

5. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

5.1. Общие положения по проектированию электроснабжения

Электроснабжение жилых домов является неотъемлемой частью проживания людей в современном мире. Важность проектирования электроснабжения трудно переоценить. Необходимо учитывать главным образом безопасность людей, так как может быть непосредственный контакт человека с напряжением при использовании некачественных, испорченных, сломанных и не сертифицированных электроприборов. А также угрозу могут представлять не защищенные заземлением электроприборы, что очень часто встречается в быту. При попадании под действие электрического тока система защиты должна максимально быстро среагировать и предотвратить поражение человека электричеством, а именно быстрым отключением поврежденного, опасного участка при помощи специальных автоматических устройств – устройств защитного отключения.

Таким образом, поражение человека электрическим током может привести к серьезным травмам, а иногда даже к летальному исходу, поэтому, прежде всего, электроснабжение жилого дома должно быть максимально безопасно для человека. Также не стоит забывать о защите электросистемы в целом. При проектировании и эксплуатации любой электроэнергетической системы приходится считаться с возможностью повреждений и ненормальных режимов работ, таких как: перегрузка сети, повышенное или пониженное напряжение и, пожалуй, самое распространенное и опасное – короткое замыкание (КЗ). Для защиты в жилых домах, а именно в квартирах, используются автоматические устройства – автоматические выключатели на различную мощность. Правильно выбранная и рассчитанная защита должна удовлетворять нормативным документам в части обеспечения требований селективности, быстродействия и чувствительности.

5.2. Устройство внутренних электрических сетей

Кабельные вводы в здания следует выполнять в трубах на глубине не менее 0,5 м и не более 2,0 м от поверхности земли. При этом в одну трубу следует затягивать один силовой кабель.

Прокладку труб следует выполнять с уклоном в сторону улицы. Трубы для ввода кабеля следует прокладывать, как правило, непосредственно до помещения, где установлено вводно-распределительное устройство. Концы труб, а также сами трубы при прокладке через стену должны иметь тщательную заделку для исключения возможности проникания в помещения влаги и газа.

Через подвалы и технические подполья секций (блоки) здания допускается прокладка силовых кабелей напряжением до 1 кВ, питающих электроприемники других секций (блоков) здания. Указанные кабели не рассматриваются как транзитные. Прокладка транзитных кабелей через подвалы и технические подполья здания запрещается.

Открытая прокладка транзитных электрических сетей через кладовые и складские помещения категорий А, Б, В1–В3 по взрывопожарной и пожарной опасности не допускается.

Групповые электрические сети сечением до 16 мм² следует выполнять кабелями (проводами) с медными жилами. Групповые сети инженерного оборудования могут выполняться кабелями (проводами) с алюминиевыми жилами. По требованию заказчика, включенному в задание на проектирование, распределительные линии и групповые сети сечением более 16 мм² могут выполняться кабелями (проводами) с медными жилами.

Прокладку групповой осветительной и силовой сети следует, как правило, выполнять скрыто в каналах строительных конструкций, за подвесными потолками, между двойными перегородками, в трубах замоноличенно, а при технической целесообразности либо отсутствии такой возможности – открыто по строительным конструкциям, в лотках, электротехнических пластмассовых, не распространяющих горение кабель-каналах, коробах, плинтусах с каналами для прокладки электротехнических сетей и т. п.

При необходимости в проектах рекомендуется предусматривать в железобетонных ригелях и колоннах каналы диаметром не более 25 мм для прохода групповых сетей.

В неотапливаемых подвалах, технических подпольях и коридорах, на чердаках, в сырых и особо сырых помещениях, насосных, тепловых пунктах, а также в зданиях, сооружаемых из деревянных конструкций, электропроводки разрешается выполнять открыто.

В зданиях со строительными конструкциями, выполненными из негорючих материалов, допускается несменяемая замоноличенная прокладка групповых сетей в бороздах стен, перегородок, перекрытий,

под штукатуркой, в слое подготовки пола или в пустотах строительных конструкций, выполняемая с использованием кабелей или проводов в защитной оболочке (под проводами в защитной оболочке понимаются изолированные провода в общей оболочке, обеспечивающей механическую защиту в соответствии с условиями применения). Не допускается применение несменяемой замоноличенной прокладки в панелях стен, перегородок и перекрытий, выполненной при их изготовлении или в монтажных стыках при монтаже здания.

Горизонтальные участки распределительных линий разрешается прокладывать в пустотах железобетонных конструкций (без труб) и в трубах в слое подготовки пола.

Стояки распределительных линий квартир, групповых линий лестничного освещения в жилых зданиях должны, как правило, прокладываться скрыто в каналах строительных конструкций (электроблоков). В этих же конструкциях рекомендуется размещать совмещенные этажные электрощафы (щитки) и ящики для соединений и разветвленных проводников.

Не допускается в жилых домах прокладка транзитных распределительных линий через квартиры и помещения других собственников.

Открытая прокладка кабелей по лестничным клеткам не допускается, за исключением кабелей сети их освещения. Для открытой прокладки должны выбираться кабели, не распространяющие горение. До высоты 2 м от пола кабели должны иметь защиту от механических повреждений.

В вентиляционных каналах и шахтах прокладка проводов и кабелей не допускается. Это требование не распространяется на полости за непроходными подвесными потолками, используемыми в качестве вентиляционных каналов.

Разрешается пересечение каналов и шахт одиночными линиями, выполненными проводами и кабелями, заключенными в стальные трубы.

Запрещается прокладка в одном канале, рукаве, коробе, трубе и в других конструкциях линий, питающих разные квартиры.

Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки должны быть расположены или ограждены таким образом, чтобы они были недоступны с мест, где возможно частое пребывание людей, например с балкона или крыльца.

Способ выполнения групповых электрических сетей в жилых комнатах, кухнях и прихожих квартир жилых домов следует, как правило, выбирать по табл. 5.1.

В ванных комнатах, душевых и туалетах должна применяться, как правило, скрытая электропроводка. При этом провода должны быть проложены в поливинилхлоридных или других изоляционных трубках или каналах строительных конструкций. Допускается открытая прокладка кабелей.

Т а б л и ц а 5.1. **Способ выполнения групповых электрических сетей в жилых домах**

Здание	Способ выполнения групповых электрических сетей	
	Открыто	Скрыто
1	2	3
Крупнопанельные полносборные из железобетонных конструкций и из монолитного железобетона	В кабель-каналах, в плинтусах и наличниках из негорючих материалов или в электромонтажной арматуре, с каналами для электропроводок совместно с сетями радиодиффракции, телефонизации и телевидения, проложенными в специальных отделениях или на полках	В каналах железобетонных панелей стен и перекрытий, образуемых при изготовлении их на заводах; в гофрированных или гладких пластмассовых трубах, закладываемых совместно с комплектующими изделиями (коробками, крюками для подвеса светильников) в панелях стен, перегородок и перекрытий, а также в других случаях при технико-экономическом обосновании; в толще бетона при сооружении зданий из монолитного железобетона; в замоноличиваемых трубах; в пустотах, образованных строительными конструкциями, – не распространяющими горение кабелями и изолированными проводами в общей защитной оболочке
С блочными и кирпичными стенами, гипсо- и шлакобетонными перегородками и перекрытиями из пустотных железобетонных плит	В кабель-каналах, в плинтусах и наличниках из негорючих материалов или в электромонтажной арматуре, с каналами для электропроводок совместно с сетями радиодиффракции, телефонизации, телевидения, проложенными в специальных отделениях или на полках	В кирпичных стенах и перегородках непосредственно под слоем штукатурки; в гипсо- и шлакобетонных перегородках в каналах, бороздах; в пустотах плит перекрытий и в слое подготовки пола с защитой кабелей цементным или алебастровым наметом толщиной 10 мм; в пустотах, образованных строительными конструкциями, – не распространяющими горение кабелями и изолированными проводами в общей защитной оболочке

1	2	3
Из деревянных и других сгораемых конструкций	Изолированными проводами на изоляторах, защищенными проводами и кабелями в оболочке из негорючих материалов или в электромонтажной арматуре, с креплением скобами непосредственно по поверхности строительных конструкций; открыто без подкладки изолирующих негорючих материалов – одиночными кабелями и проводами в защитной оболочке с медными жилами сечением не более 6 мм ² в ПВХ изоляции с показателями ПРГО1 (ПРГП1)	В металлических трубах – кабелями и изолированными проводами (либо изолированными проводами в общей защитной оболочке); под слоем штукатурки – не распространяющими горение кабелями (по намету штукатурки); в перегородках из сухой гипсовой штукатурки на деревянном каркасе скрыто в стальных трубах

В этих помещениях, а также в саунах не допускается открытая электропроводка в металлических трубах, металлических рукавах, а также проводами с металлическими оболочками.

В санитарно-технических кабинках и узлах заводского изготовления электропроводка и другое электрооборудование должны монтироваться на заводах-изготовителях кабин.

Открытая прокладка незащищенных изолированных проводов на изоляторах должна выполняться на высоте не менее 2 м.

Высота открытой прокладки защищенных проводов и кабелей и проводов, прокладываемых в трубах и коробах, плинтусах и кабель-каналах для электропроводок, а также спусков к выключателям, розеткам, пусковым аппаратам, щиткам и светильникам, устанавливаемым на стенах, не нормируется.

В местах прохода проводов и кабелей через стены, перегородки, междуэтажные перекрытия необходимо обеспечивать возможность смены электропроводки. Для этого проход должен быть выполнен в трубе, коробе или в строительных конструкциях должны быть предусмотрены отверстия. Зазоры между проводами, кабелями и трубой или коробом следует заделывать легкоудаляемой массой из негорючего материала. При этом должен быть обеспечен предел огнестойкости

заделки, равный требуемой огнестойкости пересекаемых строительных конструкций.

При скрытой прокладке проводов и кабелей, как правило, следует применять выключатели и штепсельные розетки в утопленном исполнении.

Не разрешается скрытая установка по одной оси штепсельных розеток и выключателей в стенах между разными квартирами.

В жилых комнатах квартир и общежитий должно быть установлено не менее одной штепсельной розетки на ток 10 А (16 А) на каждые полные и неполные 5 м периметра комнаты, в коридорах квартир – не менее одной штепсельной розетки на каждые полные и неполные 10 м² площади коридоров.

В кухнях квартир следует предусматривать:

- четыре штепсельные розетки на ток 10 А (16 А). В кухнях площадью более 8 м² – не менее пяти штепсельных розеток на ток 10 А (16 А);
- в кухнях со стационарными электроплитами – штепсельную розетку на ток не менее 40 А для подключения электроплиты.

Сдвоенная штепсельная розетка, установленная в жилой комнате и коридоре, считается одной розеткой, а установленная в кухне – двумя.

По требованию заказчика, включенному в задание на проектирование, количество штепсельных розеток может быть увеличено.

В коттеджах, многоквартирных домах, индивидуальных домах на участках садоводческих товариществ количество штепсельных розеток определяется заказчиком (заданием на проектирование).

Штепсельные розетки в квартирах и общежитиях должны устанавливаться в местах, удобных для их использования, и с учетом проектируемой расстановки бытовой и кухонной мебели, но не выше 1 м.

Допускается установка штепсельных розеток в (или на) специально приспособленных для этого плинтусах или кабель-каналах из негорючих или групп горючести Г1 и Г2 материалов.

Выключатели для светильников общего освещения должны устанавливаться на высоте от 0,8 до 1,7 м от пола. Разрешается установка под потолком выключателей, управляемых с помощью шнура.

Не нормируется расстояние от штепсельных розеток, предназначенных для присоединения стационарных кухонных электроплит и кондиционеров, до корпусов этих приборов. При этом не допускается размещать штепсельные розетки под и над мойками и в других неудобных для эксплуатации местах (например, в кухонных шкафах).

Расстояние от корпуса стационарной кухонной электроплиты до заземленных частей сантехнического оборудования, стальных труб отопления, горячего и холодного водоснабжения, моек и радиаторов не нормируется.

Расстояние от штепсельных розеток и выключателей до газовых трубопроводов должно быть не менее 0,5 м.

В прихожих квартиры должен быть установлен электрический звонок, а у входа в квартиру – звонковая кнопка.

Установка и крепление плинтусов и наличников с каналами для электропроводок должны предусматриваться в архитектурно-строительной части проекта.

Штепсельные розетки, устанавливаемые в квартирах, в жилых комнатах общежитий для семейных граждан, а также в помещениях для пребывания детей в детских учреждениях (садах, яслях, школах, детских отделениях больниц и т. п.), должны быть снабжены защитным устройством, автоматически закрывающим гнезда розеток при вынутой вилке.

В ванных комнатах квартир, в умывальных, душевых, ванных комнатах и преддушевых общежитий и гостиниц допускается установка штепсельных розеток в зоне 3 по ГОСТ 30331.11, присоединенных к сети через разделяющий трансформатор или защищенных УЗО.

5.3. Расчет электрических нагрузок

Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирования любой системы электрификации. Важно вычислить значения электрических нагрузок, поскольку именно они определяют выбор всех элементов, а также технико-экономические показатели проектируемой системы электрификации. От того, насколько правильно будет произведена оценка ожидаемых нагрузок, зависят капитальные затраты на электрификацию, расход цветного металла, потери электроэнергии и эксплуатационные затраты. Неправильное определение или вообще отсутствие величины расчетной нагрузки – одно из часто встречающихся замечаний при проведении экспертизы проектов строительства и реконструкции. Несомненно, важно не допускать ошибок при определении электрических нагрузок, так как они приводят к аварийным режимам сетей и ухудшению технико-экономических показателей всего объекта проектирования. Электрические нагрузки жилых помещений являются случайными и зависят от множества фак-

торов, например, таких как: уклад жизни различных семей, набор электроприемников, материальный достаток семьи и др. Нагрузки жилых зданий существенно меняются в течение суток и в зависимости от времени года. Так, электрическая нагрузка характеризует потребление электроэнергии отдельными приемниками, группой приемников в жилом доме или общественном помещении. Для расчета нагрузок используются коэффициенты спроса K_c и одновременности K_o , которые являются отношением наибольшей расчетной нагрузки в данной точке сети к установленной мощности электроприборов (табл. 5.2, 5.3).

Т а б л и ц а 5.2. Коэффициент одновременности K_o для квартир

Характеристика квартир	Коэффициент одновременности K_o при количестве квартир с одинаковой мощностью												
	1–5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600
	С электрическими и газозлектрическими плитами												
1	0,51	0,38	0,32	0,29	0,26	0,24	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	
	С газовыми плитами												
1	0,51	0,38	0,32	0,28	0,24	0,22	0,17	0,15	0,12	0,12	0,11	0,1	

Т а б л и ц а 5.3. Коэффициент спроса K_c для одной квартиры

Установленная мощность для одной квартиры, кВт	14*	20*	30	40	50	60	70 и более
Коэффициент спроса K_c	0,8	0,65	0,6	0,55	0,5	0,48	0,45

*Значения установленной мощности, принимаемые для квартир с газовой плитой.

В настоящее время расчет электрических нагрузок жилых зданий должен выполняться согласно техническому кодексу установившейся практики ТКП 45-4.04-149–2009 Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования [23], который утвержден и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 15 сентября 2009 г. № 303.

Расчетная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ-0,4 кВ ТП от электроприемников квартир P_p , кВт, определяется по следующей формуле:

$$P_p = P_{\text{кв. уд}} n, \quad (5.1)$$

где $P_{\text{кв. уд}}$ – удельная нагрузка электроприемников квартир, принимаемая в зависимости от числа квартир, присоединенных к линии (ТП), типа кухонных плит, кВт/квартиру. Удельные

электрические нагрузки установлены с учетом того, что расчетная неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам трехфазных линий и вводов не превышает 15 %;

n – количество квартир в доме.

Для того чтобы определить полную расчетную мощность S_p , используется формула

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (5.2)$$

где P_p – расчетная активная мощность, кВт;

Q_p – расчетная реактивная мощность, кВАр;

S_p – полная расчетная мощность, кВА.

Далее находится расчетная реактивная мощность Q_p , кВАр, по формуле

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (5.3)$$

Величина $\operatorname{tg} \varphi$ рассчитывается по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} (\arccos \varphi). \quad (5.4)$$

При расчете питающих линий жилых зданий следует принимать следующие значения коэффициентов мощности $\cos \varphi$:

0,98 – для квартир с электрическими плитами;

0,93 – то же, с бытовыми кондиционерами воздуха;

0,96 – для квартир с плитами на природном, сжиженном газе и твердом топливе;

0,92 – то же, с бытовыми кондиционерами воздуха;

0,95 – для общего освещения в общежитиях коридорного типа;

0,80 – для хозяйственных насосов, вентиляционных установок и других санитарно-бытовых устройств;

0,65 – для лифтов.

Указывается значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, которое определяется по выражению

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}}, \quad (5.5)$$

где I_p – максимальный ток нагрузки, А;

S_p – полная расчетная мощность, кВА;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение на шинах, кВ.

Таким образом, электрические нагрузки являются исходными данными для решения сложного комплекса технических и экономических вопросов, возникающих при проектировании электроснабжения зданий и сооружений. Определение электрических нагрузок составляет первый этап проектирования любой системы электроснабжения и производится с целью выбора и проверки токоведущих элементов и трансформаторов по нагреву и экономическим соображениям, расчета отклонений и колебаний напряжений, выбора компенсирующих устройств, защитных устройств и т. д.

От правильной оценки ожидаемых электрических нагрузок зависит рациональность выбора схемы и всех элементов системы электроснабжения и ее технико-экономические показатели (капитальные вложения, ежегодные эксплуатационные расходы, расход цветного металла и потери электроэнергии).

5.4. Выбор сечения проводов, кабелей и автоматов защиты

До начала выбора сечения рассмотрим общие принципы выбора проводов и кабелей. Чтобы спроектировать электропроводку, определяют тип провода или кабеля, который будем использовать, а также тип сечения токопроводящего проводника и способы их прокладки. В жилых домах используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1 000 В.

Типы проводов и кабелей определяют следующие факторы:

- материал изоляции токоведущих жил (резина, поливинилхлорид, полиэтилен и пр.);
- наличие общих оболочек и оплеток;
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- токоведущие жилы (медь, алюминий);
- гибкость токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение (круглый, плоский, самонесущий и др.);
- назначение (для водопогружных насосов; повышенной термической стойкости и др.);
- напряжение (220, 380, 660 и 1000 В);
- число токоведущих жил.

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

– место, где планируется прокладка, и способ монтажа (в земле, в грунте, в воздухе, в трубах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто и др.);

– характеристика помещений (сухие, сырые, особо сырые, с химически активной средой и др.);

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

– напряжения питающей сети.

Электрические кабели незаменимы при выполнении любых электромонтажных работ. Они очень разнообразны, и у каждого свое предназначение и эксплуатационные параметры, которые отражает маркировка проводов и кабелей.

По назначению провода бывают:

– установочными – применяются для монтажа проводки внутри зданий;

– силовыми – используются на улице;

– монтажными – предназначаются для сборки электрических схем в радиоаппаратуре, бытовой технике, щитках. Монтажные провода изготавливаются только из меди.

Металлические проводники тока могут иметь самое разное поперечное сечение: от 0,35 до 240 мм² и быть однопроволочными или многопроволочными.

Кабель объединяет в себе несколько изолированных проводов, объединенных общей оболочкой, поверх которой они часто защищаются бронированной спиральной обмоткой из стальных лент, проволочной оплеткой или другими прочными материалами. Виды токопроводящих жил и всех изоляционных материалов указываются в маркировочном коде.

По назначению различают следующие типы кабелей:

– *силовые* – применяются для подсоединения к электросети различных силовых и осветительных приборов. Применяются как в жилых, так и в общественных и промышленных зданиях, прокладываются по воздуху и под землей, могут состоять из медных либо из алюминиевых жил, изолированных резиновой, поливинилхлоридной или другой оболочкой;

– *кабели управления* – изготавливаются исключительно медными и обязательно с защитной оболочкой, которая не допускает механиче-

ских повреждений и отводит помехи от автоматических систем, связанных кабелем управления;

– *контрольные* алюминиевые и медные кабели – обеспечивают работу электротехнических устройств, управляемых с помощью информационных сигналов;

– *радиочастотные* виды кабелей – передают радио- и видеосигналы в радиотехнических приборах;

– *низкочастотные* кабели связи – служат для пересылки информации по местным линиям, а высокочастотные обслуживают дальние линии.

Провода в кабеле называют жилами, и они также могут иметь разное сечение, выдерживать напряжение 220 или 380 В. По числу жил кабели подразделяют на одножильные, двухжильные и прочие многожильные изделия.

Именно эти параметры наряду с материалами междужилыной и защитной оболочек и отражает маркировка проводов и любой кабельной продукции.

В марке закодированы такие характеристики, как материал токопроводящих элементов, их количество и сечение, виды всех видов изоляции и другие конструкционные особенности изделия. В перечне буквенных сокращений зашифрованы материалы, которые использовались при изготовлении кабеля. В зависимости от очередности расположения в шифре, каждая буква является символом материала жил, изоляции или общей защитной оболочки. Схема кабельной маркировки приведена на рис. 5.1.

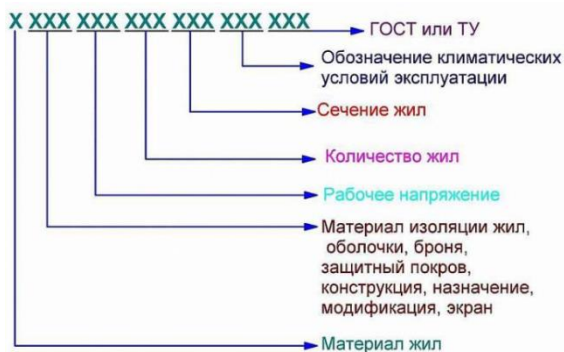


Рис. 5.1. Схема маркировки кабельной

Всего в шифре максимум пять буквенных позиций. Расшифровка маркировки кабелей представлена в табл. 5.4 и на рис. 5.2.

Т а б л и ц а 5.4. Расшифровка маркировки кабелей

Номер позиции и параметр	Буквенное обозначение	Расшифровка
1. Материал жил	А	Алюминиевые. Если этой буквы нет в коде, значит жилы медные, а буква, оказавшаяся на первой позиции, автоматически считается второй
2. Материал изоляции и его тип	В К Р Н или НР П Пс Пв С О Ф Э Г (КГ)	Поливинилхлорид (ПВХ) Капрон Резина Негорючая резина (нейрит) Полиэтилен Полиэтилен самозатухающий Полиэтилен сшитый Стекловолокно Шелк полиамидный Металл или фторопласт Эмаль Гибкая жила
3. Материал защитной оболочки	В А Р П (Пу) С Г	ПВХ Алюминий Резина Полиэтилен (у – усиленный) Свинец Кабель без защитной оболочки
4. Материал брони	Бб Бн БС Ббг Бп Д К	Двойная броня Наружная обмотка из негорючих лент Броня свинцовая Двойная броня из стальной профилированной ленты Двойная броня из пластиковых и стальных лент Оплетка из двойного стального провода Броня из проволоки и стальной ленты
5. Особенности конструкции	Г Б О К Т Э	Кабель с гидроизоляцией Броня из лент Кабель в оплетке Обмотка круглой проволокой Кабель для прокладки в трубе Кабель с экраном из медной ленты

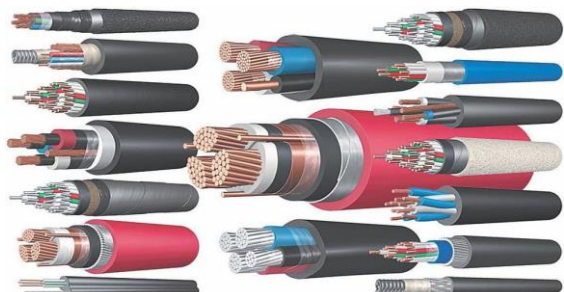


Рис. 5.2. Разновидности электрических кабелей

В маркировке могут встречаться и другие обозначения, а также написанные латинскими буквами:

нг – не поддерживает горение;

FR – огнестойкий;

LS – с низким дымовыделением;

FRLS – высокая огнестойкость, низкое дымовыделение.

Для устройства проводки в жилом доме достаточно знать и уметь применять всего несколько видов кабелей. В табл. 5.5 приведена характеристика кабелей самых востребованных марок.

Таблица 5.5. Характеристика и предназначение востребованных кабелей

Марка	Сечение жил, мм	Число жил	Характеристика	Применение
1	2	3	4	5
АВВГ	2,5–50	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с алюминиевыми жилами, в поливинилхлоридной изоляции, в поливинилхлоридной оболочке	Для прокладки на открытом воздухе, по защищенным от прямых солнечных лучей трассам
АВРГ	4–300 2,5–300	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с алюминиевыми жилами, в резиновой изоляции, в поливинилхлоридной оболочке	Для прокладки в воздухе при отсутствии механических воздействий, в сухих или сырых помещениях, тоннелях, каналах, на специальных кабельных эстакадах и по мостам
АНРГ	4–300 2,5–300	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с алюминиевыми жилами, в резиновой изоляции, в резиновой маслостойкой и негорючей оболочке	Для прокладки в воздухе при отсутствии механических воздействий, в сухих или сырых помещениях, тоннелях, каналах, на специальных кабельных эстакадах и по мостам

1	2	3	4	5
5ВВГ	1,5–50 2,5–50	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с медными жилами, в поливинилхлоридной изоляции, в поливинилхлоридной оболочке	Для прокладки на открытом воздухе, по защищенным от прямых солнечных лучей трассам
ВРГ	1–240	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с медными жилами, в резиновой изоляции, в поливинилхлоридной оболочке	Для прокладки в воздухе при отсутствии механических воздействий, в сухих или сырых помещениях, тоннелях, каналах, на специальных кабельных эстакадах и по мостам
НРГ	1–240	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с алюминиевыми жилами, в резиновой изоляции, в резиновой маслястойкой и негорючей оболочке	Для прокладки в воздухе при отсутствии механических воздействий, в сухих или сырых помещениях, тоннелях, каналах, на специальных кабельных эстакадах и по мостам
НУМ	1,5–32	2; 3; 4; 5	Кабель силовой, с одно- или многопроволочной жилой, в поливинилхлоридной изоляции, в поливинилхлоридной оболочке, не распространяющий горение. Имеет дополнительный резиновый слой-заполнение	Для монтажа электропроводки – в сухих и влажных помещениях, на открытом воздухе, вне прямого воздействия солнечных лучей, в трубах, каналах, на специальных кабельных эстакадах, для подключения промышленных установок, подключения бытовых приборов в стационарных установках

Следом за буквенным кодом идет цифровой код. Первая цифра определяет число жил в кабеле, затем знак \times , а за ним площадь сечения каждой жилы. Если указана только площадь сечения, значит, кабель одножильный.

Цифры 220 или 380 в конце – это указание на номинальное напряжение в сети, на которое рассчитан проводник.

Также в марке могут быть зашифрованы сведения о рекомендуемом температурном режиме эксплуатации изделия и его соответствии государственным стандартам или техническим условиям.

Провода тоже маркируются по аналогичной схеме, но число символов в их шифре меньше. Подробная маркировка кабелей и проводов приведена в табл. 5.6.

Т а б л и ц а 5.6. **Расшифровка маркировки проводов**

Номер позиции и параметр	Буквенное обозначение	Расшифровка
1. Материал жил	А	Алюминий, нет буквы А – медь
2. Назначение и вид	П ПП ПУ ПК ПН ПМ (ПМГ)	Круглый провод Плоский провод Установочный провод Контрольный провод Нагревательный провод Монтажный провод (Г – с гибкой жилой)
3. Материал изоляции	В Р М Н П О Л	Поливинилхлорид Резина Резина многослойная Найрит (негорючая резина) Полиэтилен Хлопчатая изоляция с оплеткой Хлопчатая изоляция лакированная

Как и в примерах с расшифровкой кабеля, цифры после ряда букв обозначают количество неизолированных жил в проводе (если их много) и размер их поперечного сечения.

Примеры наиболее часто используемых проводов приведены в табл. 5.7.

Т а б л и ц а 5.7. **Характеристика и предназначение проводов**

Марка	Сечение жил, мм	Число жил	Характеристика	Применение
1	2	3	4	5
АПВ	2,5–120	1	Провод с алюминиевой жилой, поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа силовых и осветительных сетей в трубах, каналах
АППВ	2,5–6	2; 3	Провод с алюминиевой жилой, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с раздельным основанием	Для монтажа силовых и осветительных сетей по стенам, перегородкам, крытая проводка, в трубах, каналах
АПР	2,5–120	1	Провод с алюминиевой жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в трубах
АППР	2,5–6	2; 3	Провод с алюминиевой жилой, резиновой изоляцией	Для прокладки по деревянным конструкциям жилых и производственных зданий

Окончание табл. 5.7

1	2	3	4	5
АПРН	2,5–120	1	Провод с алюминиевой жилой, резиновой изоляцией, в негорючей оболочке	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в каналах, на открытом воздухе
ПВ-1	0,5–95	1	Провод с медной жилой, поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа силовых и осветительных сетей в трубах, каналах
ПВ-2	2,5–95	1	Провод с медной жилой, поливинилхлоридной изоляцией, гибкий	Для монтажа силовых и осветительных сетей в трубах, каналах
ППВ	0,75–4	2; 3	Провод с медной жилой, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с раздельным основанием	Для монтажа силовых и осветительных сетей по стенам, перегородкам, крытая проводка, в трубах, каналах
ПР	0,75–120	1	Провод с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в трубах
ПВС	0,5–2,5	2; 3	Провод гибкий, со скрученными медными жилами, поливинилхлоридной изоляцией, поливинилхлоридной оболочкой	Для подключения бытовых электроприборов – стиральных машин, пылесосов, удлинителей
ПРС	0,5–4	2; 3	Провод гибкий, со скрученными медными жилами, резиновой изоляцией, резиновой оболочкой	Для подключения бытовых электроприборов – стиральных машин, пылесосов, удлинителей
ПУНП	1,5–4	2; 3	Провод с медной жилой, поливинилхлоридной изоляцией, поливинилхлоридной оболочкой	Для прокладки в осветительных сетях, монтажа и присоединения приборов слабого тока бытового назначения
МГШ	0,05–0,12	1	Провод монтажный, гибкий, с медной жилой, с шелковой изоляцией	Для стационарного и подвижного монтажа внутриблочных и межблочных соединений в электронных и электрических устройствах
МГШВ	0,12–1,5	1	Провод монтажный, гибкий, с медной жилой, с комбинированной шелковой и поливинилхлоридной изоляцией	Для стационарного и подвижного монтажа внутриблочных и межблочных соединений в электронных и электрических устройствах
ТРП	0,4–0,5	2	Провод с медной жилой, полиэтиленовой изоляцией, с раздельным основанием	Для открытой и скрытой проводки телефонной сети

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

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

Сечение проводов и кабелей определяют, учитывая допустимый нагрев (нормального и аварийного режимов). Выбор сечения из условий допустимого нагрева сводится к пользованию соответствующими таблицами [24]. В таблицах указано значение сечения кабеля и провода при длительных высоких токовых нагрузках, для того чтобы предупредить преждевременный износ изоляции, гарантировать надежный контакт в местах соединения проводников и устранить различные аварийные ситуации.

5.5. Расчет мощности групповых сетей в квартире, выбор автоматов и проводов

Расчет сечения провода будет зависеть от показателя суммарной мощности, потребляемой электрическими приборами в квартире. Она может рассчитываться индивидуально или по средним характеристикам. В табл. 5.8 представлены средние характеристики для электроприборов.

Т а б л и ц а 5.8. Квартирные группы электросетей и потребители

Наименование	Коэффициент спроса K_c	Мощность P , Вт	Приведенная мощность P , Вт
1	2	3	4
Освещение	0,7	1 400	980
Итого...	0,7	1 400	980
Розеточная группа кухни			
Холодильник	0,7	200	140
Посудомоечная машина	0,2	300	60
Микроволновка	0,3	1 000	300
Чайник	0,3	1 200	360
Пылесос	0,2	700	140
Стиральная машина	0,2	2 000	400

1	2	3	4
Бойлер	0,3	1 500	450
Другие потребители	0,3	300	90
Итого...	0,3125	7 200	2 250
Розеточная группа жилых помещений			
Телевизор	0,6	200	180
DVD-плеер	0,4	200	80
Пылесос	0,3	800	240
Утюг	0,2	1 200	300
Фен	0,4	700	360
Обогреватель	0,1	1 500	300
Другие потребители	0,3	300	90
Итого...	0,325	4 900	1 550
Итого по квартире	0,45	13 500	6 100

Зная показатель мощности, определяют номинальную силу тока по формуле

$$I_{\text{дл. линии}} = \frac{P K_0}{U \cdot \cos \varphi}, \quad (5.6)$$

где $I_{\text{дл. линии}}$ – длительный ток линии, А;

P – мощность, Вт;

K_0 – коэффициент одновременности;

U – номинальное напряжение, В.

5.6. Выбор защитной аппаратуры

Любое электрооборудование должно быть защищено устройствами автоматического отключения в случае появления перегрузок, коротких замыканий (сверхтоков) или недопустимых токов утечки. Сверхток – это любой ток, превышающий номинальный. Обычно сверхтоки появляются, когда случаются перегрузки или короткие замыкания в электроустановках. Защитная аппаратура автоматического отключения представляет собой следующие виды устройств: плавкие предохранители, автоматические выключатели и дифференциальные автоматические выключатели.

Автоматические выключатели выбираем исходя из следующих условий:

$$I_{\text{н. а}} \geq I_{\text{н. р}}; \quad (5.7)$$

$$U_{\text{н. а}} \geq U_{\text{сети}}; \quad (5.8)$$

$$I_{н.р} \geq I_{дл. линии}, \quad (5.9)$$

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

Пример 5.1. Подобрать автоматы и сечение кабеля для кухонной группы розеток. Мощность $P = 7\,200$ Вт, номинальное напряжение $U = 220$ В, коэффициент одновременности $K_0 = 0,7$, $\cos \varphi = 1$.

1. Определяем номинальную силу тока по формуле (5.6):

$$I_{дл. линии} = \frac{7\,200 \cdot 0,7}{220 \cdot 1} = 22,9 \text{ А.}$$

2. Расчет выполняем из условий (5.7), (5.8), (5.9):

$$I_{н.р} \geq 22,9 \text{ А.}$$

3. Выбираем автомат с номинальным током $I_{н.а} = I_{н.р} = 25$ А (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Автоматический выключатель однополюсный 25 А

4. Рассчитываем ток мгновенной отсечки автомата категории С по формуле (5.10):

$$I_{уст} \geq K_0 I_{н.р}, \quad (5.10)$$

где $I_{уст}$ – ток мгновенного срабатывания автомата, А;

K_0 – кратность тока мгновенной отсечки автомата категории С.

$$I_{уст} = 10 \cdot 25 = 250 \text{ А.}$$

Мгновенное срабатывание автоматического выключателя происходит при перегрузке кратной 10 от номинального тока отсечки автомата. По требованиям ПУЭ данная группа розеток должна быть защищена не только автоматическим выключателем, но и устройством защитного отключения (УЗО) или же дифференциальным автоматическим выключателем, который представляет собой уникальное устройство, в котором одновременно сочетаются функции автоматического выключателя и защитные свойства УЗО. При этом ток утечки УЗО должен составлять не менее 0,3 А. По произведенным расчетам и требованиям ПУЭ выбираем дифференциальный автомат с номинальным током расцепителя, превышающим значение 22,9 А, и током утечки не менее 0,3 А. Таковым является дифференциальный автомат IEK 2п 25А/30мА АД-12 с номинальным током расцепителя $I_{н.р} = 25 \text{ А}$ (рис. 5.4).



Рис.5.4. Дифференциальный автомат
IEK 2п 25А/30мА АД-12

5. На основании произведенных расчетов номинальных токов производим выбор провода электроснабжения потребителей согласно номинальному току отсечки автомата и току перегрузки при коротком замыкании. Для выбора сечения проводника по условиям нагрева,

сравниваются расчетный максимальный I_p и допустимый I_d токи для проводника данной марки и условий его прокладки. При этом должно соблюдаться следующее соотношение:

$$I_p < I_d. \quad (5.11)$$

Значения допустимых длительных токов для кабелей установлены для нормальных условий прокладки (температура воздуха +25 °С, земли +15 °С, в штробе проложен только один провод). Если условия прокладки проводников отличаются от нормальных, то допустимый ток нагрузки определяется с поправкой на температуру и количество прокладываемых рядом кабелей.

Тогда сечение кабеля выбираем из условия

$$I_d \geq \frac{I_p}{K_1 K_2}, \quad (5.12)$$

где I_d – допустимый ток для кабеля, А;

I_p – расчетный ток потребителя, А;

K_1 – коэффициент, учитывающий число рядом работающих кабелей;

K_2 – коэффициент, учитывающий отклонение температуры окружающей среды от нормированной.

6. Определяем сечение кабеля для подключения кухонной группы.

Кабель прокладываем в штробе с температурой около +25 °С, число рядом проложенных кабелей принимаем равным единице. В этом случае коэффициенты $K_1 = 1$, $K_2 = 1$.

7. Определяем допустимый ток по условию (5.12):

$$I_d \geq \frac{22,9}{1 \cdot 1} = 22,9 \text{ А.}$$

8. Согласно табл. 5.4 для питания групп розеток потребителей выбираем кабели марки ВВГнг. Определяем величину допустимого тока и сечение кабельной жилы по [24], используя таблицу допустимых значений токов для провода.

В результате выбираем кабель с допустимым током $I_{доп}$, превышающим 22,9 А, кабель марки ВВГнг-3×4, для которого допустимый ток равен 38 А.

9. Выбранный кабель проверяем на соответствие аппарату защиты. Так как групповая электрическая сеть квартиры должна быть защищена от перегрузки в соответствии с [24], то

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{уст}}, \quad (5.13)$$

где $I_{\text{уст}}$ – ток уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенного действия расцепитель, А;

$I_{\text{доп}}$ – допустимая токовая нагрузка проводника, защищаемого от токов короткого замыкания и перегрузки, А.

Аналогично выбираются кабели и для всех остальных потребителей, результаты заносим в табл. 5.9.

Выбираем сечение проводов группы розеток кухни. Сечение проводов должно удовлетворять условию (5.13). Для провода кухонной группы $I_{\text{уст}} = 250$ А, согласно пункту 4, тогда ток мгновенного срабатывания автомата

$$I_{\text{доп}} \geq 250 \text{ А.}$$

Этому условию соответствует медный провод ВВГнг-3×4, $I_{\text{доп}} = 430$ А. Результаты также заносятся в табл. 5.9.

Т а б л и ц а 5.9. Таблица выбранных проводов и автоматов

Потребители электроэнергии	I_p , А	Марка автомата	Марка кабеля	Примечание
Розеточная группа кухни в квартире	22,9	IEK 2п 16А/30МА АД-12	ВВГнг-3×4	Расчеты

5.7. Заземление

Под защитным заземлением понимается преднамеренное электрическое соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством (ПУЭ) для обеспечения электробезопасности работающего персонала.

Основной функцией защитного заземления является обеспечение безопасности.

Выделяют несколько видов заземления:

– *рабочее заземление* – преднамеренное электрическое соединение с землей отдельных точек электрической цепи, таких как нейтральные точки обмоток генераторов, силовые и измерительные трансформаторы и др. Такой вид заземления предназначен для обеспечения безопасной и надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях. Осуществляется непосредственно или через специальные аппараты – пробивные предохранители, разрядники, резисторы и пр.;

– *заземление молниезащиты* – электрическое соединение с землей молниеприемников и разрядников для защиты домов и зданий от разрядов молнии;

– *замыкание на корпус* – это случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки. Замыкание на корпус может быть результатом случайного касания токоведущей части корпуса машины, повреждения изоляции, падения провода, находящегося под напряжением, на нетоковедущие части электроустановок и др.

Главным назначением защитного заземления является устранение опасности поражения человека током в случае прикосновения к корпусу и другим нетоковедущим частям.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами, за счет уменьшения сопротивления заземления, а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, а также заземленного оборудования за счет подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования. Сопротивление заземления отношение – напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя на землю.

5.7.1. Расчет заземления

Методика расчета заземления включает три этапа. Рассмотрим каждый из них.

1. Определяем величину сопротивления одиночного вертикального заземлителя $R_{\text{в}}$, Ом, по формуле

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{расч. в}}}{2\pi a} \left(\ln \frac{2a}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+a}{4t-a} \right), \quad (5.14)$$

где $\rho_{\text{расч. в}}$ – расчетное сопротивление грунта, Ом · м;

a – длина вертикального заземлителя, м;

d – диаметр вертикального заземлителя, м.

Расчетное сопротивление грунта $\rho_{\text{расч. в}}$ определяется по формуле

$$\rho_{\text{расч. в}} = \rho_{\text{уд}} \Phi_{\text{в}}, \quad (5.15)$$

где $\Phi_{\text{в}}$ – климатический коэффициент вертикального электрода.

Заглубление заземления t , м, вычисляем по формуле

$$t = t_0 + \frac{a}{2}. \quad (5.16)$$

Далее определяется необходимое число вертикальных заземлителей n по формуле

$$n = \frac{R_3}{R_3 \eta_B}, \quad (5.17)$$

где R_3 – допустимое значение сопротивления защитного заземления, Ом (для сети 380/220 вольт – 4 Ома);

η_B – коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящий от отношения расстояния между вертикальными электродами к их длине a и от варианта исполнения заземления: в ряд или по контуру.

Порядок расчета n :

1) принимают $\eta_B = 1$ и находят n по формуле (5.17);

2) по найденному числу n из табл. 5.10 [25] методом интерполяции определяют уточненное значение η_B ;

Т а б л и ц а 5.10. Значения коэффициента использования вертикальных электродов η_B

Число заземлителей n , шт.	Отношение расстояния между электродами A к их длине a					
	1	2	3	1	2	3
	Размещение в ряд			Размещение по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,68	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

3) подставляют определенное из таблицы значение η_B в формулу (5.17) и определяют окончательное число вертикальных заземлителей n ;

4) округляют полученное значение n до большего целого числа.

Рассчитанное количество заземлителей n забивают в подготовленную траншею вертикально через определенное расстояние и соединя-

ют их все между собой горизонтальным электродом (полосой или прутком) длиной L соответствующего сечения.

2. Определяем сопротивление горизонтального электрода R_{Γ} , Ом, по формуле

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho}{2\pi L_{\text{гор}}} \cdot \ln \frac{L_{\text{гор}}^2}{d_1 h}, \quad (5.18)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$L_{\text{гор}}$ – длина горизонтального электрода, м;

d_1 – диаметр горизонтального электрода, м (для полосы $d = 0,5b$, где b ширина горизонтальной полосы, м);

h – глубина заложения горизонтальной сетки, м.

Длина горизонтального заземлителя рассчитывается по следующей формуле:

при размещении в ряд

$$L = a(n - 1); \quad (5.19)$$

при размещении по контуру

$$L = a n, \quad (5.20)$$

где a – длина вертикального заземлителя;

n – число вертикальных заземлителей.

3. Определяем величину общего расчетного сопротивления заземляющего устройства $R_{\text{общ}}$, Ом, по формуле

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\Gamma} R_{\text{B}}}{R_{\text{B}} \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \eta_{\text{B}} n}. \quad (5.21)$$

Расчетное сопротивление заземляющего устройства сравнивают с допустимым сопротивлением.