралью источника питания различными способами. На практике применяются три подвида системы TN: TN-C, TN-S, TN-C-S, которые отличаются друг от друга различными способами подключения нулевого рабочего проводника «N» и нулевого защитного проводника «PE».

В соответствии с принятой классификацией потребителей по категории надежности электроснабжения жилые квартиры в многоквартирных домах относятся к потребителям третьей категории (если не предусмотрено иного в проекте всего дома).

Нормальное функционирование электрических приборов и электрооборудования зависит от условий окружающей среды. При проектировании СЭС квартиры необходимо охарактеризовать помещения квартиры в соответствии с классификациями помещений по условиям окружающей среды и в отношении поражения людей электрическим током, приведенными в ПУЭ.

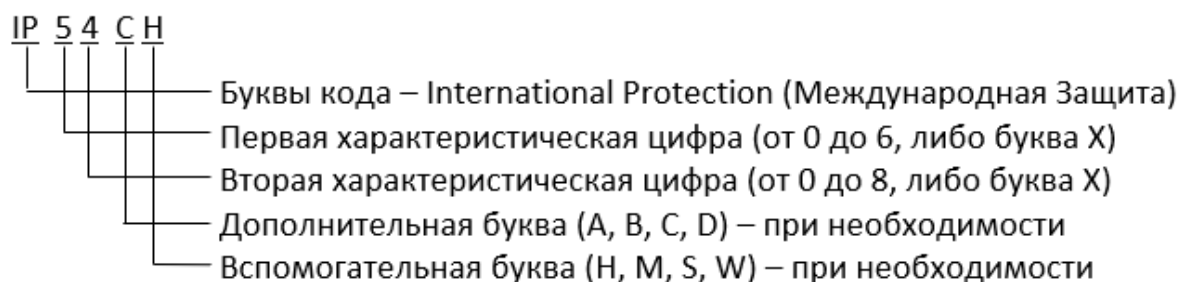
К основным электротехническим характеристикам электроприборов относятся: потребляемая активная мощность, коэффициент мощности, рабочее напряжение, рабочая частота, класс энергоэффективности. Для электрических плит, как правило, указывается тип питающего переменного тока: трехфазный или однофазный.

Для электрических ламп кроме вышеперечисленных характеристик электроприборов указывается тип, световой поток, цветовая температура, индекс цветопередачи (Ra), число циклов включения/отключения.



Для всех электроприемников, как правило, указывается степень защиты от воздействия окружающей среды – IP (International Protection Marking). International Protection Marking (международные коды защиты) – классификация способа защиты, обеспечиваемого оболочкой технического устройства от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и (или) воды и проверяемого стандартными методами испытаний. Регулируется стандартами IEC 60529 (DIN 40050, ГОСТ 14254).

Маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляется при помощи международного знака защиты (IP) и двух цифр, с возможным добавлением конкретизирующей буквы (рис. 2.1).



**Рис. 2.1. Структура маркировки электроустановок по степени защиты от окружающей среды**

Первая характеристическая цифра указывает, что оболочка обеспечивает:

- защиту людей от доступа к опасным частям, предотвращая либо ограничивая проникновение какой-либо части человеческого тела или предмета, находящегося в руках у человека;
- защиту оборудования, находящегося внутри оболочки, от проникновения внешних твердых предметов (пыли).

Вторая характеристическая цифра обозначает степень защиты, обеспечиваемую оболочками в отношении вредного воздействия на оборудование в результате проникновения воды.

Дополнительная буква обозначает степень защиты людей от доступа к опасным частям. Дополнительные буквы следует использовать только:

- если действительная защита от доступа к опасным частям выше защиты, указанной первой характеристической цифрой;
- либо если обозначена только защита от доступа к опасным частям, а первая характеристическая цифра заменена символом X.

Соответственно, степень защиты оболочки электрооборудования зависит от конкретных условий эксплуатации, определяемых условиями окружающей среды.

Выбор размещаемых в квартире электроприемников (и их характеристик) осуществляется студентом самостоятельно с использованием открытых источников (например, Интернет или каталоги).

Примерный перечень электроприемников квартиры представлен в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Примерный перечень электроприемников квартиры**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование электроприемника</b>	<b>№ п/п</b>	<b>Наименование электроприемника</b>
1	Часы	27	Вафельница
2	Люстра	28	Магнитофон
3	Бра	29	Вентилятор
4	Настольная лампа	30	Стиральная машина
5	Торшер	31	Утюг
6	Подсветка мебельной стенки	32	Пылесос
7	Телевизор	33	Электровеник
8	Персональный компьютер	34	Фен
9	Колонки для воспроизведения звука	35	Щипцы
10	Ноутбук	36	Машинка для стрижки
11	Принтер / МФУ	37	Бритва
12	Радиатор / конвектор	38	Дрель
13	Холодильник	39	Паяльник
14	Варочная панель	40	Звонок дверной
15	Духовой шкаф	41	Зарядное устройство
16	Микроволновая печь	42	Мобильный телефон
17	Посудомоечная машина	43	Швейная машинка
18	Кухонный комбайн	44	Увлажнитель воздуха
19	Чайник	45	Озонатор
20	Кофемолка	46	Водонагреватель
21	Мясорубка	47	Елочная гирлянда
22	Кофеварка	48	Теплый пол
23	Соковыжималка	49	Кондиционер
24	Миксер	50	Сушка для обуви
25	Мультиварка	51	Вытяжка
26	Тостер	52	Видеокамера

### **3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЩИТКА И УЗЛОВ ПИТАНИЯ СИЛОВОЙ И ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗОК**

#### **3.1. Формирование групп электроприемников**

Формирование групп электроприемников (ЭП) производится на основе расположения ЭП в квартире и по суммарной мощности группы. Рекомендуется формировать группы ЭП таким образом, чтобы суммарная мощность группы не превышала 4,5 кВт (это позволит унифицировать проектные решения по выбору сечений токопроводящих жил, коммутационных и защитных аппаратов). Для мощных бытовых приборов (варочная панель, духовка, водонагреватель и т.д.) сечение кабеля и номинальный ток аппарата защиты выбирается в соответствии с потребляемой мощностью.

При формировании групп следует разделять группы силовой сети (электророзетки) и освещения.

#### **3.2. Определение мест размещения и количества электророзеток**

Места размещения и количество узлов питания нагрузки (штепсельных розеток) определяется с учетом расстановки мебели и бытовых электроприборов.

Нормативными документами определяется минимальное количество узлов питания нагрузки (электророзеток).

В жилых комнатах квартир должно быть установлено не менее одной розетки на ток 10 (16) А на каждые полные и неполные 3 м периметра комнаты, в коридорах квартир – не менее одной розетки на каждые полные и неполные 10 м<sup>2</sup> площади коридоров.

В жилых комнатах допускается установка сдвоенных розеток на ток 10 (16) А. Сдвоенная розетка, установленная в жилой комнате, считается одной розеткой.

В жилых комнатах квартир, а также в помещениях для пребывания детей рекомендуется устанавливать розетки, снабженные защитным устройством, закрывающим гнезда при вынутой вилке [2].

Высота установки розеток от уровня чистого пола составляет розеток – не менее 0,15 м [2].

**Определение мест размещения и количества розеток в кухне.** В кухнях квартир следует предусматривать не менее четырех розеток на

ток 10 (16) А. В кухнях допускается установка сдвоенных розеток на ток 16 А. Сдвоенная розетка, установленная в кухне, считается двумя розетками.

В кухнях квартир с электроплитами розетки следует подключать непосредственно к питающей линии. Допускается подключение через поляризованный штепсельный соединитель.

При определении мест размещения розеток на кухне необходимо учитывать рекомендации, приведенные в [1, гл. 7.1], [2, гл. 14, 15].

#### **Определение мест размещения и количества розеток в санузлах.**

В ванных комнатах допускается установка штепсельных розеток с соответствующей степенью защиты на расстоянии не менее 0,6 м от края ванны или проема душевой кабины и на высоте не менее 1,0 м, защищенных устройством защитного отключения, реагирующим на дифференциальный ток, не превышающий 30 мА.

В зоне установки сантехнического оборудования систем водопровода или отопления розетки устанавливать не ближе 0,6 м. Установка пультов управления и распределительных устройств внутри помещения санузла, а также установка розеток под и над мойками запрещена [2].

### **3.3. Разработка плана размещения осветительных приборов общего освещения**

По конструктивному исполнению различают две системы искусственного электрического освещения – общее и комбинированное. При общем освещении (равномерном и локализованном) все рабочие места в помещении освещаются от общей осветительной установки. Если к общему освещению добавляют местное, сосредоточивающее световой поток непосредственно на рабочих местах, то такое освещение называют комбинированным.

Одно местное освещение к применению не допускается, так как вызывает необходимость частой переадаптации зрения, создает глубокие и резкие тени, опасность травмирования и другие неблагоприятные факторы.

Необходимое количество осветительных приборов общего освещения в зависимости от их типа и вида используемых источников света определяются светотехническим расчетом с учетом норм освещенности жилых помещений, приведенных в СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» [3].

Во всех помещениях квартир, за исключением лоджий и балконов, должна быть предусмотрена возможность установки светильников общего

освещения. Как правило, эти светильники должны подвешиваться или закрепляться на потолке. В подсобных помещениях (кухнях, передних, коридорах, холлах, кладовых), а также в дополнительных помещениях (игровой, столовой, мастерской и др.) общее освещение допускается осуществлять настенными светильниками.

В жилых комнатах квартир площадью 10 м<sup>2</sup> и более следует предусматривать возможность установки многоламповых светильников с включением ламп двумя частями [2].

Допускается установка светильников на лоджиях и балконах на высоте не менее 2 м до низа светильника при условии применения дополнительной защиты с помощью устройства защитного отключения (УЗО) с дифференциальным током срабатывания не более 30 мА. Рекомендуется подключать эти светильники к ближайшей розеточной сети, защищенной УЗО.

Светильники, устанавливаемые в помещении санузла должны удовлетворять требованиям, перечисленным в [2, п. 5.4.17].

В соответствии с заданием на проектирование возможны установка дополнительных светильников и применение специальных схем управления освещением квартир (например, управление с нескольких мест, кратковременного действия, сенсорного действия, в зависимости от уровня освещенности и т.п.).

### **3.4. Выбор места размещения выключателей системы общего освещения**

Выключатели рекомендуется устанавливать на стене со стороны дверной ручки на высоте до 1 м, допускается устанавливать их под потолком с управлением при помощи шнура [1, п. 7.1.51].

Рекомендуемая высота установки выключателей освещения от уровня чистого пола составляет 0,9 м [2].

В санузлах, ванных комнатах и т.п. установка распределительных устройств и устройств управления не допускается [1, п. 7.1.52]. Установка выключателей внутри помещения санузла или ванной комнаты запрещена [1, п. 7.1.48, 7.1.52; 4].

### **3.5. Определение места размещения прибора учета**

В жилых зданиях следует устанавливать один одно- или трехфазный расчетный счетчик (при трехфазном вводе) на каждую квартиру. Расчетные

квартирные счетчики рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты (автоматическими выключателями, предохранителями). При установке квартирных щитков в прихожих квартир счетчики, как правило, должны устанавливаться на этих щитках, допускается установка счетчиков на этажных щитках [1, п. 7.1.59].

Для безопасной замены счетчика, непосредственно включаемого в сеть, перед каждым счетчиком должен предусматриваться коммутационный аппарат для снятия напряжения со всех фаз, присоединенных к счетчику [1, п. 7.1.64].

Отключающие аппараты для снятия напряжения с расчетных счетчиков, расположенных в квартирах, должны размещаться за пределами квартиры.

После счетчика, включенного непосредственно в сеть, должен быть установлен аппарат защиты. Если после счетчика отходит несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты не требуется [1, п. 7.1.65].

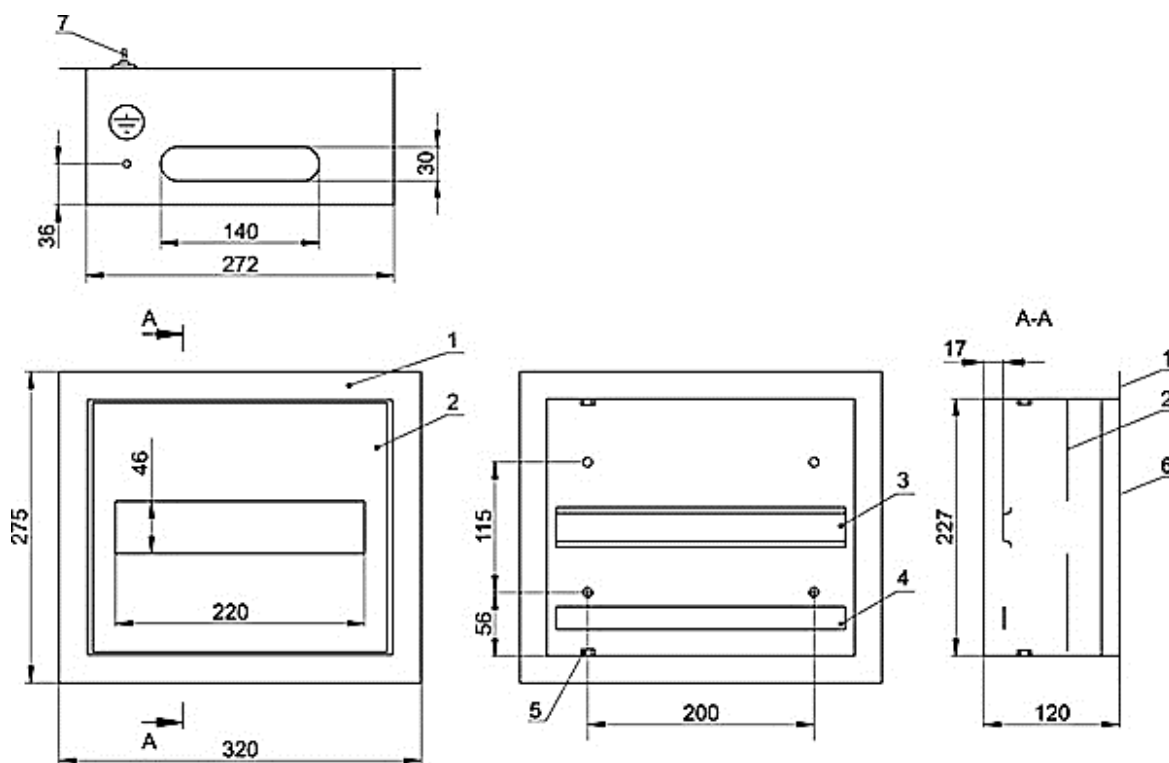
Рекомендуется оснащение жилых зданий системами дистанционного съема показаний счетчиков [1, п. 7.1.66].

### **3.6. Определение места размещения распределительного щитка**

Групповой щиток служит для распределения электрической энергии между группами потребителей и защиты электрической сети от действия токов, приводящих к возникновению перегрузочных и аварийных режимов.

Квартирный щиток – групповой щиток, установленный в квартире и предназначенный для присоединения сети, питающей светильники, штепсельные розетки и стационарные электроприемники квартиры [1, п. 7.1.7] (рис. 3.1).

Место для установки щитка выбирают в сухом непыльном помещении на капитальной стене не далее 5 м от места ввода проводов в квартиру и не ближе 0,5 м от трубопровода. В оптимальном варианте щиток должен прикрывать собой отверстия ввода проводов. Щиток размещают на высоте 1,5 м над полом, выровняв его по отвесу и уровню. Щиток устанавливается непосредственно в нишу в стене, или навешивается на ее поверхность. Все провода, присоединяемые к щитку, должны иметь запас 100–150 мм и не испытывать натяжения [1, гл. 1.5].



**Рис. 3.1. Чертеж квартирного щитка:**

1 – корпус щитка; 2 – панель оперативная; 3 – DIN-рейка; 4 – рейка шин N и PE;  
5 – гайка заземления; 6 – дверь; 7 – замок

## 4. ВЫБОР ТРАСС ПРОКЛАДКИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЩИТКА

### 4.1. Выбор схемы электроснабжения

Электроснабжение узлов питания нагрузки может осуществляться по радиальной, магистральной или смешанной схеме.

При радиальной схеме электроснабжения все узлы питания нагрузки в квартире запитываются отдельными линиями от квартирного щитка. При этом для каждой линии предусматривается свой коммутационно-защитный аппарат. Достоинством такой схемы является высокая надежность, однако существенный ее недостаток – высокая стоимость, которая обуславливается большим количеством используемого электрооборудования (электропроводки, аппаратов коммутации и защиты). Кроме того, из-за большого количества отходящих линий увеличиваются габаритные размеры квартирного щитка, а также трудоемкость выполняемых при монтаже работ, что также приводит к удорожанию схемы.

Более экономически выгодной разновидностью рассмотренной выше схемы является схема электроснабжения с использованием распределительных коробок. Для этого узлы питания нагрузки разделяются на группы примерно одинаковые по мощности и по функциональному признаку (силовые розетки комнат, санузла, кухни, освещение). Для каждой группы устанавливается распределительная коробка, к которой от квартирного щитка подходит питающая линия. Затем от распределительной коробки параллельно друг другу прокладываются питающие линии к каждой розетке группы. Использование распределительных коробок позволяет уменьшить количество отходящих от квартирного щитка линий, коммутационно-защитных аппаратов и габаритов самого квартирного щитка, что в свою очередь приводит к снижению стоимости данной схемы. Однако массовое применение распределительных коробок приводит к снижению надежности системы электроснабжения квартиры и к трудности определения поврежденного кабеля при возникновении токов короткого замыкания и токов перегрузки.

При осуществлении электроснабжения по магистральной схеме узлы питания нагрузки аналогично разделяются на группы, при этом розетки внутри каждой группы оказываются соединенными последовательно: питающая линия прокладывается от квартирного щитка до первой розетки группы, затем от первой ко второй, от второй к третьей и т.д. Магистральная схема является наиболее экономичной, но наименее надежной.

Смешанная схема электроснабжения является комбинацией радиальной и магистральной схемы. Например, для каждого из наиболее мощных электроприборов квартиры (электроплита, стиральная машина, бойлер) предусматривается отдельная питающая линия из квартирного щитка, защищенная аппаратом защиты. При этом остальные розетки могут быть запитаны по магистральной схеме, а электропитание осветительных приборов может осуществляться по схеме с использованием распределительных коробок.

#### **4.2. Выбор способа и трасс прокладки электропроводки**

Электропроводки разделяются на следующие виды: открытые и скрытые [1, гл. 2.1]. Как правило, в жилых комнатах и коридорах квартир применяются скрытые электропроводки. В кухнях квартир рекомендуется применять те же виды электропроводок, что и в жилых комнатах и коридорах [1, п. 7.1.39]. В санузлах должна применяться скрытая электропроводка [1, п. 7.1.40]. На балконе допускается открытая прокладка электропроводки [1, п. 7.1.37; 2, гл. 15].



Скрытые электропроводки прокладываются в стенах, полах, перекрытиях (а также по перекрытиям в подготовке пола и т.п.), за непроходными подвесными потолками. При скрытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: в трубах, коробах, под штукатуркой в заштукатуриваемых бороздах и т.п. [1, п. 2.1.4, п. 7.1.38]. При этом в санузлах не допускается прокладка проводов в стальных трубах [2, гл. 15].

Прокладка электропроводки должна выполняться параллельно архитектурно-строительным линиям. Нельзя укорачивать трассу и проводить ее под углом с целью экономии материала в виду того, что в процессе дальнейшей эксплуатации такая электропроводка становится уязвимой перед возможными механическими повреждениями [5, п. 522.8.7]. Однако электропроводки в потолках допускается располагать по кратчайшему пути [5, п. 522.8.8].

Расстояние от горизонтально проложенных участков электропроводки до плит перекрытия (или межкомнатных стен) должно быть не менее 150 мм и не более 200 мм. В случае необходимого отступления это расстояние указывается в рабочей документации [6].

Трассы электропроводки от розеток и выключателей до горизонтальных участков электропроводки прокладывают вертикально. Вблизи дверей и окон электропроводка должна быть расположена параллельно краю проема и находиться на расстоянии 200 мм от него.

Трассы электропроводки не должны проходить по нагревающим поверхностям, а также должны быть удалены от труб водопровода на 0,1 м, а от труб газоснабжения – на 0,4 м.

Открытая прокладка электропроводки на балконе допускается на высоте не менее 2 м [2, п. 7.1.37].

В помещениях с повышенной или особой опасностью поражения электрическим током провода должны находиться на высоте не менее 2,25 м от пола. Если указанную высоту выдержать невозможно, то следует применять такой способ прокладки проводов, который исключил бы возможность прикосновений к ним.

При параллельной прокладке силовой и низковольтной сети расстояние должно составлять не менее 300 мм, пересечение силовой и слаботочной сети возможно только под прямым углом.

Прокладка электропроводки должна быть выполнена таким образом, чтобы электропроводка была доступна для ремонта и осмотра и не подвергалась механическим и тепловым воздействиям.

### **4.3. Определение количества присоединений в распределительном щитке**

Количество присоединений в распределительном квартирном щитке определяется в соответствии с выбранной схемой электроснабжения количеством подходящих к распределительной шине и отходящих от нее линий, питающих квартирную нагрузку.

### **4.4. Выбор типа распределительного щитка**

Выбор типа щитка осуществляется на основе классификационных признаков и основных параметров [7], щитки должны соответствовать требованиям, перечисленным в ГОСТ 32395-2013 «Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия» [7].

Признаки классификации щитков, относящиеся к квартирным групповым щиткам следующие:

- по исполнению, относящемуся к виду установки (настенное / встраиваемое в нишу);
- по способу защиты от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0 (класс I / класс II);
- по наличию аппарата на вводе щитка (с аппаратом / без аппарата при присоединении щитка к этажному распределительному щитку);
- по числу фаз ввода в щиток (однофазный / трехфазный);
- по числу фаз групповых цепей (однофазные / однофазные и трехфазные);
- по наличию приборов и аппаратов для дистанционного съема данных и/или дистанционного (автоматического) управления режимом электропотребления (без приборов / с приборами – по требованию потребителя).

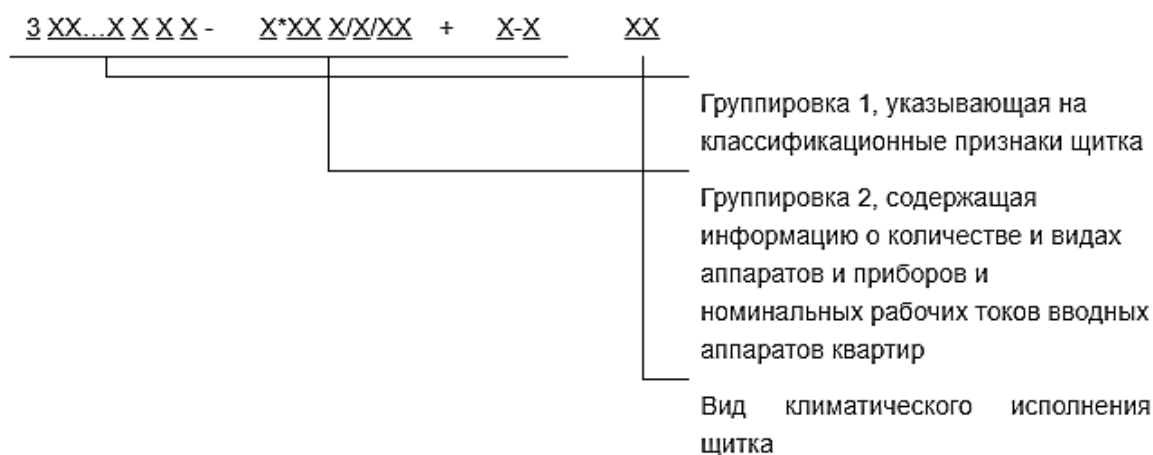
Основные параметры щитков должны соответствовать указанным в [7] и приводятся в технических условиях на щитки конкретных типов.

Основные параметры квартирных групповых щитков:

- номинальное напряжение на вводах щитка, В;
- номинальные токи вводных аппаратов (включая автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током (АВДТ)), А;
- номинальные отключающие дифференциальные токи АВДТ, мА;
- номинальные токи защитных аппаратов линий групповых цепей, А;
- номинальные отключающие дифференциальные токи АВДТ линий групповых цепей, мА;

- минимальное число защитных аппаратов линий групповых цепей в щитке;
- номинальный рабочий ток вводного аппарата, а также защитных аппаратов групповых цепей, А.

Обозначение типов щитков формируется с использованием классификационных признаков и параметров, установленных в стандарте [7], по структуре, представленной на рис. 4.1.



**Рис. 4.1. Структура условного обозначения щитка**

Расшифровка структуры обозначения приведена в ГОСТ 32395-2013 «Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия» [7].

## **5. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

### **5.1. Расчет электрических нагрузок розеточной сети**

При проектировании системы электроснабжения квартиры и выборе электрооборудования (квартирный электрощит, узлы питания, электропроводка, аппараты защиты и т.п.) фактически расчет нагрузок не производится, а установка электрооборудования выполняется по нормам в зависимости от площади и назначения помещений, что фактически является одной из форм метода удельных плотностей нагрузок. При этом особое внимание уделяется электроснабжению кухни и санузла ввиду специфики электроснабжения и требований электробезопасности.

Для узлов питания квартиры величина возможной нагрузки определяется номинальным током розетки и соответствующим ей сечением проводника (см. разд. 6 настоящего пособия). Ток розетки необходимо выбирать, исходя из планируемой мощности подключаемых электроприборов, учитывая, что некоторые из них, например утюги, пылесосы и пр. могут подключаться к различным узлам питания, не изменяя при этом суммарную электрическую нагрузку.

В таблице 5.1 приведены сведения о номинальных токах розеток, рекомендованных к применению в квартирах, соответствующие им допустимые электрические нагрузки и их характеристики, а также рекомендованные сечения питающих кабелей.

Выбранные по допустимому току питающие кабели в дальнейшем должны быть проверены по допустимой потере напряжения для режима максимальной нагрузки (см. п. 6.3 настоящего пособия).

Таблица 5.1

**Данные о технических характеристиках розеток,  
сечениях питающих их кабелей и соответствующих  
характерных нагрузках**

<b>Розетка <math>I_{\text{ном}}, \text{А}</math></b>	<b>Нагрузка <math>P, \text{Вт}</math></b>	<b>Кабель (Cu) <math>F, \text{мм}^2</math></b>	<b>Характеристика нагрузки</b>
6	1300	1,5	Маломощные приемники: освещение, телевизоры, радиоприемники, компьютеры
10	2200	1,5–2,5	Среднемощная комнатная розеточная нагрузка: пылесосы, утюги
16	3500	2,5	Теплые полы, кондиционеры
32	7000	6	Кухонные приемники: электроплиты, посудомоечные и стиральные машины, печи СВЧ

**5.2. Светотехнический расчет и расчет электрических нагрузок  
осветительных приборов общего освещения**

При проведении светотехнического расчета решаются следующие задачи: выбирают типы источников света и светильников, намечают наиболее целесообразные высоты установки светильников, определяют качественные характеристики осветительных приборов.

При выборе источников света и осветительных приборов общего освещения необходимо обеспечить требуемый уровень освещенности в помещениях квартиры.

Нормы освещенности устанавливаются в соответствии с назначением помещения и разрядом зрительных работ и приведены в [3].

Нормативные показатели освещения основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий содержатся в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [8] и для помещений квартиры приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

**Нормативные показатели освещения помещений квартиры**

№ п/п	Наименование помещения квартиры	$E_{\text{норм}}$ , лк
1	Жилые комнаты, гостиные, спальни	150
2	Кухни, кухни-столовые, кухни-ниши	150
3	Детские	200
4	Кабинеты, библиотеки	300
5	Внутриквартирные коридоры холлы	50
6	Кладовые, подсобные	300
7	Гардеробные	75
8	Ванные комнаты, уборные, санузлы, душевые	50

Исходя из величины нормированной освещенности  $E_{\text{норм}}$ , лк, можно определить величину светового потока  $\Phi_{\text{расч}}$ , лм, которую необходимо обеспечить в помещении площадью  $S$ , ( $\text{м}^2$ ), посредством установки осветительных приборов общего освещения:

$$\Phi_{\text{расч}} = E_{\text{норм}} \cdot S \cdot k_{01} \cdot k_{02},$$

где  $k_{01}$  – поправочный коэффициент, учитывающий высоту потолков:

- при высоте потолков до 2,7 м  $k_{01}$  равен 1;
- при высоте потолков свыше 2,7 м  $k_{01}$  равен 1,2;

$k_{02}$  – поправочный коэффициент, учитывающий тип источника света: для светодиодных ламп этот коэффициент учитывает снижение светового потока в течение срока их эксплуатации и равен 1,1.

Ориентировочно необходимое количество ламп  $n_{\text{л}}$ , шт, для обеспечения требуемой величины светового потока можно определить по формуле:

$$n_{\text{л}} = \frac{\Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{л}}},$$

где  $\Phi_{\text{л}}$  – световой поток одной лампы, лм.

Расчетная мощность осветительной установки  $P_{\text{ОУр}}$ , кВт, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОУр}} = n_{\text{л}} P_{\text{л}},$$

где  $P_{\text{л}}$  – номинальная мощность лампы, кВт.

Расчетный ток осветительной установки  $I_{\text{ОУр}}$ , А, определяется из расчетной мощности осветительной установки по формуле:

$$I_{\text{ОУр}} = \frac{P_{\text{ОУр}}}{U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{л}}},$$

где  $\cos \varphi_{\text{л}}$  – коэффициент мощности лампы.

### 5.3. Анализ суммарной нагрузки квартиры

Электрическая нагрузка квартиры существенно меняется в течение суток и зависит от многих факторов (уклада жизни проживающей в квартире семьи, наличия тех или иных ЭП, материального достатка и т.д.).

Пусть нужно запитать квартиру с заданным электрооборудованием (см. табл. 1.1). Анализируя режимы работы ЭП и исследуя электрические нагрузки, мы сталкиваемся как с зависимым друг от друга включением электроприборов, так и с независимым. Например, можно предположить, что при включении телевизора выключается радио, или, если включен утюг, то не работает мясорубка. При этом холодильник работает независимо от режимов работы других ЭП. Вероятность одновременного включения четырех конфорок электроплиты и духовки крайне мала, но проводник, питающий данные ЭП, должен выдерживать такую нагрузку (если не предусмотрена защита, в том числе электронная, не допускающая какого-то режима). Можно представить нагрузку, когда 15 минут хотя бы раз в течение года (это касается сечений 6 и 10 мм<sup>2</sup>) включено максимальное число приемников наибольшей мощности. В данном случае речь идет о максимальной нагрузке из возможных (исключая режимы короткого замыкания). Однако определение расчетной нагрузки сложением номинальных мощностей ЭП было бы неверно, так как приводило бы к существенному завышению значений расчетной мощности. Поэтому расчет коммунально-бытовой нагрузки для линий, питающих групповые щиты квартир, производится в соответствии с методикой, описанной в [9].

Расчетная мощность ЭП квартиры  $P_{\text{р}}$ , кВт, определяется по методу коэффициента спроса и вычисляется по формуле:

$$P_p = \sum P_{\text{ном},i} K_{c,i},$$

где  $P_{\text{ном},i}$  – номинальная мощность  $i$ -го ЭП квартиры, кВт;  $K_{c,i}$  – коэффициент спроса  $i$ -го ЭП квартиры. Средние значения коэффициентов спроса для характерных ЭП представлены в табл. 5.3.

Расчетный ток линии  $I_p$ , А, определяется из расчетной мощности по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{U_{\text{ном}} \cos \varphi},$$

где  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение питающей сети, кВ;  $\cos \varphi$  – средневзвешенный коэффициент мощности ЭП квартиры. Как правило, значение средневзвешенного коэффициента мощности  $\cos \varphi_{\text{ср}}$  составляет 0,95. Средние значения коэффициентов мощности для характерных ЭП квартиры приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

**Средние значения коэффициентов мощности  
для характерных ЭП квартиры**

Наименование ЭП	Значение $K_c$	Значение $\cos \varphi$
Электроплита	0,5	1
Пылесос	0,1	0,9
Утюг	0,1	1
Телевизор	0,7	1
Холодильник	0,8	0,95
Микроволновая печь	0,3	1
Электрочайник	0,3	1
Бойлер	0,2	1
Компьютер	0,3	0,95
Кофеварка	0,2	1
Стиральная машина	0,1	0,9
Электродрель	0,1	0,85
Лампа накаливания	0,7	1
Люминесцентная лампа	0,7	0,95
Светодиодная лампа	0,7	0,98

Расчетная нагрузка квартиры не должна превышать величину расчетной мощности квартиры 11 кВт (для квартир с электроплитами) или 7 кВт (для квартир с газовыми плитами), установленной в соответствии с [2].

При выполнении курсового проекта результаты расчетов по определению расчетной нагрузки квартиры рекомендуется систематизировать и свести в таблицу (табл. 5.4).

**Пример формы для систематизации расчетов  
по определению расчетной нагрузки квартиры**

Наименование ЭП	Номинальная активная мощность $P_{\text{ном}}$ , кВт	Коэффициенты		Расчетная мощность		Расчетный ток $I_p$ , А
		$K_C$	$\cos\varphi$	Активная $P_p$ , кВт	Полная $S_p$ , кВА	
Розеточная нагрузка						
ЭП <sub>1</sub>						
ЭП <sub>2.1</sub>						
ЭП <sub>2.2</sub>						
ЭП <sub>2.3</sub>						
ЭП <sub>2.4</sub>						
...	...	...	...	...	...	...
Осветительная нагрузка						
...	...	...	...	...	...	...
ЭП <sub>n</sub>						
ИТОГО						

## 6. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЖИЛ

Сечения токопроводящей жилы кабельных изделий (проводов и кабелей) выбираются согласно ПУЭ по условию нагрева длительным расчетным током и проверяются по потере напряжения, соответствию току выбранного аппарата защиты и условиям окружающей среды.

### 6.1. Выбор марки проводов, исходя из принципов обеспечения пожарной и электробезопасности

Кабельное изделие, которым предполагается выполнять электропроводку в квартире, должно соответствовать требованиям, указанным в ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» [10].

Выбор марки кабельного изделия, которым предполагается выполнять электропроводку в квартире, зависит от следующих факторов:

- от предполагаемого места прокладки и способа монтажа;
- от категории помещения по пожарной и электробезопасности;



- от влияния внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ; механические внешние воздействия; солнечное излучение; конструкция здания);

- от уровня напряжения питающей сети;
- от системы заземления нейтрали;
- от фазности питающего напряжения.

Марки кабельных изделий определяют:

- материал токоведущих жил (медь, алюминий);
- вид изоляции токоведущих жил (резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая и пр.);
- наличие общих оболочки и оплетки;
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- гибкость материала токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение (круглый, плоский и др.);
- специальное назначение (например: повышенной термической стойкости и др.);
- напряжение;
- число токоведущих жил;
- сечение токоведущих жил.

Среди марок кабельных изделий, соответствующих требованиям, предъявляемым к кабельным изделиям для электропроводок, наиболее часто применяются следующие марки проводов: ППВ, АППВ, АПВ, ПВ1, ПУНП; и кабелей: ВВГ.

## **6.2. Выбор сечений проводников по допустимому нагреву рабочим током**

При прокладке проводов и кабелей внутри помещений сечение токопроводящей жилы выбирается по допустимому нагреву рабочим током из условия:

$$I_{\text{д.д.табл.}} \geq \frac{I_p}{k_T k_{\text{п}} k_{\text{к}}},$$

где  $I_{\text{д.д.табл.}}$  — длительно допустимый ток проводника при расчетной температуре, А;  $I_p$  — расчетный ток нагрузки, А.

В реальных условиях при прокладке внутри помещений допустимый ток проводника зависит от температуры окружающей среды; способа

прокладки; взаимного влияния проложенных рядом электрических цепей. Учет влияния каждого из этих факторов на величину допустимого тока осуществляется с помощью соответствующих коэффициентов:

$k_T$  – учитывает влияние температуры окружающей среды отличной от расчетной температуры, в зависимости от типа изоляции (табл. 6.1);

$k_{II}$  – учитывает влияние способа прокладки (табл. 6.2);

$k_K$  – учитывает взаимное влияние проложенных рядом кабелей (табл. 6.3).

Таблица 6.1

### Значения коэффициента $k_T$

Температура окружающей среды, °C	Значение $k_T$ при изоляции из		
	Резина	ПВХ	Полиэтилен
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,0	1,0	1,0
35	0,93	0,93	0,96

Таблица 6.2

### Значения коэффициента $k_{II}$

Тип прокладки кабеля	Значение $k_{II}$
<b>Скрытая прокладка</b>	
Кабели, уложенные непосредственно в термоизолирующем материале (например, в штукатурке)	0,7
Кабели в трубах, проложенные в термоизолирующем материале	0,77
<b>Открытая прокладка</b>	
Многожильные кабели	0,9
Кабели в строительных углублениях (нишах) и закрытых кабельных каналах	0,95
Кабели на поверхности потолков	0,95
Во всех остальных случаях	1,0

Таблица 6.3

### Значения коэффициента $k_K$

Расположение проводников	Значение $k_K$ при числе лежащих рядом цепей или многожильных кабелей										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16
Замоноличенные в стене	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,4
Однослойные прокладки по стенам, или полам, или в перфорированных лотках	1	0,85	0,7	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7	–
Однослойная прокладка в потолках	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,72	0,61	–

По таблицам из ПУЭ [1] в соответствии с выбранной маркировкой кабельного изделия определяется ближайшее табличное значение длительно допустимого тока  $I_{\text{д.д.табл}}$ , А, и соответствующее ему сечение  $F_{\text{д.д.}}$ , мм<sup>2</sup>.

### 6.3. Проверка сечений проводов по допустимой потере напряжения

Проверка выбранных сечений проводников по потере напряжения выполняется из условия обеспечения необходимых (регламентированных стандартами) уровней напряжения у самых удаленных от источника питания потребителей. Допустимые потери напряжения:

$\Delta U_{\text{доп}} = 4\%$  – для силовых сетей напряжением до 1 кВ;

$\Delta U_{\text{доп}} = 3\%$  – для сетей освещения.

Потери напряжения  $\Delta U$ , %, на участке от источника питания (шины квартирного щитка) до узла нагрузки определяются по формуле:

$$\Delta U = \frac{2I_p(r_{\text{уд}}l \cos \varphi + x_{\text{уд}}l \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}} 100,$$

где  $I_p$  – расчетный ток нагрузки, А;  $r_{\text{уд}}$ ,  $x_{\text{уд}}$  – активное и индуктивное удельное сопротивление проводника соответственно, Ом/м;  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности нагрузки;  $l$  – длина проводника, м;  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение сети, В.

Индуктивным сопротивлением проводников сечением менее 50 мм<sup>2</sup> можно пренебречь.

После расчета потерь напряжения проверяется выполнение условия:

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U.$$

При невыполнении условия сечение следует увеличить и повторить проверку.

Сечения токопроводящих жил кабельных изделий, определенные в п.п. 5.1–5.2, должны быть не менее указанных в табл. 6.4 [2].

Таблица 6.4

#### Наименьшее сечение токопроводящих жил кабелей и проводов

Наименование линии	Наименьшее сечение токопроводящих жил кабелей и проводов, мм <sup>2</sup>	
	медных	алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176
Линии групповых сетей освещения	1,5	2,5
Линии групповых сетей розеток	2,5	4,0
Линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику	2,5	4,0
Линии распределительной сети (стояки) для питания квартир	4,0	6,0

В зданиях следует применять кабели и провода с медными жилами [1, п. 7.1.33].

Информацию о выбранных сечениях проводников на участке от шин квартирного щитка до соответствующего узла питания нагрузки, а также результаты проверки выбранных сечений по потерям напряжения рекомендуется представить в табличной форме (табл. 6.5).

Таблица 6.5

**Пример формы для систематизации результатов  
по выбору и проверке сечений проводников**

Группа	Номер узла питания	Сечение проводника $F$ , мм <sup>2</sup>	Длительно допустимый ток $I_{д.д.табл.}$ , А	Длина проводника $l$ , м	Потери напряжения на участке $\Delta U$ , %
1	1.1				
2	2.1				
...					
n	n.m				

## 7. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

### 7.1. Расчет токов короткого замыкания

При расчете токов короткого замыкания (КЗ) с целью выбора электрических аппаратов защиты внутриквартирного щитка следует иметь в виду, что методика расчетов, изложенная в [11], в полной мере использована быть не может, поскольку у проектировщика гарантированно отсутствуют достоверные сведения об источнике питания объекта проектирования и характеристиках электрической сети до точки эксплуатационной ответственности собственников квартиры. Поэтому проектировщику целесообразно в расчетной схеме использовать некий эквивалентный источник питания, условно присоединенный к зажимам вводного автоматического выключателя, расположенного в групповом этажном силовом щитке.

Сопротивление эквивалентного источника питания можно определить по следующим соотношениям:

– индуктивное сопротивление  $x_{с.эКВ}$ , Ом

$$x_{с.эКВ} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3}I_{НОМ.ОТКЛ}},$$

где  $I_{НОМ.ОТКЛ}$  – номинальный ток отключения автоматического выключателя, кА;

– активное сопротивление  $r_{с.эКВ}$ , Ом, получим, исходя из величины постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ  $T_a$ , с, по формуле:

$$r_{с.эКВ} = \frac{x_c}{\omega T_a},$$

где  $\omega$  – угловая частота, 314 рад/с,  $T_a$  в системах электроснабжения ниже 1 кВ принимается равной 0,02 с.

Далее последовательность расчетов токов КЗ соответствует методике, приведенной в [11].

Ток однофазного короткого замыкания  $I_{КЗ}^{(1)}$ , кА, определяется по формуле:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \left| \frac{\underline{U}_\phi}{\underline{z}_{с.эКВ} + \underline{z}_{\phi-0}} \right| = \frac{U_\phi}{\sqrt{(r_{с.эКВ} + r_\phi + r_0)^2 + (x_{с.эКВ} + x_\phi + x_0)^2}},$$

где  $\underline{U}_\phi$  – фазное напряжение сети, кВ;  $\underline{z}_{с.эКВ}$  – полное сопротивление эквивалентного источника питания, Ом;  $\underline{z}_{\phi-0}$  – полное сопротивление петли «фаза–ноль» от эквивалентного источника питания до точки КЗ.

Комплексное сопротивление эквивалентного источника питания определяется по выражению:

$$\underline{z}_{с.эКВ} = r_{с.эКВ} + jx_{с.эКВ}.$$

Комплексное сопротивление петли «фаза–ноль» от автоматического выключателя, размещенного в групповом этажном силовом щитке, до точки КЗ определяется по формуле:

$$\underline{z}_{\phi-0} = (r_\phi + r_0) + j(x_\phi + x_0),$$

где  $r_\phi$  и  $x_\phi$  – активное и индуктивное сопротивление фазного проводника, Ом;  $r_0$  и  $x_0$  – активное и индуктивное сопротивление нулевого проводника, Ом.

Активное и индуктивное сопротивление фазного проводника  $r_{\phi}$  и  $x_{\phi}$ , Ом, определяются по формулам соответственно:

$$r_{\phi} = r_{\text{уд}} l_{\text{к}};$$

$$x_{\phi} = x_{\text{уд}} l_{\text{к}},$$

где  $l_{\text{к}}$  – длина кабеля, м;  $r_{\text{уд}}$  и  $x_{\text{уд}}$  – активное и индуктивное удельное сопротивление проводника, Ом/м, соответственно.

Сопротивление нулевого проводника определяется аналогичным образом.

Результаты расчетов токов КЗ рекомендуется систематизировать и представить в табличной форме (табл. 7.1).

Таблица 7.1

**Пример формы для систематизации расчетов  
по определению токов КЗ**

Группа	Номер узла питания	Сечение проводника $F$ , мм <sup>2</sup>	Длина проводника $l$ , м	Сопротивления проводника						Ток КЗ $I_{\text{кз}}$ , А
				$r_{\text{уд}}$ , Ом	$x_{\text{уд}}$ , Ом	$r_{\phi}$ , Ом	$x_{\phi}$ , Ом	$r_{\phi-0}$ , Ом	$x_{\phi-0}$ , Ом	

**7.2. Проверка выбранных сечений токопроводящих жил  
по стойкости к токам короткого замыкания**

Как правило, такую проверку выполняют только для кабелей, подключаемых к главному (или вводному) распределительному щиту. При коротких замыканиях температура нагрева проводника не должна превышать предельно допустимой для изоляции проводника температуры.

Сечение проводника, соответствующее этому условию, определяется по формуле:

$$S_{\text{кз}} = I_{\text{кз}} 10^3 k_{\text{ж}} k_t \sqrt{t},$$

где  $I_{\text{кз}}$  – значение тока КЗ, кА;  $k_{\text{ж}}$  – коэффициент, учитывающий свойства материала токопроводящей жилы, равный  $4,3 \cdot 10^{-3}$  для меди;  $6,86 \cdot 10^{-3}$  для алюминия;  $k_t$  – коэффициент, учитывающий начальное и максимальное значение температуры проводника (табл. 7.2).

Значения коэффициента  $k_t$ 

Изоляция проводника	Значение температуры, °С		Значение $k_t$ для проводника	
	начальная	конечная при КЗ	медь	алюминий
Резина	65	150	2	1,98
	60	160	1,85	1,83
ПВХ	65	150	2	1,98
	70	160	1,97	1,95
Полиэтилен	65	120	2,44	2,23
	70	120	2,56	2,54
Вулканизированный сшитый полиэтилен	90	250	1,8	1,57
	—	—	—	—
Бумажная изоляция	80	200	1,76	1,74
	80	160	2,1	2,08

### 7.3. Выбор коммутационных аппаратов и определение уставок электрических аппаратов по электробезопасности

Коммутационно-защитные аппараты (КЗА) должны выбираться с учетом параметров электроустановки, ожидаемых токов КЗ, характеристик нагрузки, условий прокладки и тепловых характеристик проводников.

В качестве коммутационно-защитной аппаратуры применяются автоматические выключатели тока (АВТ), устройства защитного отключения (УЗО) и автоматические выключатели дифференциального тока (АВДТ).

АВТ выбираются по следующим параметрам:

- а) роду тока питающей сети;
- б) номинальному напряжению выключателя;
- в) числу главных контактов;
- г) типу расцепителя;
- д) номинальному току выключателя;
- е) току уставки мгновенного срабатывания  $I_{сраб}$ ;
- ж) отключающей способности выключателя  $I_{ном.откл}$ .

При выборе АВДТ и УЗО необходимо также учитывать величину дифференциального тока (для групповых линий  $I_d = 30$  мА).

Выключатели нагрузки выбирают по пунктам а, б, в, д.

В соответствии с СП31-110-2003 во внутренних сетях жилых зданий, как правило, следует применять АВТ с комбинированными расцепителями.

Номинальные токи комбинированных расцепителей АВТ для защиты групповых линий и вводов квартир, включая линии к электроплитам, должны выбираться в соответствии с расчетными нагрузками:

$$I_p \leq I_{н.КЗА} \leq I_{д.д.табл.},$$

где  $I_p$  – расчетный ток нагрузки, А;  $I_{н.КЗА}$  – номинальный ток КЗА, А;  $I_{д.д.табл.}$  – длительно допустимый ток кабельного изделия, А.

Автоматические выключатели характеризуются также отключающей способностью и током уставки мгновенного срабатывания, при этом должны выполняться условия:

$$I_{КЗ}^{(1)} > I_{сраб},$$

$$I_{откл} > I_{КЗ}^{(1)}.$$

ГОСТом Р 50345-99 [12] определены три типа характеристик мгновенного расцепления: В, С и D. В электроустановках жилых зданий в основном используются автоматические выключатели с характеристиками типов В и С. Расцепление типа В рационально применять для защиты розеточных линий, типа С – для линий, питающих светильники, теплые полы и стены и т.п.

В случаях последовательного соединения двух АВТ необходимо обеспечить селективность их срабатывания, которая заключается в обеспечении отключения защищаемой цепи выключателем со стороны нагрузки до того, как отключение начнет второй выключатель со стороны питания.

Проверку выбранных аппаратов защиты на соответствие условиям выбора рекомендуется систематизировать и представлять в табличной форме (табл. 7.3).

Таблица 7.3

**Пример формы для систематизации критериев выбора аппаратов защиты**

Параметры сети		Знак	Параметры аппарата защиты	
Род тока		=		Род тока
Число проводов в сети		=		Число главных контактов
Напряжение сети		≤		Номинальное напряжение аппарата защиты
Номинальный ток нагрузки		<		Номинальный ток аппарата защиты
Длительно допустимый ток проводника		>		Номинальный ток аппарата защиты



## **8. ВЫБОР СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ТАРИФНОГО ПЛАНА**

В процессе подготовки заявки на технологическое присоединение проектировщикам системы электроснабжения и собственникам квартиры необходимо определиться с системой учета электрической энергии и тарифным планом, который может существенным образом влиять на расходную часть бюджета семьи, проживающей на данной жилплощади.

Задача определения системы учета в настоящее время предельно облегчена, потому что в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 06.05.2011 (редакция от 29.06.2020) № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» (вместе с «Правилами предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов») п. 80(1) [13], введенном Постановлением Правительства РФ от 29.06.2020 № 950: «Установка и эксплуатация индивидуальных, общих (квартирных), комнатных приборов учета электрической энергии в многоквартирном доме ...осуществляются гарантирующим поставщиком в соответствии с законодательством Российской Федерации об электроэнергетике с учетом положений настоящих Правил».

Определение мест установки приборов учета, установка и ввод в эксплуатацию приборов учета осуществляются сетевыми организациями и гарантирующими поставщиками в порядке, предусмотренном Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» [14].

Однако из-за конструктивных особенностей не каждый прибор учета может реализовать учет электроэнергии по тарифному плану, выбранному потребителем.

Порядок применения Гарантирующим поставщиком тарифов на электрическую энергию для населения регламентирован пунктом 5 «Основных положений функционирования розничных рынков электрической энергии», утвержденных Постановлением [14]: поставка электрической энергии населению осуществляется по регулируемым ценам (тарифам), установленным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов (в Москве – Департамент экономической политики и развития).

В соответствии с пунктом 70 «Основ ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике», утвержденных постановлением Правительства РФ от 29.12.2011 № 1178 [15] «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» регулируемые цены (тарифы) для поставки электрической энергии населению устанавливаются в 2 вариантах:

- **одноставочная цена (тариф)**, включающая в себя стоимость поставки 1 киловатт-часа электрической энергии с учетом стоимости мощности;
- **одноставочная, дифференцированная по 2 и по 3 зонам суток цена (тариф)**, включающая в себя стоимость поставки 1 киловатт-часа электрической энергии с учетом стоимости мощности.

Интервалы тарифных зон суток (по месяцам календарного года) утверждаются Федеральной антимонопольной службой.

В настоящий момент установлены следующие интервалы тарифных зон суток для всех месяцев года:

- **ночная зона:** с 23.00 до 7.00;
- **пиковая зона:** с 7.00 до 10.00 и 17.00 до 21.00;
- **полупиковая зона:** остальное время суток.

Для дифференцированного по 2 зонам суток тарифа время пиковой и полупиковой зоны складывается, и задается единый тариф.

Выбор экономически выгодного тарифного плана потребителем электроэнергии должен осуществляться на основе анализа ожидаемого, если электроснабжение квартиры еще проектируется, или фактического, если уже функционирует, профиля суточного графика нагрузки. Соотнесение его с профилем цен на заданных интервалах тарифных зон позволит выбрать оптимальный план с точки зрения минимизации расходов на оплату электроэнергии.

На профиль нагрузки оказывают влияние следующие факторы: численность проживающих, состав семьи (пенсионеры, дети дошкольного и школьного возраста, работающие), режим жизнедеятельности («совы», «жаворонки», «голуби»), количество комнат в квартире. Эти факторы независимо от расчетной/фактической максимальной электрической нагрузки (мощности), необходимой для выбора сечений проводов и кабелей, коммутационных аппаратов, будут показывать распределение потребления электроэнергии по зонам суток/часам: утренний подъем, нахождение в квартире в течение дня, коммунально-бытовая работа (готовка, стирка, глажка), сон, а также соответствующее этим действиям включение тех или иных электроприемников.

Ниже приводится пример выбора тарифного плана заселенной квартиры применительно к действующим с 1 июля по 31 декабря 2021 г. ценам (тарифам) в городе Москве.

**Задание:** выбрать оптимальный тарифный план для оплаты за потребляемую электроэнергию в квартире, оснащенной **электрической плитой**, расположенной в городе Москве. Состав семьи – 2 человека, работающие.

1. Определение профиля нагрузки квартиры по зонам суток для всех вариантов тарифов (табл. 8.1–8.2): одноставочный – **тариф 1**; дифференцированный по 2 зонам суток – **тариф 2**; дифференцированный по 3 зонам суток – **тариф 3**).

Таблица 8.1

#### Распределение электропотребления по зонам суток

Зона суток, ч	23.00–7.00	7.00–10.00	10.00–17.00	17.00–21.00	21.00–23.00
$W$ , кВт·ч	1,3	0,7	1,0	1,3	2,2
$W^*$ , %	20,0	10,77	15,38	20,0	33,85

Таблица 8.2

#### Соотношение расхода по зонам суток

Зона суток	Ночь, кВт·ч/%	Полупик, кВт·ч/%	Пик, кВт·ч/%
Тариф 1	6,5/100		
Тариф 2	1,3/20	5,2/80	
Тариф 3	1,3/20	3,2/49,23	2,0/30,77

2. Определение профиля цен по зонам суток для всех вариантов тарифа (табл. 8.3).

Таблица 8.3

#### Цены (тарифы) на электрическую энергию\*

Зона суток	Ночь, руб./кВт·ч	Полупик, руб./кВт·ч	Пик, руб./кВт·ч
Тариф 1	5,15		
Тариф 2	1,74	5,92	
Тариф 3	1,74	5,15	6,18

\* Сведения о тарифах на электроэнергию можно получить на официальных веб-сайтах энергосбытовых компаний (ПАО «Мосэнергосбыт»: <https://www.mosenergosbyt.ru/>).

3. Определение и сравнение стоимости потребленной электроэнергии при использовании предлагаемых тарифов.

Стоимость потребленной электроэнергии при оплате по **тарифу 1**:

$$C_1 = C_1 W_{\Sigma} = 5,15 \cdot 6,5 = 33,48 \text{ руб./день},$$

здесь  $C_1$  – цена одноставочного тарифа,  $W_{\Sigma}$  – суточное потребление электроэнергии;

Стоимость потребленной электроэнергии при оплате по **тарифу 2**:

$$C_2 = C_{2\text{ночь}} W_{\text{ночь}} + C_{2\text{день}} W_{\text{день}} = 1,74 \cdot 1,3 + 5,92 \cdot 5,2 = 33,05 \text{ руб./день},$$

где  $C_{2\text{ночь}}$ ,  $C_{2\text{день}}$  – цена электроэнергии по ночному и дневному тарифу, дифференцированному по 2 зонам суток,

$W_{\text{ночь}}$ ,  $W_{\text{день}}$  – ночное и дневное потребление электроэнергии.

Стоимость потребленной электроэнергии при оплате по **тарифу 3**:

$$\begin{aligned} C_3 &= C_{3\text{ночь}} W_{\text{ночь}} + C_{3\text{пик}} W_{\text{пик}} + C_{3\text{ппик}} W_{\text{ппик}} = \\ &= 1,74 \cdot 1,3 + 6,18 \cdot 2,0 + 5,15 \cdot 3,2 = 31,10 \text{ руб./день}, \end{aligned}$$

здесь  $C_{3\text{ночь}}$ ,  $C_{3\text{пик}}$ ,  $C_{3\text{ппик}}$  – цена электроэнергии по ночному, пиковому и полупиковому тарифу, дифференцированному по 3 зонам суток,  $W_{\text{ночь}}$ ,  $W_{\text{пик}}$ ,  $W_{\text{ппик}}$  – ночное, пиковое и полупиковое потребление электроэнергии.

Полученные значения ежедневной стоимости электроэнергии можно умножить на количество дней в месяце и году, таким образом получив приближенную сумму оплаты за электроэнергию в помесечном и годовом исчислении.

Для повышения обоснованности выбора тарифного плана можно дополнительно рассмотреть профили нагрузки и стоимости потребленной электроэнергии в выходные и праздничные дни, составляющие ежегодно более 100 дней в году. Но в данном примере они не рассматриваются.

Для проектируемых систем электроснабжения квартир, для которых невозможно снятие показаний счетчика, возможно использование прогнозируемых значений потребляемой электроэнергии  $W^*$  в процентах от общего суточного потребления  $W_{\Sigma}$  (см. табл. 8.2). В этом случае получатся следующие соотношения:

$$C_1^* = C_1 W_{\Sigma}^* = 5,15 \cdot W_{\Sigma}^*;$$

$$C_2^* = C_{2\text{ночь}} W_{\text{ночь}}^* + C_{2\text{день}} W_{\text{день}}^* = 1,74 \cdot 0,2 W_{\Sigma}^* + 5,92 \cdot 0,8 W_{\Sigma}^* = 5,084 \cdot W_{\Sigma}^*;$$

$$\begin{aligned} C_3^* &= C_{3\text{ночь}} W_{\text{ночь}}^* + C_{3\text{пик}} W_{\text{пик}}^* + C_{3\text{ппик}} W_{\text{ппик}}^* = \\ &= 1,74 \cdot 0,2 W_{\Sigma}^* + 6,18 \cdot 0,3077 W_{\Sigma}^* + 5,15 \cdot 0,4923 W_{\Sigma}^* = 4,785 \cdot W_{\Sigma}^*. \end{aligned}$$

Таким образом, при заданных профилях электрических нагрузок и цен на электроэнергию для рассматриваемой квартиры наиболее выгодным является одноставочный тариф, дифференцированный по трем зонам суток.

Выбранный потребителем вариант цены (тарифа) подтверждается путем направления письменного уведомления гарантирующему поставщику (энергосбытовой, энергоснабжающей организации) и назначается с даты, указанной в уведомлении, но не ранее даты ввода в эксплуатацию соответствующих приборов учета, позволяющих получать данные о потреблении электрической энергии.

## **9. ПОДГОТОВКА ДОГОВОРА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ**

### **9.1. Порядок заключения**

Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» [13], устанавливают и регулируют порядок заключения договора энергоснабжения жилого помещения в многоквартирном доме.

Для заключения договора энергоснабжения абоненту (физическому лицу) нужно обратиться в клиентский офис гарантирующего поставщика или энергосбытовой компании с целью оформления заявления с приложением необходимых документов. После подачи заявления и необходимой документации заявка абонента регистрируется и ей присваивается идентификационный номер.

В соответствии с требованиями п. 39 Основных положений функционирования розничных рынков электрической энергии, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 04.05.2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» [14], поданная заявка абонента подлежит обязательному рассмотрению гарантирующим поставщиком или энергосбытовой компанией в течение 30 дней.

В общем случае процедура оформления договорных отношений между абонентом и гарантирующим поставщиком / энергосбытовой компанией включает в себя ряд промежуточных этапов и осуществляется в следующем порядке [16].

1. Подача абонентом заявления (заявление регистрируется в день поступления).

2. Рассмотрение гарантирующим поставщиком / энергосбытовой компанией предоставленных документов на их достаточность и корректность. В случае выявления недостаточности или некорректности предоставленных документов не позднее установленного гарантирующим поставщиком / энергосбытовой компанией срока с момента регистрации заявления абоненту поступает запрос на дополнение и коррекцию поступивших ранее документов.

3. Оформление проекта договора и приложений к нему, отражающих технические характеристики используемого абонентом энергопринимающего оборудования.

4. Передача клиенту оформленного и подписанного со стороны гарантирующего поставщика / энергосбытовой компании договора в установленные сроки.

## **9.2. Документы, предоставляемые для заключения договора энергоснабжения в отношении жилого помещения в многоквартирном доме**

Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 [13], устанавливают перечень документации, необходимый для заключения договора энергоснабжения в отношении жилого помещения в многоквартирном доме [16].

1. Заявление о заключении договора, содержащее следующую информацию:

а) фамилия, имя, отчество (при наличии), дата и место рождения, реквизиты документа, удостоверяющего личность, контактный телефон, адрес электронной почты (при наличии);

б) адрес жилого помещения в многоквартирном доме, по которому предоставляется коммунальная услуга по электроснабжению, с указанием размера (площади) помещений, количества лиц, постоянно и временно проживающих в жилом помещении;

в) сведения о наличии и типе установленных индивидуальных, общих (квартирных), комнатных приборов учета, дату и место их установки (введения в эксплуатацию), дату опломбирования прибора учета заводом-изготовителем или организацией, осуществляющей последнюю поверку прибора учета, а также установленный срок проведения очередной поверки.

2. Документ, подтверждающий право собственности (владения, пользования) на помещение в многоквартирном доме (свидетельство о государственной регистрации права собственности на жилое помещение, договор социального найма, др.).

3. Паспорт гражданина Российской Федерации или иной документ, удостоверяющий личность собственника (владельца, пользователя) жилого помещения.

4. Документы, подтверждающие информацию, указанную в пп. «в» п. 1.

Типовые формы заявлений и договоров энергоснабжения АО «Мос-энергосбыт» можно получить на официальном веб-сайте организации: <https://www.mosenergosbyt.ru/legals/contracts/>.

## **10. РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОЕКТНЫХ И ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ**

В общем случае совокупная стоимость реализации проекта  $C_{\text{общ}}$ , руб., складывается из следующих составляющих:

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{проект}} + C_{\text{Э}} + C_{\text{м}} + C_{\text{д}},$$

где  $C_{\text{проект}}$  (руб.) – общая стоимость разработки и согласования проекта,

$C_{\text{Э}}$  (руб.) – общая стоимость электрооборудования и сопутствующих товаров, коммутационно-защитных аппаратов (КЗА), кабельной продукции, электрошита, электросчетчика и расходных материалов,

$C_{\text{м}}$  (руб.) – общая стоимость электромонтажных работ,

$C_{\text{д}}$  (руб.) – стоимость дополнительных расходов.

Данные составляющие могут быть детализованы следующим образом.

1. Общая стоимость разработки и согласования проекта  $C_{\text{проект}}$ , руб.:

$$C_{\text{проект}} = C_{\text{разр}} + C_{\text{согл}},$$

где  $C_{\text{разр}}$  (руб.) – стоимость разработки проекта,

$C_{\text{согл}}$  (руб.) – стоимость согласования проекта.

2. Общая стоимость электрооборудования и сопутствующих товаров (в том числе люстры, осветительные приборы (включая средства регулирования), розетки, выключатели для осветительных приборов, распределительные коробки и др.), коммутационно-защитных аппаратов (АВТ, АВДТ, УЗО и др.), кабельной продукции, электрошита, электросчетчика и расходных материалов  $C_{\text{Э}}$ , руб:

$$C_{\Sigma} = C_{\Sigma O} + C_{K3A} + C_{\text{каб}} + C_{\text{эщ}} + C_{\text{эс}} + C_{\text{рм}},$$

где  $C_{\Sigma O}$  (руб.) – стоимость электрооборудования и сопутствующих товаров (в данную строку затрат входят товары различного типа);

$C_{K3A}$  (руб.) – стоимость всех КЗА (АВТ, АВДТ, УЗО и др.), используемых в проекте;

$C_{\text{каб}}$  (руб.) – стоимость кабельной продукции вместе с гофрированными трубами (определяется в зависимости от длины кабелей, их сечения, материала и других характеристик, а также длины труб);

$C_{\text{эщ}}$  (руб.) – стоимость электрощита с учетом его габаритов;

$C_{\text{эс}}$  (руб.) – стоимость электросчетчика;

$C_{\text{рм}}$  (руб.) – стоимость расходных материалов.

3. Общая стоимость электромонтажных работ  $C_m$ , руб., складывающаяся из следующего:

$$C_m = C_{m\Sigma O} + C_{mK3A} + C_{m\text{каб}} + C_{m\text{эщ}} + C_{m\text{эс}} + C_{\text{зп}},$$

$C_{m\Sigma O}$  (руб.) – стоимость монтажа электрооборудования (розетки, выключатели, люстры и осветительные приборы, распределительные коробки и др.),

$C_{mK3A}$  (руб.) – стоимость монтажа КЗА,

$C_{m\text{каб}}$  (руб.) – стоимость прокладки кабелей, включая услуги по штроблению и оштукатуриванию стен,

$C_{m\text{эщ}}$  (руб.) – стоимость установки электрощита,

$C_{m\text{эс}}$  (руб.) – стоимость установки электросчетчика,

$C_{\text{зп}}$  (руб.) – дополнительные расходы на оплату труда персонала.

4. Общая стоимость дополнительных сопутствующих расходов  $C_d$  (транспортных, непредвиденных и иных расходов), возникающих с учетом специфики реализации конкретного проекта.

Данные и сведения о технических характеристиках и ценах на товары, а также о стоимости услуг, которые рассматриваются в проекте, берутся из сети Интернет с официальных веб-сайтов организаций (изготовителей, продавцов, электромонтажных организаций, энергосбытовых и электросетевых компаний и т.д.) или из каталогов.

На основе проведенных расчетов информация, касающаяся всех расходов, сопутствующих реализации проекта, сводится в систематизированную табличную форму (пример приведен в табл. 10.1).



**Пример формы для отражения затрат и расходов,  
сопутствующих реализации проекта**

№	Название	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
<b>1. Общая стоимость разработки и согласования проекта</b>				
1.1	Разработка проекта			
1.2	Согласование проекта			
<b>2. Общая стоимость электрооборудования и др.</b>				
2.1	Светильник			
2.2	Лампа светодиодная			
2.3	Розетки			
...	...	...	...	...
<b>3. Общая стоимость электромонтажных работ</b>				
3.1	Монтаж кабеля сечением 2,5 мм <sup>2</sup>			
3.2	Монтаж кабеля сечением 4 мм <sup>2</sup>			
3.3	Установка электрощита			
3.4	Установка электросчетчика			
3.5	Установка АВТ			
...	...	...	...	...
<b>4. Общая стоимость дополнительных сопутствующих расходов</b>				
4.1	Доставка люстры			
...	...	...	...	...
<b>ИТОГО</b>				

## 11. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

**Энергосбережение** – организационно-экономическая, научная, практическая и информационная деятельность, направленная на эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов и реализуемая с применением технических, экономических, организационных и правовых методов.

При проектировании СЭС квартиры рекомендуется учесть следующие направления по энергосбережению в проекте:

1. Привлечение к реализации всех этапов проекта высококвалифицированных работников.
2. Выбор качественной кабельной продукции, КЗА и др.
3. Применение энергоэффективных типов осветительных приборов (с наилучшим значением световой отдачи – лм/Вт).

4. Использование автоматизированных систем управления освещением и уровнем освещенности (например, использование диммеров, датчиков движения и датчиков присутствия).

5. Использование энергоэффективных бытовых электроприборов. На сегодняшний день установлены 7 основных классов энергоэффективности электроприборов: А, В, С, D, E, F, G (табл. 11.1). Определенный класс энергоэффективности присваивается электроприбору в зависимости от потребляемой мощности. Буква А означает высокий показатель энергоэффективности техники. Существуют еще 3 класса: А+ и А++ и А+++, обозначающие более высокую энергоэффективность, чем у класса А. Маркировку В имеют приборы с более низким показателем энергоэффективности. Буквы С, D, E, F, G показывают самый низкий класс энергосбережения.

Таблица 11.1

#### **Классы энергоэффективности бытовых электроприборов**

<b>Класс энергоэффективности</b>	<b>Характеристика энергоэффективности</b>
А	на 50–80% более энергоэффективные
В	на 25–50% более энергоэффективные
С	на 10–25% более энергоэффективные
D	на 0–10% более энергоэффективные
E	на 0–10% менее энергоэффективные
F	на 10–25% менее энергоэффективные
G	>25% менее энергоэффективные

## **12. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ**

### **12.1. Системы заземления**

В ГОСТ Р 50571.2-94 [17] и в разделе 1.7 ПУЭ (7-е изд.) [1] приведена классификация систем заземления, которые определяют общую характеристику питающей сети и электроустановки здания. В соответствии с указанной классификацией в сетях 0,4 кВ используются следующие системы заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S.

В системе TN-C (рис. 12.1) источник питания имеет непосредственную связь токоведущих частей (обычно – нейтрали трансформатора) с землей (глухозаземленная нейтраль). Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с заземляющим устройством источника питания. Для обеспечения этой связи применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN).

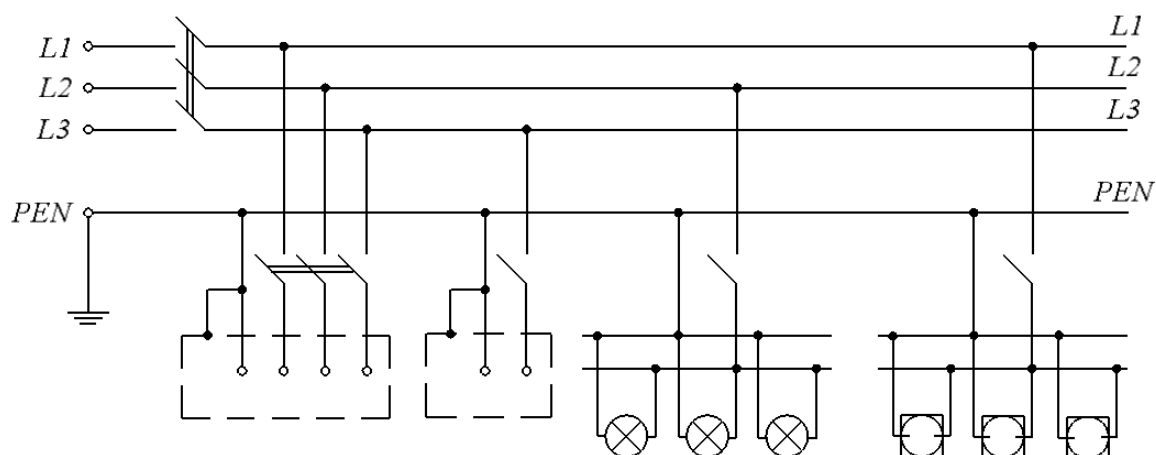


Рис. 12.1. Система TN-C

В системе TN-S (рис. 12.2) источник питания имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с заземляющим устройством источника питания. Для обеспечения этой связи применяется отдельный нулевой защитный проводник (PE).

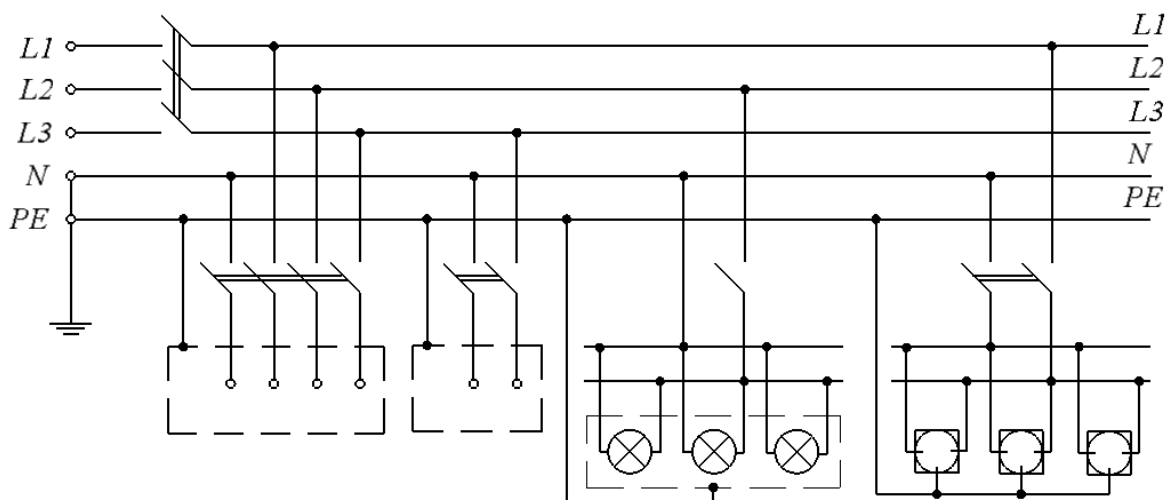


Рис. 12.2. Система TN-S

В системе TN-C-S (рис. 12.3) источник питания имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с точкой заземления источника питания. Для обеспечения этой связи на участке питающей электрической сети применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN), в остальной части электрической цепи – отдельный нулевой защитный проводник (PE).

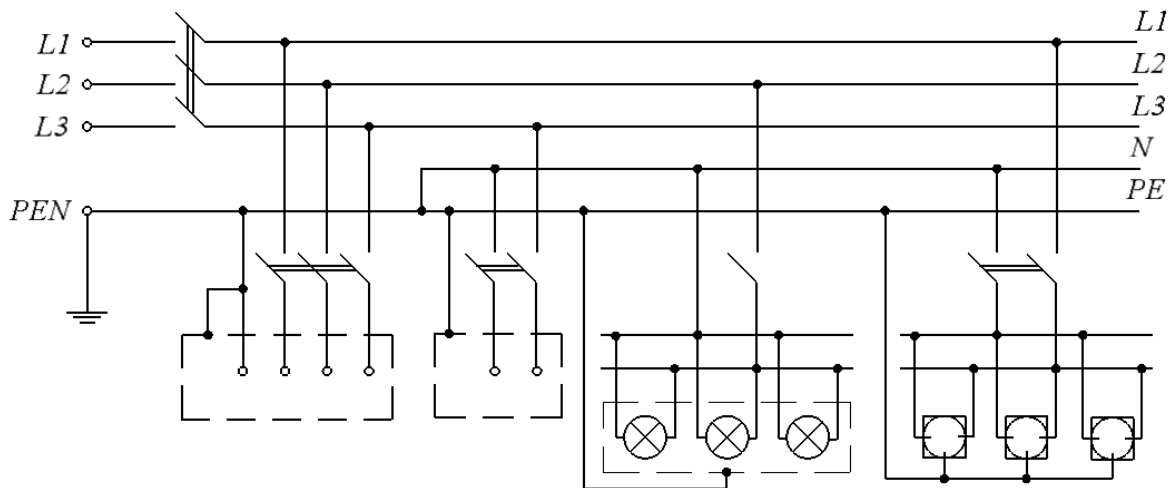


Рис. 12.3. Система TN-C-S

## 12.2. Устройства защитного отключения (УЗО)

При проектировании СЭС квартиры для отдельных помещений, особенно для тех, где используются сантехнические и теплотехнические устройства, необходимо учитывать классификацию помещений в соответствии с [1]. В [18] приведены требования к основным мерам защиты человека от поражения электрическим током. Все многообразие опасных для здоровья и жизни человека контактов с электроустановкой подразделяется в стандарте на «прямое прикосновение» и «косвенное прикосновение», которым соответствуют два вида защиты: защита от прямого прикосновения и защита от косвенного прикосновения.

Дополнительная защита от поражения электрическим током при прямом и при косвенном прикосновении достигается путем применения УЗО.

УЗО реагирует на дифференциальный ток или ток небаланса и при малых токах замыкания или снижении уровня изоляции, а также при обрыве нулевого защитного проводника (когда зануление недостаточно эффективно) является единственным средством защиты человека от по-

ражения электрическим током. В основе действия защитного отключения лежит принцип ограничения (за счет быстрого отключения) продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к элементам электроустановки, находящимся под напряжением. Важнейшей функцией, осуществляемой с помощью УЗО, является защита от возгораний и пожаров, возникающих на объектах вследствие возможных повреждений изоляции, неисправностей электропроводки и электрооборудования.

### **12.3. Система уравнивания потенциалов**

Важным условием обеспечения электробезопасности является наличие системы уравнивания потенциалов, заключающейся в подсоединении всех подлежащих заземлению проводящих частей к общей шине для достижения равенства их потенциалов. Различают основную и дополнительную систему уравнивания потенциалов.

В зонах повышенной опасности поражения людей электрическим током, таких как, ванная, сауна, кухня или душевая, следует выполнять дополнительную систему уравнивания потенциалов (ДСУП), для обеспечения достаточного уровня электробезопасности в случае возникновения аварийной ситуации. Система дополнительного уравнивания потенциалов соединяет между собой все одновременно доступные для прикосновения открытые и сторонние проводящие части, нулевые и заземляющие защитные проводники всего оборудования (в зависимости от типа системы), включая защитные проводники штепсельных розеток [1, п. 1.7.83]. Как видно из схемы (рис. 12.4), все потенциально опасные проводящие конструкции подсоединяют к клеммной коробке (шине) в коробке уравнивания потенциалов (КУП), что позволяет организовать ДСУП, не протягивая защитные проводники от каждого элемента к распределительному щитку квартиры.

Изготавливают шину ДСУП из меди сечением не менее 10 мм<sup>2</sup>, подключая к ней шесть разъемов и более. Коробку уравнивания потенциалов (КУП) соединяют с шиной заземления вводного распределительного щитка с использованием медного защитного РЕ-проводника сечением 6 мм<sup>2</sup>, заземляя таким образом все металлические части помещения. Обязательному подключению к ДСУП подлежат и выходящие за пределы помещений сторонние проводящие элементы.

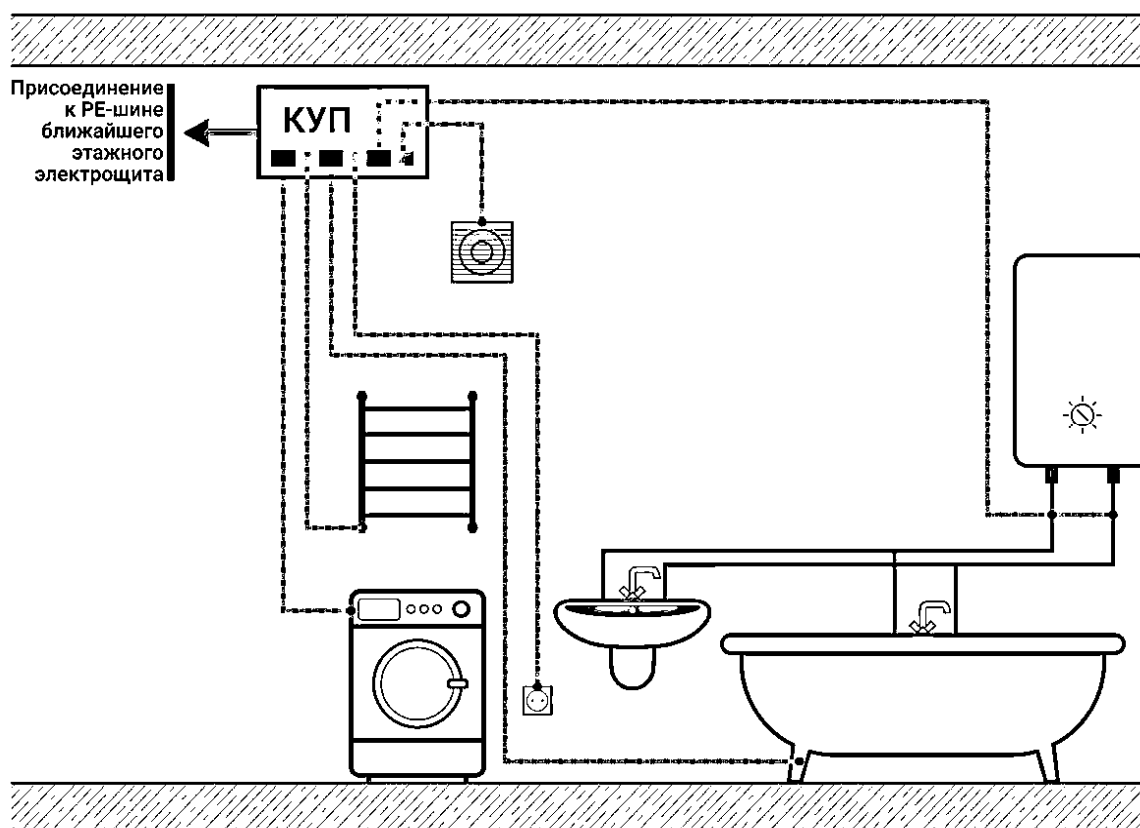


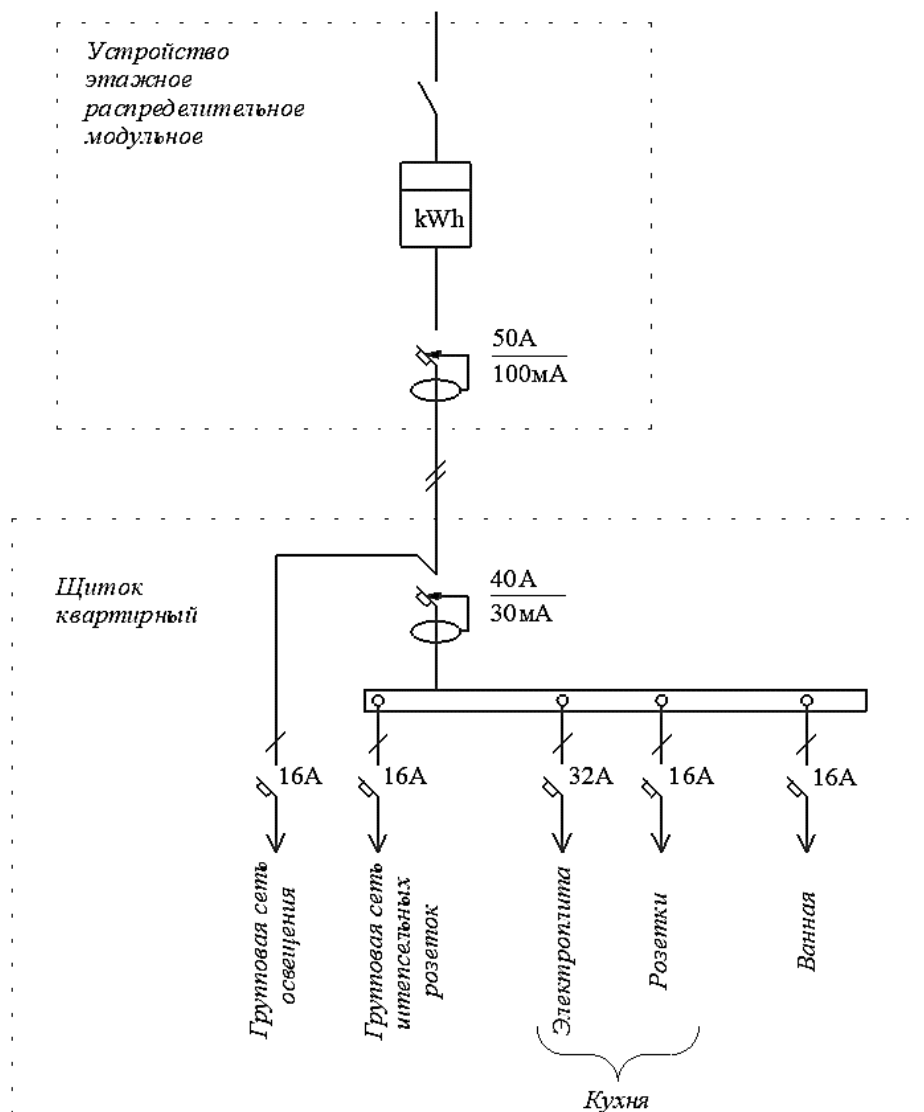
Рис. 12.4. Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов (ДСУП)

### 13. ПОСТРОЕНИЕ ОДНОЛИНЕЙНОЙ СХЕМЫ КВАРТИРНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЩИТКА

Однолинейная схема служит для верной сборки квартирного распределительного электрического щитка и упрощения чтения плана с группами узлов питания и осветительной сети. Как правило, на однолинейной схеме кроме принципиальных электрических соединений отражаются основные технические параметры выбранного электрооборудования:

- для кабельных изделий: длина, м; марка, количество жил, сечение жилы;
- для КЗА: номинальный ток, А (для АВТ, УЗО и АВДТ); номинальный ток утечки, мА (для УЗО и АВДТ).

Принцип построения однолинейной схемы квартирного распределительного электрощита (упрощенно) показан на рис. 13.1.



**Рис. 13.1. Пример однолинейной схемы квартирного распределительного электрощита**

## **14. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ**

Обеспечение оптимальной экологической обстановки в квартире достигается соблюдением санитарно-гигиенических норм по использованию и размещению бытовых электроприборов.

Во время работы бытовые электроприборы становятся источниками повышенного электромагнитного излучения.

Мощным источником электромагнитного излучения является холодильник, особенно модели, оснащенные системой «no frost». Конечно, ходить мимо него неопасно, но вот ставить кровать, если через стенку

находится холодильник, не рекомендуется. Причем, материал межкомнатной перегородки не является существенным препятствием для низкочастотных электромагнитных волн.

Телевизор тоже относится к мощным источникам электромагнитного излучения. Причем, в старых моделях с кинескопами (справедливо и для мониторов), наибольшая концентрация волн наблюдается не со стороны экрана, а с обратной стороны. Телевизор обычно устанавливают у стены, поэтому в соседнем помещении напротив телевизора будет находиться зона повышенного электромагнитного излучения. В районе 1–1,5 м позади телевизора (включая соседние помещения) располагать диваны, кресла и кровати (особенно детские) не рекомендуется.

Путем минимизации воздействия электромагнитных полей считается соблюдение определенного расстояния до того или иного работающего электроприбора (табл. 14.1).

Таблица 14.1

**Безопасные расстояния от работающих электроприборов**

<b>Наименование электроприбора</b>	<b>Безопасное расстояние, м</b>
Электрическая плита	не менее 0,5
Холодильник	не менее 1 (от дверцы)
Стиральная машина	не менее 1
Телевизор	не менее 1
Микроволновая печь	не менее 0,3
Кондиционер	не менее 1,5
Компьютер	не менее 1,5–2



## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок // Министерство энергетики Российской Федерации. 7-е изд. М.: НЦ ЭНАС, 2002. 368 с.
2. СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» (с Изменениями № 1, 2, 3).
3. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
4. ГОСТ Р 50571.11-96 (МЭК 364-7-701-84) «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 701. Ванные и душевые помещения».
5. ГОСТ Р 50571.5.52-2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки».
6. СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства».
7. ГОСТ 32395-2013 «Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия».
8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
9. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: учебник / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, М.Г. Ошурков. – М.: Издательство Феникс, 2018. 382 с.
10. ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности».
11. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ».
12. ГОСТ Р 50345-99 «Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения».
13. Постановление Правительства Российской Федерации от 06.05.2011 г. № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов».

14. Постановление Правительства Российской Федерации от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии».

15. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 № 1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике».

16. АО «Мосэнергосбыт». URL: <https://www.mosenergosbyt.ru/>

17. ГОСТ Р 50571.2-94 «Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики».

18. ГОСТ Р 50571.3-2009 «Электрооборудование зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током».

*Учебное пособие*

**Цырук Сергей Александрович**  
**Михеев Дмитрий Владимирович**  
**Кулешова Галина Сергеевна**

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КВАРТИРЫ

Учебное пособие

Редактор Д.Р. Чернова  
Компьютерная верстка З.Х. Айнетдиновой

---

Подписано в печать	16.12.20.	Печать цифровая.	Формат 60x84 1/16
Печ. л. 3,25.	Тираж 50 экз.	Изд. № 20у-100	Заказ №

---

Оригинал-макет подготовлен в РИО НИУ «МЭИ».  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14.  
Отпечатано в типографии НИУ «МЭИ».  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13.