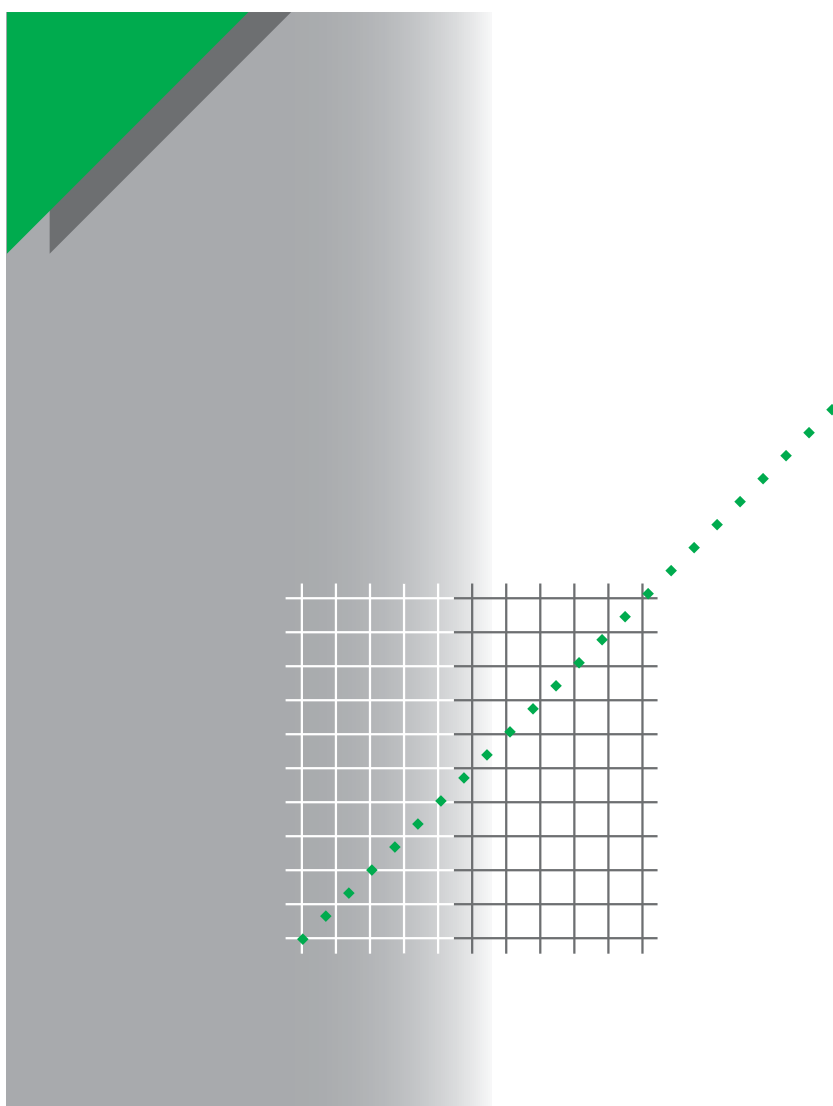


## Выпуск № 11

### Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей

(на базе электрооборудования компании  
Schneider Electric)



*Компания Schneider Electric приступила к выпуску «Технической коллекции Schneider Electric» на русском языке.*

***Техническая коллекция** представляет собой серию отдельных выпусков для специалистов, которые хотели бы получить более подробную техническую информацию о продукции Schneider Electric и ее применении, в дополнение к тому, что содержится в каталогах.*

*В **Технической коллекции** будут публиковаться материалы, которые позволят лучше понять технические и экономические проблемы и явления, возникающие при использовании электрооборудования и средств автоматизации Schneider Electric.*

***Техническая коллекция** предназначена для инженеров и специалистов, работающих в электротехнической промышленности и в проектных организациях, занимающихся разработкой, монтажом и эксплуатацией электроустановок, распределительных электрических сетей, средств и систем автоматизации.*

***Техническая коллекция** будет также полезна студентам и преподавателям ВУЗов. В ней они найдут сведения о новых технологиях и современных тенденциях в мире Электричества и Автоматики.*

*В каждом выпуске **Технической коллекции** будет углубленно рассматриваться конкретная тема из области электрических сетей, релейной защиты и управления, промышленного контроля и автоматизации технологических процессов.*

***Валерий Саженок,**  
Технический директор  
ЗАО «Шнейдер Электрик»,  
Кандидат технических наук*

## **Выпуск № 11**

### **Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей**

(на базе электрооборудования компании  
Schneider Electric)

## **Аннотация**

Работа содержит материалы, необходимые специалистам для проектирования практически всех разделов электрооборудования отдельных квартир и коттеджей. Работа построена на основе анализа действующей нормативно-технической документации в рассматриваемой области.

Техническую основу составляет электрооборудование фирмы Schneider Electric, номенклатура которой обеспечивает комплексную реализацию всех требований, предъявляемых к электрооборудованию элитных квартир и коттеджей.

Особое внимание в книге уделено вопросам электро- и пожаробезопасности, а также вопросам надежности и качества электроэнергии в жилых зданиях и способам обеспечения необходимых параметров, используя оборудование фирмы Schneider Electric.

Настоящее издание может быть полезным инженерам-электрикам, занятым проектированием жилых и общественных зданий, а также специалистам, выполняющим электромонтажные работы и осуществляющим эксплуатацию электроустановок зданий.

*Авторский коллектив:* к.т.н. Г.А. Гельман, Г.С. Карлов, В.В. Крючков  
к.т.н. В.Е. Еремеев, к.т.н. В.Ф. Панов,  
С.А. Петраковская, А.Г. Пентельков, Я.Л. Тудоровский

*Под редакцией:* к.т.н. Гельмана Г.А.

*Рецензенты:* В.А. Бондаренко, В.Н. Новиков, Э.С. Пиналов,  
Я.Л. Тудоровский, А.А. Шалыгин



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	<b>7</b>
<b>Глава 1. Основные понятия и характеристики</b> .....	<b>8</b>
1.1. Категории квартир и коттеджей и их характеристики .....	8
1.2. Требования к электроустановкам современных квартир и коттеджей .....	10
1.3. Бытовые потребители электроэнергии, режимы работы, влияние на питающую сеть .....	12
1.4. Общая характеристика комплекса оборудования Multi 9, электроустановочные изделия .....	15
<b>Глава 2. Электротехнические расчеты</b> .....	<b>17</b>
2.1. Расчет электрических нагрузок .....	17
2.2. Расчет токов короткого замыкания .....	25
2.3. Пример комплексного расчета токов короткого замыкания в системе электроснабжения усадьбы .....	40
<b>Глава 3. Рекомендации по выполнению электрического освещения</b> .....	<b>52</b>
3.1. Светотехническая часть .....	52
3.2. Электротехническая часть .....	54
3.3. Управление электрическим освещением .....	57
<b>Глава 4. Выбор защитной и коммутационной аппаратуры</b> .....	<b>62</b>
4.1. Общие принципы выбора защитной аппаратуры .....	62
4.2. Принципы выбора коммутационной аппаратуры .....	67
4.3. Защитная аппаратура фирмы Schneider Electric .....	68
4.4. Коммутационная аппаратура фирмы Schneider Electric .....	74
<b>Глава 5. Выбор проводов и кабелей для электропроводок</b> .....	<b>79</b>
5.1. Общие принципы выбора проводов и кабелей .....	79
5.2. Выбор сечения токопроводящей жилы .....	79
5.3. Проверка проводников по потере напряжения .....	84
5.4. Проверка кабелей по термической устойчивости при коротких замыканиях .....	89
5.5. Рекомендуемые марки проводов и кабелей .....	90
<b>Глава 6. Учет электроэнергии</b> .....	<b>93</b>
6.1. Основные принципы учета электроэнергии .....	93
6.2. Организация учета электроэнергии при проектировании многоквартирных жилых домов .....	94
6.3. Организация учета электроэнергии при проектировании индивидуальных жилых домов .....	96
6.4. Основные требования к установке приборов учета .....	96
6.5. Счетчики электрической энергии .....	98
<b>Глава 7. Интеллектуализация зданий и помещений для автоматизированного управления инженерным оборудованием</b> .....	<b>108</b>
7.1. Общие понятия и функции интеллектуализации зданий и помещений .....	108

7.2. Интеллектуальная система построения информационных сетей LexCom™ Home .....	108
7.3. Интеллектуальное реле Zelio Logic .....	116
7.4. Программируемые контроллеры Twido .....	119
<b>Глава 8. Надежность электроснабжения и качество электроэнергии .....</b>	<b>123</b>
8.1. Надежность электроснабжения .....	123
8.2. Качество электроэнергии .....	126
8.3. Источники бесперебойного питания фирмы Merlin Gerin для бытовых потребителей электроэнергии .....	130
<b>Глава 9. Электробезопасность в квартирах, коттеджах и на приусадебных участках. Заземление и молниезащита .....</b>	<b>134</b>
9.1. Основные принципы обеспечения электробезопасности .....	134
9.2. Устройство защитного отключения .....	139
9.3. Защитное заземление. Уравнивание потенциалов .....	150
9.4. Молниезащита. Защита от импульсных перенапряжений .....	162
9.5. Защита от временных перенапряжений .....	168
<b>Глава 10. Пожарная безопасность .....</b>	<b>170</b>
10.1. Общие принципы пожарной безопасности электроустановок жилища .....	170
10.2. Система пожарной сигнализации ESA1 .....	171
<b>Глава 11. Примеры электроснабжения квартир повышенной комфортности и коттеджей .....</b>	<b>173</b>
11.1. Схемы электроснабжения .....	173
11.2. Выбор и проектирование вводных и распределительных шкафов .....	188
11.3. Примеры компоновки вводных и распределительных шкафов .....	191
<b>Глава 12. Рекомендации по размещению электрооборудования и выполнению электрических проводок в квартирах, коттеджах и на приусадебных участках .....</b>	<b>195</b>
12.1. Общие требования и рекомендации по выполнению электрических проводок .....	195
12.2. Комплекс для электропроводок на базе кабеленесущих систем и материалов фирмы Schneider Electric .....	200
12.3. Электроустановочные изделия "Этюд™" фирмы LEXEL .....	209
12.4. Электроустановочные изделия фирмы UNICA .....	212
<b>Глава 13. Состав проектной документации для заказа и изготовления электрооборудования и выполнения электрических проводок .....</b>	<b>217</b>
<b>Приложение №1 .....</b>	<b>220</b>
Нормативная документация .....	220
<b>Приложение №2 .....</b>	<b>226</b>
Перечень каталогов фирмы Schneider Electric, рекомендованных к использованию при проектировании электроустановок квартир и коттеджей .....	226
Перечень оборудования .....	227

## Предисловие

Жилище является основой комфортного проживания людей. При массовом строительстве многоквартирных и блокированных жилых домов, а также многоквартирных домов или коттеджей, не имеющих верхних ограничений по нормируемой площади, создаются условия для удовлетворения запросов заказчиков по повышению комфортности проживания.

Важнейшим условием реализации комфортности является оснащение жилища различными устройствами, работа которых основана на использовании электроэнергии. Украшением любого интерьера являются художественно оформленные светильники, электрокамины и другие электробытовые приборы, обеспечивающие удобство быта, комфорт и уют. Телевизоры, холодильники, стиральные машины, электроплиты, пылесосы, кухонные комбайны и другие приборы являются неотъемлемой частью быта людей. Электроподогреватели различных конструкций и назначений, кондиционеры, вентиляторы создают комфортные климатические условия в жилище.

Комфортность жилища повышается при наличии электродушевых, джакузи, саун и т.п. устройств, обеспечивающих прием водных и воздушных процедур. Работа этих устройств основана на использовании электроэнергии.

Все более широкое применение в быту находят персональные компьютеры и различные устройства на базе микропроцессорной техники, составляющие основу интеллектуализации жилища.

Кроме того, в коттеджах широко используются различные насосы, электродвигатели, электроклиматические устройства для теплиц и др., являющиеся основой водо- и теплоснабжения как самого жилища, так и приусадебных построек, что также способствует повышению комфортности жилища.

В широкий спектр электробытовых приборов, создающих удобства в быту, входят различные электрочайники, кофеварки, электроутюги, электромясорубки, фены, электробритвы и др. Человек применяет в быту различные электроинструменты: электродрели, электрорубанки, электропилы, электрогазонокосилки, сварочные аппараты и т.д.

Оснащение жилища перечисленными видами электробытовых приборов и установок приводит к резкому увеличению электропотребления, повышению опасности поражения людей электрическим током, повышению пожарной опасности.

Исключению или сокращению негативных последствий электрификации быта способствует выполнение для каждой квартиры или коттеджа проекта электрооборудования, в котором, наряду с выполнением функционального назначения электроустановки, учитываются требования по обеспечению электро- и пожаробезопасности.

Нормативно-технической базой такого проектирования являются Правила устройств электроустановок (ПУЭ), различные нормы и правила (СНиПы, ГОСТы, СП, СН и др.), в которых регламентированы отдельные разделы, относящиеся к электроустановкам жилых зданий. Однако, в практических условиях пользование всей нормативно-технической базой при проектировании затруднено.

В настоящей работе авторами на основании анализа нормативно-технической документации, а также собственного опыта проектирования предлагаются рекомендации по проектированию электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей.

Техническую основу настоящих рекомендаций составляет электрооборудование фирмы Schneider Electric и различных компаний, входящих в концерн Merlin Gerin, которое широко используется на российском рынке. Рекомендуемое оборудование имеет сертификаты, соответствует требованиям государственных стандартов России и пожарной безопасности. Это оборудование во многих случаях является комплектующим для предприятий – изготовителей комплектных устройств, расположенных в различных регионах РФ. В Приложении 2 приведен перечень действующих каталогов фирмы Schneider Electric, которыми рекомендуется пользоваться при проектировании.

Настоящее издание может быть полезным проектировщикам-электрикам, занятым проектированием жилых и общественных зданий.

Авторы выражают большую благодарность М.В. Васильевой, В.П. Гаврилову и Е.В. Ждановой, выполнившим большую работу по оформлению рукописи.

Авторы заранее благодарны за все замечания и рекомендации.



# Глава 1. Основные понятия и характеристики

## 1.1. Категории квартир и коттеджей и их характеристики

В соответствии с нормативными документами установлены две категории по уровню комфорта жилищ:

- I категория – нормативные нижние и неограниченные верхние пределы площадей квартир или многоквартирных домов;

- II категория – нормируемые нижние и верхние пределы площадей квартир (жилых комнат).

Исходя из этого, квартиры с улучшенной планировкой и коттеджи следует отнести к I категории комфортности. Для примера, в г. Москве в соответствии с МГСН3.01–01 в жилищах I категории устанавливается тип квартиры, число комнат в зависимости от типа и площади квартир (без учета площадей балконов, лоджий, кладовых, веранд, тамбуров) (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Данные, характеризующие количество жилых комнат и нижние пределы площади квартир (по МГСН3.01-01)

Характеристика площадей жилища I категории комфорта	Число жилых комнат											
	1		2		3		4		5		6	
	Типы квартир											
	1М	1Б	2М	2Б	3М	3Б	4М	4Б	5М	5Б	6М	6Б
Нижние пределы площади квартир, м <sup>2</sup>	33	38	44	54	62	68	74	83	89	96	103	109

Однако комфортность жилища определяется не только площадью квартир. В таких квартирах наряду с традиционными жилыми и подсобными помещениями (кухня, гостиная, спальня и т.п.) по желанию заказчиков, например, могут быть:

- в коттеджах и заблокированных жилых домах – бассейны, стоянки (гаражи) легковых автомобилей, столярная или механическая мастерская, лифты (при расположении коттеджа на трех и более уровнях);

- дополнительные помещения: игровая, детская, столовая, кабинет, студия, библиотека, помещения для хозяйственных работ (комнат для стирки, гардеробная), помещения физкультурно-оздоровительного назначения (сауна, тренажерный зал, бильярдная) и др.;

- зимний сад.

Кроме того, уровень комфортности жилья определяют следующие показатели:

- объемно-планировочные решения, учитывающие общую площадь, состав и взаимное расположение помещений, их высоту;

- нормативные показатели естественного (КЕО) и искусственного освещения помещений;

- санитарно-гигиенические нормы, включающие уровень шума, количество и обустройство санузлов, температуру помещений, кратность воздухообмена, уровень воздействия электромагнитных полей и пр.;

- надежность, безопасность и экономичность электроснабжения и электрооборудования;

- уровень электрификации быта;

- уровень автоматизации инженерных систем (горячее и холодное водоснабжение, отопление, вентиляция, электрическое освещение, пожарная и охранная сигнализация и др.).

Все указанные показатели комфортности жилья оказывают влияние на применяемые в нем электроустановки. Так, от общей площади жилых и подсобных помещений, их состава, взаимного расположения и высоты зависит установленная мощность светильников электрического освещения, обеспечивающих нормативные показатели искусственного освещения. От требований по температуре в помещениях и кратности воздухообмена зависит установленная мощность приборов отопления и вентиляции. Требования по надежности и безопасности определяют выбор типа и характеристик электрооборудования, отвечающего этим требованиям.

В действующих нормативных документах (см. Приложение 1 п. 3.2) регламентируется четыре уровня электрификации быта:

I – жилые здания с газовыми плитами;  
 II – жилые здания с электрическими плитами;  
 III – жилые здания с электрическими плитами и электроводонагревателями;  
 IV – жилые здания, полностью электрифицированные (электроплиты, электроводонагреватели, электроотопление).

Нормируемая классификация электрификации быта ориентирована на оснащенность жилья наиболее энергоемким оборудованием. Однако наряду с этим электрификация быта сопровождается широким использованием различных бытовых электроприемников – холодильников, телевизоров, стиральных машин, пылесосов, вентиляторов, кондиционеров, электрических кухонных приборов и многих других. Исходя из этого, жилище I категории не имеет верхнего ограничения уровня электрификации быта.

Как выше отмечалось, в понятие «жилище» входят помещения различного назначения, приусадебные постройки и наружные установки. В каждом из указанных помещений или построек в большей или меньшей степени используются различные электроприемники, для электропитания которых необходимы соответствующие электроустановки.

При проектировании электроустановок в помещениях необходимо пользоваться классификацией помещений, приведенной в ПУЭ (табл. 1.2).

Таблица 1.2

**Классификация помещений по условиям окружающей среды**

Категория помещений		Характеристика окружающей среды	Примеры помещений
Сухие или нормальные помещения		Относительная влажность воздуха до 60%	Отапливаемые жилые помещения
Влажные помещения		Относительная влажность воздуха от 60% до 75%	Неотапливаемые помещения, санузлы
Сырые помещения		Относительная влажность воздуха выше 75%	Комнаты для стирки, ванны, подвалы, террасы, гаражи
Особо сырые помещения		Относительная влажность воздуха близка к 100%	Бассейны, сауны, бани, теплицы, парники, наружные установки или установки под навесами
Жаркие помещения		Температура более 1 суток превышает +35°C	Котельные
Пыльные помещения	токопроводящая пыль	Технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п.	Механические мастерские
	нетокопроводящая пыль		Столярные мастерские
Помещение с химически активной или органической средой		Длительное время содержатся агрессивные пары, газы, жидкости и образуются отложения или плесень	Помещения для содержания животных и птицы, для дизельных установок

В отношении поражения людей электрическим током по ПУЭ определены следующие классы помещений:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырости (влажность более 75%) или токопроводящей пыли;
- токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);
- высокой температуры (выше 35°C);

- возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям здания, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особой сырости (влажность близка к 100%);
- химически активной или органической среды;
- одновременно двух или более условий повышенной опасности.

4. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравняют к особо опасным помещениям.

Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей осуществляется в соответствии с заданием заказчика. При этом все технические решения в проекте электротехнической части должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов.

## **1.2. Требования к электроустановкам современных квартир и коттеджей**

Основные требования к электроустановкам жилых домов, квартир, коттеджей отражены в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), стандартах России и МЭК, Строительных нормах и правилах (СНиП), сводах правил (СП), Московских городских строительных нормах (МГСН), инструкциях, рекомендациях, указаниях, выпускаемых Госстроем РФ, Энергонадзором, Энергосбытом и другими уполномоченными государственными органами. В Приложении 1 приведен перечень действующей на 2005 г. нормативной документации в рассматриваемой области.

Все требования направлены на обеспечение надежности, электро-, пожаробезопасности и экономичности электроустановок при соблюдении условий комфортного проживания людей.

Надежность электроснабжения жилых зданий должна соответствовать требованиям ПУЭ, СПЗ1-110–2003 и других нормативных документов. По классификации ПУЭ это, как правило, потребители II и III категорий надежности.

Для жилища I категории допускается повышение категории надежности электроснабжения по согласованию с органами Энергонадзора.

Для коттеджей по заданию заказчика допускается использование в качестве резервного источника электроэнергии автономного дизель-генератора.

Электроснабжение квартир и многоквартирных домов (коттеджей) с электроводонагревателем или полностью электрифицированных (III и IV уровни электрификации быта), а также с установленной мощностью электроприемников более 11 кВт следует, как правило, осуществлять от трехфазной сети. Неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам не должна превышать 15%.

При трехфазных вводах в квартиры и многоквартирные жилые дома (коттеджи) рекомендуется однофазную нагрузку, состоящую из нескольких нагревательных элементов (конфорки электроплит, нагревательные элементы электроводонагревателей и т.п.) подключать по трехфазной схеме. При заказе такого оборудования следует учитывать возможность подключения бытового электроприбора по трехфазной схеме, которая должна быть предусмотрена в конструкции прибора заводом-изготовителем.

В жилищах I или II категорий, как правило, предусматривается:

- установка приборов учета (однофазных и трехфазных счетчиков) на вводе в квартиру (многоквартирный дом);
- включение квартир и многоквартирных домов в автоматизированную систему учета электропотребления (АСУЭ) (по техническим условиям Энергосбыта);
- выключатели плавного регулирования или кратковременного включения с выдержкой времени для общедомовых внеквартирных помещений многоквартирных жилых домов;
- установка в кухнях не менее четырех розеток на ток 10 (16) А;
- установка в жилых (и других комнатах) квартир, многоквартирных домов не менее одной розетки на ток 10 (16) А на каждые полные и неполные 4 м периметра комнаты;
- установка во внутриквартирных коридорах, холлах, прихожих не менее одной розетки – на каждые полные и неполные 10 м<sup>2</sup>. Розеточная сеть выполняется трехпроводной (фаза, основной или рабочий нулевой проводник и защитный нулевой проводник). Штепсельные розетки, устанавливаемые в квартирах, жилых комнатах, а также в помещениях для пребывания детей, должны иметь защитное устройство, автоматически закрывающее гнезда штепсельной розетки при вынудной вилке;

- установка в передней квартир (одноквартирных домов) электрического звонка, при входе в квартиру (одноквартирный дом) – звонковой кнопки;
- в ванных комнатах (совмещенных санузлах) розетки специального назначения, предназначенные для этих помещений. Вся сеть розеток обязательно подключается к системе распределительных сетей через автомат с УЗО;
- устройство рабочего и эвакуационного искусственного освещения.

При проектировании электроустановок жилища должны быть предусмотрены мероприятия и технические средства, обеспечивающие электробезопасность и пожарную безопасность. К таким мероприятиям и средствам относятся:

- применение устройств защитного отключения;
- применение электрических розеток с защитными шторками;
- заземление;
- защитное зануление;
- система уравнивания потенциалов.

Оболочки для установки автоматических выключателей, контакторов, реле и т.п., применяемые в отдельных помещениях жилища или в постройках на приусадебных участках по степени защищенности от влаги, пыли, химически активных веществ, и от поражения людей электрическим током должны соответствовать международному классификатору – IP-коду (Index of Protection) который определен в ГОСТ 14254-96 (стандарт МЭК 529-89).

IP-код представляет собой набор из двух цифровых и двух буквенных (дополнительных) символов. Первая цифра кода определяет степень защищенность оборудования от пыли и степень защиты человека от прикосновения к токоведущим и движущимся частям. Вторая – степень защиты от влаги. В табл. 1.3 приведены отличительные признаки защищенности, обозначенные цифрами. Буквенные обозначения кода защищенности приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.3

**Цифровые обозначения кода защищенности**

Степень защиты оборудования от пыли. Степень доступа людей		Степень защиты от влаги	
0	Отсутствует защита от пыли. Нет защиты людей от контакта с токоведущими частями	0	Отсутствует защита от влаги
1	Защита частиц большого диаметра (более 50 мм). Защита людей от непосредственного контакта с большими областями токоведущих и движущихся частей оборудования	1	Защита от капель воды, падающих на оборудование вертикально
2	Защита частиц среднего диаметра (более 12 мм). Защита людей от контакта с токоведущими и движущимися частями (например, палец руки)	2	Защита от капель воды, падающих на оборудование наклонно (до 15° от вертикали)
3	Защита от частиц меньше среднего диаметра (более 2,5 мм). Защита людей от контакта с токоведущими и движущимися частями (например, при использовании инструмента диаметром более 2,5 мм)	3	Защита от водяных брызг, падающих на оборудование наклонно (до 60° от вертикали)
4	Защита от частиц малого диаметра (более 1,0 мм). Защита людей от контакта с токоведущими и движущимися частями (например, при использовании инструмента диаметром менее 2,5 мм)	4	Защита от водяных брызг, падающих на оборудование с любого направления
5	Частичная защита от воздействия пыли, не влияющая на условия работы оборудования. Полная защита людей от любого контакта с токоведущими и движущимися частями оборудования	5	Защита от водяной струи, бьющей из сопла со скоростью 12,5 л/мин. на оборудование с любого направления
6	Полная защита от воздействия пыли. Полная защита людей от любого контакта с токоведущими и движущимися частями	6	Защита от мощной водяной струи, бьющей из сопла со скоростью 100 л/мин. на оборудование с любого направления
		7	Защита от временного затопления. Оборудование выдерживает погружение в воду на глубину до 1 м на время до 30 мин.
		8	Защита от постоянного нахождения в воде

Буквенные обозначения кода защищенности

Первая буква кода		Вторая буква кода	
A	Защита от прикосновения рукой к опасным частям устройства	H	Устройство предназначено для работы при высоком напряжении
B	Защита от прикосновения пальцами к опасным частям устройства	M	Устройство предназначено для работы при воздействии воды, в движении
C	Защита от прикосновения к опасным частям устройства инструментами диаметром более 2,5 мм и длиной более 100 мм	S	Устройство предназначено для работы при воздействии воды, в неподвижном состоянии
D	Защита от прикосновения к опасным частям устройства проводом диаметром более 1,0 мм и длиной более 100 мм	W	Устройство сохраняет работоспособность в условиях грозы

Как правило, для бытовых электроустановок используется оборудование, кодируемое только цифрами. Например, розетки устанавливаемые в теплых сухих помещениях могут иметь класс защиты IP20. Пылевлагозащищенные корпуса навесных щитов – IP55. Навесные корпуса щитов для жилых помещений – IP30.

Индивидуальные дома (коттеджи) должны быть оборудованы молниезащитой.

Проект электроснабжения должны обеспечивать энергоэффективность, эстетичность и функциональность электроустановки жилища.

Под энергоэффективностью подразумевается рациональное использование электроэнергии в быту. Квартиры повышенной комфортности и коттеджи следует отнести к жилищам III и IV уровней электрификации быта, что характеризуется высоким электропотреблением.

Энергоэффективность достигается, например:

- применением наиболее эффективных источников света, т.е. обладающих наибольшей световой отдачей и сроком службы;
- построением схемы сети искусственного освещения таким образом, чтобы обеспечивалось отключение части светильников;
- применением для домов с электроводонагревателями, как правило, аккумуляторных электроводонагревателей и аккумуляторных печей для электроотопления с автоматическими устройствами, которые осуществляют включение аккумуляторных приборов в ночное время в часы, определяемые энергоснабжающей организацией в зависимости от графика электрических нагрузок;
- оснащение терморегуляторами устройств электроотопления помещений.

Одним из условий комфортности жилища является архитектурно-художественное оформление интерьеров помещений, поэтому электроустановки в этих помещениях не должны нарушать общих дизайнерских решений. Это в первую очередь относится к электропроводкам, различным выключателям и розеткам, светильникам и пр.

Функциональность электроустановок определяется удобством их использования в быту. Учитывая этот фактор, при проектировании необходимо размещать различную электроаппаратуру в наиболее удобных для человека местах и максимально использовать возможности дистанционного управления.

### ***1.3. Бытовые потребители электроэнергии, режимы работы, влияние на питающую сеть***

Для пользования разнообразными электрическими приборами, создающими комфортные условия проживания, жилище оснащается электроустановками, включающими вводно-распределительные устройства, защитную и коммутационную аппаратуру, разветвленную сеть электрических проводов. Оснащенность бытовыми потребителями электроэнергии квартир повышенной комфортности в многоквартирных домах и в коттеджах имеет принципиальные отличия.

Так, в квартирах наиболее энергоемкими потребителями энергии являются электрические плиты

(при оснащении квартир электрическими плитами); устройства, создающие комфортные климатические условия (кондиционеры, вентиляторы, обогреватели и т.п.); объекты физкультурно-оздоровительного назначения (тренажерные залы, сауны, джакузи и т.п.). Как правило, это однофазные потребители электроэнергии.

В коттеджах наряду с перечисленными потребителями могут быть использованы различные насосные установки, водогрейные котлы, электроотопительные приборы и т.п. инженерные устройства. Кроме того, на приусадебных участках могут применяться механизмы: газонокосилки, электропилы и пр. Частично такие потребители являются трехфазными.

Во всех типах рассматриваемой категории жилищ используются привязанные к определенному месту бытовые приборы: холодильники и холодильные камеры, микроволновые печи, посудомоечные машины, кухонные комбайны, стиральные машины, телерадиоаппаратура и т.п. К этой же категории потребителей относятся и персональные компьютеры в комплекте с периферийными устройствами (принтеры, плоттеры, сканеры и др.).

Широкую гамму бытовых электроприборов составляют переносные периодически используемые приборы: пылесосы, утюги, электрофены, электробритвы, электрочайники, кофеварки, грили и пр.

При проектировании электроустановок квартир повышенной комфортности и коттеджей целесообразно разделить бытовых потребителей электроэнергии на четыре группы:

- I группа – электрическое освещение;
- II группа – потребители розеточной сети;
- III группа – потребители однофазные, требующие отдельного подвода электроэнергии;
- IV группа – потребители трехфазные.

Указанное деление позволяет:

- рационально построить распределительную сеть;
- выбрать защитную и коммутационную электрическую аппаратуру, удовлетворяющую требованиям селективности, надежности и безопасности;
- обеспечить равномерную загрузку фаз (при трехфазной сети);
- рационально компоновать и разместить электрооборудование в жилище;
- выполнить электрические проводки наиболее экономичным способом, не нарушая архитектурных и дизайнерских решений в жилище.

При проектировании электроустановки в жилище важную роль играет знание режимов работы бытовых потребителей и их влияние на питающую сеть.

Под понятием «режим работы» подразумевается длительность времени включения в электрическую сеть, времени потребления электрической энергии, а также периодичность использования. В табл. 1.5 приведены данные, характеризующие режимы работы бытовых электроприборов.

Указанными данными рекомендуется пользоваться при определении расчетных электрических нагрузок, применяя коэффициенты спроса ( $K_c$ ), использования ( $K_{и}$ ), совмещения максимума нагрузок ( $K_{см}$ ).

Не менее важным для работы электроприемников жилища является качество электроэнергии, которое определяется, с одной стороны, питающей системой электроснабжения, а с другой, – влиянием бытовых потребителей на питающую сеть.

Нормы качества электроэнергии в системах общего назначения определены ГОСТ 13109–97. Среди этих показателей следует отметить отклонения и колебания напряжения питающей сети. Например, снижение напряжения приводит к заметному снижению светового потока ламп накаливания и резкому сокращению срока службы этих ламп. Увеличение напряжения приводит к росту потребляемой реактивной мощности люминесцентными лампами. К колебаниям напряжения очень чувствительны осветительные приборы, особенно лампы накаливания и электронная техника.

Колебания напряжения, вызывающие мигание источников освещения (фликер-эффект), приводят к утомлению зрения человека, что снижает производительность труда, а в ряде случаев может привести и к травматизму. Кроме того, колебания напряжения нарушают нормальную работу телевизоров, телефонной связи, компьютерной техники и т.д.

Режим работы бытовых электроприборов

Режим работы	Параметры, характеризующие режим работы	Примеры	Примечание
Длительный непрерывный	Постоянно (более 1 ч) включен в электрическую сеть и потребляет электроэнергию	Электрическое освещение, телерадиоаппаратура, компьютеры	
Длительный прерывистый	Постоянно (более 1 ч) включен в электрическую сеть; электроэнергию потребляет при отклонениях заданного параметра	Насосные установки – на период заполнения или опорожнения емкости Водонагревательные и отопительные приборы – на период нагрева до заданной температуры; Холодильники – на период включения компрессора до заданной температуры.	Работа в автоматическом режиме
Длительный эпизодический	Включен в электрическую сеть более 30 мин и потребляет электроэнергию	Пылесосы, стиральные машины, утюги, газонокосилки, сауны и т.п.	
Кратковременный эпизодический	Включен в электрическую сеть менее 30 мин и потребляет электроэнергию	Чайники, кофеварки, электрофены, электробритвы и т.п.	

Несимметрия напряжений значительно влияет на работу однофазных электроприемников, если фазные напряжения не равны. Так, например, лампы накаливания, подключенные к фазе с более высоким напряжением, имеют меньший срок службы.

Несинусоидальность напряжения, обусловленная электроприемниками с нелинейной вольтамперной характеристикой, вызывает появление в сети высших гармонических составляющих тока и напряжения. Это приводит к дополнительным потерям активной мощности во всех элементах системы электроснабжения, а также к ухудшению или нарушению работы устройств автоматики, телемеханики, компьютерной техники и других устройств с элементами электроники.

Влияние бытовых потребителей на питающую сеть определяется:

- коэффициентом мощности ( $\cos\phi$ ) потребителей с длительным режимом работы;
- генерированием третьей гармонической составляющей тока;
- неравномерностью загрузки фаз.

Это приводит к увеличению токов, протекающих в фазных проводниках, а наличие третьей гармонической составляющей может вызвать протекание в нулевом рабочем проводнике тока, превышающего токи в фазных проводниках.

Ниже приведены коэффициенты мощности отдельных бытовых электроприемников:

Типы потребителей	$\cos \phi / \text{tg } \phi$
Лампы накаливания	1,0/0
Люминесцентные лампы	0,92/0,426
Холодильники	0,65/1,168
Насосы, вентиляторы, кондиционеры при мощности двигателя до 4 кВт	0,75/0,882
То же, при мощности двигателя свыше 4 кВт	0,85/0,62
Телерадиоаппаратура	0,65/1,168
Водонагреватели, электроотопители	1,0/0
Сауны	1,0/0
Джакузи	0,8/0,75
Персональные компьютеры (для обеспечения электромагнитной совместимости рекомендуется применять с блоками питания, оснащенными фильтрами высших гармоник)	0,65/1,168

Указанные факторы влияния бытовых потребителей на питающую сеть необходимо учитывать при проектировании электроустановок в жилище, а именно:

- при выборе защитной и коммутационной аппаратуры;
- при выборе сечения жил проводов и кабелей и способов их прокладки;
- при распределении подключения отдельных электропотребителей по фазам.

#### **1.4. Общая характеристика комплекса оборудования Multi 9, электроустановочные изделия**

Комплексом модульной аппаратуры Multi 9 (Приложение 2 п.1), выпускаемой фирмой Schneider Electric, наиболее полно обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к электроустановкам комфортного жилища.

Основными достоинствами комплекса Multi 9 являются:

- широкий диапазон выпускаемых изделий (более 2000 наименований) для защиты электрических цепей, контроля и управления;
- обеспечение селективности срабатывания защиты;
- широкий диапазон исполнений по предельной коммутационной способности электрических аппаратов;
- широкий диапазон рабочих температур;
- возможность дистанционного включения и отключения аппаратов;
- высокая надежность электрических аппаратов всей серии;
- наличие большей части оборудования на складах Schneider Electric и у дистрибьюторов.

Ниже приведены краткие характеристики отдельных аппаратов серии Multi 9.

1. *Автоматические выключатели.* Применяются для коммутации и защиты цепей от перегрузок и коротких замыканий. Номинальные токи от 0,5 до 125 А. Кривые отключения В, С, D. Предельная коммутационная способность от 4,5 до 50 кА. Рабочая температура от –30 до +70°С. Токоограничение – класс 3.

2. *Устройства дифференциальной защиты.* Применяются для защиты людей от поражения электрическим током при прямых или косвенных контактах с токопроводящими частями, для защиты электроустановки от риска возникновения пожара. Чувствительность от 10 до 3000 мА. Уровень чувствительности к импульсу 250 А, фронт 8 мс, длина 20 мс. Коммутационная износостойкость 20 000 циклов.

3. *Комбинированные ограничители-предохранители.* Применяются для коммутации и защиты цепей от перегрузок и коротких замыканий. Номинальные токи от 2 до 25 А.

4. *Ограничители перенапряжения.* Применяются для защиты оборудования от импульсного перенапряжения в сетях TN-S и TN-C. Обеспечивают сигнализацию состояния. Рабочая температура от –25 до +60°С. Максимальный ток импульса  $I_{\max}(8/20 \text{ мс}) = 65 \text{ кА}$ . Номинальный ток импульса  $I_n(8/20 \text{ мс}) = 20 \text{ кА}$ . Максимальное напряжение импульса  $U_{\text{pmax}} = 1,5 \text{ кВ}$ .

5. *Импульсные реле.* Применяются для дистанционного импульсного включения и отключения цепей. Номинальные токи от 16 до 32 А. Напряжение управления 12–240 В переменного тока и 6–110 кВ постоянного тока. Коммутационная износостойкость 200 000 циклов.

6. *Контакты.* Применяются для дистанционного включения и отключения цепей. Номинальные токи от 16 до 100 А. Напряжение управления 24 и 240 В переменного тока. Рабочая температура от –5 до +60°С.

7. *Выключатели нагрузки.* Применяются для коммутации цепей под нагрузкой. Номинальные токи от 20 до 100 А. Коммутационная износостойкость 10 000–300 000 циклов.

8. *Кнопки и световые индикаторы.* Применяются для организации управления с помощью импульсов, световой индикации. Рабочий ток 20 А. Рабочая температура от –20 до +50°С. Срок службы 100 000 ч в режиме непрерывного горения.

9. *Электромеханические и электронные реле времени.* Применяются для подачи команд на



замыкание и размыкание цепи в зависимости от заранее заданного пользователем времени. Рабочая температура от –10 до +50°С.

10. *Сумеречные выключатели*. Применяются для выдачи команд на замыкание или размыкание цепи при достижении установленного порога освещенности, определенного фотоэлементом. Рабочая температура от –10 до +50°С. Порог освещенности 2–2000 люкс.

Неотъемлемой частью электрооборудования жилища, создающего комфортные и безопасные условия жизни, являются различные электроустановочные изделия: выключатели, переключатели, светорегуляторы, электрические, телефонные, телевизионные и компьютерные розетки, распределительные коробки и т.п. Эти изделия дополняют дизайн и способствуют созданию гармоничного интерьера любого помещения.

В комплексе с электрооборудованием фирмы Schneider Electric предлагается использовать электроустановочные изделия фирм LEXEL и UNICA, номенклатура которых охватывает весь спектр изделий, применяемых в жилище.

Серия электроустановочных изделий "Этюд™" создана фирмой LEXEL специально для российского рынка. Современный дизайн и исполнение в белом и кремовом цвете позволяют использовать изделия серии Этюд™ в любом интерьере.

Эти изделия выпускаются для внутреннего и наружного монтажа.

Конструкция металлических контактов обеспечивает надежное крепление вилки в розетке.

Высокая степень надежности изделий исключает возможность короткого замыкания или поражения электрическим током.

Выключатели 10 А подходят для большинства типов ламп, включая люминесцентные и соответствуют требованиям ГОСТ Р. Высокое качество контактов обеспечивает длительный срок службы выключателей.

Все изделия изготовлены из высококачественного пластика, устойчивого к появлению царапин.

Электроустановочные изделия фирмы UNICA отличаются повышенными эстетическими качествами, имеют широкую цветовую гамму и включают выключатели, розетки разного назначения, диммеры, термостаты, датчики движения, монтажные коробки и пр.

## Глава 2. Электротехнические расчеты

### 2.1. Расчет электрических нагрузок

На начальной стадии проектирования, когда практически неизвестны точные данные электроприемников, но необходимо получить технические условия на присоединение электрической мощности, возникает вопрос, как рассчитать величину установленной мощности потребителей и на этой основе определить расчетную нагрузку на вводе в квартиру или коттедж. При этом, под понятием расчетная электрическая нагрузка  $P_p$  потребителя или элемента сети подразумевается мощность, равная ожидаемой максимальной нагрузке за 30 мин.

В Нормативах по определению расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети (изменения и дополнения к Инструкции по проектированию городских электрических сетей – РД 34.20.185–94) приведены удельные расчетные нагрузки.

Указанные Нормативы составлены на основании анализа режимов электропотребления перспективного набора электробытовых приборов и машин в квартире (коттедже). Учитывались данные по установленной мощности приборов и машин, определялся суточный расход электроэнергии, возможное время работы каждого прибора и машины.

В удельных расчетных нагрузках за основу принято, что расчетная нагрузка отдельной квартиры (коттеджа) или небольшого числа квартир (коттеджей) определяется приборами эпизодического пользования, но значительной установленной мощности. К таким приборам относятся, например, стиральные машины с подогревом воды, джакузи, посудомоечные машины с подогревом воды, электрические чайники, электрические сауны и др. Для этих приборов определялись коэффициенты спроса с последующим суммированием их расчетных нагрузок с нагрузками всех прочих приборов малой мощности, которые определялись с использованием усредненного значения коэффициента спроса.

Разработчиками Нормативов в качестве базовых исходных данных принято:

1. Средняя площадь квартиры (общая), м <sup>2</sup> :	
в типовых зданиях массовой застройки	70
в зданиях с квартирами повышенной комфортности (элитные) по индивидуальным проектам	150
2. Площадь (общая) коттеджа, м <sup>2</sup>	50 – 600
3. Средняя семья, чел	3,1
4. Установленная мощность, кВт:	
квартир с газовыми плитами	21,4
квартир с электрическими плитами в типовых зданиях	32,6
квартир с электрическими плитами в элитных зданиях	39,6
коттеджей с газовыми плитами	35,7
коттеджей с газовыми плитами и электрическими саунами	48,7
коттеджей с электрическими плитами	47,9
коттеджей с электрическими плитами и электрическими саунами	59,9

В табл. 2.1 на основании материалов Приложения 1 пп. 4.6 и 4.7 приведена удельная расчетная нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, а в табл. 2.2 – коттеджей.

Во «Временной инструкции по расчету электрических нагрузок жилых зданий» РМ2696-01 расчетную нагрузку на вводе в квартиру для домов I категории рекомендуется определять по формуле:

$$P_p = P_3 \times K_c,$$

где  $P_3$  – заявленная мощность электроприемников, определяемая суммированием номинальных мощностей электробытовых и осветительных приборов, а также розеточной сети;

### Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий

Потребители электроэнергии
Квартиры с плитами: <ul style="list-style-type: none"> <li>– на природном газе:</li> <li>– на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе:</li> <li>– электрическими мощностью до 8,5 кВт</li> </ul>
Квартиры повышенной комфортности с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт

Таблица 2.2

### Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников коттеджей

Потребители электроэнергии	Удельная расчетная электрическая нагрузка, кВт/коттедж, при числе коттеджей									
	1–3	6	9	12	15	18	24	40	60	100
Коттедж с плитами на природном газе	11,5	6,5	5,4	4,7	4,3	3,9	3,3	2,6	2,1	2,0
Коттеджи с плитами на природном газе и электрической сауной мощностью до 12 кВт	22,3	13,3	11,3	10,0	9,3	8,6	7,5	6,3	5,6	5,0
Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт	14,5	8,6	7,2	6,5	5,8	5,5	4,7	3,9	3,3	2,6
Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт и электрической сауной мощностью до 12 кВт	25,1	15,2	12,9	11,6	10,7	10,0	8,8	7,5	6,7	5,5

$K_c$  – коэффициент спроса, зависящий от величины заявленной мощности в квартире.

В соответствии с "Временной инструкцией..." на предпроектных стадиях рекомендуется определять расчетные нагрузки по ориентировочным удельным нагрузкам в соответствии с табл. 2.3 в зависимости от различных уровней электрификации быта, а на стадии рабочего проектирования нагрузки уточняются по приведенной выше формуле.

В табл. 2.3 при определении удельных нагрузок приняты следующие мощности электроприемников, кВт: освещение 2,8, розеточная сеть 2,8, электроплиты 9–10,5, стиральная машина 2,2, посудомоечная машина 2,2, джакузи с подогревом 2,5, душевая кабина с подогревом 3, водонагреватель аккумуляторный 2, водонагреватель проточный 8–18, кондиционеры 3, бытовые

### Ориентировочные удельные нагрузки для домов I категории

Характеристика квартир
1 Дома с электроплитами до 9 кВт без саун, проточных водонагревателей и кондиционеров
2 Дома с электроплитами до 10,5 кВт:
2.1 Без саун и проточных водонагревателей
2.2 Без саун, но с проточными водонагревателями мощностью до 12 кВт
2.3 Без саун, но с проточными водонагревателями мощностью до 18 кВт
2.4 С саунами мощностью до 12 кВт, без проточных водонагревателей
2.5 С саунами мощностью до 6 кВт и проточными водонагревателями мощностью до 8 кВт
2.6 С саунами мощностью до 12 кВт и проточными водонагревателями мощностью до 12 кВт

Таблица 2.1

Удельная расчетная электрическая нагрузка, кВт/квартира, при числе квартир													
1-5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
6,0	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1,0	0,92	0,84	0,76
10,0	5,9	4,9	4,3	3,9	3,7	3,1	2,6	2,1	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19
14,0	8,1	6,7	5,9	5,3	4,9	4,2	3,3	2,8	1,95	1,83	1,72	1,67	1,62

электроприборы 4, теплые полы 1.

Необходимо пояснить, что главной целью разработчиков указанных Нормативов и Инструкции было определение усредненных расчетных нагрузок, приведенных к вводу в жилые здания или коттеджные поселки исходя из принятых за базу исходных данных.

В СП31-110–2003 расчетную нагрузку для квартир с повышенной комфортностью рекомендуется определять в соответствии с заданием на проектирование или в соответствии с заявленной мощностью и коэффициентами спроса и одновременности.

Коэффициенты спроса для квартиры повышенной комфортности:

Заявленная мощность, кВт	До 14	20	30	40	50	60	70 и более
Коэффициент спроса	0,8	0,65	0,6	0,55	0,5	0,48	0,45

Коэффициенты одновременности  $K_o$  для квартиры повышенной комфортности:

Число квартир	1-5	6	9	12	15	18	
Коэффициент одновременности	1	0,51	0,38	0,32	0,29	0,26	
Число квартир	24	40	60	100	200	400	600 и более
Коэффициент одновременности	0,24	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11

Однако, указанные рекомендации относятся также к расчетам суммарных нагрузок на вводе в жилое здание.

Расчетная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ-0,4 кВ ТП от электроприемников квартир повышенной комфортности  $P_{p.кв.}$  кВт определяется по формуле:

$$P_{p.кв.} = P_{кв} \cdot n \cdot K_o,$$

где  $P_{кв}$  – нагрузка электроприемников квартир повышенной комфортности;

$n$  – число квартир;

Таблица 2.3

Удельная нагрузка, кВт/квартира при числе квартир													
1	3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600 и более
16	12,8	8,2	6,1	5,1	4,6	4,2	3,8	3,2	2,9	2,6	2,2	2,1	1,8
20	16	10,2	7,6	6,4	5,8	5,2	4,8	4,0	3,6	3,2	2,8	2,6	2,2
25	20	12,8	9,5	8	7,3	6,5	6	5	4,5	4	3,5	3,3	2,8
32	25,6	16,4	12,2	10,2	9,3	8,3	7,7	6,4	5,8	5,1	4,5	4,2	3,6
25	20	12,8	9,5	8	7,3	6,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,3	2,8
25	20	12,8	9,5	8	7,3	6,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,3	2,8
32	25,6	16,4	12,2	10,2	9,3	8,3	7,7	6,4	5,8	5,1	4,5	4,2	3,6

$K_0$  – коэффициент одновременности для квартир повышенной комфортности.

В СП31-106–2002 для многоквартирных жилых домов расчетную нагрузку в случаях, если нет ограничений, также рекомендуется определять по заданию заказчика. Однако при ограничении возможностей энергоснабжения расчетную нагрузку электроприемников следует принимать не менее:

5,5 кВт – для домов без электрических плит;

8,8 кВт – для домов с электрическими плитами.

Если же общая площадь дома превышает 60 м<sup>2</sup>, расчетная нагрузка должна быть увеличена на 1% на каждый дополнительный 1 м<sup>2</sup>.

В реальных случаях площади квартир повышенной комфортности и коттеджей существенно отличаются от базовых и не имеют верхнего ограничения уровня электрификации быта.

Каждая отдельно взятая квартира или коттедж с приусадебными постройками представляет собой свой микромир, заполняемый не усредненными, а фактическими потребителями электроэнергии, номинальная мощность которых может существенно отличаться от принятых в нормативных материалах.

В удельных расчетных нагрузках принципиально не могло учитываться использование заказчиком различных, все более совершенных потребителей с длительным режимом работы (более 30 мин), постоянно появляющихся на рынке комфортности жилья и быта людей.

В табл. 2.4, составленной по данным нормативных документов, результатам анализа большого количества проектов, паспортным данным бытовых электроприборов, приведены рекомендуемые величины мощностей отдельных электроприемников и расчетные коэффициенты.

Определение расчетной величины  $P_{р.р}$  нагрузки групповых и питающих линий от электроприемников, подключаемых к розеткам, предполагается выполнять по рекомендации, приведенной в СП31-110–2003 для общежитий, по формуле:

$$P_{р.р} = P_{уд} \cdot n_p \cdot K_{о.р},$$

где  $P_{уд}$  – удельная мощность на одну розетку, при числе розеток до 100 принимаемая 0,1, свыше 100 – 0,06 кВт;

$n_p$  – число розеток;

$K_{о.р}$  – коэффициент одновременности для сети розеток, определяемый в зависимости от числа розеток:

До 10 розеток . . . . . 1,0

Свыше 10 до 20 розеток . . . . . 0,9

Свыше 20 до 50 розеток . . . . . 0,8

Свыше 50 до 100 розеток . . . . . 0,7

Свыше 100 до 200 розеток . . . . . 0,6

Свыше 200 до 400 розеток . . . . . 0,5

Свыше 400 до 600 розеток . . . . . 0,4

Свыше 650 розеток . . . . . 0,35

Основными расчетными коэффициентами являются: коэффициент спроса  $K_c$ , коэффициент использования  $K_{и}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi$ .

Под *коэффициентом спроса* по нагрузке понимается отношение расчетной электрической нагрузки к номинальной (установленной) мощности электроприемников:

$$K_c = \frac{P_p}{P_y},$$

где  $P_p$  – расчетная электрическая нагрузка, кВт (30-мин максимум);

$P_y$  – установленная мощность электроприемников, кВт.

## Рекомендуемые величины мощностей отдельных электроприемников и расчетных коэффициентов

№ п/п	Наименование электроприемников	Номинальная или установленная активная мощность	Расчетные коэффициенты		Примечание
			спроса $K_C$	использования $K_{И}$	
1	Электрическое освещение гостиных	35–40 Вт/м <sup>2</sup>	0,8	0,8	Светильники с лампами накаливания
2	Электрическое освещение жилых комнат (спален)	25–30 Вт/м <sup>2</sup>	0,6	0,6	
3	Электрическое освещение кабинетов, библиотек, игровых и т.п.	30–35 Вт/м <sup>2</sup>	0,6	0,8	
4	Электрическое освещение кухни	25–30 Вт/м <sup>2</sup>	1,0	0,8	
5	Электрическое освещение холлов, коридоров и т.п.	20–25 Вт/м <sup>2</sup>	0,8	0,8	
6	Бытовая розеточная сеть (теле-радиоаппаратура, холодильники, пылесосы, утюги, торшеры, бра, настольные лампы и пр.)	100 Вт/розетка	–	0,7–1,0	1 розетка на 6 м <sup>2</sup> общей площади $K_{И}=0,7$ – при числе розеток более 50; $K_{И}=0,8$ – при числе розеток от 20 до 50; $K_{И}=0,9$ – при числе розеток от 10 до 20; $K_{И}=1$ – при числе розеток до 10
7	Электроплита	10,5 кВт/плита	0,8	1,0	
8	Стиральная машина	2,2 кВт	1,0	0,6	
9	Посудомоечная машина	2,2 кВт	0,8	0,8	
10	Сауна	4–12 кВт	0,8	0,8	
11	Джакузи с подогревом	2,5 кВт	0,8	0,8	
12	Душевая кабина с подогревом	3 кВт	0,6	0,8	
13	Водонагреватели аккумуляторные	1,5–2 кВт	0,6	0,8	
14	Водонагреватели проточные	5–18 кВт	0,4	1,0	
15	Кондиционеры	1,5–4 кВт	0,7	0,8	
16	Электрокамины	1–2 кВт	0,4	1,0	
17	Кухонные комбайны, кофеварки, электрочайники и т.п. (суммарно)	4-5 кВт/квартира	0,3	1,0	
18	Теплый пол в жилой комнате, кухне, прихожей	60 Вт/м <sup>2</sup>	0,5	1,0	
19	Теплый пол в ванной, сауне, детской	80 Вт/м <sup>2</sup>	0,3	1,0	
20	Электрические отопительные котлы	4–24 кВт	0,8	0,9	
21	Приборы электроотопления	70–100 Вт/м <sup>2</sup>	0,8	1,0	
22	Тепловентиляторы	1,5–2 кВт	0,9	0,9	
23	Электрокалориферы	3–6 кВт	0,4	0,9	
24	Газонокосилки	1,5–1,8 кВт	0,4	0,8	
25	Погружные насосы	0,75–1,5 кВт	0,8	0,9	
26	Персональные компьютеры	0,4–0,5 кВт	0,6	1,0	

Под коэффициентом использования активной мощности одного или группы электроприемников понимается отношение фактически потребляемой мощности  $P$  к номинальной мощности  $P_n$ :

$$K_u = \frac{P}{P_n}.$$

Исходные данные к примеру

Помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Устанавливаемые электробытовые приборы	Номинальная (установленная) мощность, кВт	Примечание
Кухня	18	Электрическая плита	10,5	Табл. 2.4 п. 7
		Посудомоечная машина	2,2	Табл. 2.4 п. 9
		Холодильник	0,6	По паспортным данным
		Кухонный комбайн	4,0	Табл. 2.4 п. 17
		Электрическое освещение	0,54	Табл. 2.4 п. 4
		1 розетка на ток 16 А, 4 розетки на ток 6 А	0,5	Табл. 2.4 п. 6
Холл и коридоры	24	Электрическое освещение	0,6	Табл. 2.4 п. 5
		6 розеток на ток 6 А	0,6	Табл. 2.4 п. 6
Ванная 1	14	Джакузи	2,5	Табл. 2.4 п. 11
		Душ с электроподогревом	3,0	Табл. 2.4 п. 12
		Теплый пол (4 м <sup>2</sup> )	0,32	Табл. 2.4 п. 19
		Вентилятор	0,5	По паспортным данным
		Электрическое освещение	0,28	Табл. 2.4 п. 5
		4 розетки на ток 6 А	0,4	Табл. 2.4 п. 6
Ванная 2	8	Душ с электроподогревом	3,0	Табл. 2.4 п. 12
		Теплый пол (4 м <sup>2</sup> )	0,32	Табл. 2.4 п. 19
		Вентилятор	0,5	По паспортным данным
		Стиральная машина	2,2	Табл. 2.4 п. 8
		Электрическое освещение	0,12	Табл. 2.4 п. 5
		2 розетки на ток 6 А	0,2	Табл. 2.4 п. 6
Гостиная	52	Электрокамин	2,0	Табл. 2.4 п. 16
		Кондиционер	4,0	Табл. 2.4 п. 15
		Домашний кинотеатр	0,8	По паспортным данным
		Электрическое освещение	2,16	Табл. 2.4 п. 1
		10 розеток на ток 6 А	1,0	Табл. 2.4 п. 6
Спальня 1	20	Теплый пол (12 м <sup>2</sup> )	0,72	Табл. 2.4 п. 18
		Кондиционер	2,2	Табл. 2.4 п. 15
		Электрическое освещение	0,5	Табл. 2.4 п. 2
		4 розетки на ток 6 А	0,4	Табл. 2.4 п. 6
Спальня 2	18	Теплый пол (10 м <sup>2</sup> )	0,6	Табл. 2.4 п. 18
		Кондиционер	2,2	Табл. 2.4 п. 15
		Электрическое освещение	0,45	Табл. 2.4 п. 2
		4 розетки на ток 6 А	0,4	Табл. 2.4 п. 6
Детская комната	24	Теплый пол (20 м <sup>2</sup> )	1,6	Табл. 2.4 п. 18
		Кондиционер	2,2	Табл. 2.4 п. 15
		Персональный компьютер	0,5	Табл. 2.4 п. 26
		Электрическое освещение	0,72	Табл. 2.4 п. 3
		4 розетки на ток 6 А	0,4	Табл. 2.4 п. 6
		Кондиционер	2,2	Табл. 2.4 п. 15
		Персональный компьютер	0,5	Табл. 2.4 п. 26
		Электрическое освещение	0,77	Табл. 2.4 п. 3
4 розетки на ток 6 А	0,4	Табл. 2.4 п. 6		
Итого:	200		59,6	

В практических случаях, для ряда потребителей, таких как электроприемники розеточной сети и электрическое освещение коэффициент использования совпадает с *коэффициентом одновременности*  $K_o$  для этой группы потребителей.

*Пример 1*

Исходные данные:

Квартира общей площадью 200 м<sup>2</sup> в многоквартирном доме. В квартире 5 комнат, кухня, 2 ванные комнаты, холл и коридоры. В табл. 2.5 приведены исходные данные по установленному бытовому электрооборудованию. Все потребители, за исключением электроплиты – однофазные.

*Расчет нагрузок.*

На основании данных табл. 2.5 составляем расчетную таблицу табл. 2.6, в которую включены расчетные коэффициенты спроса и использования, принятые по табл. 2.4.

Коэффициенты мощности приняты по данным, приведенным в §1.3.

В табл. 2.6 установленные мощности однотипных электроприемников (например, электрическое освещение, бытовая розеточная сеть, вентиляторы, теплые полы) просуммированы..

Таблица 2.6

Расчетная таблица к примеру №1

Наименование групп электропотребителей или отдельных электроприемников	Установленная (номинальная) мощность, кВт	Расчетные коэффициенты			Расчетная мощность		Примечание
		спроса $K_C$	использования $K_{И}$	мощности $\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	активная кВт	полная кВА	
Электрическое освещение	6,14	0,8	0,6	1,0 / 0	2,95	2,95	Приняты везде лампы накаливания
Бытовая розеточная сеть	4,3	—	0,7	0,9 / 0,484	3,01	3,34	
Электрическая плита	10,5	0,8	1,0	1,0 / 0	8,4	8,4	трех фазная нагрузка
Посудомоечная машина	2,2	0,8	0,8	0,8 / 0,75	0,41	1,76	
Холодильник	0,6	1,0	0,5	0,95 / 0,329	0,3	0,32	
Кухонный комбайн	4,0	0,3	1,0	1,0 / 0	1,2	1,2	
Кондиционеры	12,8	0,7	0,8	0,8 / 0,75	7,168	8,96	
Стиральная машина	2,2	1,0	0,6	0,8 / 0,75	1,32	1,65	
Теплые полы	3,56	0,5	1,0	1,0 / 0	1,78	1,78	
Джакузи	2,5	0,8	0,8	0,8 / 0,75	1,6	2,0	
Душ с электроподогревом	6,0	0,6	0,8	1,0 / 0	2,88	2,88	
Вентиляторы	1,0	0,6	0,6	0,8 / 0,75	0,36	0,45	
Электрокамин	2,0	0,4	1,0	0,9 / 0,484	0,8	0,89	
Домашний кинотеатр	0,8	0,6	1,0	0,8 / 0,75	0,48	0,6	
Персональные компьютеры	1,0	0,6	1,0	0,65 / 1,168	0,6	0,92	
Итого:	59,6			0,9 / 0,484	34,258	38,04	

Расчетную активную мощность (кВт) каждой группы электроприемников определяют по формуле

$$P_p = \sum P_y K_c K_{и} .$$

Полная мощность каждой группы электроприемников, кВ•А:

$$S = \frac{P_p}{\cos \varphi} .$$

Коэффициент мощности на вводе в квартире:

$$\cos \varphi = \frac{\sum P_p}{\sum S} .$$



Учитывая, что все нагрузки, кроме электроплиты, однофазные, а питающая сеть трехфазная, пренебрегая неравномерностью загрузки фаз, на вводе в квартиру получим расчетный ток:

$$I_p = \frac{\Sigma P_p}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi} = \frac{34,258}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9} = 57,9 \text{ А.}$$

Выбираем для установки на вводе в квартиру автоматический выключатель трехфазный, четырехполюсный на номинальный ток 63 А.

В табл. 2.7 и 2.8 приведены рекомендуемые величины мощностей электропотребителей элитных квартир, коттеджей и отдельных построек на приусадебных участках. Рекомендуемые величины определены на основании анализа большого количества проектов, выполненных за последние годы.

В табл. 2.7 и 2.8 под установленной мощностью подразумевается суммарная мощность потребителей, длительность включения которых обычно превышает 1 час. Потребители эпизодического пользования учтены в суммарной мощности розеточной сети. В расчетной мощности учтены снижающие коэффициенты для отдельных потребителей и общий коэффициент 0,8, учитывающий одновременную работу всех потребителей.

Таблица 2.7

Рекомендуемые мощности электропотребителей элитных квартир

Общая площадь элитной квартиры, м <sup>2</sup>	Плита	Рекомендуемая мощность, кВт		Примечание
		установленная	расчетная	
100	Газовая	21,0	17,5	Кухня, гостиная, спальня, детская, санузел, холл
	Электрическая	31,5	25,9	
150	Газовая	28,7	22,9	Кухня, гостиная, 2 спальни, детская, 2 санузла, холл
	Электрическая	39,2	31,3	
200	Газовая	36,1	27,7	Кухня, гостиная, 2 спальни, 2 санузла, джакузи, детская, библиотека, холл
	Электрическая	55,5	36,6	
250	Газовая	46,6	36,8	Кухня, гостиная, 2 спальни, 2 санузла, джакузи, детская, библиотека, зимний сад, холл
	Электрическая	66,1	41,2	

Таблица 2.8

Рекомендуемые мощности электропотребителей коттеджей и отдельных построек на приусадебных участках

Общая площадь коттеджа или отдельных построек на участке, м <sup>2</sup>	Плита, обогрев	Рекомендуемая мощность, кВт		Примечание
		Установленная	Расчетная	
Коттедж 150	Газовая	39,0	30,3	Электроотопление, водонагреватели, погружной насос, теплые полы
	Электрическая	49,5	37,5	
Коттедж 250	Газовая	53,9	41,6	Электрокотел, водонагреватели, погружной насос, теплые полы
	Электрическая	64,4	49,4	
Коттедж 300	Газовая	58,4	44,9	
	Электрическая	77,9	54,4	
Коттедж 400	Газовая	64,2	49,0	
	Электрическая	83,7	59,8	
Коттедж 500	Газовая	72,0	54,6	
	Электрическая	91,5	65,4	
Коттедж 600	Газовая	82,8	62,6	
	Электрическая	102,3	74,1	
Гостевой дом 100	Газовая	21,2	16,5	
	Электрическая	31,7	23,3	
Сауна 30	Дровяная	6,9	5,34	Электроотопление, водонагреватели, теплые полы
	Электрическая	18,9	15,1	
Гараж на два автомобиля 40	–	1,5	1,2	
Теплица с электроподогревом	–	2,0	1,4	
Электрическое освещение территории и художественная подсветка	–	4,0	2,4	Площадь участка 0,2 га

## 2.2. Расчет токов короткого замыкания

Расчеты токов короткого замыкания (КЗ) выполняются для:

- выбора и проверки электрооборудования по электродинамической и термической стойкости;
- определения уставок и обеспечения селективности срабатывания защиты на вводах в квартиру или коттедж.

Это в первую очередь относится к выбору автоматических выключателей.

Основными документами, регламентирующими порядок расчета токов короткого замыкания, являются:

- ГОСТ 28249–93 "Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ;
- Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования – РД 153-34.0-20.527–98 РАО ЕЭС России, (2002 г.).

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

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

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

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

При расчетах токов КЗ допускается:

- максимально упрощать всю внешнюю сеть по отношению к месту КЗ, представив ее системой бесконечной мощности с нулевым сопротивлением;
- принимать коэффициенты трансформации трансформаторов равными отношению средних номинальных напряжений тех ступеней напряжения, которые связывают трансформаторы. Значения средних номинальных напряжений: 10,5; 6,3; 0,4; 0,23 кВ.

В электроустановках, получающих питание непосредственно от сети энергосистемы, принято считать, что понижающие трансформаторы подключены к источнику неизменного по амплитуде напряжения через эквивалентное индуктивное сопротивление системы. Значение этого сопротивления ( $x_c$ ), приведенное к ступени низшего напряжения сети, рассчитываются по формуле (мОм)

$$x_c = \frac{U_{ср.н.н}^2}{\sqrt{3}I_{к.в.н}U_{ср.в.н}} = \frac{U_{ср.н.н}^2}{S_k} \cdot 10^{-3},$$

где  $U_{ср.н.н}$  – среднее номинальное напряжение сети, подключенной к обмотке низшего напряжения трансформатора, В;

$U_{ср.в.н}$  – среднее номинальное напряжение сети, к которой подключена обмотка высшего напряжения трансформатора, В;

$I_{к.в.н} = I_{п0.в.н}$  – действующее значение периодической составляющей тока при трехфазном КЗ у выводов обмотки высшего напряжения трансформатора, кА;

$S_k$  – условная мощность короткого замыкания у выводов обмотки высшего напряжения трансформатора, МВ•А.

При отсутствии указанных данных эквивалентное индуктивное сопротивление системы допускается рассчитывать по формуле (мОм):

$$x_c = \frac{U_{cp.n.n}^2}{\sqrt{3} I_{от.ном} U_{cp.в.н}}$$

где  $I_{от.ном}$  – номинальный ток отключения выключателя, установленного на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора, кА.

В случаях, когда понижающий трансформатор подключен к сети энергосистемы через реактор, воздушную или кабельную линию (длиной более 1 км), необходимо учитывать не только индуктивные, но и активные сопротивления этих элементов.

Расчеты токов КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ рекомендуется производить в именованных единицах.

Активное и индуктивное сопротивления понижающего трансформатора (РТ, ХТ) приведенное к ступени низшего напряжения сети, рассчитывается по формулам, мОм:

$$R_T = \frac{P_{к.з} \cdot U_{н.н.ном}^2}{S_{T.ном}^2} \cdot 10^6;$$

$$X_T = \sqrt{U_{к}^2 - \left( \frac{100 \cdot P_{к.з}}{S_{T.ном}} \right)^2} \cdot \frac{U_{н.н.ном}^2}{S_{T.ном}} \cdot 10^4,$$

где  $S_{T.ном}$  – номинальная мощность трансформатора, кВ•А;

$P_{к.з}$  – потери короткого замыкания в трансформаторе, кВт;

$U_{н.н.ном}$  – номинальное напряжение обмотки низшего напряжения трансформатора, кВ;

$U_{к}$  – напряжение короткого замыкания трансформатора, %.

В табл. 2.9 приведены активные и индуктивные сопротивления трансформаторов, приведенные к напряжению 0,4 кВ.

Сопротивление понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 0,4 кВ

Номинальная мощность, кВ•А	Схема соединения обмоток	Напряжение короткого замыкания $U_{к}, \%$	активное
			$r_{гТ}$
25	У/У <sub>н</sub>	4,5	154,0
25	У/З <sub>н</sub>	4,7	177,0
40	У/У <sub>н</sub>	4,5	88,0
40	У/З <sub>н</sub>	4,7	100,0
63	У/У <sub>н</sub>	4,5	52,0
63	У/З <sub>н</sub>	4,7	59,0
100	У/У <sub>н</sub>	4,5	31,5
100	У/З <sub>н</sub>	4,7	36,3
160	У/У <sub>н</sub>	4,5	16,6
160	Д/У <sub>н</sub>	4,5	16,6
250	У/У <sub>н</sub>	4,5	9,4
250	Д/У <sub>н</sub>	4,5	9,4
400	У/У <sub>н</sub>	4,5	5,5
400	Д/У <sub>н</sub>	4,5	5,9
630	У/У <sub>н</sub>	5,5	3,1
630	Д/У <sub>н</sub>	5,5	3,4
1000	У/У <sub>н</sub>	5,5	1,7
1000	Д/У <sub>н</sub>	5,5	1,9
1600	У/У <sub>н</sub>	5,5	1,0
1600	Д/У <sub>н</sub>	5,5	1,1
2500	Д/У <sub>н</sub>	5,5	0,64

Активное и индуктивное сопротивления шинопроводов определяется по формуле:

$$R_{ш} = R_{0ш} \cdot l_{ш}; \quad X_{ш} = X_{0ш} \cdot l_{ш},$$

где  $R_{0ш}$  и  $X_{0ш}$  – удельное активное и реактивное сопротивление шинопровода, Ом/м;

$l_{ш}$  – длина шинопровода, м.

Сопротивления комплектных шинопроводов заводского изготовления типов ШРА и ШМА приведены в табл.2.10.

Таблица 2.10

Значения сопротивлений комплектных шинопроводов

Тип шинопровода	Номинальный ток, А	Сопротивление фазы, мОм/м		Сопротивление нулевого проводника, мОм/м	
		активное	индуктивное	активное	индуктивное
ШМА4-1250	1250	0,034	0,016	0,054	0,053
ШМА4-1600	1600	0,030	0,014	0,037	0,042
ШМА4-3200	3200	0,010	0,005	0,064	0,035
ШМА68Н	4000	0,013	0,015	0,007	0,045
ШРА73	250	0,210	0,210	0,210	0,210
ШРА73	400	0,150	0,170	0,162	0,164
ШРА73	630	0,10	0,130	0,162	0,164

При отсутствии данных сопротивление шинопровода от трансформатора к автоматическому выключателю можно принять ориентировочно:  $R_{ш} = 0,5$  мОм,  $X_{ш} = 0,25$  мОм.

Активное и индуктивное сопротивления воздушных линий (ВЛ):

- активное сопротивление (Ом)

$$r_{л} = \rho \frac{l}{S},$$

Таблица 2.9

Сопротивления, мОм						
прямой последовательности		нулевой последовательности		току однофазного КЗ		
индуктивное $x_{1Г}$	полное $z_{1Г}$	активное $r_{0Г}$	индуктивное $x_{0Г}$	активное $r_{Г}^{(1)}$	индуктивное $x_{Г}^{(1)}$	полное $z_{Г}^{(1)}$
244,0	288,5	1650,0	1930,0			3110,0
243,0	300,6	73,0	35,4			906,0
157,0	180,0	952,0	1269,0			1944,0
159,0	187,8	44,0	13,4			562,0
102,0	114,5	504,0	873,0			1237,0
105,0	120,4	28,0	12,0			360,0
65,0	72,2	254,0	582,0			779,0
65,7	75,1	15,6	10,6			226,0
41,7	45,0	151,0	367,0	184,0	450,0	486,0
41,7	45,0	16,6	41,7	49,8	125,0	135,0
27,2	28,7	96,5	235,0	115,0	289,0	311,0
27,2	28,7	9,4	27,2	28,2	81,6	86,3
17,1	18,0	55,6	149,0	66,6	183,0	195,0
17,0	18,0	5,9	17,0	17,7	51,0	54,0
13,6	14,0	30,2	95,8	36,4	123,0	128,0
13,5	14,0	3,4	13,5	10,2	40,5	42,0
8,6	8,8	19,6	60,6	2,3	77,8	81,0
8,6	8,8	1,9	8,6	5,7	25,8	26,4
5,4	5,5	16,3	50,0	18,3	60,8	63,5
5,4	5,5	1,1	5,4	3,3	16,2	16,5
3,46	3,52	0,64	3,46	1,92	10,38	10,56

где  $\rho$  – удельное сопротивление материала провода, для меди  $\rho = 0,0178 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ , для алюминия  $\rho = 0,0294$ .

$l$  – длина линии, м;

$S$  – сечение провода,  $\text{мм}^2$ .

- индуктивное сопротивление на фазу (мОм/м) определяется по формуле:

$$x_{\phi} = 0,145 \lg \frac{2a}{d_{np}},$$

где  $a$  – расстояние между проводниками, мм;

$d_{np}$  – диаметр проводника, мм.

Активное и индуктивное сопротивления кабелей с алюминиевыми и медными жилами приведены в табл. 2.11-2.14, воздушных линий – в табл. 2.15.

Индуктивное сопротивление петли фаза-нуль (мОм/м) при фазном и нулевом проводниках выполненных из круглых проводов одинакового сечения и проложенных параллельно, определяется по формуле:

$$x_{\phi,н} = 0,291 \lg \frac{2a}{d_{np}}$$

Сопротивления петли фаза-нуль без учета заземляющих устройств приведены в табл. 2.16, полные сопротивления петли фаза-нуль воздушных линий и кабелей приведены в табл. 2.17.

Активные и индуктивные сопротивления аппаратов, устанавливаемых в сетях напряжением до 1 кВ приведены в табл. 2.18 и 2.19. Приведенные значения сопротивлений автоматических выключателей включают в себя сопротивления токовых катушек расцепителей и переходные сопротивления подвижных контактов.

Таблица 2.11

Активные и индуктивные сопротивления кабеля с алюминиевыми жилами в непроводящей оболочке

Сечение кабеля, мм	Сопротивление трех и четырехжильного кабеля в непроводящей оболочке, мОм/м			
	Прямая последовательность		Нулевая последовательность	
	$r_1 = r_2$	$x_1 = x_2$	$r_0$	$x_0$
3×4	9,61	0,092	11,7	2,31
3×6	6,41	0,087	8,51	2,274
3×10	3,84	0,082	5,94	2,24
3×16	2,4	0,078	4,5	2,2
3×25	1,54	0,062	3,64	2,17
3×35	1,1	0,061	3,3	2,14
3×50	0,769	0,06	2,869	2,08
3×70	0,549	0,059	2,649	2,07
3×95	0,405	0,057	2,505	2,05
3×120	0,32	0,057	2,42	2,03
3×150	0,256	0,056	2,36	2,0
3×4+1×2,5	9,61	0,098	11,71	2,11
3×6+1×4	6,41	0,094	8,71	1,968
3×10+1×6	3,84	0,088	5,9	1,811
3×16+1×10	2,4	0,084	4,38	1,558
3×25+1×16	1,54	0,072	3,42	1,258
3×35+1×16	1,1	0,068	2,97	1,241
3×50+1×25	0,769	0,066	2,449	0,949
3×70+1×35	0,549	0,065	2,039	0,741
3×95+1×50	0,405	0,064	1,665	0,559
3×120+1×50	0,32	0,064	1,54	0,545
3×150+1×70	0,256	0,063	1,276	0,43

Следует учитывать, что каждый автомат включается в цепь последовательно через два разъемных контакта. Для приближенного учета переходного сопротивления электрических контактов принимают:  $R_k = 0,1$  мОм – для контактных соединений кабелей;  $R_k = 0,01$  мОм – для шинопроводов;  $R_k = 1,0$  мОм – для коммутационных аппаратов.

Ниже приведены переходные активные сопротивления неподвижных контактных соединений, мОм:

Кабель (алюминиевый) сечением, мм <sup>2</sup> :	Сопротивление
16	0,85
25	0,064
35	0,056
50	0,043
70	0,029
95	0,027
120	0,024
190	0,021
240	0,012
Шинопроводы типа ШРА-73, ШРА-4 на номинальный ток, А:	
250	0,009
400	0,006
630	0,0037
Шинопроводы типа ШМА-73, ШМА-4 на номинальный ток, А:	
1600	0,0034
2500	0,0024
3200, 4000	0,0012

Таблица 2.12

**Активные и индуктивные сопротивления кабеля с алюминиевыми жилами в алюминиевой оболочке**

Сечение кабеля, мм	Сопротивление трех и четырехжильного кабеля в алюминиевой оболочке, мОм/м			
	Прямая последовательность		Нулевая последовательность	
	$r_1 = r_2$	$x_1 = x_2$	$r_0$	$x_0$
3×4	9,61	0,092	10,95	0,579
3×6	6,41	0,087	7,69	0,523
3×10	3,84	0,082	5,04	0,461
3×16	2,4	0,078	3,52	0,406
3×25	1,54	0,062	2,63	0,359
3×35	1,1	0,061	2,07	0,298
3×50	0,769	0,06	1,64	0,257
3×70	0,549	0,059	1,31	0,211
3×95	0,405	0,057	1,06	0,174
3×120	0,32	0,057	0,92	0,157
3×150	0,256	0,056	0,78	0,135
3×185	0,208	0,056	0,66	0,122
3×240	0,16	0,055	0,553	0,107
3×4+1×2,5	9,61	0,098	10,87	0,57
3×6+1×4	6,41	0,094	7,6	0,463
3×10+1×6	3,84	0,088	4,94	0,401
3×16+1×10	2,4	0,084	3,39	0,336
3×25+1×16	1,54	0,072	2,41	0,256
3×35+1×16	1,1	0,068	1,93	0,232
3×50+1×25	0,769	0,066	1,44	0,179
3×70+1×35	0,549	0,065	1,11	0,145
3×95+1×50	0,405	0,064	0,887	0,124

Активные и индуктивные сопротивления кабеля с алюминиевыми жилами в свинцовой оболочке

Сечение кабеля, мм	Сопротивление трех и четырехжильного кабеля в свинцовой оболочке, мОм/м			
	Прямая последовательность		Нулевая последовательность	
	$r_1 = r_2$	$x_1 = x_2$	$r_0$	$x_0$
3×4	9,61	0,092	11,6	1,24
3×6	6,41	0,087	8,38	1,2
3×10	3,84	0,082	5,78	1,16
3×16	2,4	0,078	4,32	1,12
3×25	1,54	0,062	3,44	1,07
3×35	1,1	0,061	2,96	1,01
3×50	0,769	0,06	2,6	0,963
3×70	0,549	0,059	2,31	0,884
3×95	0,405	0,057	2,1	0,793
3×120	0,32	0,057	1,96	0,742
3×150	0,256	0,056	1,82	0,671
3×185	0,208	0,056	1,69	0,606
3×240	0,16	0,055	1,55	0,535
3×4+1×2,5	9,61	0,098	11,52	1,13
3×6+1×4	6,41	0,094	8,28	1,05
3×10+1×6	3,84	0,088	5,63	0,966
3×16+1×10	2,4	0,084	4,09	0,831
3×25+1×16	1,54	0,072	3,08	0,668
3×35+1×16	1,1	0,068	2,63	0,647
3×50+1×25	0,769	0,066	2,1	0,5
3×70+1×35	0,549	0,065	1,71	0,393
3×95+1×50	0,405	0,064	1,39	0,317
3×120+1×50	0,32	0,064	1,27	0,301
3×150+1×70	0,256	0,063	1,05	0,248
3×185+1×70	0,208	0,063	0,989	0,244

При расчетах токов КЗ учитываются активное и индуктивное сопротивления первичных обмоток всех многовитковых измерительных трансформаторов тока ( $R_{т.а}$ ,  $X_{т.а}$ ), которые имеются в цепи КЗ. Параметры некоторых многовитковых трансформаторов тока приведены в табл. 2.19. Активным и индуктивным сопротивлением одновитковых трансформаторов (на токи более 500 А) при расчетах токов КЗ можно пренебречь.

Активное сопротивление дуги приведено в табл. 2.20.

Рассмотрим принципы расчета токов трехфазного и однофазного короткого замыкания. Под трехфазным КЗ подразумевается короткое замыкание между тремя фазами в электрической системе. Под однофазным КЗ подразумевается короткое замыкание на землю силовых элементов в трехфазной электрической системе с глухозаземленной нейтралью, при котором с землей соединяется только одна фаза.

Расчет токов трехфазного КЗ заключается в определении:

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

При питании потребителя от энергосистемы через понижающий трансформатор начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ ( $I_{к0}$ ) без учета подпитки от электродвигателей рассчитывается по формуле (кА)

$$I_{к0} = \frac{U_{ср.н.н}}{\sqrt{3}Z_{к.з.}}$$

Активные и индуктивные сопротивления кабеля с медными жилами в стальной оболочке

Сечение кабеля, мм	Сопротивление трех и четырехжильного кабеля, мОм/м, при температуре жилы 65°C			
	Прямая последовательность		Нулевая последовательность	
	$r_1 = r_2$	$x_1 = x_2$	$r_0$	$x_0$
3×6	3,54	0,094	4,07	1,69
3×10	2,13	0,088	2,66	1,65
3×16	1,33	0,082	1,86	1,61
3×25	0,85	0,082	1,38	1,57
3×35	0,61	0,079	1,14	1,54
3×50	0,43	0,078	0,96	1,51
3×70	0,3	0,065	0,83	1,48
3×95	0,22	0,064	0,75	1,45
3×120	0,18	0,062	0,71	1,43
3×150	0,14	0,061	0,67	1,41
3×185	0,115	0,061	0,65	1,39
3×240	0,089	0,06	0,62	1,36
3×6+1×4	3,54	0,1	4,19	1,55
3×10+1×6	2,13	0,095	2,82	1,46
3×16+1×10	1,33	0,09	2,07	1,31
3×25+1×16	0,85	0,089	1,63	1,11
3×35+1×16	0,61	0,086	1,37	1,09
3×50+1×25	0,43	0,086	1,18	0,88
3×70+1×25	0,3	0,073	1,05	0,851
3×70+1×35	0,3	0,074	1,01	0,654
3×95+1×35	0,22	0,072	0,92	0,69
3×95+1×50	0,22	0,072	0,84	0,54
3×120+1×35	0,18	0,07	0,88	0,68
3×120+1×70	0,18	0,07	0,7	0,47
3×150+1×50	0,18	0,07	0,74	0,54
3×150+1×70	0,18	0,07	0,66	0,42
3×185+1×50	0,14	0,07	0,7	0,54
3×185+1×95	0,115	0,069	0,54	0,34
4×6	3,54	0,1	4,24	1,49
4×10	2,13	0,095	2,88	1,34
4×16	1,33	0,09	2,12	1,14
4×25	0,85	0,089	1,63	0,91
4×35	0,61	0,086	1,33	0,74
4×50	0,43	0,086	1,05	0,58
4×70	0,3	0,073	0,85	0,42
4×95	0,22	0,072	0,66	0,35
4×120	0,18	0,07	0,54	0,31
4×150	0,14	0,07	0,45	0,28
4×185	0,115	0,069	0,37	0,27

где  $U_{\text{ср.н.н}}$  – среднее номинальное напряжение сети, в которой произошло КЗ, В;

$$Z_{\text{к.з.}} = \sqrt{r_{\text{к.з.}}^2 + x_{\text{к.з.}}^2}$$

– полное сопротивление цепи КЗ, мОм;

$x_{\text{к.з.}}$  – суммарное активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности цепи КЗ, равные соответственно

$$r_{\text{к.з.}} = r_{\text{T}} + r_{\text{P}} + r_{\text{T.T}} + r_{\text{AB}} + r_{\text{Ш}} + r_{\text{K}} + r_{\text{KB}} + r_{\text{ВЛ}} + r_{\text{Д}}$$

$$x_{\text{к.з.}} = x_{\text{C}} + x_{\text{T}} + x_{\text{P}} + x_{\text{T.T}} + x_{\text{AB}} + x_{\text{Ш}} + x_{\text{KB}} + x_{\text{ВЛ}},$$



где  $x_C$  – эквивалентное индуктивное сопротивление системы до понижающего трансформатора, приведенное к ступени низшего напряжения, мОм;

$r_T$  и  $x_T$  – активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности понижающего трансформатора, мОм;

$r_P$  и  $x_P$  – активное и индуктивное сопротивления реакторов, мОм (по данным завода изготовителя);

$r_{T.T}$  и  $x_{T.T}$  – активное и индуктивное сопротивления первичных обмоток трансформатора тока, Ом;

$r_{AB}$  и  $x_{AB}$  – активное и индуктивное сопротивления автоматических выключателей, мОм, включая сопротивления токовых катушек расцепителей и переходные сопротивления подвижных контактов;

$r_{Ш}$  и  $x_{Ш}$  – активное и индуктивное сопротивления шинопроводов, мОм;

$r_K$  – суммарное активное сопротивление различных контактов, мОм;

$r_{KB}, r_{ВЛ},$  и  $x_{KB}, x_{ВЛ}$  – активные и индуктивные сопротивления кабельных и воздушных линий, мОм;

$r_D$  – активное сопротивление дуги в месте КЗ, мОм.

Таблица 2.15

Активное и индуктивное сопротивление проводов воздушных линий и кабелей (на напряжение до 500 В)

Сечение, мм <sup>2</sup>	Сопротивление, мОм/м				
	активное		индуктивное		
	алюминий	медь	провода, открыто проложенные	кабели с поясной бумажной изоляцией	провода в трубах, кабели с резиновой и ПВХ изоляцией
1,5	22,2	13,35	–	0,11	0,13
2,5	13,3	8	–	0,09	0,13
4	8,35	5	0,33	0,1	0,11
6	5,55	3,33	0,32	0,09	0,10
10	3,33	2	0,31	0,07	0,10
16	2,08	1,25	0,29	0,07	0,10
25	1,33	0,8	0,27	0,07	0,09
35	0,95	0,57	0,26	0,06	0,09
50	0,67	0,4	0,25	0,06	0,09
70	0,48	0,29	0,24	0,06	0,08
95	0,35	0,21	0,23	0,06	0,08
120	0,28	0,17	0,22	0,06	0,08
150	0,22	0,13	0,21	0,06	0,08
185	0,18	0,11	0,21	0,06	0,08
240	0,14	0,08	0,2	0,06	0,08
300	0,12	0,07	0,19	0,06	–

Таблица 2.16

Значения сопротивления петли фаза-нуль без учета заземляющих устройств

Сечение фазного провода, мм <sup>2</sup>	Активное (числитель) и индуктивное (знаменатель) сопротивление петли, мОм, при сечении нулевого провода, мм <sup>2</sup>				
	16	25	35	50	70
16	3,68/0,68	–	–	–	–
25	2,98/0,67	2,92/0,66	–	–	–
34	–	1,99/0,65	1,70/0,64	–	–
50	–	1,73/0,64	1,44/0,63	1,18/0,62	–
70	–	–	1,27/0,62	1,01/0,61	0,84/0,60

Полные сопротивления петли фаза-нуль воздушных линий и кабелей, мОм/м

Сечение провода, мм <sup>2</sup>		Кабель или провод		Провода на роликах и изоляторах		Провода воздушных линий	
прямого	обратного	медный	алюминиевый	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые
1	1	37,8	—	—	—	—	—
1,5	1	31,5	—	—	—	—	—
1,5	1,5	25,2	—	25,2	—	—	—
2,5	1,5	20,2	—	20,2	—	—	—
2,5	2,5	15,1	25,2	15,1	25,2	—	—
4	1,5	17,3	—	17,3	—	—	—
4	2,5	12,2	20,5	12,2	20,5	—	—
6	2,5	10,6	17,9	10,6	17,9	—	—
6	4	7,71	13,2	7,71	13,2	—	—
6	6	6,12	10,5	6,14	10,5	6,16	—
10	4	6,50	11,1	6,52	11,1	—	—
10	6	4,90	8,42	4,92	8,42	4,96	—
10	10	3,68	6,32	3,71	6,32	3,75	—
16	6	4,26	7,24	4,28	7,24	4,32	—
16	10	3,04	5,14	3,08	5,15	3,13	—
16	16	2,40	3,96	2,45	3,99	2,52	4,03
25	10	2,58	4,44	2,62	4,46	2,69	4,50
25	16	1,94	3,26	1,98	3,30	2,08	3,34
25	25	1,49	2,56	1,55	2,60	1,68	2,66
35	10	2,38	4,08	2,42	4,11	2,48	4,15
35	16	1,74	2,90	1,79	2,96	1,87	3,00
35	35	1,09	1,84	1,16	1,90	1,29	1,96
50	16	1,60	2,62	1,65	2,66	1,74	2,70
50	25	1,14	1,92	1,21	1,97	1,32	2,03
50	50	0,793	1,29	0,890	1,36	1,05	1,44
70	25	1,03	1,74	1,11	1,80	1,24	1,86
70	35	0,833	1,39	0,927	1,45	1,08	1,53
70	70	0,58	0,932	0,706	1,03	0,896	1,13
95	35	0,755	1,27	0,856	1,34	1,02	1,42
95	50	0,608	0,99	0,712	1,08	0,915	1,18
95	95	0,428	0,797	0,566	0,815	0,772	0,907
120	50	0,568	0,922	—	—	0,858	1,09
120	70	0,461	0,745	—	—	0,792	0,945
120	120	0,350	0,561	—	—	0,732	0,808
150	50	0,535	0,862	—	—	—	1,04
150	70	0,430	0,687	—	—	—	0,808
150	150	0,285	0,446	—	—	—	0,732

Таблица 2.18

Сопротивления включения токовых катушек ресепителей и переходные сопротивления подвижных контактов автоматических выключателей и разъемных контактов рубильников

Номинальный ток, А	Сопротивления автоматических выключателей при 65°С, мОм		Сопротивление разъемных контактов рубильников, мОм
	активное	индуктивное	
50	7	4,5	—
70	3,5	2	—
100	2,15	1,2	0,5
140	1,3	0,7	—
200	1,1	0,5	0,4
400	0,65	0,17	0,4
600	0,41	0,13	0,15
1000	0,25	0,1	0,08
1600	0,14	0,08	0,02
2500	0,13	0,07	—
4000	0,1	0,05	—

Сопrotивление первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока

Коэффициент трансформации трансформатора тока	Сопrotивление, мОм, первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока класса точности			
	1		2	
	$R_{T.T}$	$X_{T.T}$	$R_{T.T}$	$X_{T.T}$
20/5	42	67	19	17
30/5	20	30	8,2	8
40/5	11	17	4,8	4,2
50/5	7	11	3	2,8
75/5	3	4,8	1,3	1,2
100/5	1,7	2,7	0,75	0,7
150/5	0,75	1,2	0,33	0,3
200/5	0,42	0,67	0,19	0,17
300/5	0,2	0,3	0,09	0,08
400/5	0,11	0,17	0,05	0,04
500/5	0,05	0,07	0,02	0,02

Таблица 2.20

Значения активного сопротивления дуги

Расчетные условия КЗ	Активное сопротивление дуги $r_d$ , мОм, при КЗ за трансформаторами мощности, кВ·А					
	250	400	630	1000	1600	2500
КЗ вблизи выводов низшего напряжения трансформатора: – в разделке кабелей напряжением 0,4 кВ	15	10	7	5	4	3
– в шинопроводе типа ШМА напряжением 0,4 кВ	–	–	–	6	4	3
КЗ в конце шинопровода типа ШМА длиной 100–150 м напряжением 0,4 кВ	–	–	–	6–8	5–7	4–6

Апериодическая составляющая тока КЗ равна амплитуде периодической составляющей тока в начальный момент КЗ, т.е.:

$$i_{a0} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 0}$$

Апериодическая составляющая тока КЗ в произвольный момент времени определяется по формуле:

$$i_{at} = i_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$$

где  $t$  – время, с;

$T_a$  – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, с, равная

$$T_a = \frac{X_{\Sigma}}{\omega_c R_{\Sigma}},$$

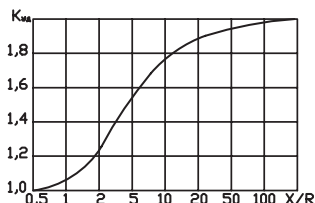
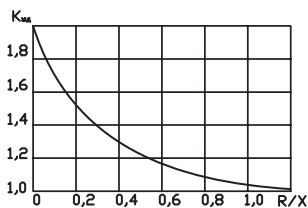
где  $X_{\Sigma}$  и  $R_{\Sigma}$  – результирующие индуктивное и активное сопротивления цепи КЗ, мОм;

$\omega_c$  – синхронная угловая частота напряжения сети, рад/с.

Ударный ток трехфазного КЗ в электроустановках с одним источником энергии (энергосистема или автономный источник) рассчитываются по формуле:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 0} \cdot (1 + \sin \varphi_{\kappa} \cdot e^{-\frac{t_{y\partial}}{T_a}}) = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 0} \cdot \kappa_{y\partial},$$

где  $\kappa_{y\partial} = (1 + \sin \varphi_{\kappa} \cdot e^{-\frac{t_{y\partial}}{T_a}})$  – ударный коэффициент, определяемый по кривым, приведенным на рис. 2.1;



$T_a$  – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ;

$\varphi_k = \arctg \frac{X_\Sigma}{R_\Sigma}$  – угол сдвига по фазе напряжения или ЭДС источника и периодической составляющей тока КЗ;

$t_{уд.} = 0,01 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + \varphi_k}{\pi}$  – время от начала КЗ до появления ударного тока.

Рис. 2.1 Кривые зависимости ударного коэффициента КУД от отношений  $R/X$  и  $X/R$

### Пример расчета трехфазного КЗ

Определить ток КЗ на вводе в дом (коттедж).

Поселок питается от распределительного пункта (РП) энергосистемы по ВЛ-10 кВ через трансформатор 10/0,4 кВ, мощностью 400 кВ•А.

Электроснабжение коттеджа осуществляется кабельной линией 0,4 кВ длиной 300 м.

Кабель с медными жилами сечением 4x50 мм<sup>2</sup> (рис. 2.2).

Мощность КЗ на шинах РП-10  $S_{к.з.} = 200$  МВ•А.

Расчетная схема и схема замещения представлены на рис. 2.3.

Учитывая, что длина линии 10 кВ от РП 10 кВ системы до трансформаторной подстанции менее 1 км, то в соответствии с ГОСТ 28249–93 в расчетах токов КЗ линия может не учитываться.

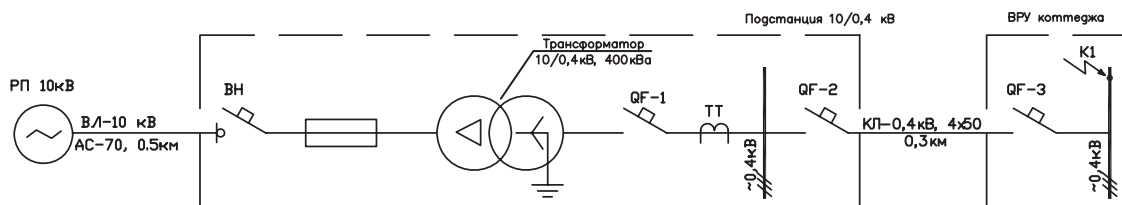


Рис. 2.2 Схема электроснабжения коттеджа

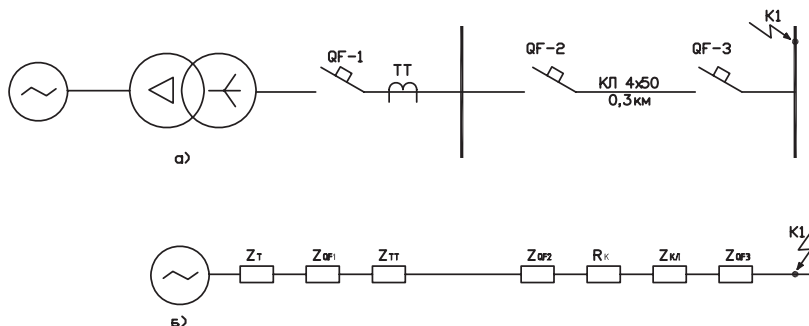


Рис. 2.3 Расчетная схема (а) и схема замещения (б) электроснабжения коттеджа

Определение сопротивлений схемы замещения

- Сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_{cp.n.n}^2}{S_k} \cdot 10^{-3} = \frac{400^2}{200} \cdot 10^{-3} = 0,8 \text{ МОм};$$

- Сопротивление трансформатора 400 кВ·А (табл. 2.9):

$$x_T = 17,1 \text{ МОм}, \quad r_T = 5,5 \text{ МОм}, \quad Z_T = \sqrt{r_T^2 + x_T^2} = 18 \text{ МОм};$$

- Переходное сопротивление электрических контактов (см. ГОСТ 28249–93 п.2.5),  $R_k = 0,1 \text{ МОм}$ ;

- Сопротивление автоматических выключателей (табл. 2.18)

$QF1 - 600 \text{ A}$	$r_{QF1} = 0,41 \text{ МОм}$	$X_{QF1} = 0,13 \text{ МОм}$	$Z_{QF1} = 0,43 \text{ МОм}$
$QF2 - 200 \text{ A}$	$r_{QF2} = 1,1 \text{ МОм}$	$X_{QF2} = 0,5 \text{ МОм}$	$Z_{QF2} = 1,21 \text{ МОм}$
$QF3 - 160 \text{ A}$	$r_{QF3} = 1,3 \text{ МОм}$	$X_{QF3} = 0,7 \text{ МОм}$	$Z_{QF3} = 1,48 \text{ МОм}$

- Сопротивление трансформатора тока 300/5 А (см. табл. 2.19)

$$IH = 300/5 \text{ A} \quad r_{T.T.} = 0,2 \text{ МОм} \quad x_{T.T.} = 0,3 \quad Z_{T.T.} = 0,36 \text{ МОм};$$

- Сопротивление КЛ-0,4 кВ, сечением 4×50, длиной 300 м (табл. 2.14)

$$r_0 = 0,43 \text{ МОм/м} \quad X_0 = 0,086 \text{ МОм/м}$$

$$r_{KL} = 0,43 \cdot 300 = 129 \text{ МОм} \quad X_{KL} = 0,086 \cdot 300 = 25,8 \text{ МОм}$$

- Сопротивление контура КЗ:

- активное:

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

- реактивное:

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

Полное сопротивление цепи КЗ:

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

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ:

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

Апериодическая составляющая тока КЗ в начальный момент КЗ:

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

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

Апериодическая составляющая в произвольный момент времени  $t$  рассчитывается по формуле:

$$i_{at} = I_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}},$$

где  $t$  — время, с

$T_a$  — постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ;

$$T_a = \frac{x_{к.з.}}{\omega r_{к.з.}}, \text{ в нашем случае } T_a = \frac{45,3}{314 \cdot 137,5} = 0,001 \text{ с}, \text{ т.е. апериодическая составляющая затухает}$$

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

Ударный ток КЗ:

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

где  $k_{уд.} = 1$  – по кривой на рис. 2.1 из соотношения  $\frac{X}{R} = \frac{45,3}{137,5} \approx 0,33 < 0,5$ .

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

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

В соответствии с требованиями "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ) для надежного отключения поврежденного участка сети наименьший расчетный ток короткого замыкания должен превышать номинальный ток плавкой вставки или номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, защищающего этот участок сети, с обратной зависимостью от тока характеристикой не менее чем в 3 раза.

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

По сравнению с расчетом токов трехфазных КЗ, расчет токов однофазных КЗ является более сложным, т.к. в этом случае помимо учета сопротивления в прямой цепи короткого замыкания (в фазе) необходим учет сопротивления и в цепи зануления (в обратной цепи). Когда для зануления используются стальные трубы, обрамления кабельных каналов и другие строительные конструкции, в решении вопроса о сопротивлении цепи короткого замыкания появляется много неопределенностей.

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

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

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

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

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

В ГОСТ 28249-93 в основу расчета токов однофазных КЗ положен метод симметричных составляющих, который более подробно рассматривается ниже.

Расчет однофазного КЗ методом симметричных составляющих производят по формуле:

$$I_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n}{\sqrt{(2R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}},$$

где  $I_1$  – действующее значение периодической составляющей тока однофазного КЗ, кА;

$U_n$  – среднее номинальное (линейное) напряжение сети, В;

$R_{1\Sigma}$  – суммарное активное сопротивление фазной цепи короткого замыкания (сопротивление прямой последовательности), мОм;

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

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

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

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

Суммарное активное и суммарное индуктивное сопротивления фазной цепи короткого замыкания определяются по формулам:

$$R_{1\Sigma} = r_{1T} + r_{1Л} + r_{Т.Т} + r_A + r_K + r_D$$

$$X_{1\Sigma} = X_{1T} + X_{1Л} + X_{Т.Т} + X_A,$$

где  $r_{1T}$  и  $X_{1T}$  – сопротивления прямой последовательности понижающего трансформатора, мОм;  
 $r_{1Л}$  и  $X_{1Л}$  – сопротивления прямой последовательности линии (фазного проводника), мОм;  
 $r_{Т.Т}$  и  $X_{Т.Т}$  – сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока, мОм;  
 $r_A$  и  $X_A$  – сопротивления автоматических выключателей, мОм;  
 $r_K$  – суммарное активное сопротивление различных контактов в фазной цепи КЗ, мОм;  
 $r_D$  – активное сопротивление электрической дуги в месте КЗ, мОм.

Суммарное активное и суммарное индуктивное сопротивления цепи КЗ для тока нулевой последовательности определяются по формулам:

$$R_{0\Sigma} = r_{0T} + r_{0Л} + r_{Т.Т} + r_A + r_K + r_D,$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{0Л} + X_{Т.Т} + X_A,$$

где  $r_{0T}$  и  $X_{0T}$  – сопротивления нулевой последовательности понижающего трансформатора, мОм;  
 $r_{0Л}$  и  $X_{0Л}$  – сопротивление нулевой последовательности линии (сопротивления шинпроводов, проводов, кабелей с учетом цепи зануления), мОм;

$r_{Т.Т}$ ,  $X_{Т.Т}$ ,  $r_A$ ,  $X_A$ ,  $r_K$  и  $r_D$  – сопротивления фазной цепи КЗ, мОм.

Сопротивление нулевой последовательности линии равно сопротивлению фазного проводника плюс утроенное сопротивление цепи зануления:

$$r_{0Л} = r_{1Л} + 3 r_H, \quad X_{0Л} = X_{1Л} + 3 X_H,$$

где  $r_H$  и  $X_H$  – эквивалентные сопротивления цепи зануления (нуля) от точки КЗ до трансформатора с учетом всех зануляющих элементов (нулевого провода, оболочки кабеля, стальных труб и т.д.), мОм.

Увеличение в 3 раза сопротивления цепи зануления для тока нулевой последовательности поврежденной фазы вызвано тем, что в соответствии с методом симметричных составляющих через цепь зануления замыкаются равные по значению токи нулевой последовательности всех трех фаз. Таким образом:

$$R_{0\Sigma} = r_{0T} + r_{1Л} + 3 r_H + r_{Т.Т} + r_A + r_K + r_D,$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{1Л} + 3 X_H + X_{Т.Т} + X_A.$$

При определении минимальных значений токов однофазных КЗ для проверки чувствительности защиты рекомендуется учитывать увеличение активного сопротивления проводников в результате нагревания их током короткого замыкания. Для этого сопротивления проводников сечением до 16 мм<sup>2</sup> (включительно) рекомендуется приводить к температуре 120°С, сопротивления проводников сечением 25-95 мм<sup>2</sup> – к температуре 145°С, сопротивления проводников сечением 120-140 мм<sup>2</sup> – к температуре 95°С. Такие (ориентировочные) значения температуры проводников в конце КЗ получены в результате расчетов с учетом реальных время-токовых характеристик аппаратов защиты и при условии адиабатического процесса нагрева жил проводников. Государственным стандартом ГОСТ 2824+-89 допускается принимать для всех сечений значение температурного коэффициента электрического сопротивления равным 1,5, что соответствует температуре 145°С. Но проводники крупных сечений до такой температуры за время КЗ практически не нагреваются.

Температурный коэффициент для приведения сопротивления проводника при 20°C к сопротивлению при конечной температуре вычисляется по формуле:

$$K_T = 1 + 0,004 (\theta_{\text{кон.}} - 20),$$

где  $\theta_{\text{кон.}}$  – температура жилы проводника в конце КЗ, °C.

Сопротивление проводника при конечной температуре

$$r_{\text{кон.}} = r_{20} \cdot K_T,$$

где  $r_{20}$  – сопротивление проводника при температуре 20°C.

*Пример расчета тока однофазного КЗ.*

Для схемы по рис. 2.2 определить ток однофазного КЗ на вводе в коттедж.

Расчет проводим методом симметричных составляющих.

При питании электроустановки от системы через понижающий трансформатор начальное значение периодической составляющей тока однофазного КЗ рассчитывается по формуле (кА):

$$I_{\text{по}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}},$$

где  $r_{1\Sigma}$ ,  $x_{1\Sigma}$  – активное и индуктивное суммарные сопротивления прямой последовательности относительно точки КЗ. В нашем случае (см. расчет трехфазного КЗ) –  $r_{1\Sigma} = 137,5$  мОм,

$x_{1\Sigma} = 45,4$  мОм;

$r_{0\Sigma}$ ,  $x_{0\Sigma}$  – активное и индуктивное суммарные сопротивления нулевой последовательности относительно точки КЗ.

Эти сопротивления равны:

$$r_{0\Sigma} = r_{0T} + r_{T.T} + r_{KB} + r_K + r_{0КЛ}$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{T.T} + X_{KB} + X_{0КЛ}.$$

где  $r_{0T}$ ,  $x_{0T}$  – активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности понижающего трансформатора;

$r_{T.T}$ ,  $x_{T.T}$  – активное и индуктивное сопротивления трансформатора тока;

$r_{KB}$ ,  $X_{KB}$  – активное и индуктивное сопротивления автоматических выключателей;

$r_K$  – сопротивление контактов.

Для рассматриваемого примера:

$$r_{0\Sigma} = r_{0T} + r_{T.T} + r_{KB} + r_K + r_{0КЛ}$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_{T.T} + X_{KB} + X_{0КЛ}.$$

По табл. 2.9 сопротивления нулевой последовательности трансформатора 400 кВА составляют:  $X_{0T} = 149$  мОм,  $r_{0T} = 55,6$  мОм.

Сопротивление нулевой последовательности кабельной линии:

$$r_{0кб} = r'_0 \cdot l = 1,05 \cdot 300 = 315 \text{ мОм},$$

$$x_{0кб} = x'_0 \cdot l = 0,58 \cdot 300 = 174 \text{ мОм},$$

где  $r'_0$  и  $x'_0$  – активное и индуктивное сопротивления 1 м медного кабеля сечением 4x50 мм<sup>2</sup> (табл. 2.14);



Таким образом:

$$r_{0\Sigma} = 55,6 + 0,2 + 0,41 + 1,1 + 1,3 + 315 = 373,6 \text{ мОм},$$

$$X_{0\Sigma} = 149 + 0,3 + 0,13 + 0,5 + 0,7 + 174 = 324,6 \text{ мОм},$$

$$Z_{кз.}^1 = \sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2} = \sqrt{(2 \cdot 137,5 + 373,6)^2 + (2 \cdot 45,4 + 324,6)^2} = 770,2 \text{ мОм}$$

Ток однофазного КЗ:

$$I_{по}^1 = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{HH}}{Z_{кз.}^1} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{770,2} \approx 0,9 \text{ кА}.$$

### 2.3. Пример комплексного расчета токов короткого замыкания в системе электроснабжения усадьбы

Для комплексного примера рассмотрим схему электроснабжения усадьбы, на территории которой расположен коттедж повышенной комфортности общей площадью 600 м<sup>2</sup> и различные приусадебные постройки (например, бассейн и гараж).

Ниже, в гл. 11 (табл. 11.3) приведен расчет электрических нагрузок для такой усадьбы, а на рис. 11.7 – принципиальная схема электроснабжения.

Внешнее электроснабжение (рис. 2.4) осуществляется воздушной линией 10 кВ от ПС энергосистемы, а в качестве резервного источника используется отдельный ввод 0,4 кВ, который может быть обеспечен, например, дизель-генератором.

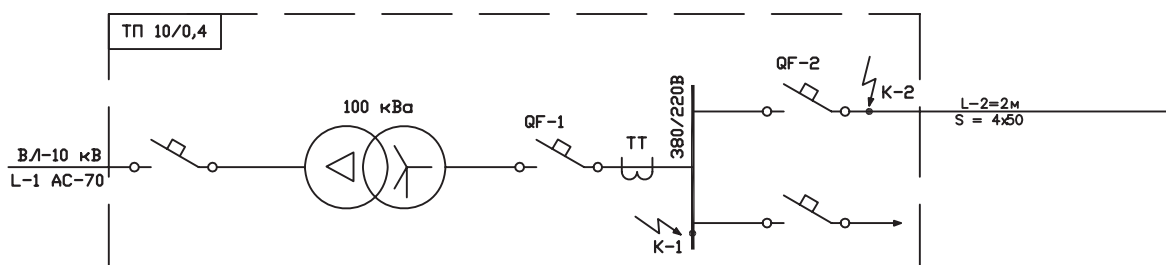


Рис. 2.4 Принципиальная схема внешнего электроснабжения усадьбы с коттеджем общей площадью 600 м<sup>2</sup>

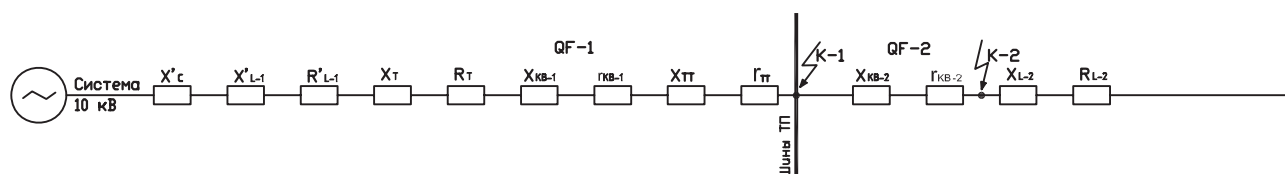


Рис. 2.5 Расчетная схема и схема замещения к примеру по рис. 2.4

Согласно расчету электрических нагрузок, расчетная мощность на вводе составляет 78,5 кВА. Для такой нагрузки целесообразно установить на территории усадьбы трансформаторную подстанцию с трансформатором 10/0,4 кВ мощностью 100 кВА.

Для выбора электрических аппаратов по электродинамической и термической стойкости и для обеспечения селективности срабатывания защиты необходимо выполнить расчет трехфазных и однофазных токов короткого замыкания в различных точках сети, и, в первую очередь, на шинах 0,4 кВ вводного распределительного устройства (ВРУ), на шинах распределительного щитка (ЩР) и у наиболее удаленного потребителя.

На рис. 2.5 приведены для рассматриваемого примера расчетная схема и схема замещения.

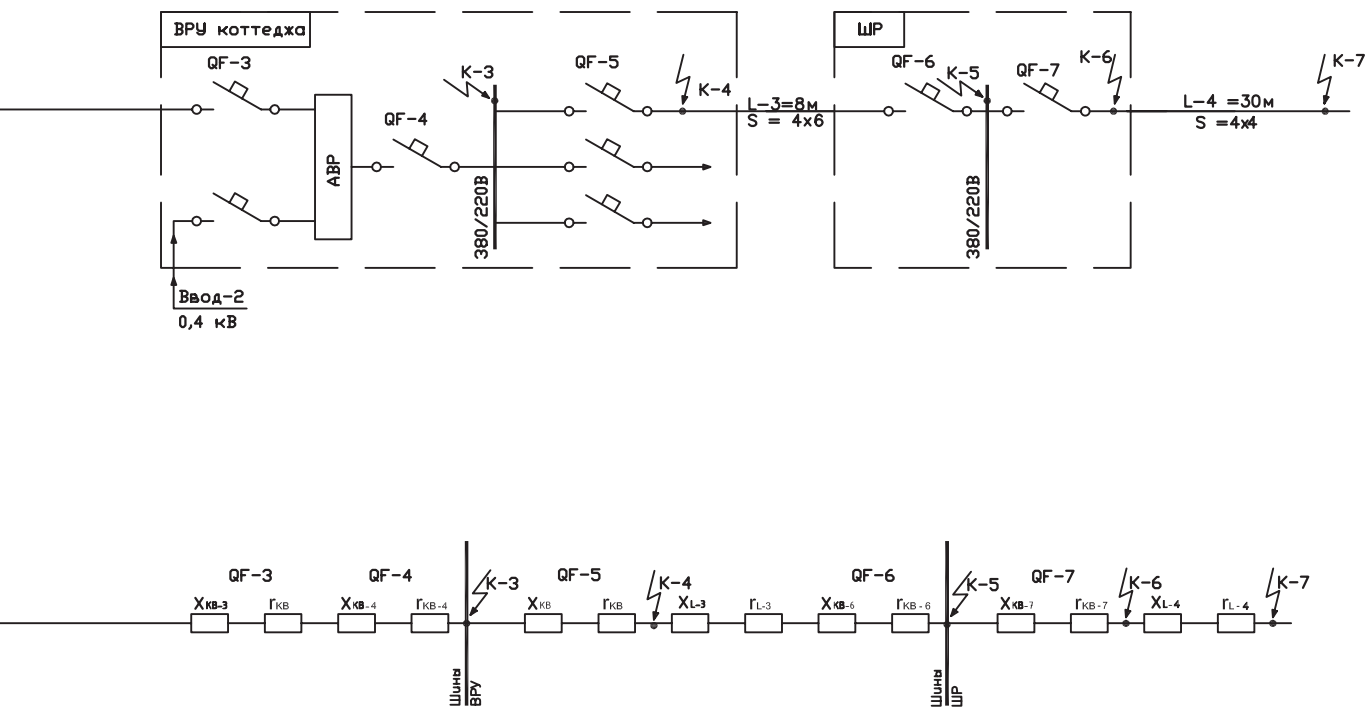
В качестве исходных данных для расчета принимаем каталожные данные трансформатора и мощность КЗ в питающей энергосистеме.

На ТП устанавливается масляный трансформатор типа ТМ 100/10-66 мощностью 100 кВА, первичное напряжение –  $U_{1Н}=10$  кВ, вторичное напряжение –  $U_{2Н}=0,4$  кВ. Потери мощности холостого хода  $\Delta P_{ХХ}=0,365$  кВт. Потери мощности короткого замыкания  $\Delta P_{к.з.}=1,97$  кВт. Напряжение короткого замыкания  $U_k \% = 4,5\%$ . Ток холостого хода  $I_{ХХ}=2,6\%I_H$ .

Мощность короткого замыкания, например, в системе Мосэнерго на напряжении 10 кВ рекомендуется принимать из расчета:

$$S_{к.з.} = \sqrt{3} \cdot I_{к.з.} \cdot U_H = 1,73 \cdot 15 \cdot 10 = 260 \text{ МВ}\cdot\text{А},$$

где  $I_{к.з.}=15$  кА – заданная величина ТКЗ на шинах 10 кВ.



Для расчета токов трехфазного короткого замыкания в различных точках схемы электроснабжения, определяем параметры схемы замещения прямой последовательности.

Сопротивление энергосистемы, ( $X_c$ ) в миллиомах, приведенное к низшему напряжению, составит:

$$X_c = \frac{U_{HH}^2}{S_{к.з.}} \cdot 10^{-3} = \frac{400^2}{260} \cdot 10^{-3} = 0,615 \text{ мОм.}$$

Как правило, в районах массовой коттеджной застройки длина воздушных линий 10 кВ от энергосистемы до трансформатора, устанавливаемого на территории отдельной усадьбы, не превышает 1 км. Поэтому, в соответствии в ГОСТ 28249-93, сопротивлением этих линий при расчетах токов короткого замыкания можно пренебречь.

Расчет сопротивлений остальных элементов схемы сведен в табл. 2.21.

Расчет сопротивлений цепей схемы замещения для расчета токов трехфазного короткого замыкания приведен в табл. 2.22.

Начальную величину действующего значения периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания для каждой обозначенной на схеме замещения точки вычисляем по формуле:

$$I_{к.з.-n} = \frac{U_{HH} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к-n}} \text{ кА,}$$

где  $I_{к.з.-n}$  – ток КЗ в точке  $n$ ;

$Z_{к-n}$  – полное сопротивление элементов короткозамкнутой цепи для точки  $n$ .

Наибольшее начальное значение аperiodической составляющей тока КЗ для каждой точки:

$$i_{a0-n} = \sqrt{2} \cdot I_{к.з.-n}.$$

Постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ для каждой точки:

$$T_{a-n} = \frac{X_{\Sigma-n}}{\omega_c \cdot r_{\Sigma-n}},$$

где  $X_{\Sigma-n}$  и  $r_{\Sigma-n}$  – результирующие индуктивное и активное сопротивления цепи КЗ, мОм;  
 $\omega_c$  – синхронная угловая частота напряжения сети, рад/с.

Ударный ток трехфазного КЗ для каждой точки:

$$i_{уд.} = \sqrt{2} \cdot I_{к.з.-n} \cdot K_{уд.-n},$$

где  $K_{уд.}$  – ударный коэффициент определяемый соотношением  $\frac{r_{\Sigma-n}}{X_{\Sigma-n}}$  или  $\frac{X_{\Sigma-n}}{r_{\Sigma-n}}$  по кривым на рис. 2.1 для каждой точки.

Расчет токов однофазного короткого замыкания выполняем методом симметричных составляющих. В табл. 2.23 приведены данные и расчеты по сопротивления нулевой последовательности отдельных элементов, входящих в рассматриваемую схему электроснабжения. Данные по сопротивлениям прямой последовательности всех элементов схемы те же, что и при расчете токов трехфазного КЗ (см. табл. 2.21).

Расчет выполняем для тех же точек КЗ, что и при расчете токов трехфазного КЗ. Начальное значение периодической составляющей тока однофазного КЗ для каждой точки:

$$I_{к.з.-n}^1 = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n}{\sqrt{(2R_{1\Sigma n} + R_{0\Sigma n})^2 + (2X_{1\Sigma n} + X_{0\Sigma n})^2}},$$

где  $I_{к.з.-n}^1$  – ток однофазного КЗ в точке  $n$ ;

$R_{1\Sigma n}^1, X_{1\Sigma n}^1$  – суммарные активные и индуктивные сопротивления прямой последовательности короткозамкнутой цепи до точки  $n$ ;

$R_{0\Sigma n}, X_{0\Sigma n}$  – суммарные активные и индуктивные сопротивления нулевой последовательности короткозамкнутой цепи до точки  $n$ .

Сопротивления цепей расчетной схемы для токов однофазного КЗ приведены в табл. 2.24.

Результаты расчета токов трехфазного и однофазного КЗ в рассматриваемом примере сведены в табл. 2.25.

Проверку выбранного сечения проводников, в основном кабельных линий L-2, L-3 и L-4, на термическую устойчивость проводника к току трехфазного КЗ осуществляем по формуле:

$$t = \frac{S^2}{k^2 \cdot I_{к.з.}},$$

где  $t$  – допустимое время протекания тока КЗ, с;

$S$  – сечение проводника, мм<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент, зависящий от материала проводника и его изоляции (для проводников с ПВХ изоляцией медных  $k=116,3$ , алюминиевых –  $k=74,3$ ).

Критичными точками в нашем примере являются точки КЗ: К3, К5, К7, которые включают участки с кабельными линиям соответственно 4x50, 4x6 и 4x4 мм<sup>2</sup>. Для этих точек расчетное допустимое время составляет: 0,026 с, 0,006 с и 0,009 с.

Независимо от защитных характеристик автоматических выключателей, участвующих в схеме, наименьший расчетный ток КЗ для каждой точки, а в данном случае это ток однофазного КЗ, превышает более чем в 3 раза номинальные токи автоматических выключателей. Это удовлетворяет требования ПУЭ по обеспечению надежного отключения поврежденного участка сети.

Используя данные расчета токов КЗ, а также расчетные значения токов на участках распределительной сети с целью обеспечения селективности выбирают уставки срабатывания защит.

Защита селективна, если повреждение в любой точке распределительной сети отключается защитным устройством, расположенным непосредственно в начале поврежденной цепи (линии), т.е. отключается только поврежденная линия.

Селективность обеспечивается путем соответствующего выбора аппаратов защиты и уставок срабатывания устройств защиты по току или по времени или путем комбинации и тех и других.

На рис. 2.6 приведена карта селективности защит для рассматриваемого примера и указаны типы выбранных автоматов из номенклатуры фирмы Schneider Electric и указаны величины уставок и характеристика кривой защиты автомата.

**Сопротивление прямой последовательности элементов схемы электроснабжения**

№№ п/п	Наименование элементов	Обозначение сопротивлений	Расчетная формула
1.	<i>Сопротивление трансформатора 10/0,4 кВ, 100 кВА</i>		
1.1	Реактивное	$X_T$	$X_T = \sqrt{U_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{к.з.}}{S_{T,ном.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{н.н.ном.}^2}{S_{T,ном.}} \cdot 10^4$
1.2	Активное	$R_T$	$R_T = \frac{P_{к.з.} \cdot U_{н.н.ном.}^2}{S_{T,ном.}^2} \cdot 10^6$
2.	<i>Сопротивление автомата QF-1-200 А</i>		
2.1	Реактивное	$X_{кв.-1}$	—
2.2	Активное	$R_{кв.-1}$	—
3	<i>Сопротивление трансформатора тока 200/5</i>		
3.1	Индуктивное	$X_{Т.Т.}$	—
3.2	Активное	$R_{Т.Т.}$	—
4.	<i>Сопротивление автомата QF-2</i>		
4.1	Индуктивное	$X_{кв.-2}$	—
4.1	Активное	$R_{кв.-2}$	—
5.	<i>Сопротивление кабельной линии L-2 Кабель медный 4×50 мм<sup>2</sup>, 20 м</i>		
5.1	Индуктивное	$X_{L-2}$	$X_{L-2} = X_{кб.} \cdot L$
5.2	Активное	$R_{L-2}$	$R_{L-2} = R_{кб.} \cdot L$
6.	<i>Сопротивление автомата QF-3-100 А</i>		
6.1	Индуктивное	$X_{кв.-3}$	—
6.2	Активное	$R_{кв.-3}$	—
7.	<i>Сопротивление автомата QF-4-100 А</i>		
7.1	Индуктивное	$X_{кв.-4}$	—
7.2	Активное	$R_{кв.-4}$	—
8.	<i>Сопротивление автомата QF-5-50 А</i>		
8.1	Индуктивное	$X_{кв.-5}$	—
8.2	Активное	$R_{кв.-5}$	—
9.	<i>Сопротивление кабельной линии L-3 Кабель с медными жилами 4×6 мм<sup>2</sup>, 80 м</i>		
9.1	Индуктивное	$X_{L-3}$	$X_{L-3} = X \cdot L$
9.2	Активное	$R_{L-3}$	$R_{L-3} = R \cdot L$
10.	<i>Сопротивление автомата QF-6-50 А</i>		
10.1	Индуктивное	$X_{кв.-6}$	—
10.2	Активное	$R_{кв.-6}$	—
11.	<i>Сопротивление автомата QF-7-50 А I<sub>всм.</sub>—16 А</i>		
11.1	Индуктивное	$X_{кв.-7}$	—
11.2	Активное	$R_{кв.-7}$	—
12.	<i>Сопротивление кабельной линии L-4 Кабель с медными жилами 4×4 мм<sup>2</sup>, 30 м</i>		
12.1	Индуктивное	$X_{L-4}$	$X_{L-4} = X \cdot L$
12.2	Активное	$R_{L-4}$	$R_{L-4} = R \cdot L$

Таблица 2.21

Источник данных для расчета	Расчет	Величина, мОм
Табл. 2.9	$X_T = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 1,97}{100}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{100} \cdot 10^4$	65
Табл. 2.9	$R_T = \frac{1,97 \cdot 0,4^2}{100} \cdot 10^6$	31,5
Табл. 2.18	–	0,5
Табл. 2.18	–	1,1
Табл. 2.19	–	0,67
Табл. 2.19	–	0,42
Табл. 2.18	–	1,2
Табл. 2.18	–	2,15
Табл. 2.14	$X_{L-2} = 0,086 \cdot 20$	1,72
Табл. 2.14	$R_{L-2} = 0,43 \cdot 20$	8,6
Табл. 2.18	–	1,2
Табл. 2.18	–	2,15
Табл. 2.18	–	1,2
Табл. 2.18	–	2,15
Табл. 2.18	–	4,5
Табл. 2.18	–	7
Табл. 2.14	$X_{L-3} = 0,1 \cdot 80$	8
Табл. 2.14	$R_{L-3} = 3,54 \cdot 80$	283,2
Табл. 2.18	–	4,5
Табл. 2.18	–	7
Табл. 2.18	–	4,5
Табл. 2.18	–	7
Табл. 2.14	$X_{L-4} = 0,098 \cdot 30$	2,94
Табл. 2.14	$R_{L-4} = 9,61 \cdot 30$	288,3

**Сопrotивление цепей схемы замещения для расчета токов трехфазного короткого замыкания**

№№ п/п	Обозначение точек КЗ	Обозначение сопrotивлений	Расчетная формула
1.	<i>Сопrotивление в точке К-1</i>		
1.1	Индуктивное	$X_{K-1}$	$X_{K-1} = X_c + X_T + X_{K\theta,-1} + X_{T,T}$
1.2	Активное	$R_{K-1}$	$R_{K-1} = R_T + R_{K\theta,-1} + R_{T,T}$
1.3	Полное	$Z_{K-1}$	$Z_{K-1} = \sqrt{R_{K-1}^2 + X_{K-1}^2}$
2.	<i>Сопrotивление в точке К-2</i>		
2.1	Индуктивное	$X_{K-2}$	$X_{K-2} = X_{K-1} + X_{K\theta,-2}$
2.2	Активное	$R_{K-2}$	$R_{K-2} = R_{K-1} + R_{K\theta,-2}$
2.3	Полное	$Z_{K-2}$	$Z_{K-2} = \sqrt{R_{K-2}^2 + X_{K-2}^2}$
3.	<i>Сопrotивление в точке К-3</i>		
3.1	Индуктивное	$X_{K-3}$	$X_{K-3} = X_{K-2} + X_{L-2} + X_{K\theta,-3} + X_{K\theta,-4}$
3.2	Активное	$R_{K-3}$	$R_{K-3} = R_{K-2} + R_{L-2} + R_{K\theta,-3} + R_{K\theta,-4}$
3.3	Полное	$Z_{K-3}$	$Z_{K-3} = \sqrt{R_{K-3}^2 + X_{K-3}^2}$
4.	<i>Сопrotивление в точке К-4</i>		
4.1	Индуктивное	$X_{K-4}$	$X_{K-4} = X_{K-3} + X_{K\theta,-5}$
4.2	Активное	$R_{K-4}$	$R_{K-4} = R_{K-3} + R_{K\theta,-5}$
4.3	Полное	$Z_{K-4}$	$Z_{K-4} = \sqrt{R_{K-4}^2 + X_{K-4}^2}$
5.	<i>Сопrotивление в точке К-5</i>		
5.1	Индуктивное	$X_{K-5}$	$X_{K-5} = X_{K-4} + X_{L-3} + X_{K\theta,-6}$
5.2	Активное	$R_{K-5}$	$R_{K-5} = R_{K-4} + R_{L-3} + R_{K\theta,-6}$
5.3	Полное	$Z_{K-5}$	$Z_{K-5} = \sqrt{R_{K-5}^2 + X_{K-5}^2}$
6.	<i>Сопrotивление в точке К-6</i>		
6.1	Индуктивное	$X_{K-6}$	$X_{K-6} = X_{K-5} + X_{K\theta,-7}$
6.2	Активное	$R_{K-6}$	$R_{K-6} = R_{K-5} + R_{K\theta,-7}$
6.3	Полное	$Z_{K-6}$	$Z_{K-6} = \sqrt{R_{K-6}^2 + X_{K-6}^2}$
7.	<i>Сопrotивление в точке К-7</i>		
7.1	Индуктивное	$X_{K-7}$	$X_{K-7} = X_{K-6} + X_{L-4}$
7.2	Активное	$R_{K-7}$	$R_{K-7} = R_{K-6} + R_{L-4}$
7.3	Полное	$Z_{K-7}$	$Z_{K-7} = \sqrt{R_{K-7}^2 + X_{K-7}^2}$

Таблица 2.22

Источник данных для расчета	Расчет	Величина мОм
Табл. 2.21		
п.п. 1.1, 2.1, 3.1	$X_{k-1} = 0,615 + 65 + 0,5 + 0,67$	66,79
п.п. 1.2, 2.2, 3.2	$R_{k-1} = 31,5 + 1,1 + 0,42$	33,02
	$Z_{k-1} = \sqrt{33,02^2 + 66,79^2}$	74,5
Табл. 2.21		
п. 4.1	$X_{k-2} = 66,79 + 1,2$	67,99
п. 4.2	$R_{k-1} = 313,02 + 2,15$	35,17
	$Z_{k-2} = \sqrt{35,17^2 + 67,99^2}$	76,55
Табл. 2.21		
п.п. 5.1, 6.1, 7.1	$X_{k-3} = 67,99 + 1,72 + 1,2 + 1,2$	72,11
п.п. 5.2, 6.2, 7.2	$R_{k-3} = 35,17 + 8,6 + 2,15 + 2,15$	48,07
	$Z_{k-3} = \sqrt{48,07^2 + 72,11^2}$	86,66
Табл. 2.21		
п. 8.1	$X_{k-4} = 72,11 + 4,5$	76,61
п. 8.2	$R_{k-4} = 48,07 + 7$	55,07
	$Z_{k-4} = \sqrt{76,61^2 + 55,07^2}$	94,35
Табл. 2.21		
п.п. 9.1, 10.1	$X_{k-5} = 76,61 + 8 + 4,5$	89,11
п.п. 9.2, 10.2	$R_{k-5} = 55,07 + 283,2 + 7$	345,27
	$Z_{k-5} = \sqrt{89,11^2 + 345,27^2}$	356,58
Табл. 2.21		
п. 11,1	$X_{k-6} = 89,11 + 4,5$	93,61
п. 11,2	$R_{k-6} = 345,27 + 7$	352,27
	$Z_{k-6} = \sqrt{93,61^2 + 352,27^2}$	364,5
Табл. 2.21		
п. 12.1	$X_{k-7} = 93,61 + 2,94$	96,55
п. 12.2	$R_{k-7} = 352,27 + 288,3$	640,57
	$Z_{k-7} = \sqrt{640,57^2 + 96,55^2}$	647,8



**Сопrotивление нулевой последовательности элементов схемы электроснабжения**

№№ п/п	Наименование	Обозначение сопротивлений	Расчетная формула
1.	<i>Трансформатор</i>		
1.1	Индуктивное	$X_{0T}$	
1.2	Активное	$R_{0T}$	
2.	<i>Кабельная линия L-2 Кабель с медными жилами 4×50 мм<sup>2</sup>, 20 м</i>	$X_{0L-2}$	
2.1	Индуктивное	$X_{0L-2}$	$X_{0L-2} = X_0 \cdot L$
2.2	Активное	$R_{0L-2}$	$R_{0L-2} = R_0 \cdot L$
3.	<i>Кабельная линия L-3 Кабель с медными жилами 4×6 мм<sup>2</sup>, 80 м</i>		
3.1	Индуктивное	$X_{0L-3}$	$X_{0L-3} = X_0 \cdot L$
3.2	Активное	$R_{0L-3}$	$R_{0L-3} = R_0 \cdot L$
4.	<i>Кабельная линия L-4 Кабель с медными жилами 4×6 мм<sup>2</sup>, 30 м</i>		
4.1	Индуктивное	$X_{0L-4}$	$X_{0L-4} = X_0 \cdot L$
4.2	Активное	$R_{0L-4}$	$R_{0L-4} = R_0 \cdot L$

**Сопrotивление цепей расчетной схемы для расчета токов однофазного короткого замыкания методом симметричных составляющих**

Наименование	Обозначение сопротивлений	Расчетная формула
<i>Сопrotивление в точке K-1</i>		
Индуктивное	$X_{1K-1}$	$X_{1K-1} = 2X_{K-1} + X_{0\Sigma K-1}$ $X_{0\Sigma K-1} = X_{0T} + X_{T.T.} + X_{K\phi-1}$
Активное	$R_{1K-1}$	$R_{1K-1} = 2R_{K-1} + R_{0\Sigma K-1}$ $R_{0\Sigma K-1} = R_{0T} + R_{T.T.} + R_{K\phi-1}$
Полное	$Z_{1K-1}$	$Z_{1K-1} = \sqrt{R_{1K-1}^2 + X_{1K-1}^2}$
<i>Сопrotивление в точке K-2</i>		
Индуктивное	$X_{1K-2}$	$X_{1K-2} = 2X_{K-2} + X_{0\Sigma K-2}$ $X_{0\Sigma K-2} = X_{0\Sigma K-1} + X_{K\phi-2}$
Активное	$R_{1K-2}$	$R_{1K-2} = 2R_{K-2} + R_{0\Sigma K-2}$ $R_{0\Sigma K-2} = R_{0\Sigma K-1} + R_{K\phi-2}$
Полное	$Z_{1K-2}$	$Z_{1K-2} = \sqrt{R_{1K-2}^2 + X_{1K-2}^2}$
<i>Сопrotивление в точке K-3</i>		
Индуктивное	$X_{1K-3}$	$X_{1K-3} = 2X_{K-3} + X_{0\Sigma K-3}$ $X_{0\Sigma K-3} = X_{0\Sigma K-2} + X_{0L-2} + X_{K\phi-3} + X_{K\phi-4}$
Активное	$R_{1K-3}$	$R_{1K-3} = 2R_{K-3} + R_{0\Sigma K-3}$ $R_{0\Sigma K-3} = R_{0\Sigma K-2} + R_{0L-2} + R_{K\phi-3} + R_{K\phi-4}$
Полное	$Z_{1K-3}$	$Z_{1K-3} = \sqrt{R_{1K-3}^2 + X_{1K-3}^2}$

Таблица 2.23

Источник данных для расчета	Расчет	Величина, мОм
Табл. 2.9		582
Табл. 2.9		254
Табл. 2.14	$X_{0L-2} = 0,58 \cdot 20$	11,6
Табл. 2.14	$R_{0L-2} = 1,05 \cdot 20$	21
Табл. 2.14	$X_{0L-3} = 1,49 \cdot 80$	119,2
Табл. 2.14	$R_{0L-3} = 4,24 \cdot 80$	339,2
Табл. 2.12	$X_{0L-4} = 0,57 \cdot 30$	17,1
Табл. 2.12	$R_{0L-4} = 10,87 \cdot 30$	326,1

Таблица 2.24

Источник данных для расчета	Расчет	Величина, мОм
Табл. 2.22, п. 1.1 Табл. 2.23, п. 1.1	$X_{1K-1} = 2 \cdot 66,79 + 583,17$ $X_{0\Sigma K-1} = 582 + 0,67 + 0,5 = 583,17$	716,75
Табл. 2.22, п. 1.2 Табл. 2.23, п. 1.2	$R_{1K-1} = 2 \cdot 33,05 + 255,52$ $R_{0\Sigma K-1} = 254 + 0,42 + 1,1 = 255,52$	321,56
	$Z_{1K-1} = \sqrt{321,56^2 + 716,75^2}$	785,6
Табл. 2.22, п. 2.1 Табл. 2.21, п. 4.1	$X_{1K-2} = 2 \cdot 66,79 + 584,37$ $X_{0\Sigma K-2} = 583,17 + 1,2 = 584,37$	720,35
Табл. 2.22, п. 2.2 Табл. 2.21, п. 4.2	$R_{1K-2} = 2 \cdot 35,17 + 257,67$ $R_{0\Sigma K-2} = 255,52 + 2,15 = 257,67$	328,01
	$Z_{1K-2} = \sqrt{328,01^2 + 720,35^2}$	791,51
Табл. 2.22, п. 3.1 Табл. 2.23, п. 2.1 Табл. 2.21, пп. 6.1, 7.1	$X_{1K-3} = 2 \cdot 72,11 + 589,37$ $X_{0\Sigma K-3} = 584,37 + 11,6 + 1,2 + 1,2 = 598,37$	742,65
Табл. 2.22, п. 3.2 Табл. 2.23, п. 2.2 Табл. 2.21, пп. 6.2, 7.2	$R_{1K-3} = 2 \cdot 48,07 + 282,97$ $R_{0\Sigma K-3} = 257,67 + 21 + 2,15 + 2,15 = 282,97$	379,11
	$Z_{1K-3} = \sqrt{379,11^2 + 742,65^2}$	833,82

Наименование	Обозначение сопротивлений	Расчетная формула
<i>Сопротивление в точке К-4</i>		
Индуктивное	$X_{1К-4}$	$X_{1К-4} = 2X_{К-4} + X_{0ΣК-4}$ $X_{0ΣК-4} = X_{0ΣК-3} + X_{К6-5}$
Активное	$R_{1К-4}$	$R_{1К-3} = 2R_{К-3} + R_{0ΣК-3}$ $R_{0ΣК-4} = R_{0ΣК-3} + R_{К6-5}$
Полное	$Z_{1К-4}$	$Z_{1К-4} = \sqrt{R_{1К-4}^2 + X_{1К-4}^2}$
<i>Сопротивление в точке К-5</i>		
Индуктивное	$X_{1К-5}$	$X_{1К-5} = 2X_{К-5} + X_{0ΣК-5}$ $X_{0ΣК-5} = X_{0ΣК-4} + X_{0L-3} + X_{К6-6}$
Активное	$R_{1К-5}$	$R_{1К-5} = 2R_{К-5} + R_{0ΣК-5}$ $R_{0ΣК-5} = R_{0ΣК-4} + R_{0L-3} + R_{К6-6}$
Полное	$Z_{1К-5}$	$Z_{1К-5} = \sqrt{R_{1К-5}^2 + X_{1К-5}^2}$
<i>Сопротивление в точке К-6</i>		
Индуктивное	$X_{1К-6}$	$X_{1К-6} = 2X_{К-6} + X_{0ΣК-6}$ $X_{0ΣК-6} = X_{0ΣК-5} + X_{К6-7}$
Активное	$R_{1К-6}$	$R_{1К-6} = 2R_{К-6} + R_{0ΣК-6}$ $R_{0ΣК-6} = R_{0ΣК-5} + R_{К6-7}$
Полное	$Z_{1К-6}$	$Z_{1К-6} = \sqrt{R_{1К-6}^2 + X_{1К-6}^2}$
<i>Сопротивление в точке К-7</i>		
Индуктивное	$X_{1К-7}$	$X_{1К-7} = 2 \cdot X_{К-7} + X_{0ΣК-7}$ $X_{0ΣК-7} = X_{0ΣК-6} + X_{0L-4}$
Активное	$R_{1К-7}$	$R_{1К-7} = 2R_{К-7} + R_{0ΣК-7}$ $R_{0ΣК-7} = R_{0ΣК-6} + R_{0L-4}$
Полное	$Z_{1К-7}$	$Z_{1К-7} = \sqrt{R_{1К-7}^2 + X_{1К-7}^2}$

Таблица 2.25

## Результаты расчета токов КЗ

Точка КЗ	Вид КЗ	Значения тока КЗ, кА			Значения постоянной времени, $T_a$ , с
		$I_{к.з.}$	$i_{a0}$	$i_{yл.}$	
К1	К <sup>(3)</sup>	3,1	4,37	5,33	0,006
К1	К <sup>(1)</sup>	0,88			
К2	К <sup>(3)</sup>	3,02	4,26	5,11	0,006
К2	К <sup>(1)</sup>	0,87			
К3	К <sup>(3)</sup>	2,67	3,76	4,21	0,005
К3	К <sup>(1)</sup>	0,83			
К4	К <sup>(3)</sup>	2,45	3,45	3,93	0,004
К4	К <sup>(1)</sup>	0,81			
К5	К <sup>(3)</sup>	0,65	0,92	0,92	0,001
К5	К <sup>(1)</sup>	0,43			
К6	К <sup>(3)</sup>	0,63	0,89	0,89	0,001
К6	К <sup>(1)</sup>	0,42			
К7	К <sup>(3)</sup>	0,36	0,51	0,51	0,0005
К7	К <sup>(1)</sup>	0,28			

Источник данных для расчета	Расчет	Величина, мОм
Табл. 2.22, п. 4.1 Табл. 2.21, п. 8.1	$X_{1к-4} = 2 \cdot 76,61 + 602,87$ $X_{0\Sigmaк-4} = 598,37 + 4,5 = 602,87$	756,09
Табл. 2.22, п. 4.2 Табл. 2.21, п. 8.2	$R_{1к-4} = 2 \cdot 55,07 + 289,97$ $R_{0\Sigmaк-4} = 282,97 + 7 = 289,97$	400,11
	$Z_{1к-4} = \sqrt{400,11^2 + 756,09^2}$	855,43
Табл. 2.22, п. 5.1 Табл. 2.23, п. 3.1 Табл. 2.21, п. 10.1	$X_{1к-5} = 2 \cdot 89,11 + 726,57$ $X_{0\Sigmaк-5} = 602,87 + 119,2 + 4,5 = 726,57$	904,79
Табл. 2.22, п. 5.2 Табл. 2.23, п. 3.2 Табл. 2.21, п. 10.2	$R_{1к-5} = 2 \cdot 345,27 + 645,17$ $R_{0\Sigmaк-5} = 282,97 + 339,2 + 7 = 645,17$	1335,71
	$Z_{1к-5} = \sqrt{1335,71^2 + 904,79^2}$	1613,3
Табл. 2.22, п. 6.1 Табл. 2.21, п. 11.1	$X_{1к-6} = 2 \cdot 93,61 + 731,07$ $X_{0\Sigmaк-6} = 726,57 + 4,5 = 731,07$	918,29
Табл. 2.22, п. 6.2 Табл. 2.21, п. 11.2	$R_{1к-6} = 2 \cdot 352,27 + 652,17$ $R_{0\Sigmaк-6} = 645,17 + 7 = 652,17$	1356,71
	$Z_{1к-6} = \sqrt{1356,71^2 + 918,29^2}$	1638,27
Табл. 2.22, п. 7.1 Табл. 2.23 п. 4.1	$X_{1к-7} = 2 \cdot 96,55 + 748,17$ $X_{0\Sigmaк-7} = 731,07 + 17,1 = 748,17$	941,27
Табл. 2.22, п. 7.2 Табл. 2.23 п. 4.2	$R_{1к-7} = 2 \cdot 640,57 + 978,27$ $R_{0\Sigmaк-7} = 652,17 + 326,1 = 978,27$	2259,41
	$Z_{1к-7} = \sqrt{2259,41^2 + 941,27^2}$	2447,64

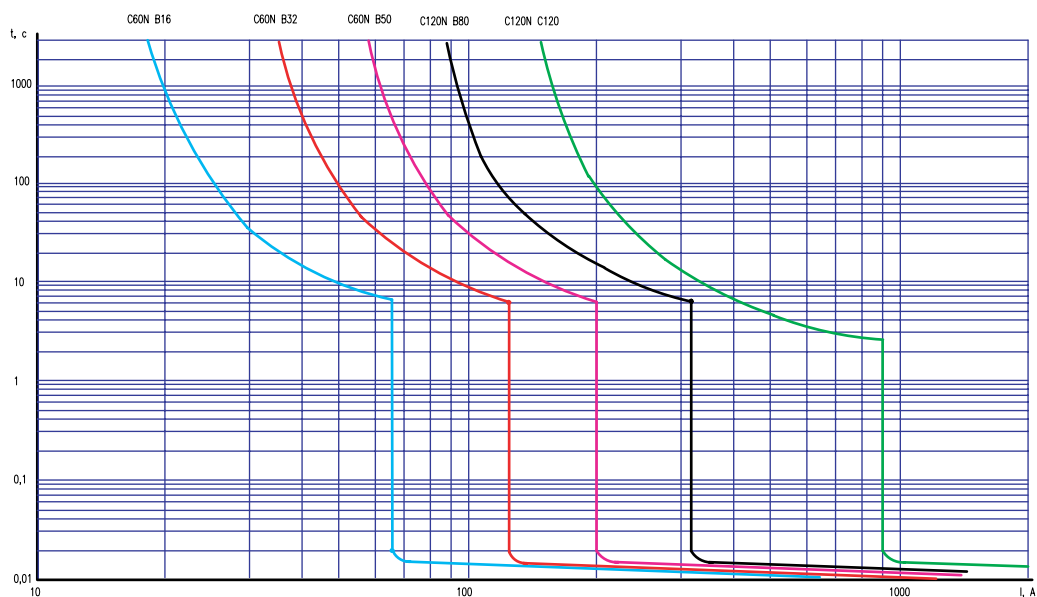


Рис. 2.6 Карта селективности защит для примера по рис. 2.4

## Глава 3. Рекомендации по выполнению электрического освещения

### 3.1. Светотехническая часть

Освещение является одним из важнейших факторов, характеризующих комфортность жилища. Электрическое освещение обеспечивает возможность нормальной жизни и деятельности людей в быту при отсутствии или недостаточности естественного освещения.

Роль электрического освещения в создании экстерьера здания и интерьера помещений настолько велика, что может в корне менять всю концепцию дизайна помещений по рисунку, архитектурному стилю, размещению мебели, типу и цветовому решению материалов, применяемых при разработке индивидуального проекта.

В настоящее время разнообразие типов источников света, которые можно использовать для освещения индивидуальных домов и квартир (функционального и декоративного), достаточно велико.

Во внутренних помещениях кроме ламп накаливания для люстр и бра, а также широко распространенных галогенных ламп накаливания низкого напряжения могут использоваться компактные люминесцентные лампы. Для установки и подключения источников света, а также для перераспределения их светового потока с целью освещения объекта используются различные светильники.

Многие фирмы-производители разработали светильники с такими лампами, которые по дизайну не уступают светильникам с традиционными источниками света. К тому же компактные люминесцентные лампы могут давать свет от холодного белого до теплого желтого спектра, который может имитировать свет ламп накаливания. Применение линейных люминесцентных ламп оправдано в декоративных карнизах интерьеров, а также на кухне и других хозяйственных помещениях. В настоящее время популярны светодиоды, миниатюрные лампы накаливания и неоновая подсветка, которые незаменимы в праздничном и декоративном освещении.

Исходя из пожеланий заказчика, по освещению каждого помещения могут быть решены вопросы их практической реализации. Здесь решающими могут быть форма и цвет светильников, тип кривой светораспределения, мощность ламп, а также их расположение.

Для архитектурной подсветки коттеджа могут быть использованы прожектора с галогенными лампами накаливания, лампами PAR. Для освещения территории – торшеры с лампами накаливания и газоразрядными лампами малой мощности.

Степень защиты светильника должна соответствовать среде, в которой он применяется. В помещениях с нормальной средой степень защиты может быть IP20, во влажных помещениях и на улице – не менее IP44, в сауне и бассейне светильники должны быть специальные, выполненные именно для этих помещений. Так, в сауне светильники должны быть полугерметическими, с завинчивающимися стеклами и располагаться на недоступной высоте.

Зачастую по требованию заказчика в проекте электрического освещения ставится задача плавного регулирования света. Однако не все источники света позволяют это осуществить. Плавное регулирование света можно осуществить при использовании ламп накаливания 220 В, ламп накаливания низкого напряжения с применением специального трансформатора, люминесцентных ламп с применением специальной электронной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА). Это должно учитываться при выборе источников света.

Основным преимуществом люминесцентных ламп перед лампами накаливания является более высокая световая отдача, приводящая к существенной экономии электроэнергии, и более длительный срок службы. В качестве недостатков можно назвать необходимость использования ПРА, неустойчивость работы при низких температурах, коэффициент мощности меньше 1.

Спектральный состав люминесцентного освещения близок к спектру дневного света и потому люминесцентное освещение требует большего уровня освещенности, чем освещение лампами накаливания.

Нормы освещенности выбираются на основании СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования», СП31-110-2003, МГСН 2.06-99.

Выдержки из МГСН 2.06-99 приведены в табл. 3.1.

Нормируемые показатели искусственного освещения

Помещения	Искусственное освещение	
	плоскость нормирования (Г–горизонтальная, В–вертикальная)	освещенность рабочих поверхностей, лк
Жилая комната, гостиная, спальни	Г-0.0	150
Кухня	Г-0.0	150
Столовая	Г-0.0	100
Детская	Г-0.0	200
Кабинет, библиотека	Г-0.8	300
Внутриквартирные коридоры, холлы	Г-0.0	50
Кладовые, подсобные помещения	Г-0.0	30
Гардеробные	Г-0.0	75
Сауна, раздевалки	Г-0.0	100
Бассейн	Г–на поверхности воды	100
Тренажерный зал	Г-0.0	150
Бильярдная	Г-0.8	300
Ванные комнаты, туалеты, санузлы, душевые	Г-0.0	50
Гараж, автостоянка	Г-0.0	50

В осветительных установках применяются системы общего и комбинированного освещения. Система общего освещения предназначена для обеспечения нормированной освещенности, т.е. необходимой в соответствии с нормами охраны здоровья. В системе комбинированного освещения кроме общего имеется местное, создающее необходимую повышенную освещенность в тех местах, где это требуется. Это могут быть рабочие поверхности кухни, письменный стол, общее освещение гостиной, подсветка картин или других предметов и пр.

Освещенность рабочих поверхностей в квартирах жилых домов при комбинированной системе освещения от любых источников света рекомендуется принимать:

- письменного стола, рабочей поверхности для шитья и прочих ручных работ – 300 лк;
- кухонного стола и мойки посуды – 200 лк.

Декоративное освещение относится к дизайнерским решениям и может функционировать как в системе общего освещения, так и в качестве самостоятельно решающего вопросы интерьера.

При выполнении проекта освещения индивидуальных домов (квартир) принимаются во внимание существующие нормы, но большое значение в выборе осветительных приборов и их расположений имеет также задание на проектирование или дизайн-проект.

При проектировании осветительной установки необходимо обращать внимание на возможные пути энергосбережения. Такими путями являются, например:

- выбор экономичных источников света;
- регулирование освещенности;
- управление освещением из нескольких мест;
- автоматическое управление освещением в зависимости от перемещающихся объектов.

Таким образом, выбор типа светильников производится с учетом характера их светораспределения, экономичности и условий окружающей среды.

Во всех помещениях квартир, за исключением лоджий и балконов, должна быть предусмотрена возможность установки светильников общего освещения. Как правило, эти светильники подвешиваются или закрепляются на потолке. В подсобных помещениях (кухнях, передних, коридорах, холлах, кладовых), а также в дополнительных помещениях (игровой, столовой, мастерской и др.) допускается общее освещение осуществлять настенными светильниками.

В проектах следует предусматривать установку в жилых комнатах, кухнях и передних квартир клеммных колодок для подключения светильников, а в кухнях и коридорах, кроме того, – подвесных патронов, присоединяемых к клеммной колодке.

В туалетных комнатах квартир следует устанавливать над дверью стенной патрон.

В ванных следует предусматривать установку светильника класса защиты 2 над умывальником на высоте не менее 2 м над уровнем пола.

В кладовых и подсобных помещениях квартир и усадебных домов стационарное освещение следует выполнять, относя эти помещения к классу П-Ша. Установка штепсельных розеток в этих помещениях запрещается.

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.).

В жилых комнатах площадью 10 м<sup>2</sup> и более следует предусматривать возможность установки многоламповых светильников с лампами накаливания, которые можно включать по группам.

Крюк в потолке для подвешивания светильника должен быть изолирован. Это требование не относится к случаям крепления крюков к деревянным перекрытиям, а также в случае использования светильников класса защиты 1. Размеры крюков для подвешивания бытовых светильников должны быть, мм: внешний диаметр полукольца 35; расстояние от перекрытия до начала изгиба 12. При изготовлении крюков из круглой стали диаметр прутка должен быть 6 мм.

Приспособления для подвешивания светильников должны выдерживать в течение 10 мин без повреждения и остаточных деформаций приложенную к ним нагрузку, равную пятикратной массе светильника. В проектах масса светильника для жилых комнат, кухонь и передних квартир принимается 10 кг.

### **3.2. Электротехническая часть**

В жилых помещениях, как правило, используются осветительные приборы на напряжение 220 или 127 В (в сохранившихся сетях 220/127 В). В последнее время получили распространение малогабаритные галогенные лампы на напряжение 12 В. Однако эти лампы питаются от отдельного трансформатора 220(127)/12 В, предусматриваемого для каждого светильника.

Отклонения напряжения от номинального на зажимах наиболее удаленных ламп электрического освещения не должны превышать в нормальном режиме  $\pm 5\%$ , а предельно допустимые в послеаварийном режиме при наибольших расчетных нагрузках  $\pm 10\%$ .

С учетом регламентированных отклонений от номинального значения суммарные потери напряжения от шин 0,4 кВ трансформаторной подстанции до наиболее удаленной лампы общего освещения в жилых зданиях не должны, как правило, превышать 6%.

Для питания светильников квартир и коттеджей предусматриваются групповые сети. Групповая сеть – это сеть от щитков светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Групповые линии освещения могут быть одно-, двух- и трехфазными в зависимости от их протяженности и числа присоединенных светильников. При этом в двух- и трехфазных групповых линиях запрещается использование предохранителей и однополюсных автоматических выключателей. Однофазные групповые линии следует выполнять трехпроводными, двухфазные – четырехпроводными и трехфазные – пятипроводными с отдельным N- и PE-проводниками.

Для коммутации однофазных групповых линий могут использоваться как однополюсные, так и двухполюсные выключатели.

К групповым линиям освещения лестничных клеток, поэтажных коридоров, холлов, вестибюлей, технических этажей, подполий и чердаков разрешается присоединять на фазу:

- до 60 ламп накаливания мощностью до 60 Вт;
- до 75 люминесцентных ламп мощностью 40 Вт;
- до 100 люминесцентных ламп мощностью 20 Вт и менее.

Распределение нагрузок между фазами сети освещения должно быть, как правило, равномерным; разница в токах наиболее и наименее нагруженных фаз не должна превышать 30% в пределах одного щитка и 15% – в начале питающих линий.

Для групповых линий, питающих многоламповые светильники, число ламп любого типа на фазу не ограничивается.

Проводники групповых линий в соответствии с ПУЭ должны иметь расцветку:

- фаза L1 (А) – желтый цвет;
- фаза L2 (В) – зеленый цвет;
- фаза L3 (С) – красный цвет;
- нулевой рабочий проводник N, голубой цвет;
- нулевой защитный проводник РЕ, желто-зеленый цвет, в полоску.

По требованиям ПУЭ, СП и МГСН электрические сети должны выполняться, как правило, кабелями и проводами с медными жилами, а в помещениях саун и бань – проводами с нагревостойкой изоляцией.

Прокладку групповой сети следует, как правило, выполнять скрытой, сменяемой в каналах, пустотах строительных конструкций, в пластмассовых или стальных трубах.

Допускается выполнять проводку скрытой без труб в бороздах стен, под штукатуркой, в подготовке пола проводами с защитной оболочкой или кабелями. Открытая прокладка проводки разрешается проводами только в защитной оболочке или кабелями. Запрещается прокладка проводов без защитной оболочки в металлических рукавах.

Электропроводки в полостях над непроходными подвесными потолками и внутри сборных перегородок рассматриваются как скрытые и их следует выполнять: при перегородках и подвесных потолках из сгораемых материалов – в стальных трубах, при перегородках из несгораемых и трудносгораемых материалов – в ПВХ трубах, а также проводами с защитной оболочкой или кабелями.

Рабочие нулевые проводники групповых линий должны прокладываться при применении металлических труб совместно с фазными проводниками в одной трубе, а при прокладке кабелями или многожильными проводами они должны быть заключены в общую оболочку с фазными проводами.

Электротехнический расчет осветительной установки квартиры сводится к определению мощности светильников и в конечном итоге – мощности всей установки.

Для предварительного расчета нагрузок освещения можно предложить расчетные значения удельной мощности по помещениям, приведенные в табл. 3.2

Таблица 3.2

Расчетные значения удельной мощности по помещениям

Наименование помещений	Удельная мощность, Вт/м	Освещение	Управление
Гостиная	25–30	Общее верхнее, бра	Местное, несколько точек управления, диммирование
Спальня, детская	20–25	Бра, подсвет	То же
Кабинет	20–25	Общее верхнее, бра, местное	Местное, несколько точек управления
Коридоры, лестницы	20	Общее верхнее, бра, подсвет	То же
Кухня, столовая	20–25	Общее верхнее, бра, местное	– " –
Подвал	8–10	Общее верхнее	Местное, сигнал о скором выключении
Гараж	10–15	Общее верхнее, местное	Местное
Бассейн	10–15	Общее верхнее, подсвет	Местное, дистанционное
Сауна	–	Общее	Местное
Сад, площадка, перед домом	–	Наружное	Дистанционное, фотореле, датчик движения с задержкой времени

На примере индивидуального дома, включающем, как правило, все характерные помещения квартиры повышенной комфортности, рассмотрим подходы к проектированию электротехнической части электрического освещения.



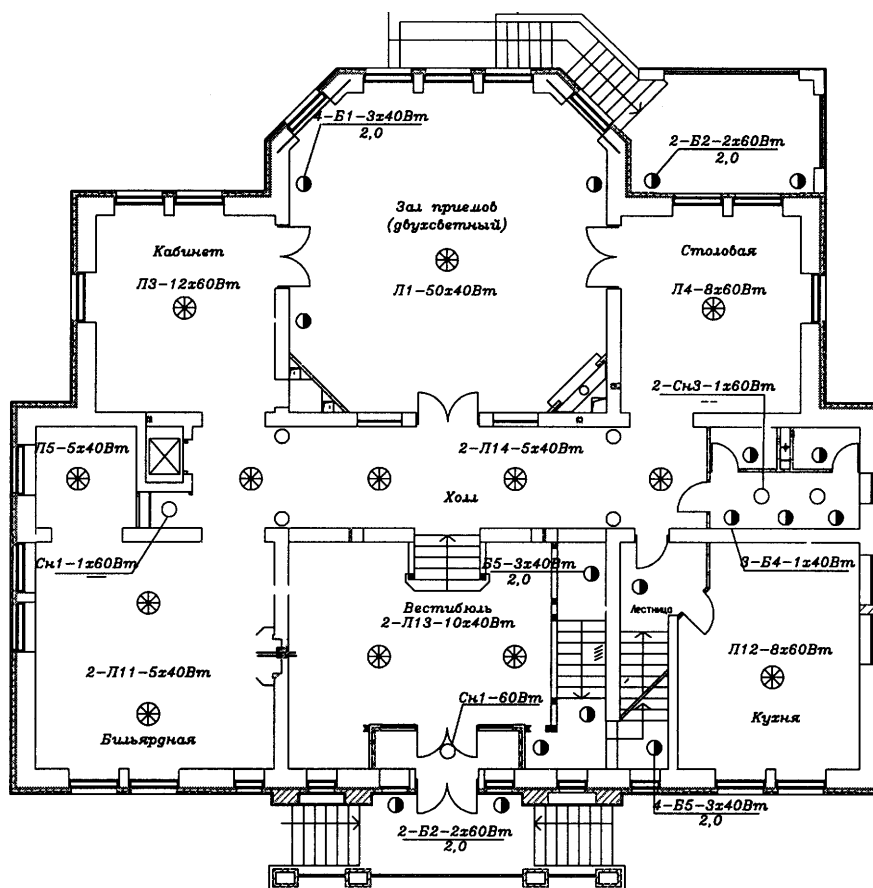


Рис. 3.1а. План коттеджа - размещение светильников

Помещения индивидуального дома можно условно разделить на следующие группы по функциональным особенностям и управлению освещением:

- гостиная,
- спальни, детские,
- кабинет,
- коридоры и лестницы,
- кухня, столовая,
- подвал,
- гараж,
- бассейн, сауна,
- сад, площадка перед домом.

В табл. 3.2 наряду с удельными мощностями приведены рекомендуемые способы управления освещением в рассматриваемых помещениях. Управление освещением может быть централизованным и местным. Существует также возможность дистанционного и автоматизированного управления освещением.

На рис. 3.1 приведены план коттеджа с примером размещения светильников и план групповой сети от щитка освещения.

Обозначения типов светильников на планах следующее: Л – многоламповая люстра, Б – настенный светильник (бра), С<sub>н</sub> – светильник с лампой накаливания, С<sub>кл</sub> – светильник с компактной люминесцентной лампой.

Управление освещением спален, коридоров и т.п. рекомендуется выполнять по схемам управления из нескольких мест с применением приборов плавного или дистанционного управления освещением.

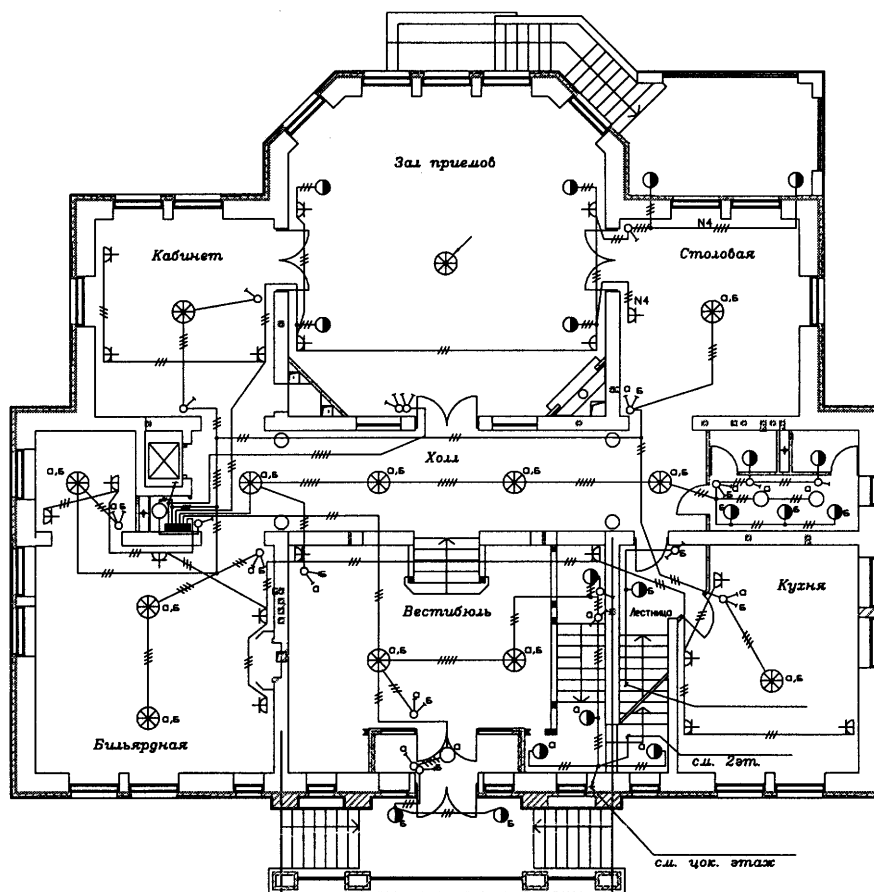


Рис. 3.1а. План коттеджа - групповой сети

### 3.3. Управление электрическим освещением

Наряду с традиционными схемами управления освещением из одного или нескольких мест с помощью обычных выключателей, аппаратура фирмы Schneider Electric позволяет реализовывать более сложные схемы с учетом особенностей отдельных помещений или объектов.

На рис. 3.2 и 3.3 приведены схемы управления электрическим освещением лестничных пролетов, переходов, вестибюлей, столовой. На этих рисунках: DPN – выключатель автоматический; MIN – регулятор выдержки времени (размыкание цепи через заданное время); TL – импульсное реле; K1– K4 – кнопки дистанционного управления.

На рис. 3.2 включение освещения осуществляется кнопками дистанционного управления через реле времени MIN. Включение автоматическое с выдержкой времени на отключение.

На рис. 3.3 управление освещением осуществляется через импульсное реле TL кнопками для зон:  
 - переход и лестничная площадка;  
 - столовая.

Управление освещением рассматриваемых помещений удобно осуществлять с нескольких мест. Включение в схему управления импульсного реле позволяет производить включение-выключение одним нажатием клавиши. При достаточно большой протяженности переходов рационально использовать такие приборы, как реле времени с возможностью задания нужной выдержки времени.

На рис. 3.4 приведена схема управления электрическим освещением гостиной. В таких помещениях также удобно иметь возможность управлять освещением с нескольких мест (кнопки K1–K3). Для создания разных режимов освещения – от полумрака до яркой обстановки приемов –

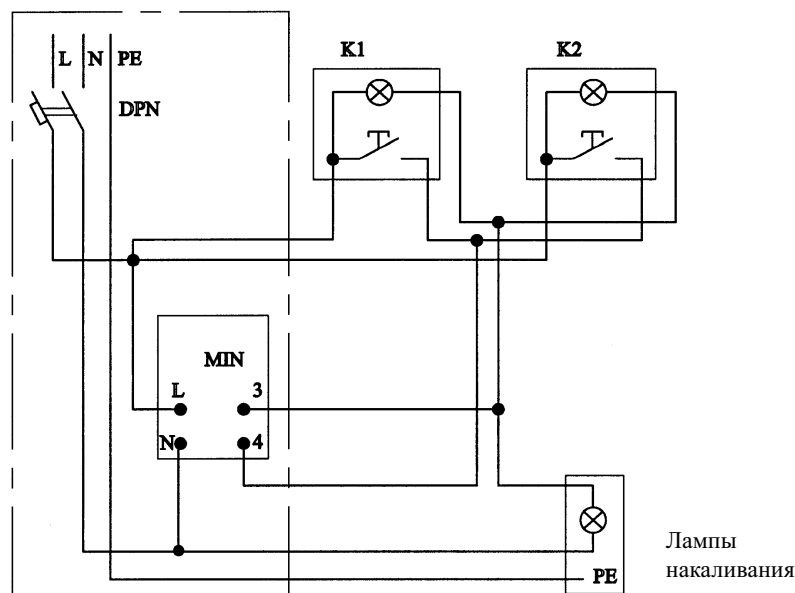


Рис. 3.2. Схема управления электрическим освещением лестничных пролетов, переходов, вестибюля

применяются светорегуляторы (TV700, TVe700, диммеры, выключатель Unica U5.552.xxZ и переключатель U5.553.xxZ, устанавливаемые вместо обычных клавишных выключателей). Эта аппаратура позволяет снижать световой поток источников света.

На рис. 3.5 приведена схема управления электрическим освещением плавательного бассейна. На этом рисунке: DPN N Vigi – выключатель автоматический с УЗО; IC 2000 P – сумеречный выключатель (фотореле); CT25A2P – контактор; АСТс – вспомогательное устройство к контактору СТ; К1 – кнопка дистанционного управления; D – выносной датчик фотореле.

Для открытого бассейна имеет смысл, чтобы уровень освещенности менялся в зависимости от естественного освещения. Такое регулирование светового потока источников света осуществляется с помощью так называемого сумеречного выключателя. Регулировать световой поток можно вручную через специальное вспомогательное устройство (АСТ).

Для управления электрическим освещением подземной автостоянки (рис. 3.6) рационально использовать детектор движения CDM в сочетании с контактором СТ. При появлении движущегося объекта (машины или человека) автоматически включается освещение, а при его отсутствии освещение автоматически выключается.

Управление электрическим освещением подвала может иметь различные варианты. Рассмотрим два из них. Управление освещением может осуществляться через реле времени MINp (рис. 3.7) с помощью кнопок, установленных при входе или внутри подвала.

При добавлении в схему управления к реле времени приставки предварительного извещения PRE о выключении освещения (рис. 3.8) можно устанавливать время предварительного извещения от 20 до 40 с. Извещение осуществляется путем постепенного снижения освещенности на 50%.

Для управления электрическим освещением парковки (рис. 3.9), как и для открытого бассейна, уровень освещенности рационально менять в зависимости от естественного освещения. Такое регулирование светового потока источников света осуществляется с помощью так называемого сумеречного выключателя IC2000P. Регулировать световой поток можно вручную через специальное вспомогательное устройство АСТ.

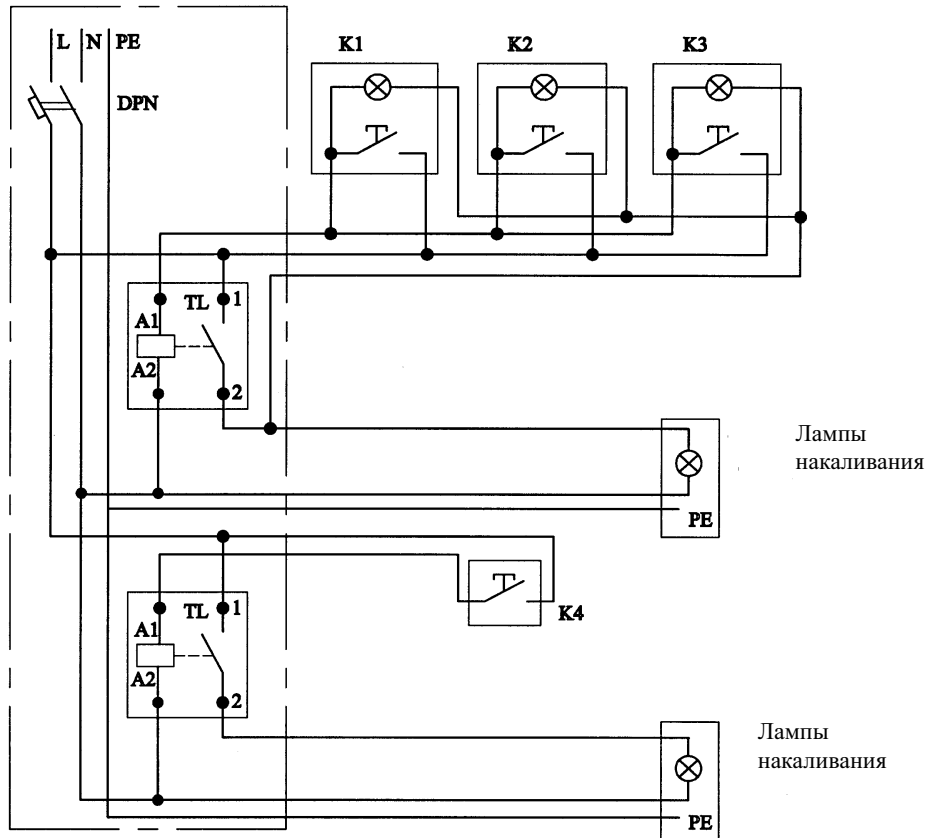


Рис. 3.3. Схема управления электрическим освещением перехода, лестничной площадки, столовой

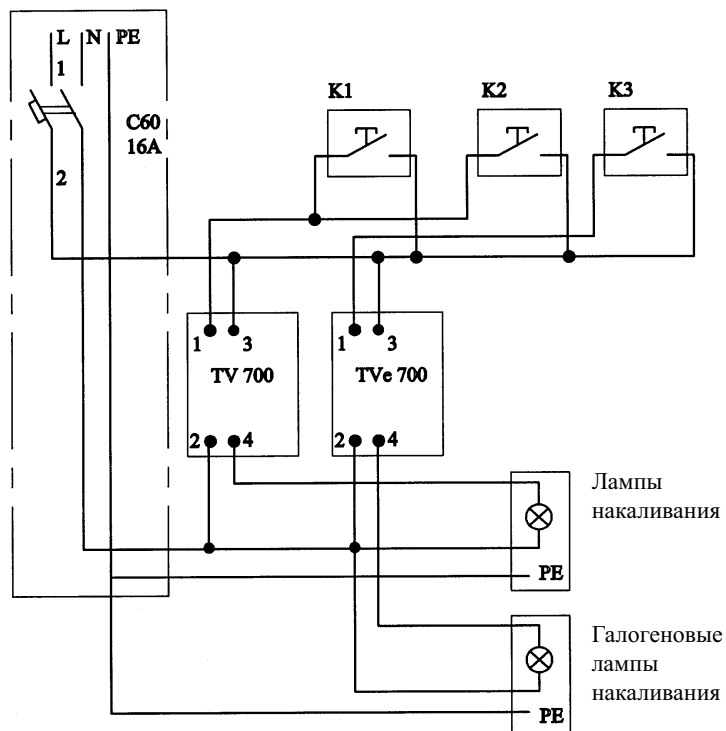


Рис. 3.4. Схема управления электрическим освещением гостиной

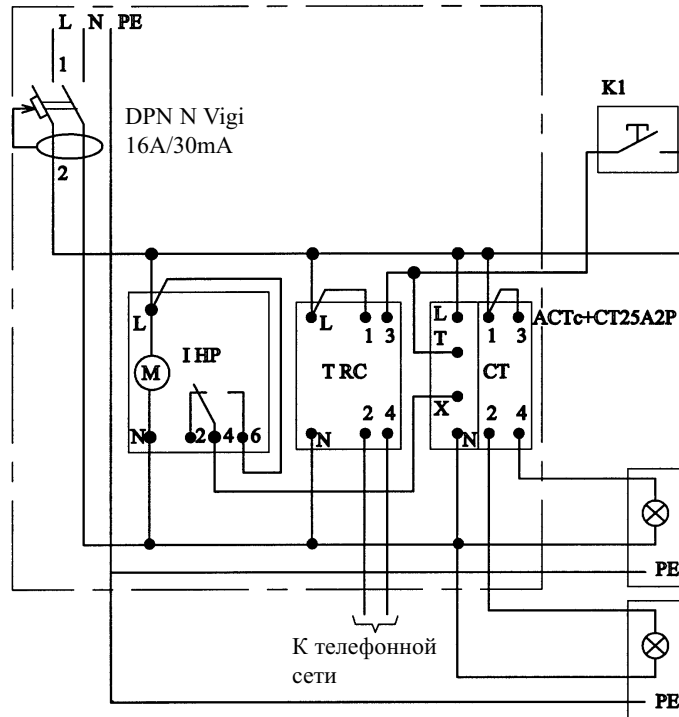


Рис. 3.5. Схема управления электрическим освещением плавательного бассейна

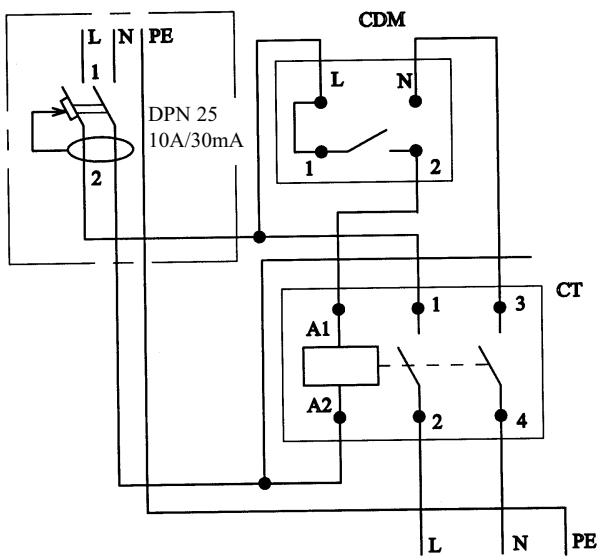


Рис. 3.6. Схема управления электрическим освещением подземной автостоянки

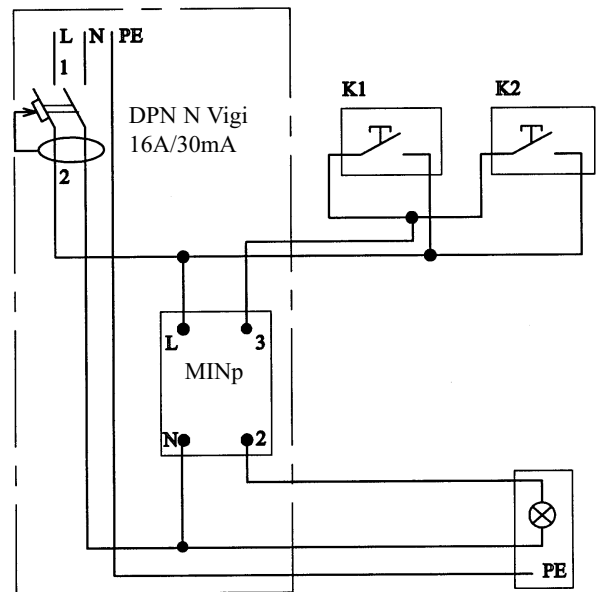


Рис. 3.7. Схема управления электрическим освещением подвала с регулятором выдержки времени

DPN N Vigi – выключатель автоматический с дифференциальной защитой  
 MINp - регулятор выдержки времени (размыкание цепи через заданное время)  
 K1, K2 – кнопки дистанционного управления

Выключение освещения происходит с задержкой времени с постепенным снижением освещения на 50 % приставкой PRE.

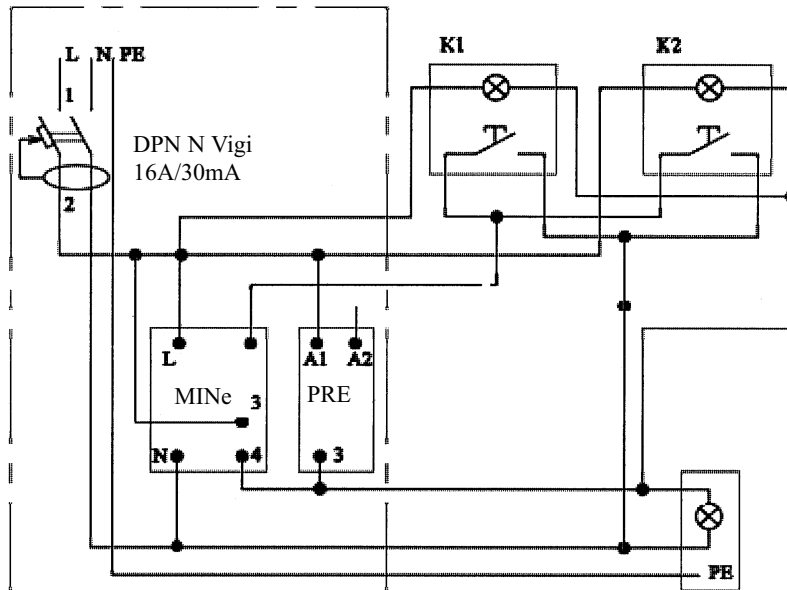


Рис. 3.8. Схема управления электрическим освещением подвала с предварительным извещением об отключении освещения

- DPN N Vigi – выключатель автоматический с дифференциальной защитой
- MINe - регулятор выдержки времени (размыкание цепи через заданное время)
- PRE - приставка к реле времени предварительного извещения о выключении освещения
- K1, K2 – кнопки дистанционного управления

Задержка на отключение реле времени устанавливается кнопками:

- кратким нажатием на кнопку можно установить непродолжительную задержку времени до 20 мин.

Для обеспечения безопасности производится предупреждение об отключении света путем уменьшения яркости освещения приставкой к реле времени PRE.

Прибором PRE можно устанавливать время предварительного извещения о выключении освещения от 20 до 40 с.

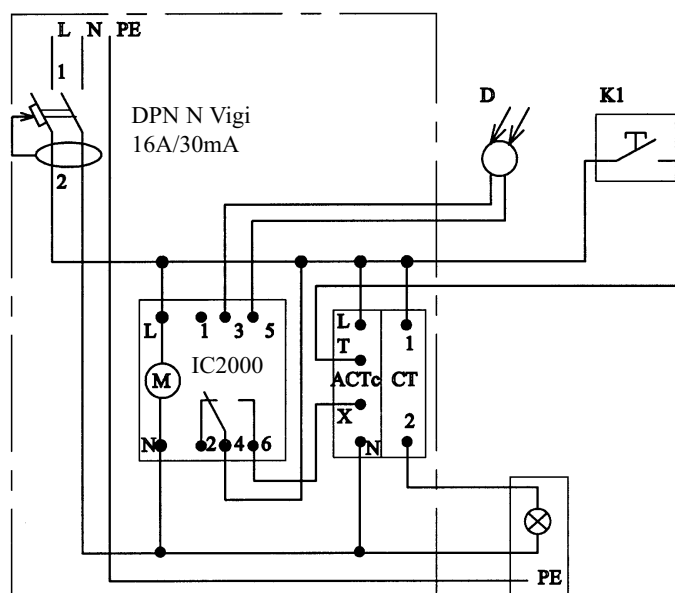


Рис. 3.9. Схема управления электрическим освещением парковки

## Глава 4. Выбор защитной и коммутационной аппаратуры

### 4.1. Общие принципы выбора защитной аппаратуры

Любая электроустановка должна быть защищена устройствами автоматического отключения в случае появления сверхтоков или недопустимых токов утечки. Под сверхтоком понимается любой ток, превышающий номинальный. В основном сверхтоки появляются вследствие перегрузки или короткого замыкания.

Устройства защиты должны выбираться с учетом параметров электроустановки, ожидаемых токов короткого замыкания, характеристик нагрузки, условий прокладки и тепловых характеристик проводников.

В соответствии с ПУЭ для электроустановок напряжением до 1 кВ и с системой заземления TN, характеризующейся глухозаземленной нейтралью источника питания и присоединением открытых токопроводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников, принятой для жилых зданий, в целях обеспечения электробезопасности время автоматического отключения не должно превышать значений, указанных ниже:

Номинальное фазное напряжение, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

В качестве защитной аппаратуры автоматического отключения применяются плавкие предохранители и автоматические выключатели.

*Плавкий предохранитель* – это коммутационный аппарат, который вследствие расплавления одного или более специально спроектированных и калиброванных элементов размыкает цепь, в которую он включен, и отключает ток, когда он превышает заданную величину в течение достаточного времени.

*Автоматический выключатель* – это механический коммутационный аппарат, способный включать, пропускать и отключать токи при нормальном состоянии цепи, а также включать, выдерживать в течение заданного времени и автоматически отключать токи в аномальном состоянии цепи, такие как токи короткого замыкания.

Учитывая, что электроустановки жилищ повышенной комфортности и коттеджей в последние годы оснащаются в основном автоматическими выключателями, ниже рассматривается только этот вид защитной аппаратуры.

В основу выбора защитной аппаратуры в зависимости от величины токов КЗ положено, что кривая время-токовой характеристики, соответствующая допустимой тепловой нагрузке защищаемой электросети, должна лежать выше зоны время-токовой характеристики устройства защиты для всех возможных токов КЗ между минимальным и максимальным значениями.

Под время-токовой характеристикой подразумевается кривая, отражающая взаимосвязь времени и ожидаемого тока в определенных условиях эксплуатации. Указанный принцип проиллюстрирован на рис. 4.1.

Для установленного времени срабатывания защиты кривая допустимых значений  $I^2t$  (интеграл Джоуля) защищаемого проводника должна лежать выше кривой  $I^2t$  защитного устройства, так как кривая характеристики  $I^2t$  устройства защиты характеризует максимальные рабочие значения  $I^2t$  как функцию ожидаемого тока КЗ. Значения  $I^2t$  аппаратов защиты приводятся в технических данных предприятиями-изготовителями.

Время отключения полного тока КЗ в любой точке цепи не должно превышать времени, в течение которого температура проводников достигает допустимого предела. Это время для защищаемого проводника может быть приблизительно вычислено по формуле

$$\sqrt{t} = \frac{KS}{I} \text{ или } I^2 t = K^2 \cdot S^2,$$

где  $t$  – продолжительность, с;

$S$  – сечение проводника, мм<sup>2</sup>;

$I$  – действующее значение тока КЗ, А;

$K = 115$  или  $135$  – для медных проводников ( $115$  – с поливинилхлоридной изоляцией,  $135$  – с резиновой изоляцией и с изоляцией из сшитого полиэтилена);

$K = 74$  и  $87$  – для алюминиевых проводников ( $74$  – с поливинилхлоридной изоляцией,  $87$  – с резиновой изоляцией и изоляцией из сшитого полиэтилена).

$K = 115$  – для соединений пайкой медных проводников.

Предельно допустимые значения температуры нагрева проводников приводятся в ПУЭ.

Автоматическая защита от перегрузки предназначена для отключения электросети при протекании по проводникам тока перегрузки раньше, чем такой ток мог бы вызвать повышение температуры проводников, опасное для изоляции, соединений, зажимов или среды, окружающей проводники.

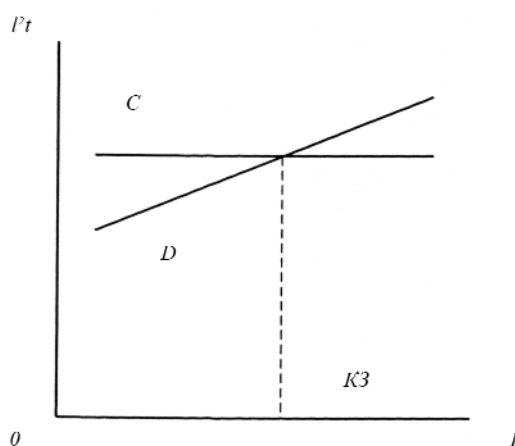


Рис. 4.1. Характеристики автоматического выключателя и защищаемого проводника

C – кривая характеристики допустимого  $I^2t$ ;

D –  $I^2t$  характеристика автоматического выключателя;

KЗ – максимальный ток КЗ, при котором обеспечивается защита автоматическим выключателем.

Рабочая характеристика любого защитного устройства, защищающего кабель от перегрузки, должна отвечать условиям:

$$I_p \leq I_n \leq I_d;$$

$$I_3 \leq 1,45 \cdot I_d,$$

где  $I_p$  – рабочий ток цепи;  $I_d$  – допустимый длительный ток кабеля;  $I_n$  – номинальный ток устройства защиты (устройства защиты с регулируемым номинальным током  $I_n$  является ток выбранной уставки);  $I_3$  – ток, обеспечивающий надежное срабатывание устройства защиты.

Практически  $I_3$  принимают равным:

- току срабатывания при заданном времени срабатывания для автоматических выключателей;
- току плавления плавкой вставки при заданном времени срабатывания для предохранителей.



Для выполнения защитных функций автоматические выключатели оснащаются различными расцепителями.

В общем виде *расцепитель* – это устройство, механически связанное с автоматическим выключателем (или встроенное в него), которое освобождает удерживающее устройство в механизме автоматического выключателя и вызывает автоматическое срабатывание выключателя.

В автоматических выключателях бытового назначения применяются: максимальный расцепитель тока, максимальный расцепитель с обратозависимой выдержкой времени, максимальный расцепитель тока прямого действия и расцепитель перегрузки.

*Максимальный расцепитель тока* – расцепитель, вызывающий срабатывание автоматического выключателя с выдержкой времени или без нее, когда ток в этом расцепителе превышает заданное значение.

*Максимальный расцепитель тока с обратозависимой выдержкой времени* – максимальный расцепитель тока, срабатывающий после выдержки времени, находящейся в обратной зависимости от значения сверхтока.

*Максимальный расцепитель тока прямого действия* – максимальный расцепитель тока, срабатывающий непосредственно от протекающего тока в главной цепи автоматического выключателя.

*Расцепитель перегрузки* – максимальный расцепитель тока, предназначенный для защиты от перегрузок.

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

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

Уставки аппаратов защиты для взаиморезервируемых линий должны выбираться с учетом их послеаварийной нагрузки.

Автоматические выключатели характеризуются также включающей и отключающей способностью, предельной наибольшей отключающей способностью, рабочей наибольшей отключающей способностью и током отключения.

Так как наибольшие значения сверхтоков определяются токами короткого замыкания защищаемой цепи, при выборе выключателей в процессе проектирования необходимо учитывать указанные параметры.

В случаях последовательного соединения двух автоматических выключателей возникает проблема *селективности* их срабатывания, которая заключается в обеспечении отключения защищаемой цепи выключателем со стороны нагрузки до того, как отключение начнет второй выключатель со стороны питания.

Селективность характеризуется предельным током. Предельный ток селективности – это предельное значение тока:

- ниже которого при наличии двух последовательно соединенных аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки успевает завершить процесс отключения до того, как его начнет второй аппарат (т.е. обеспечивается селективность);

- выше которого при наличии двух последовательно соединенных аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки может не успеть завершить процесс отключения до того, как его начнет второй аппарат (т.е. селективность не обеспечивается).

Величина предельного тока селективности определяется координатой точки пересечения время-токовой характеристики в зоне наибольшей отключающей способности защитного аппарата на стороне нагрузки и время-токовой характеристикой расцепителя другого аппарата.

В бытовых электроустановках в целях защиты от сверхтоков используются, как правило, автоматические выключатели, выпускаемые по ГОСТ Р 50345–99, который аутентичен международному стандарту МЭК 60898–95.

В табл. 4.1 приведены предпочтительные значения номинального напряжения автоматических выключателей, выпускаемых в соответствии с указанным ГОСТом.

Предпочтительные значения номинального напряжения

Выключатели	Цепь питания выключателя	Номинальное напряжение, В
Однополюсные	Однофазная (фаза с нейтралью)	230
	Однофазная (фаза с нулевым заземленным проводом или фаза с нейтралью)	120
	Однофазная (фаза с нейтралью) или трехфазная (три однополюсных автоматических выключателя) (трех- или четырехпроводная)	230 / 400
Двухполюсные	Однофазная (фаза с нейтралью)	230
	Однофазная (фаза с фазой)	400
	Однофазная (фаза с фазой, трехпроводная)	120 / 240
Трехполюсные	Трехфазная (трех- или четырехпроводная)	240
Четырехполюсные		400

К предпочтительным значениям номинального тока, установленного ГОСТом, относятся: 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 и 125 А.

Стандартные значения номинальной частоты 50 и 60 Гц.

Стандартные значения номинальной отключающей способности: 1500, 3000, 4500, 6000, 10 000 А.

Стандарт определяет три типа характеристик мгновенного расцепления: В, С и D. Ниже приведены диапазоны мгновенного расцепления выключателя в зависимости от кратности сверхтока по отношению к номинальному  $I_n$ :

Тип защитной характеристики	Диапазон
В	Свыше $3 I_n$ до $5 I_n$ включительно
С	Свыше $5 I_n$ до $10 I_n$ включительно
D	Свыше $10 I_n$ до $14 I_n$ включительно

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, сауны и т.п. При выборе автоматического выключателя необходимо учитывать предполагаемую температуру окружающей среды в месте его установки.

В каталогах приводится номинальный ток выключателя для температуры окружающей среды  $30^{\circ}\text{C}$ . Повышение температуры сверх  $30^{\circ}\text{C}$  приводит к преждевременному срабатыванию теплового расцепителя, так как его температура достигает уровня срабатывания при меньших значениях тока. Поэтому при установке автоматических выключателей в местах, где температура окружающей среды превышает номинальную, равную  $30^{\circ}\text{C}$ , номинальное значение тока выключателя уменьшается:

$$I_{nt} < I_{na}, \quad I_{nt} = \frac{I_{na} \cdot \sqrt{\Delta\Theta_n}}{\Delta\Theta_n} \quad \text{или} \quad I_{nt} = I_a K_t,$$

где  $I_{nt}$  – допустимый ток при температуре окружающей среды  $t^{\circ}\text{C}$ , отличной от номинальной  $t_{o.c.n} = 30^{\circ}\text{C}$ ;

$I_{na}$  – номинальный ток автоматического выключателя при номинальной (расчетной) температуре окружающей среды;

$\Delta\Theta_n$  – превышение температуры срабатывания теплового расцепителя над номинальной расчетной температурой окружающей среды  $t_{o.c.n} = 30^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta\Theta_t = t_{cp} - t_{o.c.n}$ ;

$$K_t = \frac{\sqrt{\Delta\Theta_t}}{\Delta\Theta_n} = \frac{I_{нт}}{I_n} \quad \text{– температурный коэффициент, учитывающий уменьшение (увеличение)}$$

допустимого тока автоматического выключателя в зависимости от температуры окружающей среды в месте его установки.

Здесь  $\Delta\Theta_t$  – превышение температуры срабатывания  $t_{cp}$  теплового расцепителя над температурой окружающей среды,  $\Delta\Theta_t = t_{cp} - t_{o.c}$ ;

Для выключателей бытового назначения ориентировочные значения величины  $K_t$  в зависимости от температуры окружающей среды в месте установки приведены ниже:

$t_{o.c}$ ....	20	30	35	40	45	50	55	60
$K_t$ ....	1,05	1	0,97	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84

Кроме того, для модульных автоматических выключателей бытового назначения, устанавливаемых в шкафах рядом друг с другом на рейках, следует использовать величину  $0,8K_t$ .

Выбор автоматических выключателей в тех случаях, когда температура окружающей среды больше или меньше стандартной контрольной, при которой определялись его номинальные данные, производится с использованием температурного коэффициента  $K_t$  по формуле

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} \cdot K_t \geq I_{рас.маx}$$

где  $I_{н.р}$  – номинальный ток расцепителя.

*Пример:*

Дано:

1. Максимальный расчетный ток нагрузки  $I_{рас.маx} = 20$  А.

2. Температура окружающей среды в месте установки  $t_{o.c} = +55^{\circ}\text{C}$  при этом  $I_{рас.маx} = I_{нт}$ .

Номинальный ток автоматического выключателя при нормальных условиях должен быть:

$$I_{н.а} = \frac{I_{рас.маx}}{K_t}.$$

По приведенным выше данным  $K_t$  для  $55^{\circ}\text{C}$  равен 0,87. Отсюда  $\frac{I_{рас.}}{0,87} \cong 23$ . Принимаем автоматический выключатель с номинальным током 25 А.

Если выключатель установлен в ряд с другими автоматами, в металлическом шкафу, то его номинальный ток определяется по формуле

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{рас.маx}}{0,8 \cdot K_t} = \frac{20}{0,8 \cdot 0,87} \approx 28,7 \text{ А.}$$

Принимаем к установке автоматический выключатель с номинальным током  $I_{н.а} = 32$  А.

## 4.2. Принципы выбора коммутационной аппаратуры

К коммутационным аппаратам относится достаточно широкий спектр электрооборудования, с помощью которого осуществляется включение-отключение как основных токовых цепей, так и цепей управления.

Для коммутации основных токовых цепей наряду с рассмотренными выше автоматическими выключателями используются рубильники, переключатели, контакторы, магнитные пускатели и т.п.

Для коммутации цепей управления используются различные реле, как мгновенного действия, так и реле с выдержкой времени на замыкание и размыкание контактов, кнопки и ключи (переключатели) управления и пр.

Аппаратура для коммутации цепи управления может содержать аппарат для цепи управления и связанные с ним устройства, например световые индикаторы.

Аппарат для цепей управления может содержать один или несколько коммутационных элементов и механизм передачи усилия переключения. Коммутационный элемент может быть контактным или полупроводниковым.

Выбор при проектировании аппаратов из рассматриваемой группы определяется следующими основными параметрами:

- номинальным напряжением и потребляемым током катушек;
- коммутационной способностью контактов или выходных полупроводниковых цепей (номинальное напряжение, номинальный ток коммутируемой цепи);
- для реле с выдержкой времени – диапазоном выдержки времени.

Не менее важными факторами являются способ установки аппарата (под винт, на DIN-рейку) и присоединение проводов (переднее, заднее).

## 4.3. Защитная аппаратура фирмы *Schneider Electric*

В номенклатуре фирмы *Schneider Electric* требованиям российских ГОСТов соответствует ряд автоматических выключателей. Технические данные некоторых из них, которые рекомендуется применять для бытовых целей и в первую очередь, в квартирах повышенной комфортности и коттеджах приведены в табл. 4.2.

На рис. 4.2 для примера показаны время-токовые кривые В, С и D автоматических выключателей серии С60а.

Как отмечалось в п. 4.1, величина предельно допустимого тока автоматического выключателя зависит от температуры окружающей среды. В табл. 4.3 и 4.4 даны зависимости рабочего тока выключателей серий С60 и NG125 от температуры окружающей среды.

### *Пример:*

Если номинальный ток автоматического выключателя С60N равен 20 А, то при температуре +50°С его рабочий ток будет 17,8 А.

Автоматические выключатели серий С60, С120 и DPN N комплектуются рядом вспомогательных электрических устройств (табл. 4.5). Эти устройства позволяют осуществлять дистанционное отключение и сигнализацию состояния автоматических выключателей С60, С120 и DPN N. При монтаже на DIN-рейку они монтируются с левой стороны от выключателя.

**Технические данные автоматических выключателей из номенклатуры Schneider Electric,  
рекомендуемых для использования в квартирах повышенной комфортности и в коттеджах**

Тип	Число полюсов и схема	Номинальные		Ток отключения, А	Предельный ток отключения, кА
		напряжение, В	ток ( $I_{НОМ}$ ), А		
C60a	1. Рисунки из каталога 2001 г. стр. 10	230–240	от 2 до 40 при 30°C	4500	5
	2. То же	400–415	от 2 до 40 при 30°C	4500	5
	3. То же	400–415	от 2 до 40 при 30°C	4500	5
	4. То же	400–415	от 2 до 40 при 30°C	4500	5
C60N		230–240	от 0,5 до 63 при 30°C	6000	10
	Аналогично C60a	400–415	от 0,5 до 63 при 30°C	6000	10
		400–415	от 0,5 до 63 при 30°C	6000	10
		400–415	от 0,5 до 63 при 30°C	6000	10
C60H		230–240	от 0,5 до 63 при 30°C	10000	15
	Аналогично C60a	400–415	от 0,5 до 63 при 30°C	10000	15
		400–415	от 0,5 до 63 при 30°C	10000	15
		400–415	от 0,5 до 63 при 30°C	10000	15
C60L		230–240	от 0,5 до 25	25000	25
			32, 40	20000	20
			50, 63	15000	15
	Аналогично C60a	230	от 0,5 до 25	до 50000	25
			32, 40	до 40000	20
			50, 63	до 30000	15
		230	от 0,5 до 25	до 50000	25
			32, 40	до 40000	20
			50, 63	до 30000	15
		230	от 0,5 до 25	до 50000	25
			32, 40	до 40000	20
			50, 63	до 30000	15
C120N		130, 230–240, 400–415	63-125	20000	20
				10000	10
				3000	3
	Аналогично	230–240 400–415 440	63-125	20000	20
				10000	10
				6000	6
	C60a	230–240 400–415 440	63-125	20000	20
				10000	10
				6000	6
		230–240 400–415 440	63-125	20000	20
				10000	10
				6000	6

Таблица 4.2

Диапазон срабатывания электромагнитной защиты			Количество модулей с шагом 9 мм	Масса, г	Присоединение и установка
кривая В	кривая С	кривая D			
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	—	2	110	Через зажимы для кабелей сечением: 25 мм <sup>2</sup> при $I_H$ 25 А 35 мм <sup>2</sup> при $I_H$ от 32 до 40 А Установка: в щитках Prisma или Pragma
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	—	4	220	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	—	6	340	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	—	8	450	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	2	110	Через зажимы для кабелей сечением: 25 мм <sup>2</sup> при $I_H \leq 25$ А 35 мм <sup>2</sup> при $I_H \leq 63$ А Установка: в щитках Prisma или Pragma
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	4	220	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	6	340	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	8	450	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	2	110	Через зажимы для кабелей сечением: 25 мм <sup>2</sup> при $I_H \leq 25$ А 35 мм <sup>2</sup> при $I_H \leq 63$ А Установка: в щитках Prisma или Pragma
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	4	220	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	6	340	
$3I_H - 5 I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	8	450	
$3,2I_H - 4,8 I_H$	$7I_H - 10I_H$	—	2	110	Через зажимы для кабелей сечением: 25 мм <sup>2</sup> при $I_H \leq 25$ А 35 мм <sup>2</sup> при $I_H \leq 63$ А Установка: в щитках Prisma или Pragma
$3,2I_H - 4,8 I_H$	$7I_H - 10I_H$	—	4	220	
$3,2I_H - 4,8 I_H$	$7I_H - 10I_H$	—	6	340	
$3,2I_H - 4,8 I_H$	$7I_H - 10I_H$	—	8	450	
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	3	205	Через зажимы для гибких кабелей сечением от 1,5 до 35 мм <sup>2</sup> . Через зажимы для жестких кабелей сечением от 1 до 50 мм <sup>2</sup> . Открытый монтаж или в щитках Pragma или Prisma
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	6	410	
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	9	615	
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	12	820	

Тип	Число полюсов и схема	Номинальные		Ток отключения, А	Предельный ток отключения, кА
		напряжение, В	ток ( $I_{НОМ}$ ), А		
С120Н		130, 230–240, 400–415	10-125	1500	30 15 4,5
	Аналогично	230–240 400–415 440	10-125	1500	30 15 10
	С60а	230–240 400–415 440	10-125	1500	30 15 10
		230–240 400–415 440	10-125	1500	30 15 10
NG125N	стр. 16 каталога 2001 г.	220–240	от 10 до 80 при 40°С	25000	25
		380–415	от 10 до 80 при 40°С	25000	25
		380–415	от 10 до 125 при 40°С	25000	25
		380–415	от 80 до 125 при 40°С	25000	25
		380–415	от 10 до 125 при 40°С	25000	25
NG125H	стр. 17 каталога 2001 г.	220–240	от 10 до 80 при 40°С	36000	36
		380–415	от 10 до 80 при 40°С	36000	36
		380–415	от 10 до 80 при 40°С	36000	36
		380–415	от 10 до 80 при 40°С	36000	36
NG125L	Аналогично 1	220–240	от 10 до 80 при 40°С	50000	50
		380–415	от 10 до 80 при 40°С	50000	50
		380–415	от 10 до 80 при 40°С	50000	50
		380–415	от 10 до 80 при 40°С	50000	50
DPN N		230	от 6 до 40 при 30°С	4500	—

Диапазон срабатывания электромагнитной защиты			Количество модулей с шагом 9 мм	Масса, г	Присоединение и установка
кривая В	кривая С	кривая D			
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	3	205	Через зажимы для гибких кабелей сечением от 1,5 до 35 мм <sup>2</sup> . Через зажимы для жестких кабелей сечением от 1 до 50 мм <sup>2</sup> . Открытый монтаж или в щитках Pragma или Prisma
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	6	410	
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	9	615	
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	$10I_H - 14I_H$	12	820	
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	3	240	При $I_H < 63$ А: через зажимы для медного кабеля сечением от 1,5 до 50 мм <sup>2</sup> ; При $I_H$ от 80 до 125 А: через зажимы для медного кабеля сечением от 16 до 70 мм <sup>2</sup> . Алюминиевый или медный кабель с наконечником, или шинки для присоединения. Втычные контакты "Фастон" для присоединения вспомогательных цепей. Установка в щитах Pragma F, шкафах Prisma G/GX и Prisma P
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	6	480	
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	9	720	
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	12	960	
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	12	960	
—	$8I_H, \pm 20\%$	—	3	240	При $I_H < 63$ А: через зажимы для медного кабеля сечением от 1,5 до 50 мм <sup>2</sup> ; При $I_H$ от 80 до 125 А: через зажимы для медного кабеля сечением от 16 до 70 мм <sup>2</sup> .  Алюминиевый или медный кабель с наконечником, или шинки для присоединения;  Втычные контакты "Фастон" для присоединения вспомогательных цепей. Установка в щитах Pragma F, шкафах Prisma G/GX и Prisma P
—	$8I_H, \pm 20\%$	—	6	480	
—	$8I_H, \pm 20\%$	—	9	720	
—	$8I_H, \pm 20\%$	—	12	960	
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	3	240	При $I_H < 63$ А: через зажимы для медного кабеля сечением от 1,5 до 50 мм <sup>2</sup> ; При $I_H$ от 80 до 125 А: через зажимы для медного кабеля сечением от 16 до 70 мм <sup>2</sup> . Алюминиевый или медный кабель с наконечником, или шинки для присоединения; Втычные контакты "Фастон" для присоединения вспомогательных цепей. Установка в щитах Pragma F, шкафах Prisma G/GX и Prisma P
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	6	480	
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	9	720	
$4I_H, \pm 20\%$	$8I_H, \pm 20\%$	$12I_H, \pm 20\%$	12	960	
$3I_H - 5I_H$	$5I_H - 10I_H$	—	2	90	



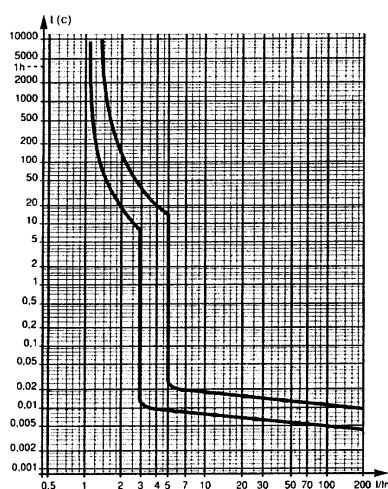
Зависимость рабочего тока выключателей серии С60а, С60N и С60Н от температуры окружающей среды

Номинальный ток выключателя, А	Рабочий ток выключателя, А, при температуре окружающей среды, °С								
	20°С	25°С	30°С	35°С	40°С	45°С	50°С	55°С	60°С
1	1,05	1,02	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85
2	2,08	2,04	2,00	1,96	1,92	1,88	1,84	1,80	1,74
3	3,18	3,09	3,00	2,91	2,82	2,70	2,61	2,49	2,37
4	4,24	4,12	4,00	3,88	3,76	3,64	3,52	3,36	3,24
6	6,24	6,12	6,00	5,88	5,76	5,64	5,52	5,40	5,30
10	10,6	10,3	10,0	9,70	9,30	9,00	8,60	8,20	7,80
16	16,8	16,5	16,0	15,5	15,2	14,7	14,2	13,8	13,3
20	21,0	20,6	20,0	19,4	19,0	18,4	17,8	17,4	16,8
25	26,2	25,7	25,0	24,2	23,7	23,0	22,2	21,5	20,7
32	33,5	32,9	32,0	31,4	30,4	29,8	28,4	28,2	27,5
40	42,0	41,2	40,0	38,8	38,0	36,8	35,6	34,4	33,2
50	52,5	51,5	50,0	48,5	47,4	45,5	44,0	42,5	40,5
63	66,2	64,9	63,0	61,1	58,0	56,7	54,2	51,7	49,2

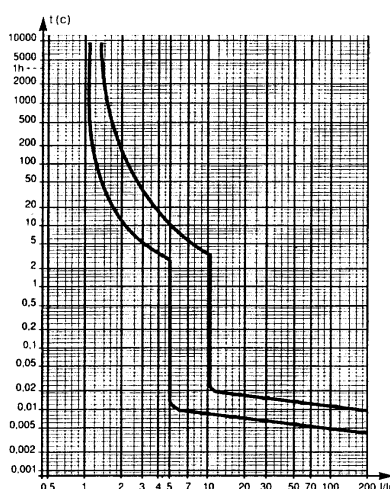
Таблица 4.4

Рабочий тока выключателей серии NG125N, NG125H и NG125L в зависимости от температуры окружающей среды

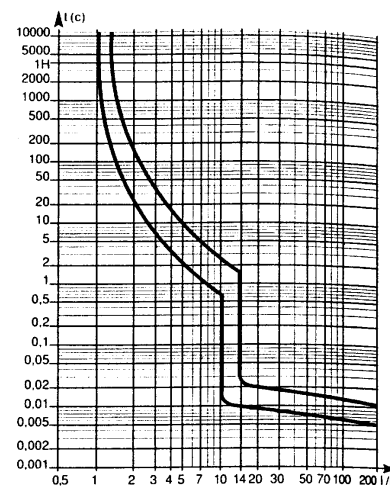
Номинальный ток выключателя, А	Рабочий ток выключателя при температуре окружающей среды, А								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	11,0	10,7	10,5	10,3	10,0	9,50	9,00	8,70	8,50
16	17,0	16,5	16,0	16,0	16,0	15,5	15,0	14,5	14,0
20	22,5	22,0	21,0	20,5	20,0	19,0	18,5	18,0	17,0
25	27,0	26,5	26,0	25,5	25,0	24,0	23,0	22,0	22,0
32	36,0	35,0	34,0	33,0	32,0	31,0	29,5	28,0	27,0
40	45,5	44,0	43,0	41,5	40,0	38,5	37,0	35,0	33,5
50	57,5	56,0	54,0	52,0	50,0	48,0	45,5	43,5	41,0
63	72,5	70,5	68,0	65,5	63,0	60,5	57,5	54,5	51,5
80	92,0	89,0	86,0	83,0	80,0	76,5	73,5	69,5	66,0
100	115,0	111,5	108,0	104,0	100,0	96,0	91,5	87,0	82,5
125	140,0	138,0	135,0	130,0	125,0	120,0	113,0	108,0	102,0



Кривая В



Кривая С



Кривая D

Рис. 4.2. Время-токовые характеристики автоматических выключателей С60а

## Вспомогательные электрические устройства для автоматических выключателей C60, C120, DPN N

Тип, обозначение	Наименование	Назначение	Схема	Напряжение, В	Номинальный ток блок-контактов, А	Число модулей с шагом 9 мм	Присоединение
MX+OF	Независимый расцепитель и блок-контакт	При подаче напряжения на обмотку независимого расцепителя происходит отключение выключателя: - выключатель может иметь блок-контакт SD для сигнализации повреждения - выключатель может иметь контакт OF для сигнализации состояний «Включено» и «Отключено»	Каталог 2001 г. стр. 21 MX+OF	~ 220-415 = 110-130 ~ 48 – 130 = 48 = 24	3	2	Присоединение кабелем с сечением до 2,5 мм <sup>2</sup>
					1		
MN	Расцепитель минимального напряжения мгновенного действия	При падении напряжения в сети до 35–70% происходит отключение выключателя и его блокировка до восстановления номинального напряжения	Каталог 2001 г. стр. 21 MN	~ 220-240 ~ 48 = 48	2	2	
MN	Расцепитель минимального напряжения с выдержкой времени	Расцепитель минимального напряжения с регулируемой выдержкой времени 0,2 с отстраивается от кратковременных падений напряжения. При необходимости может управляться кнопкой			2		
SD	Контакт сигнализации повреждения	Сигнализирует отключение из-за повреждения	Каталог 2001 г. стр. 21 SD или OF	~ 415 ~ 240 = 130 = 48 = 24	3	1	Присоединение кабелем с сечением до 2,5 мм <sup>2</sup>
OF	Блок-контакт состояния	Сигнализирует состояние выключателя «Включено», «Отключено»			6		

#### 4.4. Коммутационная аппаратура фирмы Schneider Electric

Коммутационная аппаратура, применяемая для жилища повышенной комфортности, наряду со своим прямым назначением должна обеспечивать:

- создание повышенной комфортности (уровень освещенности, климатические условия и пр.);
- экономию электроэнергии (отключение потребителей по задаваемому временному режиму, поддержание минимальных климатических условий при отсутствии жильцов и др.);
- интеллектуализацию жилища (автоматическое и дистанционное включение и отключение потребителей, плавное регулирование различных параметров, обеспечение безопасности и т.п.).

Фирма Schneider Electric предлагает широкий спектр коммутационной аппаратуры удовлетворяющей перечисленным требованиям. Ниже приведены данные по коммутационным аппаратам модульной конструкции фирмы Schneider Electric, рекомендуемым для применения в квартирах повышенной комфортности и в коттеджах.

*Выключатель нагрузки типа I.* Эти выключатели применяются для коммутации цепей под нагрузкой цепей от 20 до 100 А, имеющих защиту от перегрузки. Выпускаются в одно-, двух-, трех- и четырехполюсном исполнении. Однополюсное исполнение – на напряжение 250 В, остальные – на 415 В. В зависимости от числа полюсов выключатель занимает на DIN-рейке от 2 до 8 модулей с шагом 9 мм.

*Переключатели типа СМ.* Переключатели предназначены для ручного переключения с одной цепи на другую. Используются в гальванически связанных цепях. Выпускаются одно- и двухполюсными, двух- и трехпозиционными (рис. 4.3)<sup>1</sup>. Напряжение коммутируемой цепи 250 В, номинальный ток 20 А.

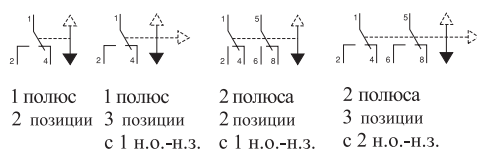


Рис. 4.3.\*\* Схема контактных групп переключателей СМ

*Контакторы типа СТ.* Модульные контакторы предназначены для коммутации электрических цепей с токами от 16 до 100 А. Выпускаются в одно-, двух-, трех- и четырехполюсном исполнении. Рабочее напряжение силовых цепей в одно- и двухполюсном исполнении 250 В, в трех- и четырехполюсном 400 В. Цепи управления: 24 В+10% постоянного тока, 220–240 В ±10% переменного тока. В зависимости от числа полюсов и тока коммутируемой цепи контактор занимает на DIN-рейке от 2 до 12 модулей с шагом 9 мм.

Для расширения функциональных возможностей контактора СТ выпускается серия *вспомогательных устройств*, данные о которых приведены в табл. 4.6. В этой же таблице приведены данные о различных реле, используемых для коммутации силовых цепей и цепей управления и позволяющих автоматизировать процессы переключения.

*Электрические реле времени ИВ* применяются в сочетании с контакторами СТ. Используются для подачи команд на замыкание и размыкание цепи в зависимости от заранее заданного пользователем времени перемещением перемычек на циферблате.

Реле выпускаются в модификациях по настройке времени: на 8 мин, 24 ч, 7 дней, 24 ч+7 дней. Напряжение питания 220–240 В, номинальный ток контактов 10 А. В зависимости от типоразмера реле занимает на DIN-рейке от 2 до 8 модулей с шагом 9 мм.

*Программируемые реле времени серии ИНР.* Используются для подачи команд на замыкание и размыкание одной или нескольких независимых цепей по запрограммированному времени.

<sup>1</sup>Здесь и далее рисунки, отмеченные двумя звездочками - по материалам Schneider Electric

Реле имеют широкий диапазон по настройке времени: 60 мин, 24 ч, 7 дней, 24ч+7дней, 365 дней. Напряжение питания 220–240 В. Номинальный ток контактов – от 10 до 16 А. Дополнительными функциями реле являются:

- автоматический перевод на зимнее/летнее время без программирования;
- корректировка постоянного отклонения времени;
- симуляция присутствия за счет установки случайного срабатывания;
- временная отмена программы на праздники, каникулы и т.д. (отмена включения или отмена выключения);
- пуск и останов;
- «предугадывание» коммутации;
- стирание записи о переключении для изменения или отмены определенной последовательности операций;
- постоянная индикация:
- часы и минуты;
- день недели;
- состояние выходных контактов (каналов).

На рис. 4.4 приведены схемы подключения программируемых реле времени ИНР для одной, трех и четырех цепей.

При монтаже на DIN-рейку в зависимости от числа коммутируемых цепей реле занимает от 5 до 10 модулей с шагом 9 мм.

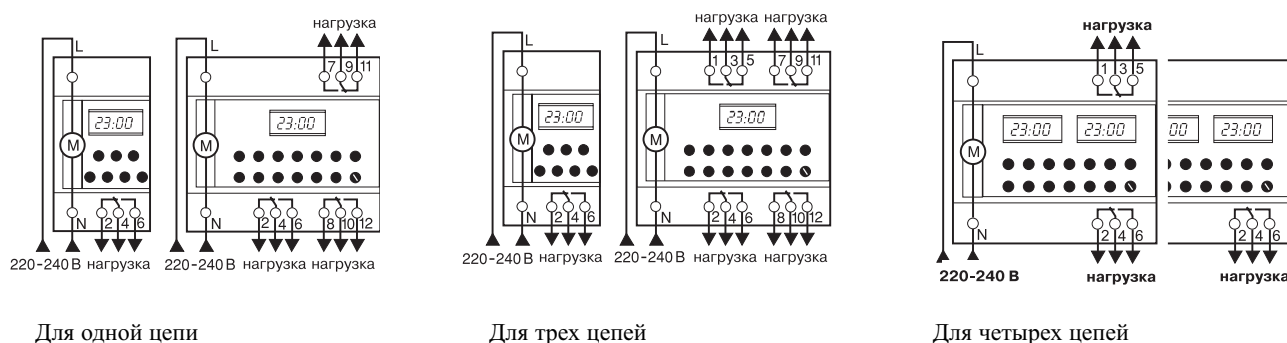


Рис. 4.4.\*\* Схемы подключений программируемых реле времени ИНР

*Регулятор выдержки времени MIN* используется для замыкания цепи питания люминесцентных ламп и ламп накаливания с последующим размыканием через заданное время.

Максимальная мощность люминесцентных ламп и ламп накаливания 200 Вт. Выдержка времени – от 1 до 7 мин. Плавное регулирование времени в пределах 15 с.

Циклическое повторение: после 20 с работы любое нажатие кнопки задает выдержку времени.

Ручное управление на передней панели на две позиции: «постоянное освещение» или «освещение с выдержкой времени».

Потребление: удержание 1,1 В•А; срабатывание: 200 В•А.

Номинальный ток контакта 16 А.

На DIN-рейке занимает два модуля с шагом 9 мм.

*Регулятор предварительного извещения о выключении освещения PRE.* Используется в сочетании с регулятором выдержки времени MIN. Оборудован защелкой для осветительных сетей с лампами накаливания (не применяется для люминесцентных ламп). Снижает освещенность до 50% в течение 20–40 с перед полным отключением света. На DIN-рейке занимает 2 модуля.

*Сумеречные выключатели IC200, IC2000 и IC2000P* предназначены для автоматического включения электрического освещения при достижении регулируемого порога освещенности.

Выключатель IC200 имеет порог срабатывания от 20 до 200 лк; выключатель IC2000 имеет два настраиваемых порога: от 20 до 35 лк или от 35 до 2000 лк.

## Вспомогательные устройства для контактора СТ

Тип	Наименование	Назначение	Технические характеристики	Число модулей с шагом 9 мм
АСТо+f	Вспомогательный контакт	Сигнализация и управление	1з и 1р контакты, номинальный ток 2 А	1
АТВ1s	Вспомогательное устройство	Прием команд через сеть типа BatiBus, исходящих от системы Isis. Обеспечивает возврат информации о положении механического или электрического исполнительного устройства для сигнализации на коммутационном центре Isis	Номинальное напряжение ~220-240 В	4
АСТt	Реле времени, обеспечивающее 4 варианта выдержки времени Т	<i>Выдержка времени типа А:</i> – выдержка времени при включении нагрузки под напряжением – одиночный цикл включения под напряжением – напряжение на нагрузку подается в конце выдержки времени Т  <i>Выдержка времени типа В</i> – выдержка времени после замыкания вспомогательного контакта (кнопки); – отсчет выдержки времени начинается с момента замыкания управляющего контакта; – нагрузка отключается в конце выдержки времени Т	Интервал времени – от 1с до 10 ч; Напряжение питания цепей управления – от 24 до 240 В Потребление 5 ВА Ток выхода: – 200 мА – длительный – 3 А – в течение 50 мс	2
АСТt		<i>Выдержка времени типа С:</i> – напряжение на нагрузку подается в момент замыкания управляющего контакта (кнопки импульса) – единичный цикл отсчета выдержки времени начинается с момента размыкания импульсного контакта – нагрузка отключается в конце выдержки времени Т  <i>Выдержка времени типа Н:</i> – позволяет подавать напряжение на определенное время – отсчет выдержки времени начинается с момента подачи напряжения – нагрузка отключается в конце выдержки времени Т		
АСТс	Вспомогательное устройство	Присоединяется к контактору и позволяет выполнять два типа команд: – командный локальный импульс (вход Т) – командный централизованный постоянный сигнал (вход Х) Последняя команда является приоритетной	Напряжение переменного тока – от 24 до 240 В Длительность импульса 250 мс Потребление: 3 ВА Отключение цепи: – < 1 с – сохраняет начальное состояние; – ≥ 5 с – восстановление от 0 Включение через входы Х или Т	2
АСТр	Вспомогательное устройство	Ограничение перенапряжения в цепи управления	Напряжение: 24–230 В переменного тока Потребление 3 ВА	2

Выключатель IC2000P представляет собой комбинацию сумеречного выключателя IC2000 с одноканальным программируемым сумеречным выключателем. Этот выключатель снабжен жидкокристаллическим дисплеем, на котором отражаются время (часы и минуты), день недели, состояние (включен–выключен).

Все выключатели имеют контактную группу на ток до 10 А (для ламп накаливания) и до 6 А (люминесцентные лампы). На DIN-рейке занимают от 5 до 10 модулей с шагом 9 мм.

*Реле для кондиционера RCC* контролирует электропитание кондиционера. При отключении или снижении напряжения блокирует немедленный повторный пуск компрессора.

Питание от сети 230 В. Контролирует напряжение 230 В переменного тока  $\pm 15\%$ .

Регулирование уставки срабатывания: 5–15% номинального напряжения. Время срабатывания: 200 мс.

Осуществляет сигнализацию светодиодом на передней панели (светится при отсутствии повреждений).

Номинальный ток контакта: 10 А/250 В,  $\cos \varphi = 1$ ; 6 А/250 В,  $\cos \varphi = 0,6$ .

На DIN-рейке занимает 5 модулей с шагом 9 мм.

Для дистанционного и автоматического управления находят применение различные импульсные реле и вспомогательные устройства к ним (табл. 4.7).

Для уменьшения потребления энергии и повышения комфорта на лестницах, в коридорах, подвалах, гаражах, туалетах, местах общего пользования находят применение пассивные инфракрасные датчики движения PIR ELJO. Эти датчики выпускаются в 3-х модификациях: стандартный детектор PIR; регулятор освещенности PIR; PIR для люминесцентных ламп. Работа пассивных инфракрасных датчиков основана на чувствительности к тепловому излучению объектов, перемещающихся в зоне наблюдения. По окончании движения с заданной выдержкой времени освещение отключается.

Настройка освещенности определяется окружающими условиями, в которых работают осветительные приборы. Значение порога освещенности регулируется в пределах от 0 до 200 люкс с помощью потенциометра с надписью «LUX».

Установка времени, через которое детектор включает освещение после обнаружения последнего движущегося объекта или после того как человек покинул зону контроля, может быть установлена в пределах от 1,25 с до 21 мин при помощи потенциометра с надписью «TIME».

Внешне датчики PIR аналогичны обычным выключателям. Размеры 82x82 мм. Номинальное напряжение – 230 В. Номинальная мощность ламп накаливания и электронных преобразователей 225–400 Вт, люминесцентных ламп 60–2300 Вт.

Для регулирования температуры нагрева кабеля теплого пола или стен применяется электронный термостат LFT-16.

Диапазон регулирования температуры составляет от +5 до +30°C. Термостат включается двухполюсным выключателем, расположенным на его передней стороне. Светодиод индицирует режим работы: красный – термостат включен, зеленый – термостат в работе. В случае, когда термостат подключен к внешнему таймеру, возможно падение температуры до 4°C. Термостат предназначен для установки в стандартную одноместную монтажную коробку.

Номинальное напряжение – 230 В, 50 Гц.

Нагрузка – активное сопротивление до 16 А (3,6 кВт).

## Импульсные реле и вспомогательные устройства к ним

Тип	Наименование и назначение	Схема	Номинальный ток силовой цепи, А	Номинальное напряжение силовой цепи, В	Номинальное напряжение катушки, В	Число модулей с шагом 9 мм
TL16A	Импульсные реле. Предназначены для дистанционного импульсного включения или отключения электрических цепей	Стр. 40 кат. 2001 г.	16	250	~12–240, =6–110	2
		— " —	16	250	~12–240, =6–110	2
		— " —	16	415	~12–240, =6–110	2
		— " —	16	415	~12–240, =6–110	2
TLI16A	То же	— " —	16	415	~12–240, =6–110	2
ETL	Блок расширения для TL16A и TLI16A	— " —	16	415	~12–240, =6–110	2
TL32A	Импульсные реле	— " —	32	250	~230–240, =110	2
		— " —	32	415	~230–240, =110	4–8
ETL	Блок расширения для TL32A	— " —	32	415	~230–240, =110	2
TLc	Импульсные реле со вспомогательными функциями. Управление группой импульсных реле. Фиксация местной импульсной команды	Стр. 41 кат. 2001 г.	16	250, 415	~230–240, =110	2–4
TLm	Импульсные реле со вспомогательными функциями. Действуют от переключающего контакта (коммутатора, реле времени, термореле и т.д.) для одного или нескольких TLm	Стр. 41 кат. 2001 г.	16	250, 415	~230–240, =110	2–4
TLs	Импульсные реле со вспомогательными функциями. Осуществляют сигнализацию состояния В/О аппарата	— " —	16	250, 415	~230–240, =110	2–4
ATLt	Модуль задержки времени. Производит автоматический возврат импульсного реле в исходное положение в течение от 1с до 10 ч. Цикл отсчета времени начинается с момента включения аппарата, следующий управляющий импульс отключает аппарат и прерывает процедуру отсчета времени	Стр. 42 кат. 2001 г.	—	—	~230–240, =110	2
ATLz	Вспомогательный модуль. Управляет импульсным реле кнопкой с подсветкой (неоновые лампы), исключая возможность ложного срабатывания. Если ток, потребляемый кнопкой-индикатором 3 мА (ток удержания устройства при номинальном напряжении), то используется одно устройство ATLz. Для 7 мА возможно подключение двух ATLz	Стр. 42 кат. 2001 г.	—	—	~230–240	2
ATLc+s	Вспомогательный модуль. Осуществляет централизованное управление группой импульсных реле, каждое из которых коммутирует независимые цепи, а также сигнализацию их состояния		—	—	~230–240	2
ATLc+c	Вспомогательный модуль. Осуществляет централизованное управление большим количеством импульсных реле, сохраняя их основные функции	— " —	—	—	~230–240	2
ATL4	Вспомогательный модуль. Осуществляет последовательное управление двумя цепями	— " —	—	—	~230–240, =110	2

## **Глава 5. Выбор проводов и кабелей для электропроводок**

### **5.1. Общие принципы выбора проводов и кабелей**

Проектирование электропроводок заключается в выборе типа используемого провода или кабеля и сечения токопроводящего проводника, а также способов их прокладки. В пределах жилых зданий используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000 В.

Типы проводов или кабелей определяют:

- вид изоляции токоведущих жил (резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая и пр.);
- наличие общих оболочки и оплетки;
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- материал токоведущих жил (медь, алюминий);
- гибкость материала токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение (круглый, плоский, самонесущий и др.);
- специальное назначение (например: для водопогружных насосов; повышенной термической стойкости и др.);
- напряжение (250, 380, 660 и 1000 В);
- число токоведущих жил.

Выбор типа провода или кабеля зависит от следующих факторов:

- от предполагаемого места прокладки и способа монтажа (в земле, в воздухе, в трубах, в коробах, на лотках и кронштейнах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто);
- от категории помещений (сухие, влажные, сырые, особо сырые, особо сырые с химически активной средой);
- от влияния внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ; механические внешние воздействия; наличие флоры и фауны; солнечное излучение; конструкция здания);
- от уровня напряжения питающей сети.

Электроснабжение коттеджей в большинстве случаев выполняется голыми (неизолированными) алюминиевыми или медными проводами. Эти провода при помощи фарфоровых, стеклянных или пластиковых изоляторов подвешиваются на деревянные или железобетонные опоры. Электрический ввод непосредственно в коттедж осуществляется от ближайшей опоры изолированным проводом.

Выбранные проводники и защищающие их устройства должны удовлетворять следующим условиям:

- проводить, не перегреваясь, расчетный ток нагрузки, а также выдерживать кратковременные перегрузки;
- падение напряжения в проводнике не должно превышать нормированных значений;
- защитные устройства (автоматические выключатели, предохранители) должны защищать проводники от перегрузки и коротких замыканий.

Кроме вышперечисленного проводники выбираются и по механической прочности.

### **5.2. Выбор сечения токопроводящей жилы**

Сечения токопроводящей жилы проводов и кабелей выбираются согласно ПУЭ по условию нагрева длительным расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах и проверяются по потере напряжения, соответствию току выбранного аппарата защиты и условиям окружающей среды.

При прокладке внутри помещений сечение выбирается по максимальному расчетному току нагрузки:



$$I_{д.н} \geq I_{р\max},$$

где:  $I_{д.н}$  – допустимый номинальный ток нагрузки проводника при расчетной температуре, А (для отечественных кабелей – 250°С; для импортных кабелей 300°С);

$I_{р\max}$  – максимальный расчетный ток нагрузки, А.

При этом номинальный ток автоматического выключателя  $I_{н.а}$  защищающего проводник, должен быть равен или больше максимального тока нагрузки

$$I_{д.н} \geq I_{р\max} \leq I_{н.а}.$$

Сечение токоведущей жилы в зависимости от величины тока для различных типов проводов и кабелей и при различных способах их прокладки приводятся в ПУЭ, справочниках и в материалах завода-изготовителя провода или кабеля.

Таблица 5.1

Допустимый длительный ток для проводов с резиновой и ПВХ изоляцией

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для проводов (А), проложенных											
	открыто		в одной трубе									
			двух одножильных		трех одножильных		четырёх одножильных		одного двухжильного		одного трехжильного	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1	17	–	16	–	15	–	14	–	15	–	14	–
1.5	23	–	19	–	17	–	16	–	18	–	15	–
2.5	30	24	27	20	25	19	25	19	25	19	21	16
4	41	32	38	28	35	28	30	23	32	25	27	21
6	50	39	46	36	42	32	40	30	40	31	34	26
10	80	60	70	50	60	47	50	39	55	42	50	38
16	100	75	85	60	80	60	75	55	80	60	70	55
25	140	105	115	85	100	80	90	70	100	75	85	65
35	170	130	135	100	125	95	115	85	125	95	100	75
50	215	165	185	140	170	130	150	120	160	125	135	105
70	270	210	225	175	210	165	185	140	195	150	175	135
95	330	255	275	215	255	200	225	175	245	190	215	165

Примечание: Cu — медная жила; Al — алюминиевая жила.

Таблица 5.2

Допустимый длительный ток для кабелей с резиновой, ПВХ или резиновой оболочкой

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для проводов и кабелей, А									
	одножильных		двухжильных				трехжильных			
	в воздухе		в воздухе		в земле		в воздухе		в земле	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1.5	23	–	19	–	33	–	19	–	27	–
2.5	30	23	27	21	21	34	25	19	38	29
4	41	31	38	29	55	42	35	27	49	38
6	50	38	50	38	70	55	42	32	60	46
10	80	60	70	55	105	80	55	42	90	70
16	100	75	90	70	135	105	75	60	115	90
25	140	105	115	90	175	135	95	75	150	115
35	170	130	140	105	210	160	120	90	180	140
50	215	165	175	135	265	205	145	110	225	175
70	270	210	215	165	320	245	180	140	275	210
95	325	250	260	200	385	295	220	170	330	255

Примечание: Cu — медная жила; Al — алюминиевая жила.

В табл. 5.1 и 5.2 приведены справочные данные по допустимому длительному току для проводов и кабелей, наиболее часто применяемых для квартир и коттеджей.

В реальных условиях при прокладке внутри помещений допустимый ток проводника зависит от:

- температуры окружающей среды;
- способа прокладки;
- взаимного влияния проложенных рядом электрических цепей.

На основании анализа материалов и рекомендаций по выбору сечения проводников ведущих мировых электротехнических компаний ниже приводится методика учета указанных факторов, которая применима при проектировании многоквартирных жилых зданий и коттеджей.

Учет каждого из этих факторов производится с помощью соответствующих коэффициентов, определяющих их влияние на величину допустимого тока:

Таблица 5.3

Коэффициент  $K_1$  при различных температурах окружающей среды для импортных проводов и кабелей

Температура окружающей среды, °С	$K_1$ при изоляции из		
	резины	поливинилхлорида	полиэтилена
10	1,29	1,22 (1,17)	1,15
15	1,22	1,17 (1,12)	1,12
20	1,15	1,12 (1,06)	1,08
25	1,07	1,07 (1,0)	1,04
30	1,0	1,0 (0,94)	1,0
35	0,93	0,93 (0,87)	0,96
40	0,82	0,87 (0,79)	0,91
45	0,71	0,79 (0,71)	0,87
50	0,58	0,71 (0,61)	0,82
55	—	0,61	0,76
60	—	0,5	0,71
65	—	—	0,65
70	—	—	0,58

Примечание: В скобках даны значения  $K_1$  в соответствии с ПУЭ (6 изд., перераб. и доп. 1998 г., гл. 1.3, табл. 1.3.3)

$K_1$  – учитывает влияние температуры окружающей среды отличной от 30°C, в зависимости от типа изоляции (табл. 5.3);

$K_2$  – учитывает влияние способа прокладки;

$K_3$  – учитывает взаимное влияние проложенных рядом кабелей (расстояние между кабелями менее двух диаметров большего из двух кабелей) (табл. 5.4).

Коэффициент  $K_2$  при различных способах прокладки приведен ниже:

Скрытая прокладка:

Кабели, уложенные непосредственно в термоизолирующем материале (например, в штукатурке) . . . .0,7

Кабели в трубах, проложенные в термоизолирующем материале . . . . .0,77

Открытая прокладка:

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

Коэффициент  $K_3$  для группы проводников, уложенных в один слой<sup>1)</sup>

Расположение проводников	$K_3$ 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	0,41
Однослойные прокладки по стенам, или полам, или в неперфорированных лотках	1	0,85	0,79	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	0,61	0,61	—
Однослойная прокладка на горизонтальных или перфорированных лотках или на вертикальных лотках	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	—
Однослойная прокладка на кабельных полках, скобах и т.п.	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	—

<sup>1)</sup> При многослойной прокладке коэффициент  $K_3$  уменьшается:

– при двух слоях  $K_3=0,8K_3$ ;

– при трех слоях  $K_3=0,73 K_3$ ;

– при четырех или пяти слоях  $K_3=0,7K_3$ .

С учетом этих коэффициентов допустимый ток проводника:

$$I_{д.н} \geq \frac{I_{p \max}}{K_1 K_2 K_3},$$

где  $I_{д.н}$  – номинальный допустимый ток проводника по справочным или данным производителя (при температуре окружающей среды +30°C, или +25°C для отечественных кабелей), А.

С учетом воздействия различных факторов (температура окружающей среды, способ или вид прокладки, взаимное влияние рядом проложенных цепей), проводник выбирается из условия:

$$I_{д.н} \geq \frac{I_{p \max}}{K_1 K_2 K_3} \leq I_{н.а},$$

где  $I_{н.а}$  – номинальный ток автоматического выключателя, А.

Таким образом, сечение проводника увеличивается по сравнению с тем, которое могло быть выбрано по  $I_{p \max}$  без учета вышеуказанных факторов.

### Пример

Дано:

Расчетный номинальный ток нагрузки  $I_{p \max} = 70$  А.

Температура окружающей среды +35°C.

Прокладка – скрытая в стене.

Число лежащих рядом кабелей 5.

Кабель с ПВХ изоляцией.

Номинальный допустимый ток проводника  $I_{д.н}$ :

- для кабеля отечественного производства приводится в каталогах при температуре окружающей среды  $t_{о.с} = +25^\circ\text{C}$  и допустимой температуре жилы в номинальном режиме  $t_{ж} = 65^\circ\text{C}$ .

- для кабеля импортного производства – в каталогах при  $t_{о.с} = +30^\circ\text{C}$  и  $t_{ж} = 70^\circ\text{C}$ .

Исходя из этого по табл. 5.3 находим:

- для отечественного кабеля  $K_1 = 0,87$ ;

- для импортного кабеля  $K_1 = 0,93$ .

Определяем:

$K_2 = 0,7$  – по приведенным выше данным;

$K_3 = 0,6$  – по табл. 5.4.

Допустимый номинальный ток проводника:

$$I_{д.н} \geq \frac{I_{p \max}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3};$$

- для отечественного кабеля:

$$I_{д.н} \geq \frac{70}{0,87 \cdot 0,7 \cdot 0,6} = 191 \text{ А};$$

- для импортного кабеля:

$$I_{д.н} \geq \frac{70}{0,93 \cdot 0,7 \cdot 0,6} = 179 \text{ А}.$$

Выбираем сечение: 3x95+1x70.

Для медного кабеля такого сечения  $I_{д.н} = 215 \text{ А}$ .

При выборе сечения жил кабеля, прокладываемого в земле, допустимый ток определяется с помощью следующих коэффициентов, учитывающих:

$\beta_1$  – температуру почвы, отличную от 20°C (табл. 5.5.);

$\beta_2$  – влияние способа прокладки:

$\beta_2=1$  – при прокладке непосредственно в земле;

$\beta_2=0,8$  – при прокладке в земле в керамических трубах и в каналах;

$\beta_3$  – взаимное влияние проложенных рядом кабелей (расстояние между кабелями менее двух диаметров большего из двух кабелей);

$\beta_4$  – влияние свойств и состояния почвы, определяющих ее теплопроводность.

Коэффициент  $\beta_3$ , учитывающий взаимное влияние расположенных рядом кабелей при прокладке в один слой приведен ниже:

Число кабелей . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
$\beta_3$ . . . . .	1,0	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38

Таблица 5.5

Значение коэффициента  $\beta_1$ , учитывающего температуру почвы

Температура почвы, °С	$\beta_1$ при изоляции кабеля	
	поливинилхлорид	полиэтилен
10	1,1	1,07
15	1,05	1,04
20	1,0	1,0
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76

При многослойной прокладке коэффициент  $\beta_3$  уменьшается:

- при двух слоях  $\beta'_3=0,8\beta_3$ ;
- при трех слоях  $\beta'_3=0,73\beta_3$ ;
- при четырех и пяти слоях  $\beta'_3=0,73\beta_3$ .

Коэффициент  $\beta_4$ , учитывающий свойства и состояние почвы, приведен ниже:

Почва:

Насыщенная влагой / мокрая	1,21
Влажная	1,13
Сырая	1,05
Сухая	1,0
Очень сухая	0,86

### 5.3. Проверка проводников по потере напряжения

Падение напряжения в системе электроснабжения потребителя определяется формулой

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} + j \frac{PX - QR}{U},$$

где  $\Delta U$  – падение напряжения в системе электроснабжения;

$P$  и  $Q$  – активная и реактивная составляющие мощности, передаваемой потребителю;

$R$  и  $X$  – активное и индуктивное сопротивления сети.

Действительная часть формулы  $\frac{PR + QX}{U}$  называется потерей напряжения и характеризует изменение величины напряжения.

Мнимая часть формулы  $j \frac{PX - QR}{U}$  характеризует фазовый сдвиг напряжения у потребителя относительно напряжения источника питания.

При проектировании электроснабжения и электрооборудования жилища важна величина действительной части, т.е. потеря напряжения.

Проверка выбранных проводников по потере напряжения из условия обеспечения необходимых (регламентированных стандартами) уровней напряжения у самых удаленных от источника питания потребителей осуществляется следующим образом.

Выполняется расчет потери напряжения (%) по формулам:

- для однофазной сети:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I_{p \max} [R \cos \varphi + X \sin \varphi] \cdot 100}{U_n},$$

- для симметричной трехфазной сети:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} I_{p \max} [R \cos \varphi + X \sin \varphi] \cdot 100}{U_n},$$

где  $U_n$  – номинальное напряжение, В (220 В – однофазной сети, 380 В – симметричной трехфазной сети);

$R$  – активное сопротивление проводника, Ом;

$X$  – индуктивное сопротивление проводника, Ом;  
 $\cos \varphi$  – коэффициент мощности нагрузки;  
 $I_{pmax}$  – максимальный расчетный ток нагрузки, А;  
 $\Delta U$  – потеря напряжения, % от номинального.

Без учета индуктивного сопротивления линии на потерю напряжения, как правило, рассчитываются:

- сети постоянного тока;
- линии сети переменного тока, для которых коэффициент мощности  $\cos \varphi = 1$ ;
- сети, выполненные проводами внутри зданий или кабелями, если их сечения не превосходят указанных в табл. 5.6 значений.

Индуктивным сопротивлением проводников сечением менее 50 мм<sup>2</sup> можно пренебречь, т.е.  $X \cong 0$ . При отсутствии какой-либо другой информации величину  $X$  можно принимать равной  $8 \cdot 10^{-5}$  Ом/м.

Активное сопротивление проводников (Ом) определяется по одной из известных формул

$$r = \rho \frac{l}{S} \quad \text{или} \quad r = \frac{l}{\gamma S},$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление проводника, Ом • мм<sup>2</sup> / м;  
 $\gamma$  – удельная проводимость проводника, м / Ом • мм<sup>2</sup>;  
 $S$  – сечение проводника, мм<sup>2</sup>;  
 $l$  – длина проводника.

Значение удельного сопротивления и удельной проводимости для:

- медных проводников  $\rho_m = 0,0189$  Ом • мм<sup>2</sup> / м;  $\gamma_m = 53$  м / Ом • мм<sup>2</sup>;
- алюминиевых проводников  $\rho_a = 0,0315$  Ом • мм<sup>2</sup> / м;  $\gamma_a = 31,7$  м / Ом • мм<sup>2</sup>.

Таблица 5.6

**Максимальные сечения проводов и кабелей, для которых допустимо вести расчет потерь напряжения без учета индуктивного сопротивления проводов (для сети переменного тока частотой 50 Гц)**

Кабели, провода	Максимальные сечения проводов и кабелей, мм <sup>2</sup> , при $\cos \varphi$											
	0,95		0,9		0,85		0,8		0,75		0,7	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
Кабели до 1 кВ	70	120	50	95	35	70	35	50	25	50	25	35
Провода в трубах	50	95	35	50	35	50	25	35	16	25	16	25
Провода на роликах	25	35	16	25	10	16	10	10	6	10	6	10
Провода на изоляторах	16	25	10	16	10	16	6	10	6	10	6	10

Примечание: Cu — медные провода и кабели; Al — алюминиевые провода и кабели

В табл. 5.7 приведены удельные активные сопротивления медных и алюминиевых проводов и кабелей, номенклатура которых по сечению токопроводящей жилы наиболее часто используется в жилищном строительстве.

В табл. 5.8 приведены удельные индуктивные сопротивления воздушных линий, с помощью которых осуществляется, как правило, электроснабжение коттеджей.

Допустимая величина падения напряжения определяется по формуле

$$\Delta U_{n.\delta} = 105 - \Delta U_{mp} - \Delta U_{\min \delta},$$

где  $\Delta U_{nd}$  – предельно допустимые потери напряжения в питающей приемник цепи, %;  
105 – напряжение холостого хода на вторичной стороне питающего трансформатора, %;  
 $\Delta U_{tr}$  – падение напряжения в трансформаторе, питающем данный объект, %;  
 $\Delta U_{\min \delta}$  – минимально допустимое напряжение на зажимах электроприемника, %.

Таблица 5.7

## Активные сопротивления проводов и кабелей, Ом/м

Сечение токоведущей жилы, мм <sup>2</sup>	Медные провода и кабели	Алюминиевые провода и кабели
1	0,0189	—
1,5	0,0126	—
2,5	0,00755	0,0126
4	0,00465	0,00790
6	0,00316	0,00526
10	0,00184	0,00316
16	0,00120	0,00198
25	0,00074	0,00128
35	0,00054	0,00092
50	0,00039	0,00064
70	0,00028	0,00046
95	0,00020	0,00034

Таблица 5.8

## Индуктивные сопротивления воздушных линий

Среднее геометрическое расстояние между проводами, мм	Индуктивное сопротивление, Ом/м, при сечении проводов, мм <sup>2</sup>										
	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
<i>Медные провода</i>											
400	0,371	0,355	0,333	0,319	0,308	0,297	0,283	0,274	—	—	—
600	0,397	0,381	0,358	0,345	0,336	0,325	0,309	0,300	0,292	0,287	0,280
800	0,415	0,399	0,377	0,363	0,352	0,341	0,327	0,318	0,310	0,305	0,298
1000	0,429	0,413	0,391	0,377	0,366	0,355	0,341	0,332	0,324	0,319	0,313
1250	0,443	0,427	0,405	0,391	0,380	0,369	0,355	0,346	0,338	0,333	0,327
1500	—	0,438	0,416	0,402	0,391	0,380	0,366	0,357	0,349	0,344	0,338
2000	—	0,457	0,435	0,421	0,410	0,398	0,385	0,376	0,368	0,363	0,357
2500	—	—	0,449	0,435	0,424	0,413	0,399	0,390	0,382	0,377	0,371
3000	—	—	0,460	0,446	0,435	0,423	0,410	0,401	0,393	0,388	0,382
<i>Алюминиевые провода</i>											
600	—	—	0,358	0,345	0,336	0,325	0,315	0,303	0,297	0,288	0,279
800	—	—	0,377	0,363	0,352	0,341	0,331	0,319	0,313	0,305	0,298
1000	—	—	0,391	0,377	0,366	0,355	0,345	0,334	0,327	0,319	0,311
1250	—	—	0,405	0,391	0,380	0,369	0,359	0,347	0,341	0,333	0,328
1500	—	—	—	0,402	0,391	0,380	0,370	0,358	0,352	0,344	0,339
2000	—	—	—	0,421	0,410	0,398	0,388	0,377	0,371	0,363	0,355
<i>Сталеалюминиевые провода</i>											
2000	—	—	—	—	0,403	0,392	0,382	0,371	0,365	0,358	—
2500	—	—	—	—	0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,272	—
3000	—	—	—	—	0,429	0,418	0,408	0,397	0,391	0,384	0,377

Таблица 5.9

## Отклонение напряжения на выводах приемников электроэнергии, %

Наименование потребителя электроэнергии	Отклонение напряжения $\Delta U$	
	нормально допустимое	предельно допустимое
Двигатели и аппараты управления	$\pm 5$ $U_{\min} = 95$	$\pm 10$ $U_{\min} = 90$
Источники света	$\pm 5$ $U_{\min} = 95$	— —

Допустимые отклонения напряжения у приемников электроэнергии приведены в табл. 5.9. Затем проверяется выполнение условия:

$$\Delta U \leq \Delta U_{n.d.}$$

Для проверки проводников по потере напряжения можно также использовать таблицы удельных потерь напряжения (табл. 5.10 – 5.13), которые составлены на основании данных, приведенных в Справочнике по расчету проводов и кабелей<sup>2</sup> и адаптированных к рассматриваемой тематике и к действующим в настоящее время нормам и правилам.

В указанных таблицах приведены удельные потери напряжения для электропроводок, воздушных и кабельных линий в зависимости от величины коэффициента мощности. Для проводов и кабелей из цветного металла эти потери выражены в процентах на 1 кВт·км в зависимости от напряжения линии.

Потеря напряжения в линии при заданном сечении проводов и кабелей из цветных металлов определяется по формуле

$$\Delta U = \Delta U_{мб} M_a,$$

где  $M_a$  – сумма произведений активных нагрузок на длины участков линии, кВт·км;

$\Delta U_{мб}$  – табличное значение удельной величины потери напряжения в процентах на 1 кВт·км.

Определение сечения проводов по заданной величине потери напряжения производится следующим образом. Определяется расчетное значение  $\Delta U_{мб}$  по формуле:

$$\Delta U_{мб} \leq \frac{\Delta U}{M_a}$$

и по соответствующей таблице подбирается сечение провода с ближайшим меньшим значением удельной потери напряжения.

Таблица 5.10

Потеря напряжения в двухпроводной линии переменного тока при  $\cos\varphi=1$

	Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Потеря напряжения, % / кВт·км, при номинальном напряжении, В			
		220	127	42	36
Медь	1	77,7	233,0	1,63	2,90
	1,5	51,7	155,0	1,08	1,93
	2,5	31,1	93,3	0,653	1,16
	4	19,2	57,9	0,430	0,717
	6	12,7	38,1	0,265	0,472
	10	7,61	22,8	0,160	0,284
	16	4,96	14,9	0,104	0,185
	25	3,06	9,18	0,0642	0,114
	35	2,23	6,69	0,0468	0,0833
	50	1,61	4,83	0,338	0,0602
	70	1,16	3,48	0,0243	0,0432
95	0,827	2,48	0,0173	0,0309	
Алюминий	2,5	52,8	158,0	1,11	1,97
	4	33,1	99,3	0,693	1,23
	6	22,0	66,0	0,462	0,823
	10	13,2	39,6	0,277	0,494
	16	8,18	24,5	0,172	0,306
	25	5,29	15,9	0,111	0,198
	35	3,80	11,4	0,0798	0,142
	50	2,64	7,92	0,0555	0,0987
	70	1,90	5,70	0,0400	0,0710
95	1,45	4,35	0,0236	0,0416	

<sup>2</sup> Карпов Ф.Ф., Козлов В.Н., М: Энергия, 1969



Таблица 5.11

## Потеря напряжения в трехфазной линии 380 В, выполненной изолированными проводами

Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Потеря напряжения, % / кВ·км, при коэффициенте мощности											
	0,7	0,75	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	
<i>Медь</i>												
1	13,2	13,2	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,0
1.5	8,85	8,83	8,81	8,80	8,77	8,76	8,75	8,74	8,73	8,72	8,72	8,65
2.5	5,39	5,37	5,35	5,33	5,32	5,31	5,31	5,30	5,28	5,27	5,27	5,21
4	3,39	3,37	3,36	3,34	3,33	3,32	3,31	3,30	3,29	3,28	3,28	3,22
6	2,29	2,27	2,25	2,23	2,22	2,21	2,21	2,20	2,19	2,18	2,18	2,12
10	1,43	1,41	1,40	1,38	1,37	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,33	1,28
16	0,993	0,965	0,958	0,941	0,931	0,924	0,916	0,908	0,899	0,887	0,887	0,831
25	0,664	0,647	0,631	0,616	0,606	0,600	0,593	0,585	0,577	0,566	0,566	0,512
35	0,527	0,510	0,494	0,478	0,469	0,462	0,455	0,448	0,439	0,428	0,428	0,374
50	0,415	0,403	0,388	0,373	0,364	0,358	0,351	0,344	0,336	0,326	0,326	0,270
70	0,365	0,346	0,328	0,310	0,299	0,292	0,284	0,275	0,266	0,254	0,254	0,196
95	0,301	0,283	0,265	0,249	0,238	0,231	0,223	0,215	0,206	0,194	0,194	0,138
<i>Алюминий</i>												
2,5	9,03	9,02	9,00	8,98	8,97	8,96	8,95	8,95	8,93	8,92	8,92	8,85
4	5,71	5,69	5,67	5,65	5,64	5,63	5,62	5,61	5,60	5,59	5,59	5,54
6	3,86	3,84	3,82	3,80	3,79	3,78	3,78	3,77	3,76	3,75	3,75	3,69
10	2,37	2,35	2,34	2,32	2,31	2,31	2,30	2,29	2,28	2,27	2,27	2,22
16	1,53	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46	1,46	1,45	1,44	1,43	1,43	1,37
25	1,04	1,02	1,01	0,990	0,980	0,974	0,967	0,959	0,951	0,940	0,940	0,886
35	0,790	0,773	0,757	0,741	0,732	0,725	0,718	0,711	0,702	0,691	0,691	0,637
50	0,588	0,573	0,558	0,543	0,534	0,528	0,521	0,514	0,506	0,496	0,496	0,443
70	0,488	0,469	0,451	0,433	0,422	0,415	0,407	0,398	0,389	0,377	0,377	0,319
95	0,398	0,380	0,362	0,346	0,335	0,328	0,320	0,312	0,303	0,291	0,291	0,235

Таблица 5.12

## Потеря напряжения в трехфазной кабельной линии 380 В

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Потеря напряжения, %/кВ·км, при коэффициенте мощности						
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
<i>Медь</i>							
1	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
1.5	8,72	8,71	8,70	8,69	8,68	8,67	8,65
2.5	5,28	5,27	5,26	5,25	5,24	5,23	5,21
4	3,29	3,28	3,27	3,26	3,25	3,25	3,22
6	2,18	2,17	2,16	2,16	2,15	2,14	2,12
10	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,30	1,26
16	0,879	0,872	0,866	0,860	0,853	0,846	0,831
25	0,599	0,552	0,546	0,540	0,534	0,527	0,512
35	0,419	0,413	0,407	0,401	0,395	0,389	0,374
50	0,314	0,308	0,302	0,297	0,291	0,284	0,270
70	0,240	0,233	0,228	0,222	0,216	0,210	0,196
95	0,181	0,175	0,169	0,164	0,158	0,152	0,138
<i>Алюминий</i>							
2,5	8,92	8,91	8,90	8,89	8,88	8,87	8,85
4	5,61	5,60	5,59	5,58	5,57	5,56	5,54
6	3,75	3,74	3,73	3,73	3,72	3,71	3,69
10	2,27	2,26	2,26	2,25	2,24	2,24	2,22
16	1,42	1,42	1,41	1,40	1,39	1,39	1,37
25	0,933	0,926	0,920	0,914	0,908	0,901	0,886
35	0,682	0,676	0,670	0,664	0,658	0,652	0,637
50	0,487	0,481	0,475	0,470	0,464	0,457	0,443
70	0,363	0,356	0,351	0,345	0,339	0,333	0,319
95	0,277	0,272	0,266	0,261	0,255	0,249	0,235

Потеря напряжения в трехфазной воздушной линии 380 В

Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Потеря напряжения, % / кВ·км, при коэффициенте мощности										
	0,7	0,75	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00
<i>Медь</i>											
4	3,51	3,47	3,43	3,40	3,37	3,36	3,34	3,33	3,30	3,28	3,22
6	2,40	2,36	2,33	2,29	2,27	2,25	2,24	2,22	2,20	2,18	2,12
10	1,55	1,51	1,48	1,44	1,42	1,41	1,39	1,38	1,36	1,33	1,28
16	1,08	1,05	1,02	0,985	0,965	0,951	0,937	0,921	0,904	0,893	0,831
25	0,756	0,723	0,692	0,660	0,641	0,628	0,614	0,599	0,582	0,572	0,512
35	0,610	0,578	0,547	0,517	0,498	0,486	0,472	0,458	0,441	0,432	0,374
50	0,498	0,467	0,438	0,409	0,390	0,378	0,365	0,351	0,335	0,326	0,270
70	0,414	0,384	0,356	0,328	0,310	0,298	0,286	0,272	0,257	0,248	0,196
<i>Алюминий</i>											
16	1,62	1,59	1,55	1,52	1,50	1,49	1,47	1,46	1,44	1,42	1,37
25	1,13	1,10	1,07	1,03	1,02	1,00	0,988	0,973	0,956	0,935	0,886
35	0,873	0,841	0,811	0,781	0,762	0,749	0,736	0,721	0,705	0,684	0,637
50	0,671	0,641	0,611	0,582	0,564	0,552	0,539	0,524	0,509	0,489	0,443
70	0,539	0,509	0,481	0,453	0,435	0,423	0,411	0,397	0,382	0,362	0,319
95	0,450	0,421	0,393	0,366	0,349	0,337	0,325	0,312	0,297	0,278	0,235

#### 5.4. Проверка кабелей по термической устойчивости при коротких замыканиях

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

$$S_{к.д} = I_{к.з} \cdot 10^3 \sqrt{\frac{t_{к.з}}{[\varkappa_{20} \cdot (\Theta_0 + 20) \cdot \gamma \cdot C] \cdot \ln \frac{\Theta_0 + \vartheta_{\max}}{\Theta_0 + \vartheta_{\text{нач}}}}},$$

где:  $S_{к.д}$  — сечение проводника, при котором температура проводника не превзойдет величины предельно допустимой для его изоляции, мм<sup>2</sup>;

$I_{к.з}$  — эффективное значение тока короткого замыкания, кА;

$t_{к.з}$  — время действия тока КЗ, с;

$\varkappa$  — удельная проводимость материала при температуре 20°C, м/(Ом·мм<sup>2</sup>);

$\gamma$  — плотность материала проводника, г/см<sup>3</sup>;

$C$  — удельная теплоемкость материала проводника, Вт·с/(г·°C);

$\vartheta_{\max}$  и  $\vartheta_{\text{нач}}$  — максимально допустимая и начальная температуры проводника, °C.

$\Theta_0 = 1/\alpha_0$  — для меди и 228°C для алюминия;

$\alpha_0$  — температурный коэффициент сопротивления проводника при 0°C, 1/°C.

Формула может быть представлена в следующем виде:

$$S_{к.з} = I_{к.з} \cdot 10^3 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \sqrt{t},$$

где  $K_1 = [\varkappa_{20} \cdot (\Theta_0 + 20) \cdot \gamma \cdot C]^{-1/2} = 4,3 \cdot 10^{-3}$  для меди и  $6,86 \cdot 10^{-3}$  для алюминия;

$$K_2 = \left[ \ln \frac{(\Theta_0 + \vartheta_{\max})}{(\Theta_0 + \vartheta_{\text{нач}})} \right]^{-1/2}.$$

Величина коэффициентов  $K_2$ , рассчитанных в соответствии с температурами  $\vartheta_{max}$  и  $\vartheta_{нач}$ , указанными в ПУЭ<sup>3</sup>, приведены в табл. 5.14.

Выбранное сечение должно удовлетворять условию  $S_{д.н} \geq S_{к.д.}$ , где  $S_{д.н}$  – сечение проводника, соответствующее длительно допустимому току.

Таблица 5.14

Коэффициент  $K_2$  для проводников из меди и алюминия

Изоляция проводника	Температура, °С		$K_2$ для проводника		Примечание
	$T$ начальная	$T$ конечная при КЗ	медь	алюминий	
Резина	65	150	2	1,98	По данным ПУЭ
	60	160	1,85	1,83	По данным иностранных фирм
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	

### 5.5. Рекомендуемые марки проводов и кабелей

В ПУЭ (7-е изд., раздел 7, п. 7.1.34) для внутренних электропроводок зданий предписывается использование проводов и кабелей с медными жилами. Поэтому ниже рекомендуются марки проводов и кабелей для применения в жилых зданиях только с медными жилами.

В табл. 5.15 приведены основные данные наиболее употребительных силовых кабелей напряжением до 1 кВ, которые используются для внутренних электропроводок. Так как приведенные марки кабелей могут быть использованы в помещениях любой категории по электробезопасности (сухие, влажные, сырые, особо сырые), то в таблице указаны также возможные способы их прокладки.

В табл. 5.16 приведены основные данные и рекомендации по применению наиболее употребительных проводов.

Для внешних электропроводок в коттеджах используются кабели и провода как с медными, так и алюминиевыми жилами. К внешним электропроводкам относятся: ответвления от воздушных линий, вводы в дома и электрические сети на приусадебных участках. Здесь находят применение как неизолированные провода (например, марки А) сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>, так и кабели, часть из которых учтена в табл. 5.15.

<sup>3</sup> Правила устройства электроустановок. М, 1998. 6-е изд. перераб. и доп. (п.п. 1.3.10 и 1.4.16)

**Основные данные и рекомендации по прокладке наиболее употребительных силовых кабелей с медными жилами напряжением до 1 кВ для внутренних электропроводок**

Тип, марка кабеля	Краткая характеристика	Изоляция	Оболочка	Число жил	Сечение жил, мм <sup>2</sup>	Напряжение, В	Рекомендации по способам прокладки	Примечание
ВВГ	—	Поливинилхлоридная	Поливинилхлоридная	1	1,5–50	660, 1000	Открыто – по конструкциям и в коробах Скрыто – в трубах	Применяется во внешних электропроводах: отведения от ВЛ на опорах по территории
				2	1,5–50			
				3	1,5–240			
				4	1,5–185			
				5	1,5–25			
ВВГ <sub>нг</sub>	Пониженной горючести	Поливинилхлоридная	Поливинилхлоридная	2	1,5–10	660	Открыто – по конструкциям и в коробах	
				4	1,5–10			
ВВГ-П	То же, плоский	Поливинилхлоридная	Поливинилхлоридная	2	1,5–16	660	Скрыто – в трубах	
				3	1,5–4			
ПВГ	—	Полиэтиленовая	Поливинилхлоридная	1	1,5–10	660	Открыто – по конструкциям и в коробах Скрыто – в трубах	Применяется во внешних электропроводах – на опорах по территории
				2	1,5–10			
				3	1,5–10			
				4	1,5–10			
НУМ	С промежуточной оболочкой из резины	Поливинилхлоридная	Поливинилхлоридная	2	1,5–6	300, 500	Открыто – по конструкциям и в коробах Скрыто – в трубах	
				3	1,5–10			
				4	1,5–16			
				5	1,5–25			
ВРГ	—	Резиновая	Поливинилхлоридная	1		660		Применяется во внешних электропроводах – отведения от ВЛ на опорах по территории
				2				
				3				
				4				
НРГ	Оболочка не горючая	Резиновая	Резиновая	1	1,5–10	660		Применяется во внешних электропроводах – отведения от ВЛ на опорах по территории
				2	1,5–10			
				3	1,5–10			
				4	1,5–10			

**Основные данные и рекомендации по применению наиболее употребительных проводов с медными жилами напряжением до 1 кВ для внутренних электропроводок**

Тип, марка провода	Краткая характеристика	Изоляция	Оболочка	Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Напряжение, В	Рекомендации по применению	
							категория помещений	способы прокладки
ПВ1	Не гибкий	Поливинилхлоридная	–	1	0,5–10 16–95	450	Сухие, влажные, сырые, особо сырые	Скрыто – в трубах, в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций
ПВ 2	Нормальной гибкости			1	2,58–95			
ПВ 3	Повышенной гибкости			1	0,5–95			
ПВ 4	Высокой гибкости			1	0,5–10			
ППВ	Плоский, с разделительным основанием	Поливинилхлоридная	–	2 и 3	0,75–4,0	450	Сухие, влажные, сырые	Открыто – в коробах
ПВС	Гибкий, со скрученными жилами	Поливинилхлоридная	Поливинилхлоридная	2, 3, 4, 5	1,5–2,5	380	Сухие, влажные, сырые	Открыто – в коробах Скрыто – в трубах
ПУНП	–	Пластмассовая	Поливинилхлоридная	2 и 3	1,0–6	250	Сухие, влажные, сырые	Открыто – в коробах Скрыто – под штукатурку
ПУГНП	Гибкий	Пластмассовая	Поливинилхлоридная	2	1,5–2,5	250	Сухие, влажные, сырые	Открыто – в коробах Скрыто – под штукатурку
ПРТО	Оплетка из хлопчатобумажной пряжи, пропитанная противогнилостным составом	Резиновая	–	1, 2 и 3	0,75–120	660	Сухие, влажные, сырые	Скрыто – в несгораемых трубах
ПР	–	Резиновая	Резиновая	1	1,5–10	660	Сухие, влажные, сырые	Скрыто – в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций
ПРТ	Гибкий							
ПРН	Не распространяющий горение	Резиновая	Резиновая	1	1,5–120	660	Сухие, влажные, сырые	Скрыто – в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций Открыто – на открытом воздухе
ПРГН	То же, гибкий	Резиновая	Резиновая	1	1,5–120	660		

## Глава 6. Учет электроэнергии

### 6.1. Основные принципы учета электроэнергии

Основным нормативным документом, регламентирующим учет электроэнергии в Российской Федерации, являются Правила учета электрической энергии. Кроме этого, в отдельных регионах РФ для отдельных категорий потребителей выпущены дополнительные инструкции, уточняющие общероссийские нормы применительно к местным условиям. Например, в г. Москве действует Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях РМ-2559.

Для однозначного толкования нормативных требований по учету электроэнергии, в РМ-2559 приведена нижеследующая терминология.

*Потребитель электрической энергии* – организация, учреждение, территориально обособленный цех, объект, площадка, строение, квартира и т.п., присоединенные к электрическим сетям и использующие энергию с помощью имеющихся приемников электрической энергии.

*Абонент* – потребитель, непосредственно присоединенный к сетям энергоснабжающей организации, имеющий с ней границу балансовой принадлежности электрических сетей, право и условия пользования электрической энергией которого обусловлены договором энергоснабжающей организации с потребителем или его вышестоящей организацией. Для бытовых потребителей – квартира, строение или группа территориально объединенных строений личной собственности.

*Граница балансовой принадлежности* – точка раздела электрической сети между энергоснабжающей организацией и абонентом, определяемая по балансовой принадлежности электрической сети.

*Точка учета расхода электроэнергии* – точка схемы электроснабжения, в которой с помощью измерительного прибора (расчетного счетчика, системы учета и т.п.) или иным методом определяются значения расходов электрической энергии и мощности, используемые при коммерческих расчетах. Точка учета соответствует границе балансовой принадлежности электрической сети.

*Расчетный прибор учета* – прибор учета, система учета на основании показаний которого в точке учета определяется расход электрической энергии абонентом (субабонентом), подлежащей оплате.

*Контрольный прибор учета* – прибор учета, на основании показаний которого в данной точке сети определяется расход электрической энергии, используемой для контроля.

*Присоединенная мощность потребителя* – суммарная мощность присоединенных к электрической сети трансформаторов потребителя, преобразующих энергию на рабочее (непосредственно питающее токоприемники) напряжение, и электродвигателей напряжением выше 1000 В.

В тех случаях, когда питание электроустановок потребителей производится от трансформаторов или низковольтных сетей энергоснабжающей организации, за присоединенную мощность потребителя принимается разрешенная к использованию мощность, размер которой устанавливается энергоснабжающей организацией и указывается в договоре на отпуск электрической энергии.

На основании указанных выше нормативных документов основные принципы организации учета электроэнергии в жилых зданиях, заключаются в следующем:

1. Для учета электроэнергии должны использоваться средства измерений, типы которых утверждены Госстандартом России и внесены в Государственный реестр средств измерений. Перечень типов счетчиков, используемых для расчетов за электроэнергию и принимаемых на баланс, устанавливается энергоснабжающей организацией.

2. В проекте электрооборудования на принципиальной электрической схеме для каждого абонента должны приводиться следующие данные: по категории надежности электроснабжения, об установленных мощностях, расчетных нагрузках и коэффициентах реактивной нагрузки. Если в составе потребителя имеются нагрузки, относящиеся к разным тарификационным группам, то эти данные также должны быть приведены в проекте.

3. Граница раздела балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности, как

правило, должна устанавливаться на вводе в здание на конечниках питающих кабелей.

4. При питании нагрузок жилого дома от встроенной или пристроенной трансформаторной подстанции (ТП), граница раздела с энергоснабжающей организацией определяется проектной организацией по согласованию с заказчиком и энергоснабжающей организацией.

5. Если в здании расположено несколько потребителей, обособленных в административно-хозяйственном отношении, то на каждого потребителя, в том числе арендатора, возлагаются обязанности абонента.

6. Все вновь строящиеся и реконструируемые дома, как правило, должны оснащаться автоматизированными системами учета электропотребления (АСУЭ) (требование для г. Москвы).

7. При переоборудовании и при перепланировке квартир жилых домов и нежилых помещений владелец должен обеспечить разработку проекта электрооборудования квартиры или нежилого помещения, предварительно получив технические условия по организации учета, разрешение на использование электроэнергии для термических целей и разрешение на присоединение мощности в энергоснабжающей организации.

## **6.2. Организация учета электроэнергии при проектировании многоквартирных жилых домов**

Рассмотрим здесь только те требования, которые связаны с организацией учета в жилых домах. Для расчета за электроэнергию расчетные счетчики должны устанавливаться:

- при одном абоненте – на вводе в здание;
- при двух и более абонентах:
  - на вводах каждого абонента;
  - на нагрузку освещения и инженерных систем, общих для здания.

Число расчетных точек учета определяется количеством потребителей, количеством вводов к каждому абоненту с учетом тарификационных групп потребителей у каждого абонента.

В жилых многоквартирных домах расчетные квартирные счетчики должны, как правило, устанавливаться в запираемых шкафах, располагаемых на лестничных клетках или поэтажных коридорах.

Расчетные квартирные счетчики рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты на общих этажных щитках. На каждую квартиру следует, как правило, предусматривать один расчетный счетчик.

При невозможности разместить в этажном щитке приборы учета, вводные и распределительные защитные аппараты допускается установка счетчиков и вводных защитных аппаратов на лестничной клетке или поэтажном коридоре, а остальной аппаратуры – на щитке внутри квартиры.

Устройство трехфазного ввода в квартиру следует предусматривать при наличии в квартире трехфазных электроприемников или при расчетной мощности более 11 кВт. Рекомендуется применять трехфазный ввод для квартир, оборудованных по III и IV уровню электрификации быта согласно МГСН 2.01-94 «Энергосбережение в зданиях».

На вводе в квартиру должен устанавливаться защитный аппарат, обеспечивающий защиту от сверхтоков, с током расцепителя, соответствующим расчетной нагрузке на вводе. Для квартир после их перепланировки и переоборудования номинальный ток расцепителя защитного аппарата должен соответствовать разрешенной мощности на присоединение. При этом должна учитываться селективность вводного защитного аппарата с защитными аппаратами на отходящих линиях.

На рис. 6.1 для примера приведена рекомендуемая схема организации учета электроэнергии в жилых домах высотой 10 этажей и более.

Жилые дома по техническим условиям энергоснабжающих организаций, оснащаются автоматизированными системами коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ). Как правило,

АСКУЭ должна обеспечивать:

- поквартирный и поценовой учет всех основных видов энергоресурсов:

- электроэнергии в многотарифном режиме;
- водопотребления (горячей и холодной воды);
- газопотребления;
- теплотребления.

Возможность учета других энергоресурсов;

- дистанционный многотарифный коммерческий учет и достоверный контроль потребления энергоресурсов;

- автоматизированный расчет потребления и возможность выписки электронных счетов абонентам для оплаты потребленных энергоресурсов;

- выдачу данных и обмен аналитической информацией между структурами ЖКХ и энергопоставляющими организациями при решении задач управления потреблением энергоресурсов и энергосбережения;

- внутриобъектный баланс поступления и потребления энергоресурсов с целью выявления очагов несанкционированного потребления;

- информирование потребителей о состоянии оплаты и потребления энергоресурсов;

- возможность изменения тарифов путем перепрограммирования технических средств, установленных на объектах учета, с обязательным документированием этого события техническими средствами;

- возможность расширения функций без изменения общей структуры АСКУЭ, установленных на объектах учета.

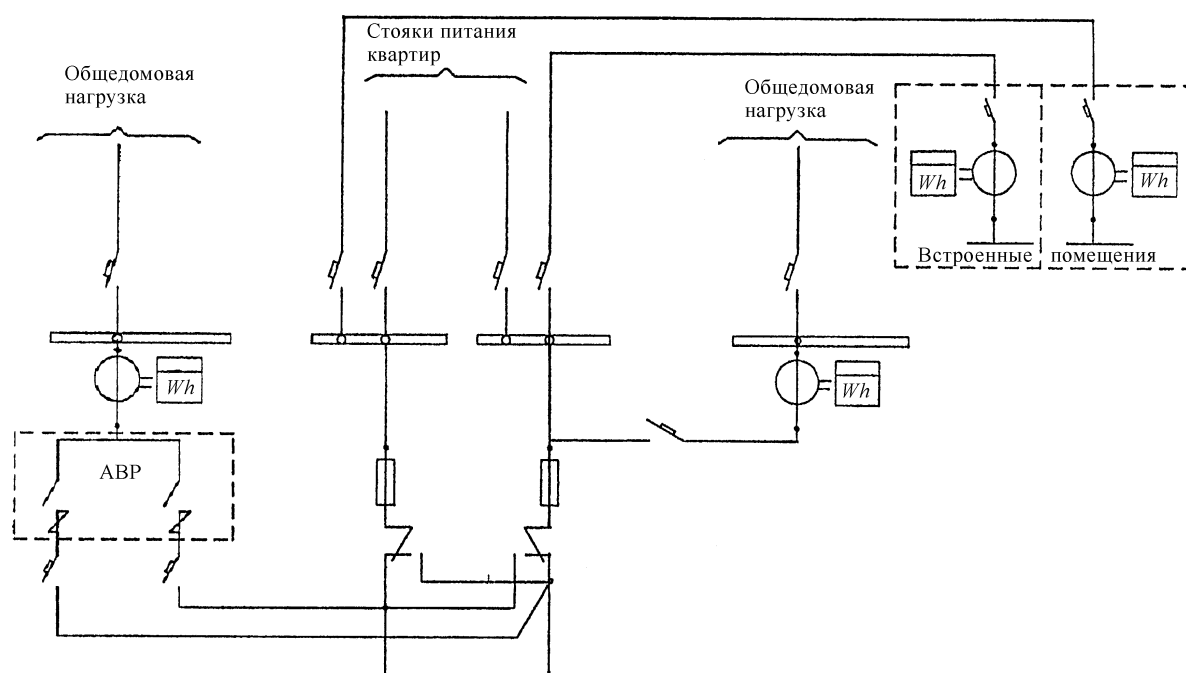


Рис. 6.1. Схема учета электроэнергии в жилых домах высотой 10 этажей и выше

Каждая АСКУЭ должна позволять применять дифференцированные по зонам суток тарифы на электроэнергию и другие энергоресурсы, а также обеспечивать контроль переключения системы с тарифа на тариф с передачей указанной информации в диспетчерский пункт АСКУЭ со временем исполнения, как правило, до 5 мин.

Аппаратура и линии связи АСКУЭ должны соответствовать требованиям, которые предъявляются к системам коммерческого учета. В пределах объекта (жилой дом) съем и передачу показаний потребления энергоресурсов следует, как правило, проводить по самостоятельным линиям связи.



Допускается использование для этой цели других технических решений при условии выполнения требований по точности и надежности передаваемой информации, определяемой требованиями энергоснабжающих организаций к учету энергоресурсов.

Учитывая специфику настоящей работы, рекомендуем читателю за более подробной информацией по проектированию АСКУЭ обращаться к другим источникам (например, СП31-110–2003).

### **6.3. Организация учета электроэнергии при проектировании индивидуальных жилых домов**

Как правило, на весь коттеджный участок, находящийся в ведении одного абонента, должен быть предусмотрен один расчетный счетчик электроэнергии, устанавливаемый на вводе в коттедж. Однако возможны варианты, когда расчетный счетчик может устанавливаться отдельно на вводе в дом, гараж и т.п. Для индивидуальных жилых домов рекомендуется, как правило, применять трехфазный ввод с установкой трехфазного счетчика.

При наличии в индивидуальных жилых домах нагрузки электроотопления более 10 кВт следует устанавливать самостоятельный расчетный счетчик на данную нагрузку.

Приборы учета должны размещаться в специальных шкафах заводского изготовления. Вводной щиток должен размещаться на границе участка индивидуального владения.

Допускается размещать вводной щиток на стене здания, а также внутри здания, в непосредственной близости от входа по согласованию с энергоснабжающей организацией.

На вводе в дом или другое частное сооружение должен устанавливаться защитный аппарат, обеспечивающий защиту от сверхтоков, с номинальным током расцепителя, соответствующим расчетной нагрузке на вводе и разрешенной мощности на присоединение с учетом селективности.

### **6.4. Основные требования к установке приборов учета**

Установка приборов учета должна выполняться с учетом Правил устройства электроустановок (ПУЭ) и Инструкций энергоснабжающих организаций. Приборы учета приобретаются и устанавливаются за счет потребителей и передаются на баланс энергоснабжающей организации безвозмездно.

Установка счетчиков должна осуществляться на жестких основаниях щитков, на панелях ВРУ и на других конструкциях, не допускающих сотрясений и вибраций. Крепление счетчиков должно быть обеспечено с лицевой стороны.

Конструкции панелей ВРУ, щитков и т.п. должны обеспечивать безопасность и удобство установки и замены счетчиков, подключения к ним проводов, а также безопасность обслуживания.

Для установки счетчиков, трансформаторов тока и испытательных коробок в панелях ВРУ, как правило, должны предусматриваться самостоятельные отсеки с запирающимися дверями. Трансформаторы тока рекомендуется устанавливать над счетчиками. При этом между счетчиками и трансформаторами тока должна устанавливаться горизонтальная перегородка из изоляционного материала. При размещении двух комплектов трансформаторов тока на одном щите между ними должна быть перегородка из изоляционного материала.

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

В многоквартирных жилых домах счетчики должны устанавливаться в этажных щитах с запирающимися дверями, имеющими проемы для снятия показаний. В электрощитовых жилых зданий счетчики устанавливаются на панелях ВРУ или в отдельных щитках. Допускается установка счетчиков на стене на деревянных, пластмассовых или металлических щитках. При этом расстояние до стены должно быть не менее 100 мм.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков рекомендуется в пределах 1,0–0,7 м. Не допускается установка счетчиков в помещениях, где температура может превышать +45°C.

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

Включение трехфазных счетчиков через трансформаторы тока должно выполняться с помощью испытательных колодок, устанавливаемых непосредственно под счетчиком или рядом с ним.

Трехфазные счетчики на вводах отдельных квартир, индивидуальных жилых домов и других частных сооружений следует, как правило, применять прямого включения. Трехфазные счетчики на общедомовую нагрузку жилых домов следует включать через трансформаторы тока.

Перед расчетными счетчиками, непосредственно включенными в сеть, на расстоянии не более 10 м по длине проводки должен быть установлен защитный аппарат, позволяющий снять напряжение со всех фаз для безопасной замены счетчиков и обеспечивающий защиту сети от перегрузки.

После счетчика должен быть установлен аппарат защиты не далее чем на расстоянии 3 м по длине электропроводки, если после счетчика на отходящих линиях или линии не предусмотрены защитные аппараты.

Если после счетчика отходят несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты не требуется. Если после счетчика отходят несколько линий, снабженных аппаратами защиты, которые размещены за пределами помещения, где установлен счетчик, то после счетчика должен быть установлен общий отключающий аппарат.

Счетчики для квартир рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты. При установке квартирных щитков в прихожих квартир счетчики могут устанавливаться на этих щитках; допускается их установка в этажных щитках. Место установки счетчика согласовывается с местным отделением энергосбыта с учетом типа здания и планировочных решений.

Счетчики следует выбирать с учетом их допустимой перегрузочной способности. Сечение и длина проводов и кабелей, используемых для цепей напряжения счетчиков, должны выбираться так, чтобы потеря напряжения составляла не более 0,5% номинального напряжения.

Сечение жил проводов и кабелей для внешних соединений счетчиков должно быть не менее, мм<sup>2</sup>:

	Медь	Алюминий
цепи трансформаторов тока . . . . .	2,5	4
цепи трансформаторов напряжения . . . . .	1,5	2,5

Максимальное сечение жил проводов и кабелей определяется конструкцией клемм счетчиков.

При применении многопроволочных проводов, подключаемых к счетчику, концы их должны быть облужены. Концы проводов или жил кабелей, идущих от трансформаторов тока к системам, должны иметь соответствующую маркировку.

При подключении счетчиков непосредственного включения необходимо оставить концы жил длиной не менее 120 мм. Нулевой провод на длине 100 мм перед счетчиком должен иметь отличительную окраску.

## 6.5. Счетчики электрической энергии

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

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

Активная мощность, измеряемая счетчиком, определяется выражениями:

- для однофазного счетчика, Вт:

$$P_{1\phi} = U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi ;$$

- для трехфазного двухэлементного счетчика, Вт:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I \cdot \cos \varphi ;$$

- для трехфазного трехэлементного счетчика в четырехпроводной сети, Вт:

$$P_{3\phi 4} = U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + U_3 I_3 \cos \varphi_{31} .$$

Реактивная мощность (ВАр), измеряемая счетчиком реактивной энергии, определяется выражением, ВАр:

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} U_{л} \cdot I \cdot \sin \varphi .$$

Все счетчики характеризуются классом точности, который представляется как число, равное пределу допускаемой погрешности, выраженной в процентах, для всех значений диапазона измерений тока – от минимального до максимального значения, коэффициенте мощности, равном единице, при нормальных условиях, установленных стандартами или техническими условиями на счетчик. На щитке счетчика обозначается цифрой в круге, например ①.

Точность измерений электрической энергии счетчиком можно оценить погрешностью счетчика, которая определяется его систематической составляющей, порогом чувствительности, самоходом, точностью регулировки внутреннего угла, дополнительными погрешностями.

*Погрешность счетчика*  $\delta_c$  зависит от значений тока и  $\cos \varphi$ . Зависимость погрешности от тока и от  $\cos \varphi$  называют нагрузочной характеристикой счетчика.

*Самоход счетчика* – движение диска или мигание индикаторов счетчика под действием приложенного напряжения и при отсутствии тока в последовательных цепях.

*Порог чувствительности счетчика* – наименьшее нормируемое значение тока, которое вызывает изменение показаний счетного механизма при номинальных значениях напряжения, частоты и  $\cos \varphi = 1$ .

Для измерений электроэнергии переменного тока применяются индукционные и электронные счетчики.

Измеряемая активная энергия (кВт•ч) в общем виде определяется произведением мощности на время:

$$W = P \cdot t$$

Работа индукционного измерительного механизма (рис.6.2) основана на создании электромагнитами напряжения 2 и тока 1 переменных магнитных потоков  $\Phi_U$  и  $\Phi_I$  с углом фазного сдвига между ними  $90^\circ$  и направленных перпендикулярно плоскости диска.

Магнитные потоки  $\Phi_U$  и  $\Phi_I$ , пронизывая алюминиевый диск, индуцируют в нем вихревые токи  $I'I$  и  $I'U$ . Взаимодействие магнитных потоков  $\Phi_U$  и  $\Phi_I$  с полем вихревых токов создает момент вращения подвижной части

$$M_{BP} = k \cdot \Phi_U \cdot \Phi_I \cdot \sin(90^\circ + \varphi) .$$

Магнитный поток  $\Phi_U$  пропорционален приложенному напряжению  $U$ . Магнитный поток  $\Phi_I$  пропорционален току нагрузки  $I_H$ . Тогда

$$M_{BP} = k \cdot U \cdot I_H \cdot \cos \varphi,$$

где  $k$  – постоянный коэффициент, определяемый конструкцией счетчика.

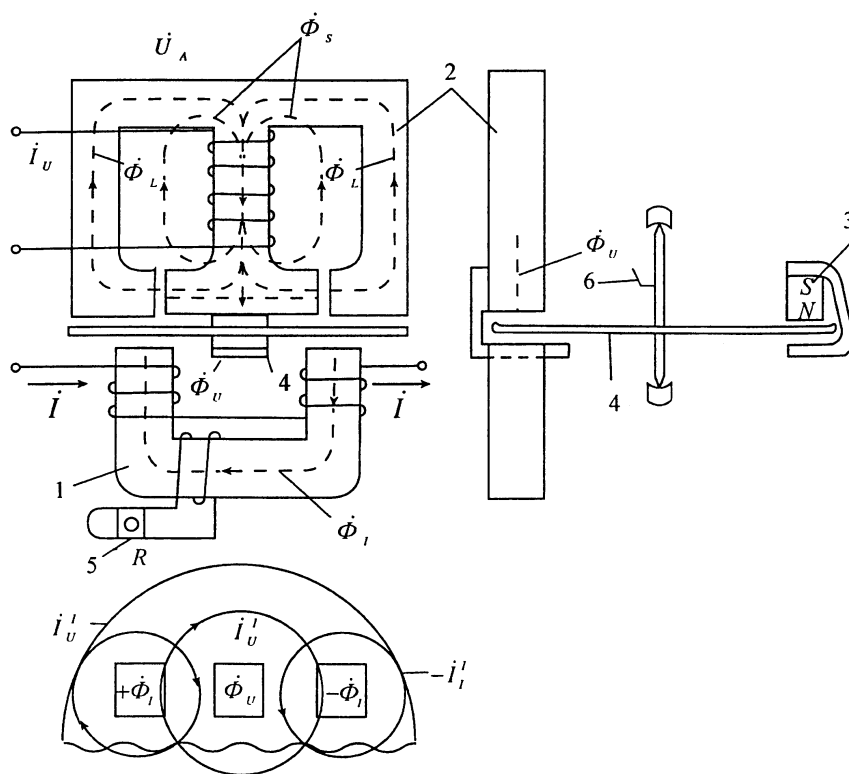


Рис. 6.2. Индукционный измерительный механизм

Постоянный магнит 3 создает тормозной момент. Для компенсации трения в опорах, счетном механизме, диска 4 о воздух, в червячной передаче электромагнитом 2 создается компенсационный момент, равный тормозному

$$M_K = M_T.$$

В результате равенства компенсационного и тормозного моментов подвижная часть при отсутствии тока нагрузки находится в состоянии динамического равновесия.

Основное регулирование характеристик индукционного измерительного механизма осуществляется следующим образом:

- тормозного момента* – механическим перемещением постоянного магнита 3;
- компенсационного момента* – перемещением пластины магнитного шунта электромагнита 2;
- внутреннего угла фазового сдвига  $\varphi$*  – перемещением зажима 5 на сопротивление  $R$ ;
- самохода* – отгибанием флажка 6, расположенного на оси диска 4.

В электронных счетчиках отсутствуют вращающиеся механические части и тем самым исключается трение.

Принцип работы электронного счетчика основан на аналого-цифровом преобразовании с последующим вычислением мощности и энергии.

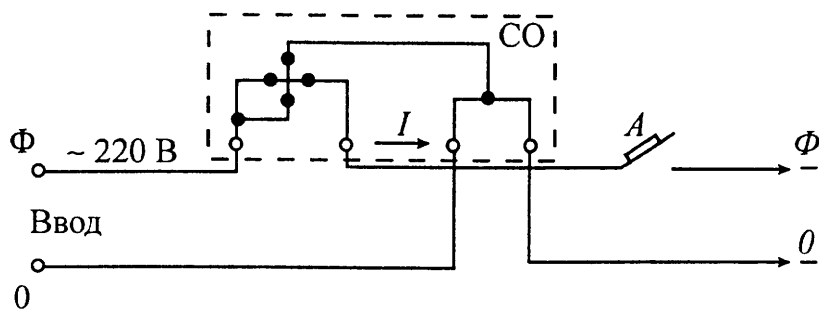


Рис. 6.3. Схема включения однофазного индукционного счетчика

В табл. 6.1 приведены технические данные наиболее применяемых счетчиков. Все приведенные в таблице счетчики внесены в Государственный реестр РФ средств измерений.

Схема включения однофазного индукционного счетчика приведена на рис. 6.3. Обязательным требованием при включении счетчика является соблюдение полярности подключения как по току, так и по напряжению. При обратной полярности в токовой цепи создается отрицательный вращающий момент и диск счетчика будет вращаться в обратную сторону. Электронные однофазные счетчики измеряют электроэнергию независимо от полярности подключения токовой цепи.

Некоторые типы индукционных счетчиков (например, СО-ЭЭ 6705) выпускаются со стопором обратного хода.

В трехфазных четырехпроводных сетях напряжением 380/220 В для измерения электрической энергии применяются счетчики прямого (непосредственного) включения. Кроме того, используются счетчики, подключаемые в сеть через трансформаторы тока (ТТ).

Подключение токовой цепи счетчиков прямого включения осуществляется последовательно с сетевыми проводниками и с обязательным соблюдением полярности (рис. 6.4).

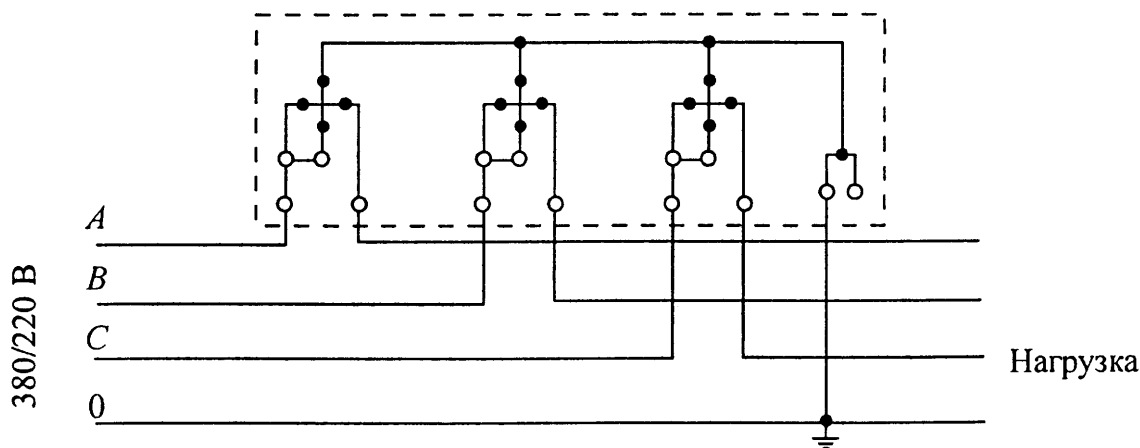


Рис. 6.4. Схема прямого включения трехфазного счетчика

Подключение счетчиков трехфазной четырехпроводной сети через ТТ может осуществляться по различным схемам: с отдельными цепями тока и напряжения, с совмещенными цепями тока и напряжения, в «звезду». Во всех случаях прямой порядок чередования фаз обязателен.

Наиболее универсальной является схема включения счетчиков с испытательной коробкой (рис. 6.5). Испытательная коробка позволяет, не отключая нагрузки, произвести замену счетчиков и проверку схемы включения.

Для обеспечения требуемой точности измерения электрической энергии наряду с выбором счетчика нужного класса точности необходимо выбрать измерительный трансформатор тока соответствующего класса точности и обеспечить в допустимых пределах потери напряжения в измерительных цепях напряжения.

Так, для рассматриваемых в настоящей работе потребителей в целях расчетного учета, согласно ПУЭ, класс точности счетчиков – не ниже 2,0; класс точности трансформаторов тока 0,5; относительные потери напряжения в процентах от номинального 0,25%.

Для технического учета: класс точности счетчиков 2,0; класс точности трансформаторов тока 1,0; относительные потери напряжения 1,5%.

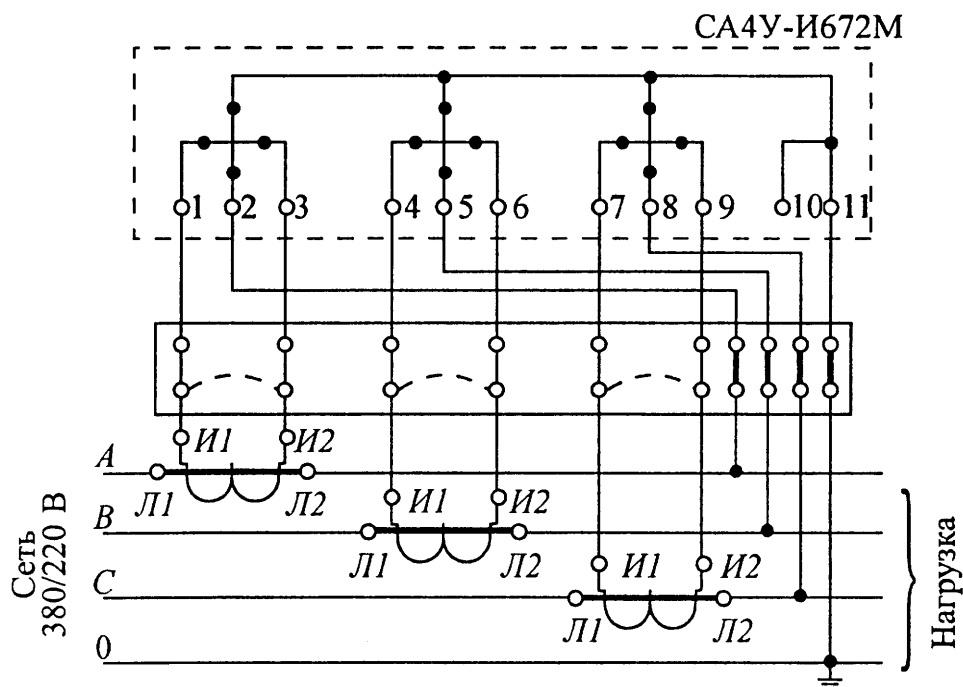


Рис. 6.5. Схема включения трехэлементного счетчика типа СА4У-И672М в четырехпроводную сеть с испытательной коробкой

**Технические данные наиболее применяемых счетчиков**

Тип счетчика	Назначение	Номинальное напряжение, В	Номинальный (максимальный) ток, А	Класс точности
<i>Однофазные индукционные</i>				
СО-505	Измерение активной энергии	220	10–40	2,0
СО-И449М1	Измерение активной энергии	127 220	5–20 10–40	2,0
СО-И449М2	Измерение активной энергии	127 220	5–20 10–40	2,0
СО-ЭС6705	Измерение активной энергии	220	10–40	2,0
СО-ЭС6706	Измерение активной энергии	220	10–40	2,0
СО-ЭС6706-1	Измерение активной энергии	220	5–20 10–40	2,0
СО-ИБ1	Измерение активной энергии	220	5–30	2,0
СО-ИБ2		220	10–60	2,0
<i>Однофазные электронные</i>				
ЦЭ2705-1	Измерение активной энергии	220	0,25–50	1,0
ЦЭ2705-2				2,0
ЦЭ2726-11	Измерение активной энергии	220	5–50	1,0
ЦЭ2726-12	Измерение активной энергии. Двухтарифный	220	5–20	1,0
ЦЭ6807Д	Прямое включение для измерения активной энергии	220	0,25–50	2,0
А100	Измерение активной энергии. Двухтарифный	230	60, 100	1,0; 2,0
ЕЕ300	Измерение активной энергии	220	50, 100	2,0
Меркурий 200	Измерение активной энергии. Многотарифный	220	5–50	2,0
СОЭ-5	Измерение активной энергии. Двухтарифный	220	5–40	2,0
СЭТ1-4А	Измерение активной энергии. Многотарифный	220	5–50	2,0
СЭБ-1М	Измерение активной энергии	230	5–50	1,0; 2,0
СЭБ-2М	Измерение активной энергии. Двухтарифный	230	5–50	1,0; 2,0
СЭБ-21М	Измерение активной энергии. Многотарифный	230	5–50	1,0; 2,0
<i>Трехфазные индукционные</i>				
СА4-И672М	Измерение активной энергии в 4 проводных сетях, прямое включение	220, 380	5–10 5–20 10–20	2,0
СА4У-И672М	Включение через трансформаторы тока для активной энергии	220, 380	5–6 25	2,0
СА3-И670М	Измерение активной энергии	127 220 380	5–10 10–20	2,0
СА3У-И670М	Измерение активной энергии с включением через ТТ и ТН	100 127 220 380	1–1,25 5–6,25	2,0
СА3-И677	Измерение активной энергии	127 220 380	20–50 30–75 50–100	2,0
СР4-И673	Измерение реактивной энергии	127 220 380	5–10 10–20	3,0
СР4У-И673М	Измерение реактивной энергии с включением через ТТ и ТН	100 127 220 380	1–1,25 5–6,25	2,0

Таблица 6.1

Наличие и тип телеметрического датчика	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Примечание
Импульсный телеметрический датчик	200×128×114	1,2	Рекомендуется для применения в быту
–	215×134×111	1,3	В круглом корпусе
–	203×121×116	1,3	В прямоугольном корпусе
–	220×148×122	1,6	
–	215×134×115	1,3	Заменяет счетчики СО-2, СО-2М, СО-6, СО-6М, СО-И446, СО-И446М
–	203×121×116	1,6	Установка режимов («дневной», «льготный») осуществляется от внешнего пульта
–	96×140×112	–	
–	96×140×112	–	
Телеметрический датчик, выходной сигнал 30 мА, 24 В	114×206×71	0,8	
Телеметрический выход 100 имп/кВт·ч	210×135×70	1,0	
Телеметрический выход 100 имп/кВт·ч	210×135×70	1,0	
–	132×214×65	1,0	
Импульсный выход. Инфракрасный порт IrDA			Рекомендуется для бытового потребления
В модификации EE3000. 4-телеметрический датчик	210×132×100	до 2	
Импульсный датчик	156×138×60	0,5	
Импульсный датчик	208×135×113	1,0	Рекомендуется для бытового потребления
Телеметрический датчик	100×203×70	1,0	
Телеметрический датчик с импульсным выходом: 12-24 В; 10-30 мА	140×218×65	–	
–	282×173×127	3,2	
–	282×173×127	3,2	
–	282×173×127	2,7	
–	282×173×127	3,9	
–	294×165×121	3,9	
–	282×173×127	2,7	
–	282×173×127	2,7	



Тип счетчика	Назначение	Номинальное напряжение, В	Номинальный (максимальный) ток, А	Класс точности
СР4-И679	Измерение реактивной энергии	127 220 380	20–50 30–75 50–100	3,0
СА3-И670Д	Для работы в АСУЭ, измерение активной энергии	220 380	5–10 10–20	2,0
СА3У-И670Д	Для работы в АСУЭ, измерение активной энергии с включением через ТТ и ТН	100 220 380	1–1,25 5–6,25	2,0
СА4-И672Д	Для работы в АСУЭ, измерение активной энергии с прямым включением в сеть	220 380	5–10 10–20	2,0
СА4У-И672Д	Для работы в АСУЭ, измерение активной энергии с включением через ТТ и ТН	100 220 380	1–1,25 5–6,25	2,0
СР4-И673Д	Для работы в АСКУЭ, измерение реактивной энергии	220 380	5–10 10–20	3,0
СР4У-И673Д	Для работы в АСКУЭ, измерение реактивной энергии с включением через ТТ и ТН	100 220 380	1–1,25 5–6,25	2,0
СА4У-510	Измерение активной энергии.	220/380	5	2,0
СА4У-514	Измерение активной энергии. Прямое включение	220/380	10	2,0
СА4У-518		220/380	20	2,0
<i>Трехфазные электронные</i>				
Ф668-САР	Измерение активной и реактивной энергии в двух направлениях. Многофункциональный. Трехтарифный	100 380 380/220	1–7,5 5–50 20–100	1,0; 1,5*
Ф668-СА	Измерение активной энергии в двух направлениях. Многофункциональный. Трехтарифный	100 380 380/220	1–7,5 5–50 20–100	1,0
Ф668-СР	Измерение реактивной энергии в двух направлениях. Многофункциональный. Трехтарифный	100 380 380/220	1–7,5 5–50 20–100	1,5
Ф669	Измерение активной и реактивной энергии в двух направлениях. Включение через ТТ и ТН. Многофункциональный.	100 110 120 220 230 380 400	1; 5	0,5; 1,0*
Меркурий-230А	Измерение активной энергии в 3 и 4 проводных сетях. Включение через ТТ и резистивные делители. Много-тарифный	220	5 (50)	1,0
		220	10 (100)	1,0
		57,7	5 (7,5)	0,5
Меркурий-230АР	Измерение активной и реактивной энергии в 3-х и 4-х проводных сетях. Включение через ТТ и резистивные делители. Многотарифный	220	5 (50)	1,0; 2,0*
		220	10 (100)	1,0; 2,0*
		57,7	5 (7,5)	0,54; 1,0*
Альфа А1000	Измерение активной и реактивной энергии в одном или двух направлениях. Многотарифные, фиксация максимальной мощности	380	100	1,0
Дельта	Измерение активной и реактивной энергии в трех и однофазных цепях. Включение прямое и через ТТ и ТН. Многотарифный	100 230/400 230	1; 1,5 1; 1,5 5–65	1,0; 2,0
А2 (АльфаПлюс)	Измерение активной и реактивной энергии. Включение прямое и через ТТ и ТН. Многофункциональный	100	1; 5	
		220	1; 5	
		380	80	

Наличие и тип телеметрического датчика	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Примечание
—	294×165×121	3,9	
Импульсный. Ток импульса 10 мА	282×176×127	3,1	
То же	282×176×127	3,5	
Импульсный. Ток импульса 10 мА	282×176×127	3,1	
То же	282×176×127	3,5	
— " —	282×176×127	3,5	
— " —	282×176×127	3,5	
Фотоэлектронный адаптер с телеметрическим датчиком	283×174×129	3,2	
	283×174×129	3,2	
	313,5×174×129	4,6	
Телефонный модем со скоростью 300 бод Интерфейс передачи данных по силовой сети	294×173×127	3,0	
	294×173×127	3,0	
	294×173×127		
2 интерфейса «токовая петля». 5 оптоэлектронных импульсных выходов по интерфейсу RS-232	328×178×60	1,6	
Два телеметрических выхода с оптической развязкой. Цифровой интерфейс типа CAN	258×170×74	1,5	Класс защиты от проникновения пыли и воды IP51
	258×170×74	1,5	То же
—	—	—	Рекомендуется для бытового потребления
Импульсный выход	122,5×100×65	0,5	Рекомендуется для бытового потребления. Монтируется на DIN-рейку
Импульсный выход и цифровой по интерфейсам RS-232, «токовая петля» или RS-485	262×180×180	3,0	Круглый корпус

Тип счетчика	Назначение	Номинальное напряжение, В	Номинальный (максимальный) ток, А	Класс точности
A1600 (ЕвроАльфа)	Измерение активной и реактивной энергии в двух направлениях. Включение через ТТ и ТН. Многофункциональный	57-230 100-400	1; 5	0,2S; 0,5S
A1300 (ЕвроАльфа)	Измерение активной и реактивной энергии. Включение через ТТ и ТН. Многофункциональный	57/100 100 230/400 230	1; 5	1,0
ЦЭ2727	Измерение активной энергии. Включение прямое и через ТТ и ТН. Многотарифный	57,7 100 380 220/380	5–10 5–50 10–100	1,0
СТС5605-4/05-3	Измерение активной и реактивной энергии в двух направлениях. Включение через ТТ и ТН. Многофункциональный	100	5	0,5S
СТС5605-4/1-3		100	5	1,0
СТС5605-4/05-4		58/100	5	0,5S
СТС5605-4/1-4		58/100	5	1,0
СТС5605-2/05-3	Измерение активной и реактивной энергии в одном направлении. Включение через ТТ и ТН. Многофункциональный	100	5	0,5S
СТС5605-2/1-3		100	5	1,0
СТС5605-2/05-4		58/100	5	0,5S
СТС5605-2/1-4		58/100	5	1,0
СТС5605-2/05-4Н	Измерение активной и реактивной энергии в одном направлении. Включение через ТТ. Многофункциональный	220	5	0,5S
СТС5605-2/1-4Н		220	50	1,0
СТЭ-560	Измерение активной и реактивной энергии. Двухтарифный	220/380	5-80	2,0
СТЭ-560-2	Измерение активной и реактивной энергии. Включение через ТТ	220/380	5	2,0
СТЭ-560А-2	Измерение активной и реактивной энергии. Включение через ТТ и ТН	57,7/100	5	1,0
СТЭ-560А-1		57,7/100	1	2,0
ПСЧ-3АР.05.2	Измерение активной и реактивной энергии	3×220/380	5 (10)	1,0 (2,0)
ПСЧ-3А.05.2	Измерение активной энергии.	3×220/380	5 (10)	1,0
ПСЧ-4АР.05.2	Измерение активной и реактивной энергии	3×57,7/100, 3×220/380	5 (7,5)	0,5 S (1,0*)
ПСЧ-4А.05.2	Измерение активной энергии	3×57,7/100, 3×220/380	5 (7,5)	0,5 S
ПСЧ-4АП.05.2	Измерение активной энергии в 2-х направлениях	3×57,7/100	1(1,5) 5 (7,5)	0,5 или 1,0
ПСЧ-4РП.05.2	Измерение реактивной энергии в 2-х направлениях	3×57,7/100	1(1,5) 5 (7,5)	1,0

\*) – для реактивной энергии.

Примечание: ТТ – измерительные трансформаторы тока; ТН – измерительные трансформаторы напряжения.

Наличие и тип телеметрического датчика	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Примечание
Импульсный выход и цифровой по интерфейсам RS-232, «токовая петля» или RS-485	300×170×80	1,6	Прямоугольный корпус
Импульсный выход и цифровой по интерфейсам RS-232, «токовая петля» или RS-485	300×170×80	1,6	Рекомендуется для жилищно-коммунального хозяйства
Цифровые интерфейсы RS-232 или RS-485. Модем для передачи по силовым сетям	282×173×127	3,0	
До 5 телеметрических импульсных выходов. Цифровой интерфейс RS-485 HDX или RS-232	328×178×60	1,65	
До 5 телеметрических импульсных выходов. Цифровой интерфейс RS-485 HDX или RS-232	328×178×60	1,65	
Импульсный датчик	325×180×52	1,6	
	325×180×52	1,6	
	325×180×52	1,6	
	325×180×52	1,6	
По одному импульсному выходу на каждый вид энергии	325×170×70	1,5	
2 импульсных выхода		1,5	
По одному импульсному выходу на каждый вид энергии	325×170×70	1,5	
2 импульсных выхода			
2 импульсных выхода	325×170×70	1,5	
2 импульсных выхода			

## **Глава 7. Интеллектуализация зданий и помещений для автоматизированного управления инженерным оборудованием**

### **7.1. Общие понятия и функции интеллектуализации зданий и помещений**

Под понятием «интеллектуальное здание» (ИЗ) подразумевается объединение инженерных систем и систем жизнеобеспечения здания в единый комплекс на базе универсальной структуризированной кабельной системы и интегрированной системы управления.

Любое современное здание в зависимости от его функционального назначения (жилище, офисы, банки, отели, торговые центры и пр.) оборудуется различными инженерными системами, обеспечивающими как его основные функции, так и безопасность, надежность, экономичность.

Для того чтобы выполнить указанные задачи, инженерные системы оснащаются различными исполнительными механизмами и датчиками, объединенными в единую программу передачи и обработки информации, позволяющую задавать любые режимы и алгоритмы работы оборудования как каждой технической системе в отдельности, так и всем задействованным системам.

В полной мере задача интеллектуализации относится и к элитной квартире или коттеджу. В этом случае целью интеллектуализации элитного жилища является обеспечение повышенного комфорта, удобства, безопасности и экономичности.

Система управления программируется и подстраивается под конкретного заказчика и управляет освещением, отоплением, вентиляцией и электрическими приборами. Система имеет встроенные функции защиты как людей, так и собственности. Эти функции включают обнаружение и реакцию на пожар, утечку газа, воды, проникновение в дом посторонних лиц. Система может быть всегда подстроена под новые потребности заказчика и позволяет экономить энергетические ресурсы.

Особое место в интеллектуализации жилища занимает управление коммутационными системами, которое основано на использовании в доме унифицированных розеток для компьютерной, телефонной, телевизионной и радиосистем. Заказчик сам может решить, для чего использовать каждую розетку в комнате. В дом подводятся внешние коммуникации – ТВ-антенна, телефон, Интернет, спутниковое телевидение и др., и с помощью системы управления в любой комнате в любой розетке можно подключиться к желаемой системе.

Schneider Electric предлагает использовать для построения коммуникационных сетей систему LexCom™ Home.

Для систем автоматизации зданий, включающих управление электрическим освещением, приводами жалюзи, отоплением и вентиляции, системами безопасности и пр. рекомендуется использовать оборудование фирмы Merten.

Для автоматизации инженерных систем фирмой Telemecanique предлагается использование интеллектуальных реле Zelio Logic.

### **7.2. Интеллектуальная система построения информационных сетей LexCom™ Home**

Появление в отдельных квартирах или коттеджах нескольких телевизоров, телефонов, компьютеров, а также факса, принтеров, цифровых домашних кинотеатров (DVD-кинотеатр), видеомagneтофонов, спутникового телевидения, Интернета и других информационных систем приводит к необходимости создания универсальной сети, обеспечивающей оптимальное функционирование систем в реальных условиях жизни.

Система LexCom™ Home – одно из таких решений, которое делает домашнюю сеть гибкой и современной. Система LexCom™ Home имеет полосу пропускания 862 МГц, что позволяет использовать ее для передачи телевизионных, телефонных сигналов и компьютерных связей. Система устроена так, что все абонентские розетки универсальны. К любой из них можно подключить компьютер, телефон, факс, телевизор и т.п.

LexCom™ Home основана на структурированной кабельной системе с применением широкополосного кабеля с витой парой. С помощью этого кабеля все розетки в помещениях подключаются к распределительному центру – патч-модулям или патч-панели.

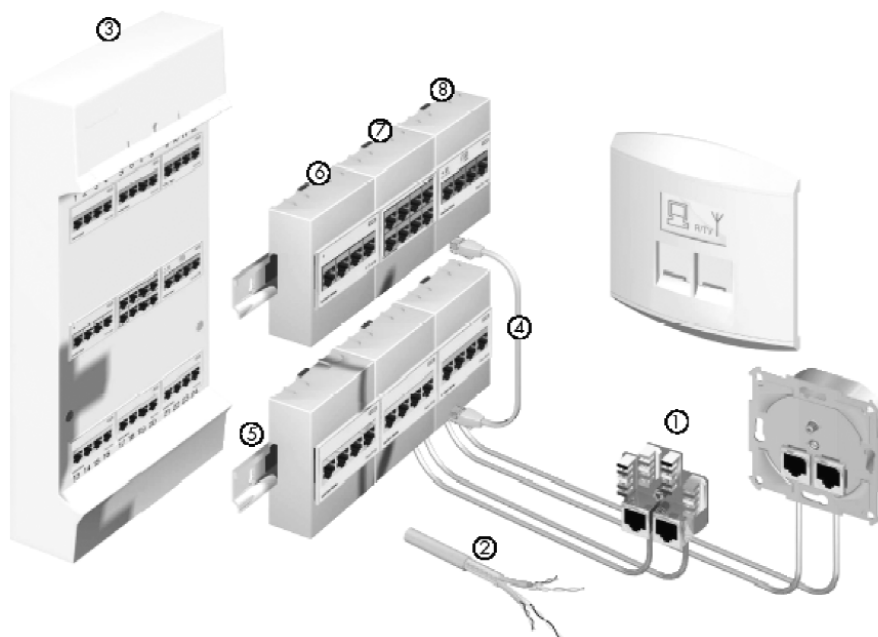


Рис. 7.1. Общий вид модульного контроллера Twido TWD LMDA.OD...  
(каталог Telematique Программируемый контроллер Twido, стр.11)

Входными коммуникациями для распределительного центра являются кабели от вводов телефонной связи, Интернета, телевизионная антенна и т.п. Используя патч-кабель, любую розетку можно подключить к любому источнику сигнала.

Структурированная кабельная система образована с помощью пассивных и активных компонентов (рис. 7.1). Все модули системы LexCom™ Home устанавливаются на DIN-рейку.

### Пассивные компоненты LexCom™ Home

**Розетки.** Располагаются в комнатах в необходимых местах. Имеют два гнезда RJ45. Функция порта розетки устанавливается в распределительном шкафу. Она может быть показана с помощью маркировки.

**Кабель с витой парой.** Соединяет розетки и патч-модули в распределительном центре. Кабель экранированный, 4 пары, каждая пара в экране. Полоса пропускания кабеля 900 МГц. Материал оболочки кабеля – без использования галогенов. Максимальный радиус изгиба кабеля без потерь – три диаметра кабеля. Поставляется катушками по 300 и 500 м.

**Распределительный центр.** Стандартный центр имеет 9–18 слотов – мест для расположения модулей LexCom™ Home. Размеры типового модуля – 72x86x37.

**Патч-кабели.** Используются только в распределительном центре для подключения розеток к источникам сигнала. Экранированные кабели с витой парой RJ 45-RJ 45. Поставляется набор:

24,5 см, 28 см и 32 см.

**Патч-модули (Patch Module P100).** Устанавливаются в распределительном центре. К ним подключаются кабели от розеток. Выполнены в стандарте DIN. Имеют 4 порта RJ45 с полосой пропускания 862 МГц.

С помощью активных компонентов LexCom™ Home можно получить дополнительный сервис, такой как разветвление, усиление, размножение сигналов по домашней информационной сети. В состав системы входят три типа активных модулей – модули данных, телефонные и телевизионные модули.

### Активные компоненты LexCom™ Home

#### Телевизионные модули (TV/Radio Module)

**Телевизионный модуль A100.** На лицевой стороне имеет 4 порта RJ45, светодиод питания и потенциометр для регулировки усиления. Антенный вход – F-коннектор.

Модуль имеет встроенный усилитель. Усиление от 20 до 32 дБ на 860 МГц. Позволяет подключить 4 телевизора. Напряжение питания 12 В.

**Телевизионный модуль A110.** Имеет обратный канал, обеспечивает передачу инфракрасного (ИК) сигнала и аудио/видео (A/V) канал.

На лицевой стороне имеет 7 портов RJ45, светодиод питания и потенциометр для регулировки усиления. Кроме прямого канала 2 из 7 портов имеют обратный канал. Все 6 портов, имеющих прямой канал могут принимать ИК сигнал. Один порт предназначен для AV канала.

Модуль имеет порт для подключения ИК передатчика. Антенный вход – F-коннектор.

Модуль имеет встроенный усилитель. Усиление от 10 до 34 дБ на 860 МГц. Позволяет подключить 6 телевизоров. Напряжение питания – 12 В.

#### **Телефонные модули (Telephone Module)**

*Телефонный модуль (Telephone Module) T100.* Имеет 8 портов RJ45 и распределяет входные сигналы на 8 направлений. Порты включены параллельно без защиты.

Входные сигналы: две аналоговые телефонные линии и одна линия ISDN<sup>4</sup> от NT терминала (S0 bus). В случае использования ISDN можно дополнительно занять только одну аналоговую линию.

*Телефонный модуль (Telephone Module) T105.* Имеет 8 портов RJ45 и распределяет входные сигналы на 8 направлений. Порты включены последовательно с защитой.

Входные сигналы: две аналоговые телефонные линии и одна линия ISDN от NT терминала (S0 bus). В случае использования ISDN можно дополнительно занять только одну аналоговую линию.

*ISDN модуль (ISDN Module) T110.* Имеет 8 портов RJ45 и распределяет входной сигнал на 8 направлений по принципу короткой пассивной шины. Порты включены параллельно. Модуль имеет терминатор 100 Ом. Входные сигналы: одна линия ISDN от NT терминала (S0 bus).

К модулю могут быть подключены только телефоны ISDN (S0 совместимые).

*Модуль данных (Data module) H100.* Формирует локальную сеть Ethernet типа 10Base-T. Имеет 4 порта RJ45. Для подключения к внешним коммуникациям предусмотрен отдельный порт RJ45.

Кроме указанных пассивных и активных элементов в систему входят дополнительные устройства:

*AV модулятор*, который используется, когда требуется распределить видеосигнал по системе LexCom™ Home. Устройство переводит видеосигнал на частоту телевизионного сигнала. Сигнал распространяется по сети LexCom™ Home подключением модулятора к AV входу телевизионного модуля A110.

Модулятор имеет вход для инфракрасной связи и встроенный усилитель.

Выпускаются две модификации – 1 AV порт, 4 AV порта.

*PC проигрыватель.* Используется в тех случаях, когда требуется распределить аудиосигнал по системе LexCom™ Home. Модулятор разработан специально для приема MP3 и Интернет-радио от звуковой карты компьютера. Устройство переводит аудиосигнал на частоту FM сигнала. Подключив модулятор к AV входу телевизионного модуля A110, сигнал будет распространен по сети LexCom™ Home.

Модулятор имеет вход для ИК связи и встроенный усилитель

*Модуль связи с внешним коммуникационным оборудованием (Uplink Module).* Адаптер для связи модуля H100 с внешним коммуникационным оборудованием. Выпускаются две версии: адаптер 10Base-T с RJ45 для подключения к внешней сети и 10Base-F с двумя ST-коннекторами для подключения к внешней сети.

*ИК приемники и ИК передатчики* для организации дистанционного управления.

В состав системы LexCom™ Home входят следующие кабели:

- RJ 45 – RJ 45 для подключения к розетке компьютера или принтера;
- RJ 45 – RJ 11 для подключения к розетке телефона;
- RJ 45 – коаксиальный для подключения телевизора;
- RJ 45 – коаксиальный с интерфейсом ИК приемника для подключения телевизора и обеспечения ИК связи.

На рис. 7.2 приведен пример сети LexCom™ Home с внешними коммуникациями – телевизионной антенной, телефонией и внешней компьютерной сетью и распределение их по комнатам.

На рис. 7.3 показан пример распределения кабельного телевидения по комнатам. Радио подключено к антенной системе.

На рис. 7.4 показана компьютерная сеть с использованием нескольких модулей данных H100 и подключением к внешней сети.

<sup>4</sup>ISDN (Integrated Services Digital Network) - цифровая сеть с предоставлением комплексных услуг.

На рис. 7.5 приведен пример подключения компьютерной сети через Интернет-сервер и ISDN.

На рис. 7.6 показано подключение компьютерной сети к системе ADSL. Входная линия поступает на разветвитель. Аналоговый порт подключен к телефонному распределителю LexCom™ Home (например, T100), а ADSL порт к ADSL маршрутизатору.

На рис. 7.7 приведено централизованное подключение спутникового телевидения.

Для подключения нескольких источников видеосигналов к распределительной сети LexCom™ Home используется AV модулятор. В примере (рис. 7.8) на его видеовходы поданы сигналы с приемника спутникового телевидения, видеомagneтофона DVD и видеокамеры. AV модулятор переводит эти сигналы на телевизионные частоты. Поданные через AV-порт модуля A110 преобразованные видеосигналы смешиваются с входным телевизионным сигналом и ретранслируются в систему.

Для получения более высокого качества сигнала и стерео звука источники видеосигналов по низкой частоте могут быть подключены к основному телевизору. В этом примере, в отличие от примера, приведенного на рис. 7.7, антенна спутникового телевидения подведена к аппаратной стойке в жилой комнате.

Когда источники сигналов подключены через AV модулятор, возникает задача управления ими из других помещений. Решается она с помощью инфракрасной связи, обеспечиваемой

ИК-приемниками и ИК-передатчиками (рис. 7.9). ИК-приемники подключаются к розетке RJ 45 коаксиальным кабелем с ТВ-разъемом и интерфейсом ИК-приемника. Все шесть входов TV/Radio модуля A110 принимают сигналы от ИК-приемников и транслируют их на AV-порт и порт ИК передатчика. AV модулятор, подключенный к AV-порту модуля A110, принимает сигналы от ИК-приемников и передает их на ИК передатчики, наклеенные на окошки ИК-приемников управляемых устройств.

Для передачи аудиосигнала, который требуется распространить по системе к установленной в доме качественной аудиоаппаратуре, используется система PC плеер – FM модулятор. В приведенном на рис. 7.10 примере источником аудио-сигнала (MP3 аудио и Интернет радио) является компьютер, точнее, его звуковая карта. Сигнал подается на FM модулятор и переводится на частоту FM канала. Модулятор подключен к AV-порту TV/Radio модуля A110 через розетку. FM сигнал распространится на все 6 портов и модуля будет принят Hi-Fi системой.

В этом примере система LexCom™ Home подключена к кабельному телевидению с доступом в Интернет. Доступ в Интернет построен на использовании обратного канала, который реализован в двух портах TV/Radio модуля A110. Кабельный модем передает данные на одной частоте (обратный канал, в зависимости от оператора 5–30 МГц, 5–55 МГц или 5–65 МГц), принимает на другой.

Проектирование LexCom™ Home начинается с разработки технического задания (ТЗ) совместно с заказчиком. Необходимо определить инфраструктуру системы с учетом плана помещений дома и уточнить поставщиков и качество внешних услуг. Желательно знать планы заказчика по модернизации системы, например будущее подключение спутникового или кабельного телевидения.

На основании ТЗ осуществляется проектирование, которое включает:

- уточнение типа и места расположения розеток;
- определение типов и количества модулей;
- принятие решения о размещении распределительного центра.

Расположение центра должно минимизировать длину кабелей до розеток. Необходимо учитывать, что длина связи в LexCom™ Home не должна быть меньше 8 м и больше 40 м. Важно иметь в виду, что центр должен быть доступен для выполнения перекоммутаций.

Центр может быть расположен поблизости от электрического распределительного щита (при желании они могут быть совмещены в одном монтажном шкафу). Для распределительного центра в непосредственной близости нужна электрическая розетка с контактом заземления. Окружающая температура для центра от 0°C до +40°C.

Далее производятся все необходимые расчеты и составляется смета для заказа оборудования и кабеля.

При проектировании необходимо учитывать нижеследующее. В новых зданиях прокладка кабелей обычно производится скрытым способом. При этом к каждой розетке (к розетке, как правило, подводятся два кабеля) рекомендуется прокладывать кабели в пластиковых трубах 2x16 мм (хотя 2 кабеля помещаются в трубу диаметром 20 мм).

В старых зданиях, где прокладка кабелей ведется открытым способом, рекомендуется использовать короба. Минимальный радиус изгиба кабеля должен быть не менее 25 мм.

В распределительном центре должны быть предусмотрены дополнительные отверстия под будущие коммуникации.



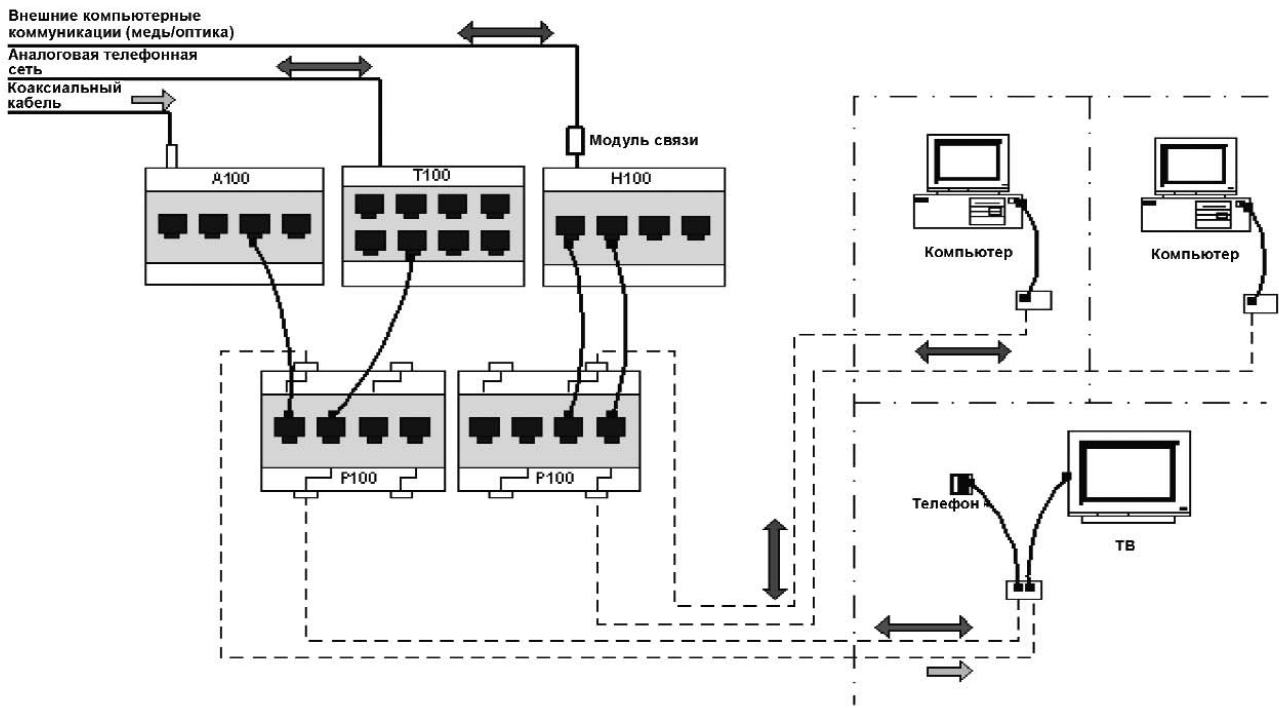


Рис. 7.2. Подключение сети LexCom™ Home к внешним коммуникациям, телевизионной антенне, телефону, внешней компьютерной сети и распределение их по комнатам

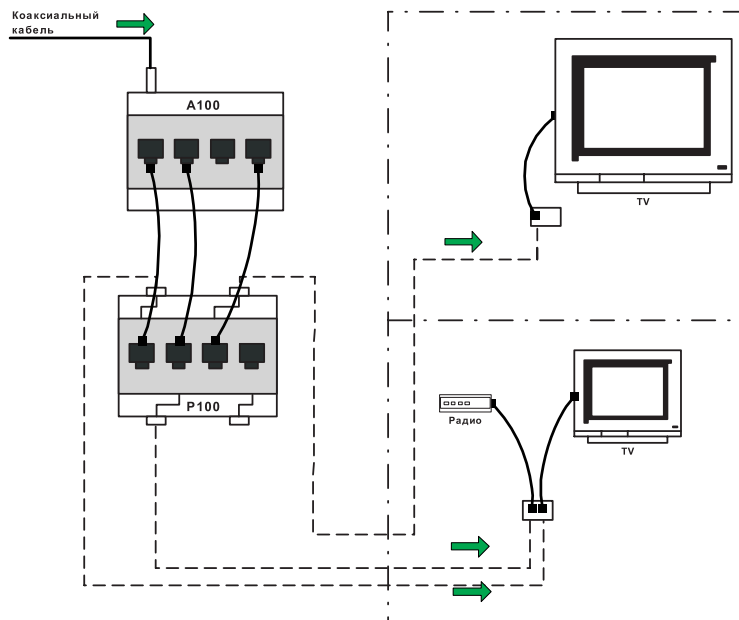


Рис. 7.3. Распределение кабельного телевидения по комнатам

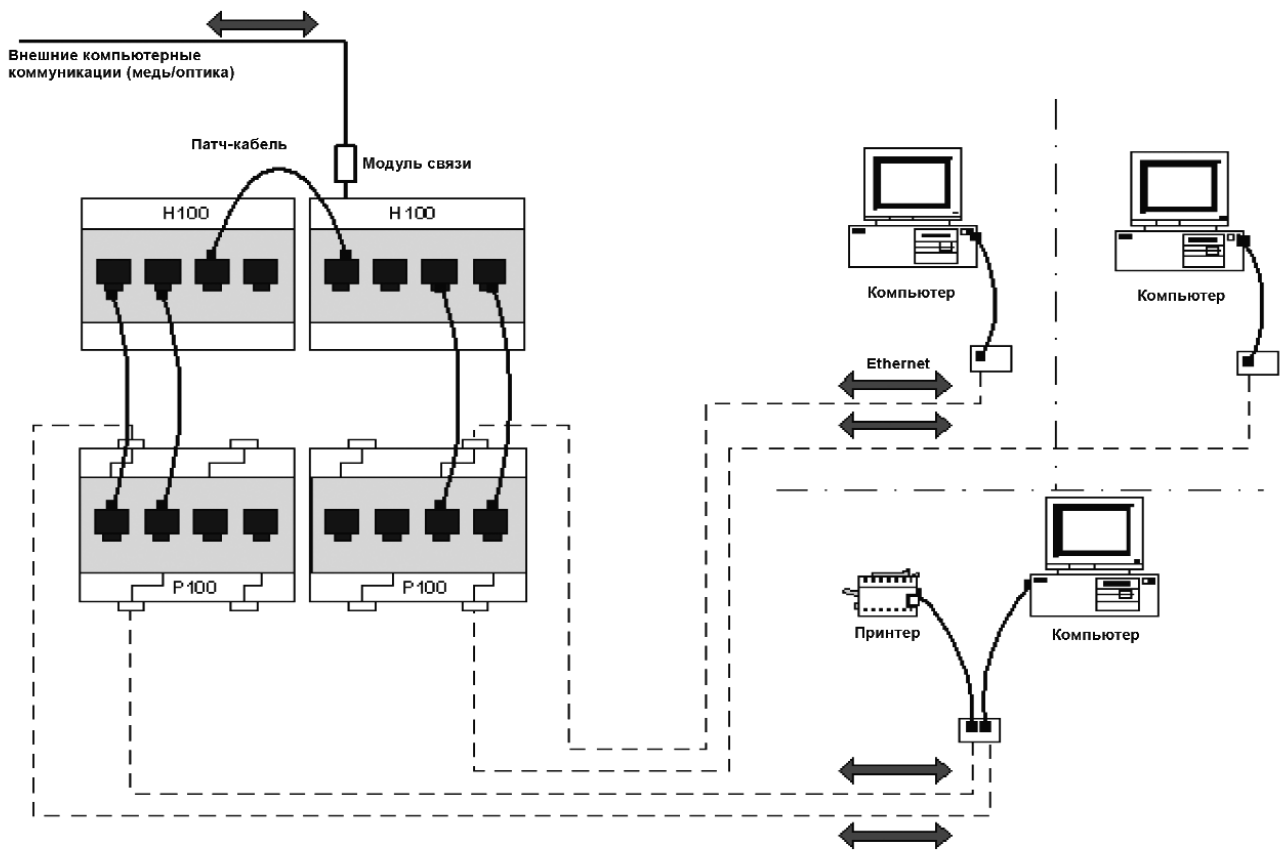


Рис. 7.4. Компьютерная сеть с использованием нескольких модулей данных H100 и подключением к внешней сети

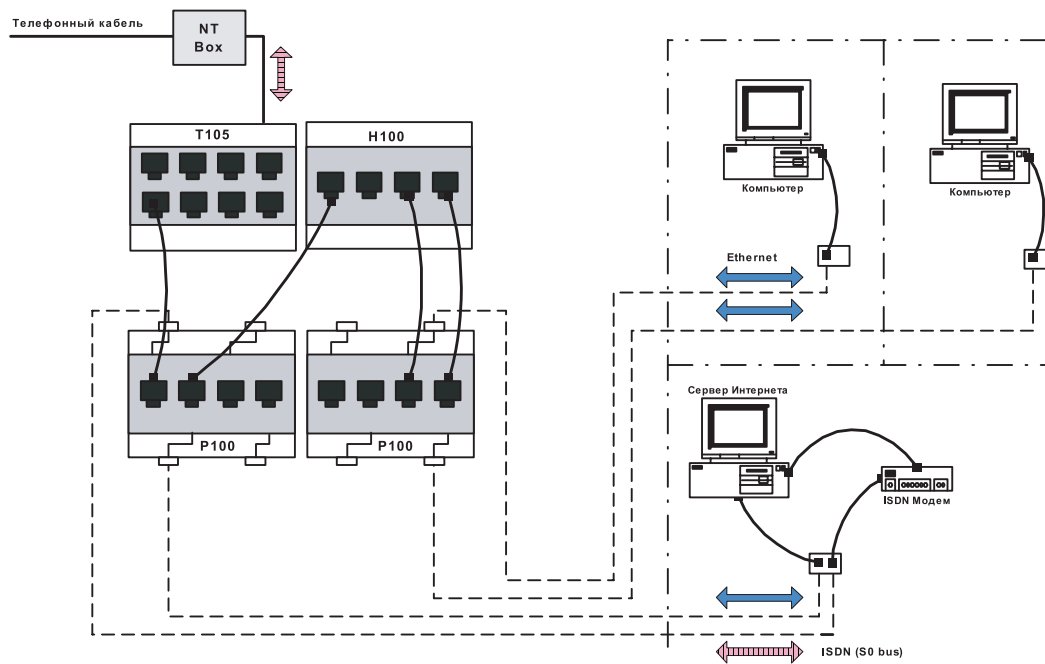


Рис. 7.5. Подключение компьютерной сети к Интернет и ISDN

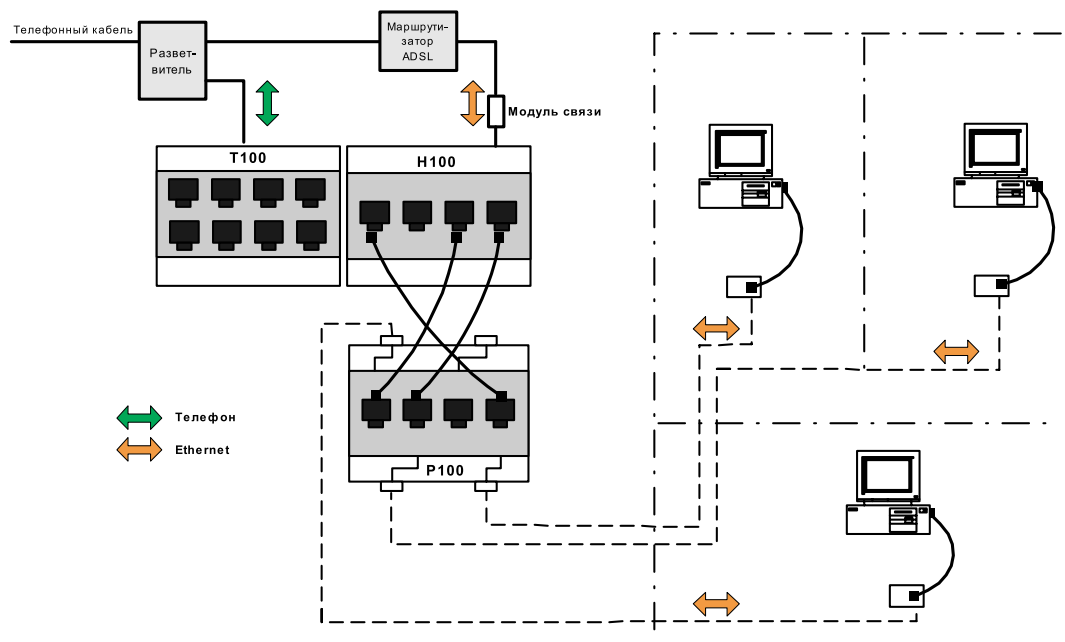


Рис. 7.6. Подключение компьютерной сети к ADSL

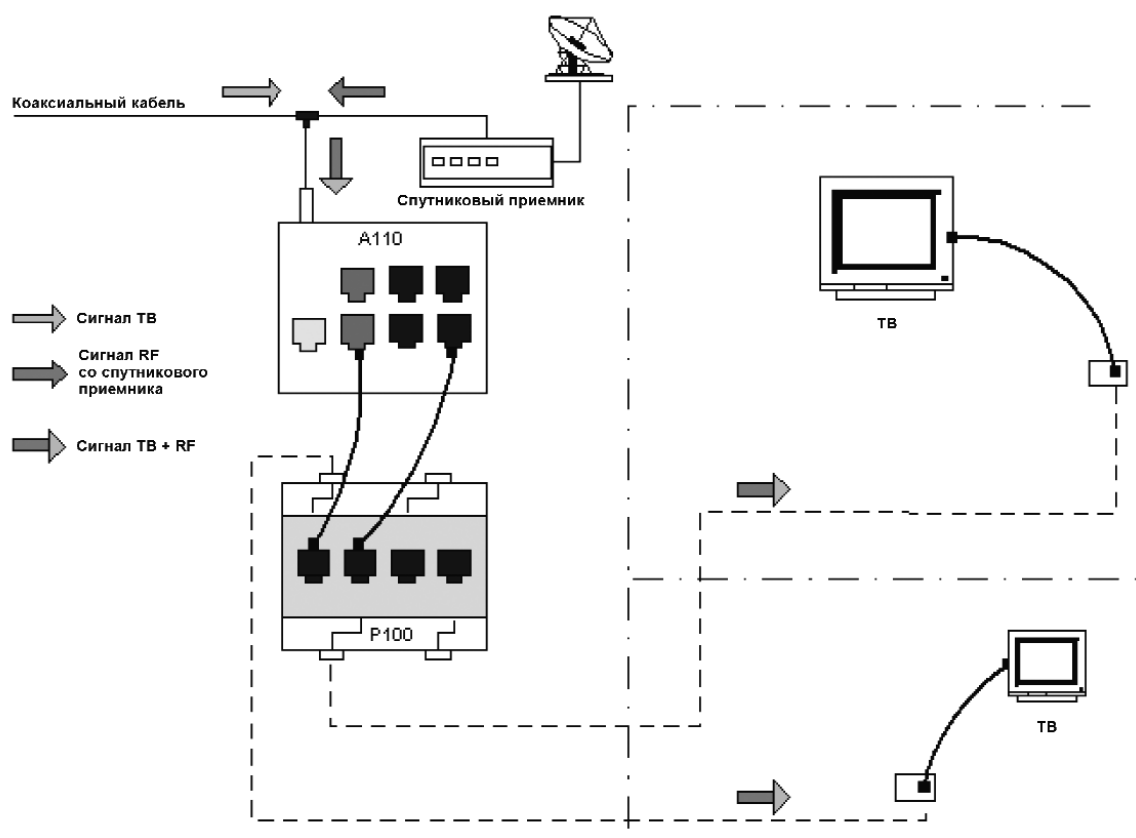


Рис. 7.7. Подключение спутникового телевидения

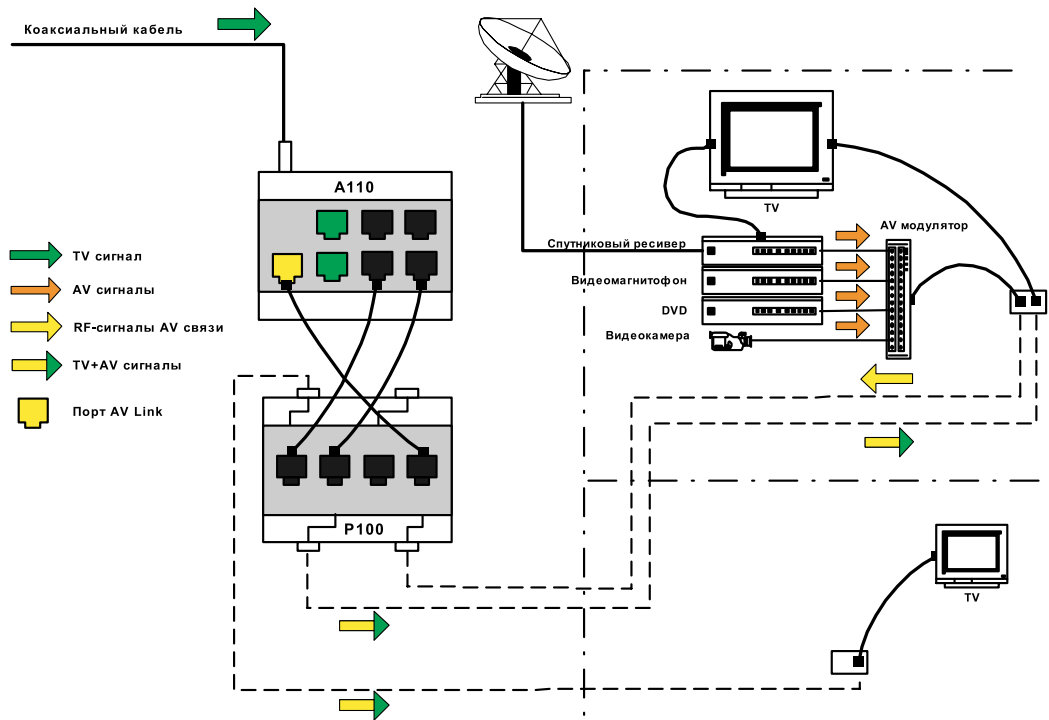


Рис. 7.8. Подключение телевидения через AV-связь

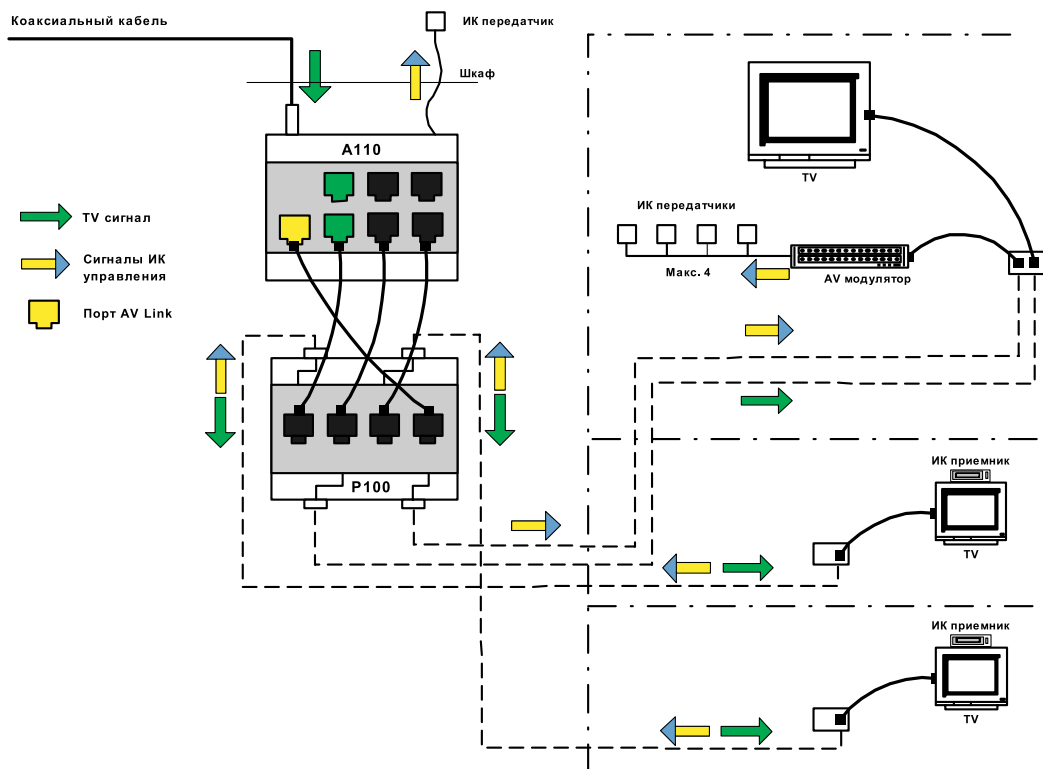


Рис. 7.9. Схема организации инфракрасной связи

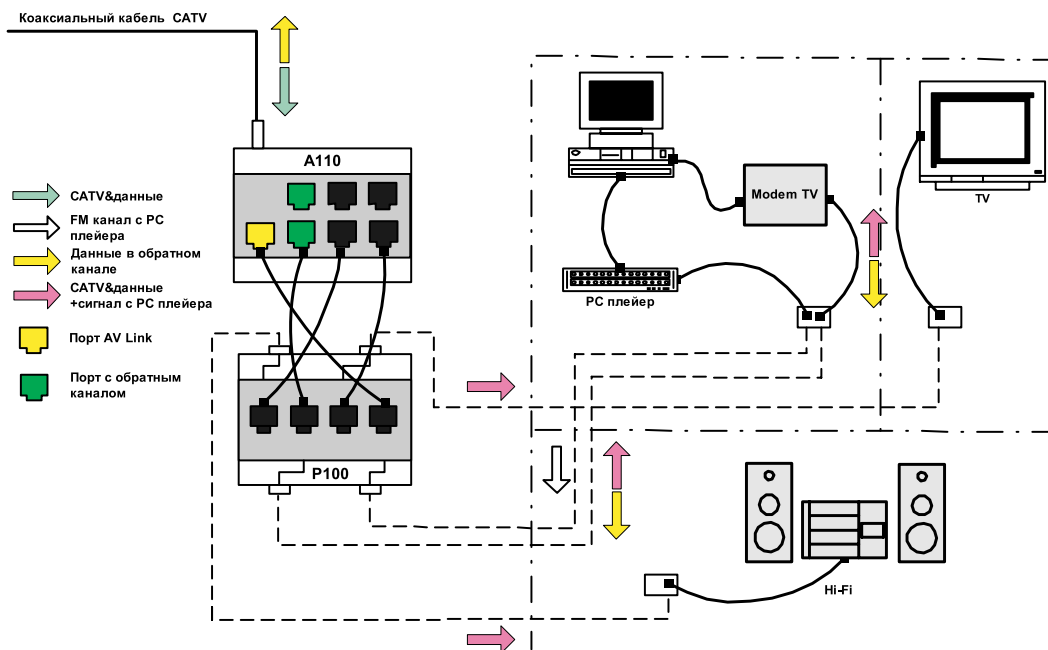


Рис. 7. 10. Передача аудио-сигналов

### 7.3. Интеллектуальное реле Zelio Logic

Для автоматизации инженерных установок с количеством входов/выходов от 10 до 40 рационально использование комплекса Zelio Logic, предлагаемого фирмой Telemecanique.

Этот комплекс применяется для:

- управления освещением;
- управления доступом, контролем и наблюдением;
- управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием.

Количество входов/выходов устройств комплекса Zelio Logic практически достаточно для использования в элитной квартире или коттедже. Относительная простота реализации системы автоматизации на базе этих устройств, малые габариты, конструктивное исполнение, аппаратная и программная совместимость с исполнительными механизмами, электрооборудованием, средствами автоматизации и связи являются основной предпосылкой для их широкого применения.

Комплекс включает две серии программируемых контроллеров:

- компактные;
- модульные.

Компактные контроллеры выпускаются трех модификаций: на 10, 12 или 20 входов/выходов. Исполнение этих контроллеров может быть с жидкокристаллическим дисплеем и кнопками управления или без них (рис. 7.11).

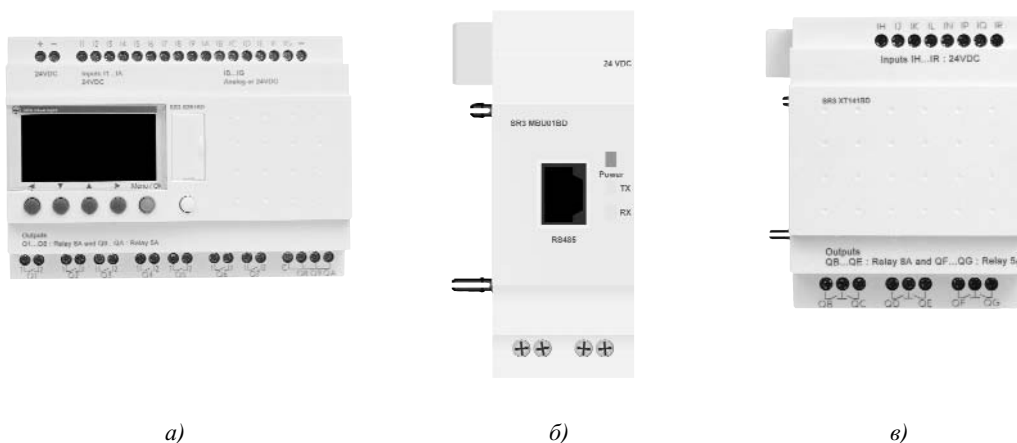
Модульные контроллеры (рис. 7.12) имеют два варианта базовых модулей: на 10 и 26 входов/выходов. Эти модули могут быть дополнены:

- тремя типами расширительных модулей на 6, 10 и 14 входов/выходов;
- одним модулем расширения связи по протоколу Modbus.

Питание устройств, входящих в комплекс Zelio Logic, осуществляется на напряжении 12 или 24 В постоянного тока, 24 или 100-240 В переменного тока. Источник питания постоянным током входит в состав комплекса.



Рис. 7.11. Общий вид компактных реле Zelio Logic



а)

б)

в)

Рис. 7.12. Пример общего вида модулей системы Zelio Logic, включающей в себя:

а – базовый модуль с дисплеем на 26 входов/выходов;

б – модуль связи по протоколу Modbus;

в – дополнительный модуль на 14 входов/выходов.

Входами в реле могут служить:

- релейные сигналы от различных переключателей, выключателей и т.п.;
- аналоговые сигналы 0-10 В постоянного тока от различных датчиков и потенциометров.

Выходами реле Zelio Logic, в зависимости от выбранной модификации, являются:

- релейные выходные сигналы с коммутацией внешних цепей до 8 А;
- транзисторные выходы.

В комплекс Zelio Logic входит коммуникационный интерфейс, с помощью которого можно осуществлять дистанционный контроль и управление установками, работающими без обслуживающего персонала. Коммуникационный интерфейс включает в себя модемы связи по телефонной сети (модем RTC) и модемы мобильной связи (модем GSM). Модуль связи по протоколу Modbus позволяет интегрировать отдельные системы автоматизации на базе Zelio Logic в общую систему автоматизации на объекте. Это особенно удобно в коттеджах, когда на приусадебном участке имеется несколько сооружений, каждое из которых имеет свою систему автоматизации.

Программирование Zelio Logic может осуществляться непосредственно с передней панели с использованием 6 кнопок управления и большого жидкокристаллического дисплея, имеющего 4 строки по 18 символов и 1 строку с пиктограммами. В этом случае языком программирования является язык «лестничных диаграмм» (LADDER).

Более широкие возможности по программированию Zelio Logic предоставляются при использовании для этой цели персонального компьютера (ПК). В этом случае, наряду с языком LADDER программирование можно осуществлять на языке функциональных блок-схем (FBD).

Язык LADDER основан на «свободном вводе данных» в виде специальных символов, либо в виде электрических символов.

Язык FBD включает 23 стандартных функции, набор последовательных функциональных схем для автоматики циклических систем управления и 6 логических функций.

Комплекс программного обеспечения ПК имеет обозначение Zelio Soft и включает:

- программное обеспечение;
- модуль самообучения;
- библиотеку прикладных программ;
- технические инструкции.

При помощи программного обеспечения Zelio Soft можно:

- получать аварийно–предупредительные сообщения на ПК или на мобильный телефон посредством SMS;
- осуществлять дистанционное управление оборудованием;
- устанавливать программы или отслеживать их работу на удаленном модуле;
- выполнять принудительное изменение состояния элементов программы дистанционно.

Конструкция устройств, входящих в комплекс Zelio Logic, позволяет устанавливать их в электрошкафах на DIN–рейках или, используя выдвигающиеся монтажные выступы, на пластине в удобном для эксплуатации месте.

На рис. 7.13 для примера приведена структурная схема автоматизации на базе компактного Zelio Logic модификации SR2B121BD (каталожный номер). Это компактное устройство имеет 4 релейных (дискретных) входа, 4 аналоговых входа (0–10 В), 4 релейных выхода. В сочетании с коммуникационным интерфейсом приведенную схему можно использовать, например, для автоматизации в гараже: дистанционное открывание–закрывание ворот, включение–отключение освещения, вентиляции и др.

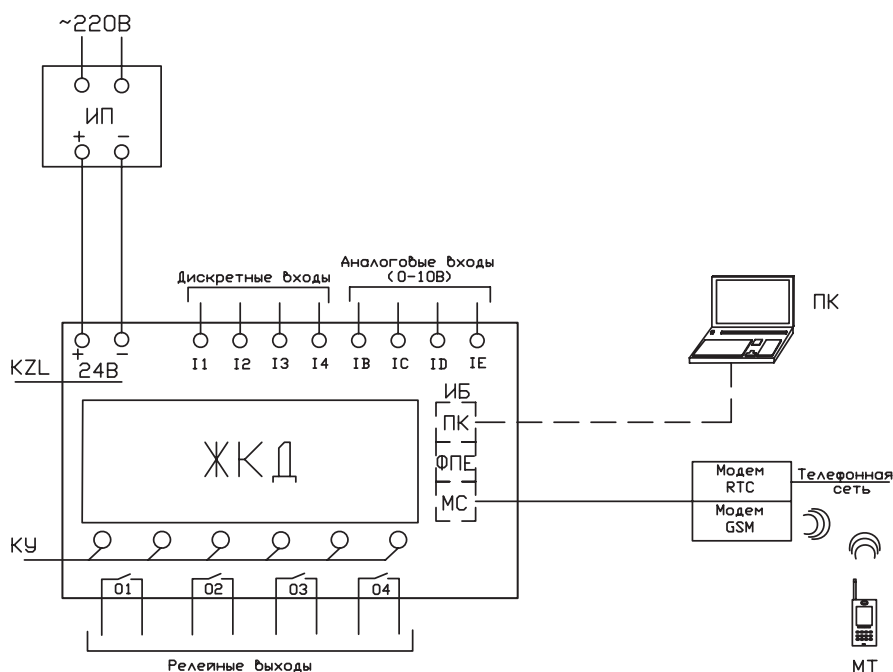


Рис. 7.13. Пример структурной схемы автоматизации на базе компактного Zelio Logic.

KZL - компактный Zelio Logic

ПК - персональный компьютер

КИ - коммуникационный интерфейс

ИП - источник питания 12 (24) В постоянного тока

ИБ - интерфейсный блок

ЖКД - жидкокристаллический дисплей

КУ - кнопки управления

МС - модемная связь

МТ - мобильный телефон (стандарт GSM)

ФПЕ - флеш-память EEPROM

## 7.4. Программируемые контроллеры Twido

Программируемые контроллеры серии Twido компании Schneider Electric предназначены для малых систем автоматизации. Контроллеры Twido представлены компактными и модульными блоками с единой гаммой модулей расширения входов/выходов (дискретных и аналоговых), дополнительными модулями и программным обеспечением. Контроллеры и модули ввода/вывода имеют различные варианты подключения: съемные клеммные колодки, пружинные разъемы и несколько модулей с расключенными кабелями TeleFast. Серия контроллеров Twido включает в себя:

- компактные контроллеры, исполнения с 10, 16, 24 и 40 точками входа/выхода;
- модульные контроллеры, исполнения с 20 или 40 точками входа/выхода;
- единую гамму модулей расширения входов/выходов для обоих типов контроллеров: 15 модулей с дискретными входами/релейными или транзисторными выходами и 8 модулями с аналоговыми входами/выходами;
- дополнительные модули, обеспечивающие работу по стандартным интерфейсам RS232 и RS485; модули Ethernet, CanOpen Master и AS-interface Master, связь с HMI; часы реального времени; картридж памяти backup емкостью 32 К и картридж расширения памяти до 64 К; симуляторы входов и широкий выбор кабелей, разъемов и колодок быстрого монтажа;
- программное обеспечение TwidoSoft для Windows 98SE/2000/XP, совместимое со всей гаммой контроллеров.

### Основные технические данные компактных контроллеров приведены в таблице 7.1

Четыре модели компактных контроллеров различаются производительностью процессора, количеством входов 24 В постоянного тока и количеством релейных или транзисторных выходов (10, 16 и 24 точек входа/выхода). Одно из исполнений с 40 точками входа/выхода имеет встроенный порт Ethernet. Компактные контроллеры используют напряжение питания 100-240 В переменного тока или 19,2 – 30 В постоянного тока и имеют встроенный источник питания 24 В, 250 мА постоянного тока для датчиков. Общее количество входов/выходов компактных контроллеров при использовании модулей расширения может достигать 264.

Использование в компактных контроллерах дисплея и встраиваемой памяти позволяет осуществлять настройку, передачу и резервирование приложений. Цифровой дисплей можно использовать как инструмент для локального отображения и настройки. Модули памяти EEPROM позволяют резервировать и передавать программы в любой компактный или модульный контроллер Twido.

Программное обеспечение TwidoSoft – это программирование при помощи инструкций языка Instruction List или графических объектов языка Ladder. Обеспечивается работа с 14 ПИД-регуляторами. Использование модулей Ethernet дает возможность удаленного программирования.

Компактные контроллеры имеют 2 аналоговых потенциометра (один для контроллеров с 10 или 16 точками ввода/вывода), расположенных на передней панели. Значения потенциометров хранятся в системных словах и обновляются после каждого цикла программы.

Общий вид компактного контроллера базовой модификации приведен на рис. 7.14.



Рис. 7.14. Общий вид компактного контроллера TWD LCAA...DRF



## Основные технические данные компактных программируемых контроллеров серии Twido

Наименование характеристик контроллера	Тип программируемого контроллера			Примечание
	TWD LCAA 10DRF	TWD LCAA 16DRF	TWD LCAA 24DRF	
Количество входов 24 В постоянного тока	6	9	14	Диапазон входного напряжения от 20,4 до 28,8 В постоянного тока
Количество релейных выходов	4	7	10	
Количество модулей расширения	–	–	4	
Максимальное количество входов/выходов	–	–	88/152	В числителе – максимальное количество для модулей с винтовой или пружинной колодкой; в знаменателе – для модулей с разъемом HE10
Объем памяти приложений (количество инструкций)	700	2000	3000	
Время цикла программы, мс	1 для 1000 логических инструкций			
Объем памяти: - внутренние биты; - внутренние слова; - таймеры; - счетчики	128 256 (до 1500)	128 512 (до 1500) 32 до (64) 16 (до 32)	256 1024 (до 1500)	
Аналоговый потенциометр	1 значение от 0 до 1023 слов	1 значение от 0 до 1023 слов	1 значение от 0 до 1023 слов; 1 значение от 0 до 511 слов	Значения потенциометров хранятся в системных словах
Последовательные порты	1 порт RS485	1 порт RS485; 1 порт S232C/485	1 порт RS485; 1 порт S232C/485	
Напряжение питания переменного тока, В	от 100 до 240 (от 85 до 264)			
Максимальная потребляемая мощность, ВА: - при 100 В переменного тока; - при 264 В переменного тока	20 30	22 31	33 40	
Размеры, мм	80×90×70	80×90×70	95×90×70	
Масса, кг	0,23	0,25	0,305	

## Основные технические данные модульных программируемых контроллеров Twido

Наименование характеристик контроллера	Тип программируемого контроллера					Примечание
	TWD LMDA 20DTK	TWD LMDA 20DUK	TWD LMDA 20DRT	TWD LMDA 40DTK	TWD LMDA 40DUK	
Количество входов 24 В постоянного тока (приемник/источник)	12	12	12	24	24	Отрицательная или положительная логика
Количество выходов	8 транзисторных (источник)	8 транзисторных (приемник)	6 релейных, 2 транзисторных (источник)	16 транзисторных (источник)	16 транзисторных (приемник)	
Количество модулей расширения входа/выхода	4	4	7	7	7	
Максимальное количество входов/выходов	84/148	84/148	132/244	152/264	152/264	В числителе – максимальное количество для модулей с винтовой или пружинной колодкой, в знаменателе – для модулей с разъемом HE10
Объем памяти приложений (количество инструкций)	3000		3000 или 6000 с картриджем памяти			
Время цикла программы, мс	1 для 1000 логических инструкций					
Объем памяти: - внутренние биты; - внутренние слова; - таймеры; - счетчики	256 1024 (до 1500 с адаптером TWD NAC) 32 (до 64 с адаптером TWD NAC) 16 (до 32 с адаптером TWD NAC)					
Аналоговый потенциометр	1 значения в пределах от 0 до 1023 слов					
Последовательные порты	1 порт RS484, дополнительно с модулем TWD NOZ232D – 1 порт, с модулем TWD NOZ485 – 1 порт					
Напряжение питания постоянного тока	24 В (диапазон изменения от 20,4 до 26,4 В)					
Максимальная потребляемая мощность, Вт	15 (с 4 модулями расширения)		19 (с 7 модулями расширения)			
Размеры, мм	35,4×94,5×70	35,4×94,5×70	47,5×94,5×84,6	47,5×94,5×70	47,5×94,5×70	
Масса, кг	0,14	0,14	0,185	0,18	0,18	

Компактные контроллеры могут устанавливаться на симметричную DIN-рейку, монтажную плату или панель с 2 отверстиями  $\varnothing$  4,3 мм.

Серия модульных программируемых контроллеров Twido включает в себя пять контроллеров, различающихся производительностью процессора, количеством и типом точек входа/выхода (20 или 40 точек с подключением через винтовую клеммную колодку или разъем HE 10, с релейными или транзисторными (источник/приемник) выходами). Все модульные контроллеры используют напряжение питания 24 В постоянного тока. Общее кол-во входов/выходов компактных контроллеров при использовании модулей расширения может достигать 264.

Модульная конструкция, обеспечивает подключение от 4 до 7 модулей расширения дискретного или аналогового ввода/вывода к базовому контроллеру. К модульным контроллерам TWD LDMA одновременно можно подключить модули картриджа памяти, картриджа часов реального времени, цифрового дисплея или последовательного интерфейса. В последние два модуля можно добавить адаптер второго последовательного порта RS485 или RS232C.

Подсоединение контроллеров обеспечивается съемными винтовыми клеммными колодками или разъемами HE10. Система быстрого монтажа TwidoFast позволяет осуществлять подключение модулей с разъемом HE10 к:

- расключенным кабелям со свободными проводами на одном конце для непосредственного подсоединения к датчикам/исполнительным механизмам;
- комплектам TwidoFast (кабели подключения с колодкой TeleFast).

Программное обеспечение модульных контроллеров TwidoSoft аналогично компактным контроллерам.

Модульные контроллеры оснащены:

- 1 аналоговым входом напряжением от 0 до 10 В, 8 бит (512 точек);
- 1 потенциометром, расположенным на передней панели. Параметр потенциометра может быть настроен в пределах от 0 до 1023. Полученное значение хранится в системных словах и обновляется после каждого цикла программы.

**Основные технические данные модульных контроллеров приведены в табл. 7.2.**

Общий вид модульного контроллера TwidoTWD LMDA базовой модификации приведен на рис. 7.15.

Модульные контроллеры устанавливаются на симметричную DIN-рейку. Комплект TWD XMT5 из 5 кронштейнов обеспечивает установку на монтажную плату или панель.



Рис. 7.15. Общий вид компактного контроллера TWD LMDA.OD...

## Глава 8. Надежность электроснабжения и качество электроэнергии

### 8.1. Надежность электроснабжения

Категории электроприемников по надежности их электроснабжения в общем виде сформулированы в ПУЭ. Основным критерием, характеризующим надежность, является время перерывов электроснабжения. Ниже перечислены три категории электроприемников.

Электроприемники *I категории* должны обеспечиваться электроэнергией от двух взаимно резервирующих независимых источников питания и допускают в аварийных режимах перерыв в электроснабжении на время автоматического восстановления питания.

Электроприемники *II категории* должны обеспечиваться электроэнергией от двух взаимно резервирующих независимых источников питания и допускают в аварийных режимах перерыв в электроснабжении на время восстановления питания обслуживающим персоналом (дежурный персонал или выездные оперативные бригады).

Электроприемники *III категории* могут получать питание от одного источника при условии, что в случаях аварий и неисправностей время для их устранения не превышает 1 сут.

Степень обеспечения надежности электроснабжения жилых зданий и отдельных потребителей определена в СП 31-110–2003.

В соответствии с этим различные потребители многоэтажных жилых домов, относящиеся к системам безопасности (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной и охранной сигнализации и т.п.) относятся к I категории.

Жилые 1–8 квартирные дома с электроплитами относятся к III категории.

Жилые дома свыше 5 этажей с газовыми плитами — II категория, до 5 этажей — III категория.

Строения на участках садоводческих товариществ — III категория.

Однако для жилища повышенной комфортности и коттеджей заказчик вправе предъявить требования по обеспечению более высокой степени надежности электроснабжения, чем это предписано нормативными документами.

Для многоэтажных многоквартирных жилых домов, независимо от комфортности отдельно взятой квартиры, надежность электроснабжения общедомовых потребителей решается в проектах электротехнической части всего дома.

Учитывая, что, как правило, к любой квартире в многоквартирном доме проектами обеспечивается только один подвод питания, степень надежности электроснабжения такой квартиры будет определяться надежностью электроснабжения всего дома. Если в квартире имеются потребители, требующие более высокой категории надежности питания (например, компьютеры, системы безопасности – пожарной сигнализации, видеонаблюдения и т.п.), то целесообразно вопросы повышения надежности электроснабжения рассматривать в комплексе с вопросами качества электроэнергии (см. п. 8.2).

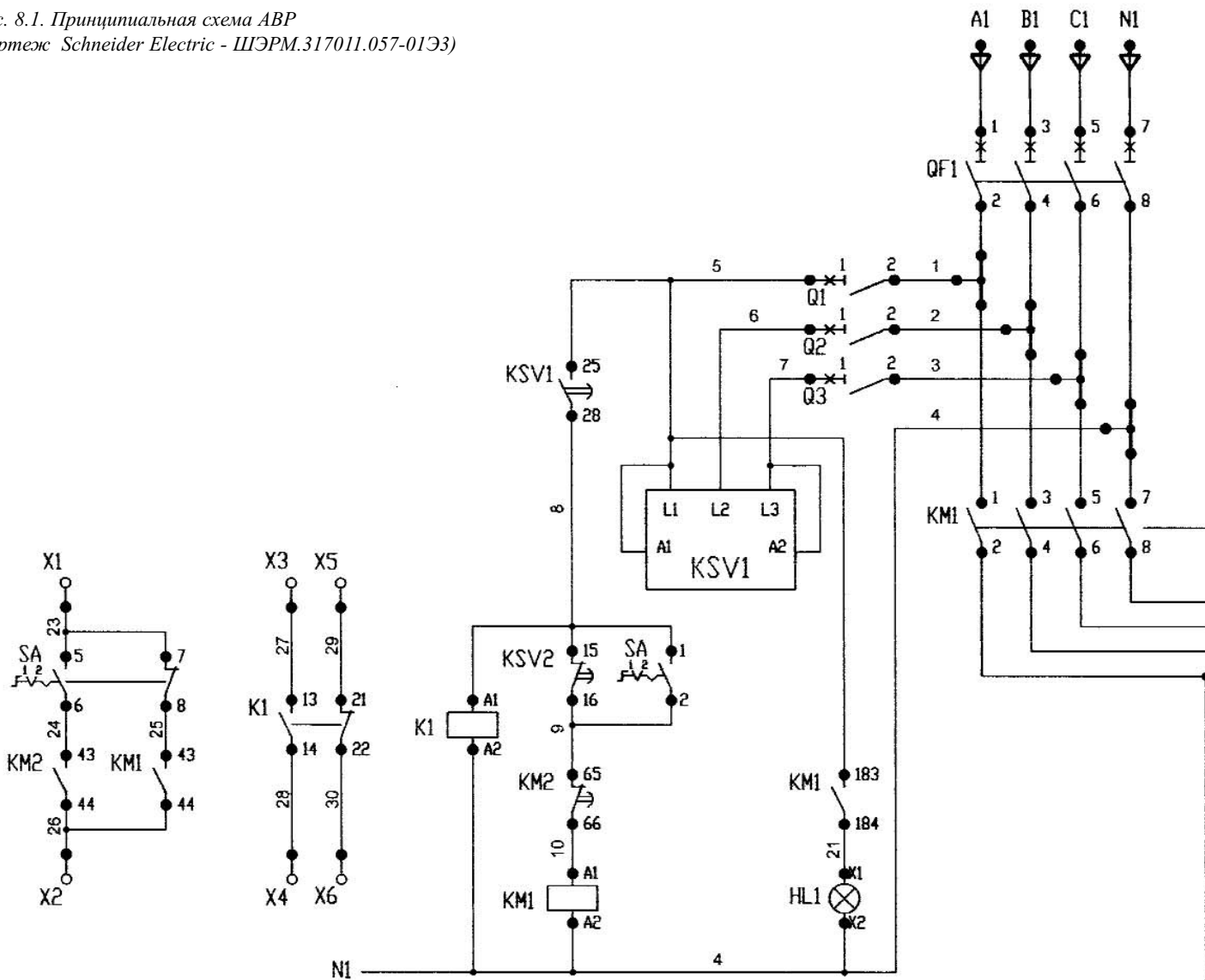
Повышение надежности электроснабжения коттеджей может быть достигнуто:

- обеспечением ввода от второго независимого источника питания;
- установкой автономных источников питания дизель-генераторной электростанции или агрегатов бесперебойного питания;
- решением электроснабжения отдельных потребителей в комплексе с вопросами качества электроэнергии.

В первых двух случаях необходимо на вводах в коттедж в проектах электрооборудования коттеджа предусматривать автоматическое включение резервного ввода (АВР).

Фирмой Schneider Electric предлагается целая серия типовых решений по реализации указанных АВР. Для бытовых целей, в том числе и для коттеджей, наиболее приемлемой является схема АВР для трехфазной системы электроснабжения, приведенная на рис. 8.1. Эта схема построена на базе применения в основном электрооборудования серии Multi 9, а также других серий модульного исполнения и может быть скомпонована в шкафах серии Pragma.

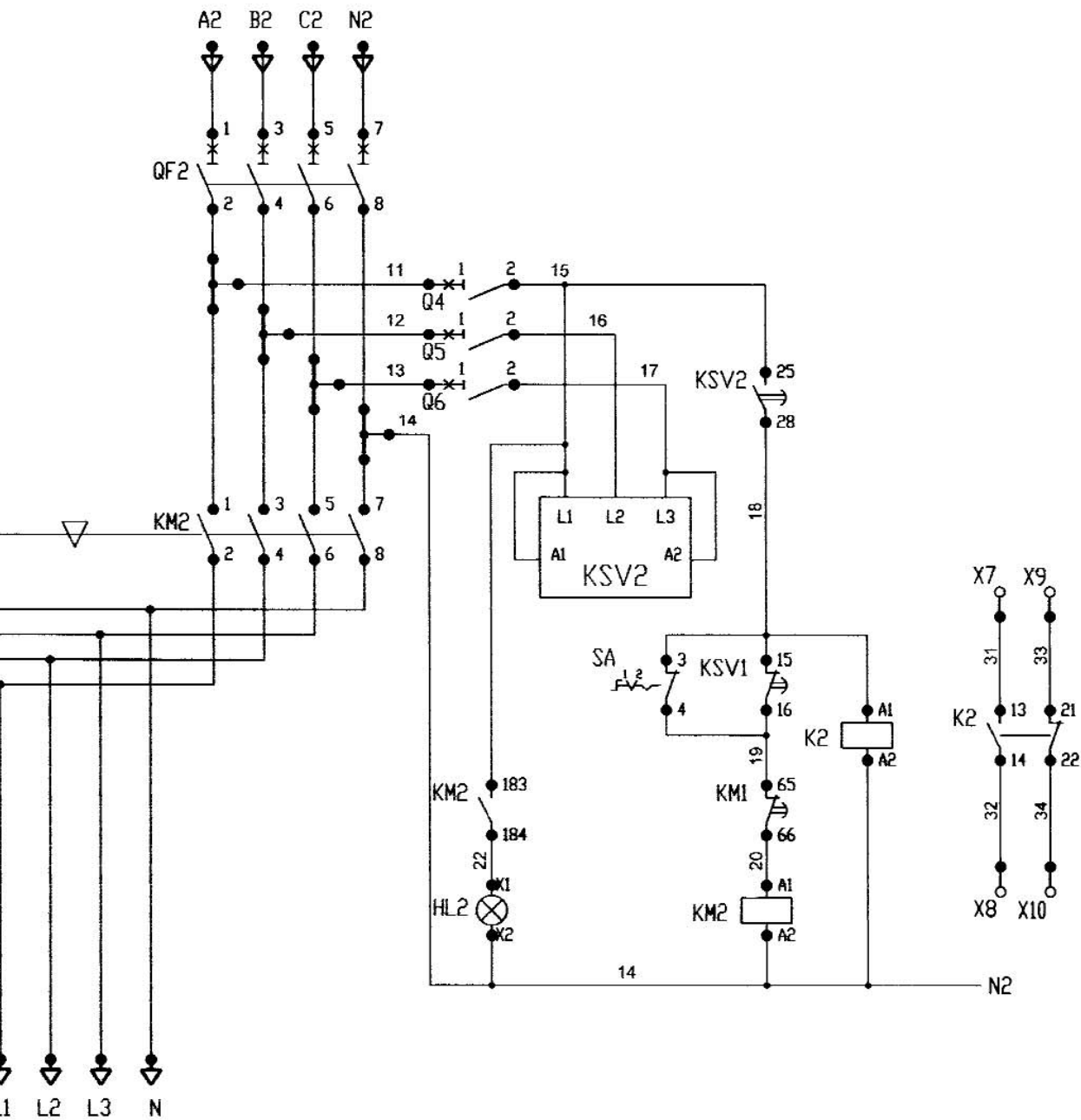
Рис. 8.1. Принципиальная схема АВР  
(чертеж Schneider Electric - ШЭРМ.317011.057-01Э3)



Сигнал срабатывания АВР	Сигнал отсутствия U на вводе 1	Управление катушкой контактора KM1	Контроль напряжения ввода №1	Сигнализация	Ввод №1
-------------------------	--------------------------------	------------------------------------	------------------------------	--------------	---------

Положение переключателя SA

Контакты	1-2	3-4	5-6	7-8
Ввод №1 - основной Ввод №2 - резервный	1	0	1	0
Ввод №1 - резервный Ввод №2 - основной	0	1	0	1



Отходящие линии	Ввод №2	Сигнализация	Контроль напряжения ввода №2	Управление катушкой контактора KM2	Сигнал отсутствия U на вводе 2
-----------------	---------	--------------	------------------------------	------------------------------------	--------------------------------

					<b>ШЭРМ.317011.057-01Э3</b>		
					<b>Принципиальная электрическая схема АВР на контакторах</b>		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разработал	Комиссаров			17.04.00	T		
Проверил	Каретников			17.04.00			
Т. контр.					Лист 1	Листов 1	
Н. контр.					<b>Schneider Electric</b>		
Утв.	Рачников			17.04.00			

Схема работает следующим образом. Вводные автоматические выключатели QF1 и QF2, а также выключатели защиты цепей контроля и управления Q1–Q6 постоянно включены. При наличии напряжения во всех фазах на вводах реле контроля напряжения KSV1 и KSV2 – подтянуты. Любой из вводов может быть основным или резервным, что определяется положением переключателя SA. Один из контактов KM1 или KM2, относящийся к основному вводу – включен.

При исчезновении напряжения на основном вводе или на одной из его фаз обесточивается реле контроля напряжения основного ввода и включается цепочка управления контактора резервного ввода.

При восстановлении напряжения на основном вводе срабатывает реле контроля напряжения этого ввода и вновь включается его контактор. Блок-контакты контактора имеют выдержку времени на отпусkanie, обеспечивающую предотвращение срабатывания АВР при кратковременных «посадках» напряжения на основном вводе.

## **8.2. Качество электроэнергии**

Российским стандартом ГОСТ 13109–97 установлены показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения). Это в полной мере относится и к качеству электроэнергии, поставляемой электроснабжающими организациями бытовым потребителям.

Нормы, установленные стандартом, включаются в технические условия на присоединение потребителей электрической энергии и в договоры на пользование электрической энергией.

Для обеспечения норм стандарта в точках общего присоединения допускается устанавливать в технических условиях на присоединение потребителей, являющихся виновниками ухудшения КЭ, и в договорах на пользование электрической энергией с такими потребителями более жесткие нормы (с меньшими диапазонами изменения соответствующих показателей КЭ) по сравнению со стандартом.

Нормы, установленные стандартом, применяют при проектировании и эксплуатации электрических сетей, а также при определении уровней помехоустойчивости приемников электрической энергии и уровней кондуктивных электромагнитных помех, вносимых этими приемниками. При этом под кондуктивной электромагнитной помехой в системе энергоснабжения понимается электромагнитная помеха, распространяющаяся по элементам электрической сети.

Под понятием «уровень электромагнитной совместимости» в системе энергоснабжения подразумевается регламентированный уровень кондуктивной электромагнитной помехи, используемый в качестве эталонного для координации между допустимым уровнем помех, вносимым техническими средствами энергоснабжающей организации и потребителей электрической энергии, и уровнем помех, воспринимаемым техническими средствами без нарушения их нормального функционирования.

В указанном ГОСТе установлены два вида норм КЭ: нормально допустимые и предельно допустимые. Для бытовых потребителей электроэнергии применимы нижеследующие нормы показателей КЭ.

*Отклонение напряжения*, характеризующиеся показателем установившегося отклонения напряжения, для которого установлены следующие нормы нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения  $\delta U_y$  на выводах приемников электрической энергии равные соответственно  $\pm 5$  и  $\pm 10\%$  от номинального напряжения электрической сети. В сетях напряжением 0,38 кВ это соответственно составляет: 361–399 В и 342–418 В.

*Колебания напряжения* характеризуются следующими показателями:

- размахом изменения напряжения;
- дозой фликера.

Фликер – это субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти

источники, а доза фликера — мера восприимчивости человека к воздействию фликера за установленный интервал времени.

Предельно допустимое значение суммы установившегося отклонения напряжения  $\delta U_y$  и размаха изменений напряжений  $\delta U_t$  в точках присоединения к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ равно  $\pm 10\%$  от номинального напряжения.

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера  $P_{St}$  равно 1,38, а для длительной дозы фликера  $P_{Lt}$  составляет 1,0.

Кратковременную дозу фликера определяют на интервале времени наблюдения, равном 10 мин. Длительную дозу фликера определяют на интервале времени наблюдения, равном 2 ч.

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера  $P_{St}$  в точках общего присоединения потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания, в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, равно 1,0, а для длительной дозы фликера  $P_{Lt}$  равно 0,74.

*Несинусоидальность напряжения* характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициентом  $n$ -й гармонической составляющей напряжения.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ составляют соответственно 8 и 12%.

Нормально допустимые значения коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей\* напряжения при напряжении 380 В, %

Нечетные гармоники, не кратные 3		Нечетные гармоники, кратные 3**		Четные гармоники при	
$n$	0,38	$n$	0,38	$n$	0,38
5	6,0	3	5,0	2	2,0
7	5,0	9	1,5	4	1,0
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3,0	21	0,2	8	0,5
17	2,0	>21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			>12	0,2
25	1,5				
>25	$0,2 + 1,3 \cdot 25 / n$				

\*  $n$  – Номер гармонической составляющей напряжения.

\*\* – Нормально допустимые значения, приведенные для  $n$ , равных 3 и 9, относятся к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими приведенных в таблице

Предельно допустимое значение коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения вычисляют по формуле

$$K_{U(n)пред} = 1,5 K_{U(n)норм}$$

где  $K_{U(n)норм}$  - нормально допустимое значение коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения, определяемое по табл. 8.1.

*Несимметрия напряжений* характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии



напряжений по обратной последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равны 2,0 и 4,0% соответственно.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точках общего присоединения к четырехпроводным электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ равны 2,0 и 4,0% соответственно.

*Отклонение частоты напряжения* переменного тока в электрических сетях характеризуется показателем отклонения частоты, для которого установлены следующие нормы нормально допустимое и предельно допустимое значения отклонения частоты равные  $\pm 0,2$  и  $\pm 0,4$  Гц соответственно.

*Импульс напряжения* характеризуется его амплитудой и длительностью значения *грозовых* импульсных напряжений, регламентированных ГОСТом. В воздушной сети 0,38 кВ не превышают 10 кВ, во внутренней сети зданий 6 кВ.

*Коммутационные* импульсные напряжения в сетях 0,38 кВ при их длительности на уровне 0,5 амплитуды импульса и длительности, равной 1000–1500 мкс, составляют 4,5 кВ.

Временные перенапряжения в точках присоединения к электрической сети общего назначения в зависимости от их длительности определяются коэффициентом временного перенапряжения:

$$K = \frac{U_{\max}}{U_{\text{нmax}}},$$

где  $U_{\max}$  – амплитуда импульса;

$U_{\text{нmax}}$  – амплитуда номинального напряжения.

Значения коэффициента временного перенапряжения в точках присоединения электрической сети общего назначения в зависимости от длительности временных перенапряжений приведены ниже:

Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{пер}} U$ , с.....	До 1	До 20	До 60
Коэффициент временного перенапряжения $K_{\text{пер}} U$ , отн.ед.....	1,47	1,31	1,15

Способы вычислений и измерений рассмотренных показателей и норм КЭ приведены также в ГОСТ 13109–97.

Все электроприборы рассчитываются и выпускаются для работы от сети с качеством электроэнергии, соответствующим требованиям ГОСТ 13109–97.

Однако в реальных условиях характеристики систем электроснабжения не являются стабильными, они непрерывно изменяются под воздействием различных факторов. К таким факторам относятся, например: перегрузка существующих сетей, подключение к сети потребителей источников высших гармоник (в бытовом секторе это могут быть статические преобразователи частоты на насосных агрегатах), включение-отключение электроприводов, аварийные ситуации (обрыв линий, короткие замыкания и пр.). Кроме того, к нестабильности приводят удары молнии в элементы электросети и ее вторичные проявления.

Возникающие при этих воздействиях отклонения величины или формы напряжения от требований ГОСТ 13109–97 – возмущения, помехи – отрицательно сказываются на работе электрооборудования.

Так, кратковременные повышения напряжения в сети на величину более 110% от номинального значения на время более одного периода синусоиды (20 мс), которые могут возникнуть при отключении энергоемкого оборудования (электродвигатели лифтов, вентиляционных систем, насосов и т.п.) при питании их от одних сборных шин с потребителями квартир, может привести к:

- сбросу оперативной памяти компьютеров;
- возникновению ошибок в работе компьютеров;
- выходу из строя чувствительной телерадиоаппаратуры;
- мерцанию электрического освещения.

Аналогичные неисправности могут произойти и при кратковременных (до 20 мс) посадках напряжения до величины менее 80–85% от номинального значения, которые связаны с включением энергоемкого оборудования.

При высоковольтных (около 6 кВ) кратковременных импульсах длительностью до 10 мс, вызываемых, как правило, ударами молнии или искрениями в силовых переключателях на вводных устройствах, может произойти:

- сброс оперативной памяти компьютеров;
- выход из строя элементов аппаратуры.

Снижение частоты питающей сети ниже аварийной величины приводит к срабатыванию частотной защиты и отключению многих потребителей электроэнергии.

Отклонение частоты от установленных в ГОСТ 13109–97 значений может привести к:

- выходу из строя накопителей информации;
- «зависанию» компьютерной системы;
- программным сбоям;
- потере данных.

По данным фирмы Merlin Gerin, 45% всех неисправностей вызваны низким качеством напряжения питающих сетей, 20% – перерывами электропитания, остальные 35% – неисправностью электрооборудования потребителя и человеческим фактором.

Таким образом, для надежности работы электрооборудования и приборов необходимо бесперебойное питание их электроэнергией с показателями качества, находящимися в допустимых пределах, регламентированных ГОСТ 13109–97.

Для этой цели используются следующие средства:

1. При длительных перерывах в электроснабжении автономные источники – дизель-генераторные установки (ДГУ), обеспечивающие электроснабжение либо всей установки, либо наиболее ответственных потребителей (в зависимости от требований и возможностей заказчика)<sup>5</sup>.

2. При кратковременных посадках или повышении напряжения, а также отклонениях частоты – применение статических агрегатов бесперебойного питания (АБП) для питания чувствительных к помехам наиболее ответственных потребителей: компьютерной техники, а также систем связи, пожарной и охранной сигнализации.

3. При снижении или повышении напряжения питающей сети – стабилизаторы напряжения для обеспечения нормальной работы радио- и телевизионной аппаратуры.

4. При импульсных перенапряжениях – ограничители перенапряжения для защиты всех видов электрооборудования. Стабилизаторы напряжения выпускаются различными фирмами и широко представлены на рынке. Их выбор не зависит от электрооборудования питающей сети и определяется напряжением защищаемого устройства, его мощностью и напряжением питающей сети.

Оптимально применять ограничители перенапряжения того же производителя, что и аппаратура питающих распределительных устройств. Ограничители перенапряжения, входящие в номенклатуру Multi 9 фирмы Schneider Electric, удачно сочетаются с различными автоматическими выключателями той же серии<sup>6</sup>.

Для защиты в домашних условиях от перенапряжений, помех и вторичного проявления молний высокочувствительного и дорогостоящего оборудования фирмой Merlin Gerin выпускается серия устройств Pulsar CL, технические характеристики которых приведены в табл. 8.2.

Pulsar CL1 Tel позволяет подключить телефон, факс или модем, а CL1 TV – телевидение, видео- и аудиотехнику, обеспечивая защиту от перенапряжений в питающей сети.

Pulsar CL5 допускает подключение до пяти розеток с потребителями разного назначения, а в модификациях Tel или TV дополнительно предусмотрено подключение телефона, факса, модема или теле-, видео-, аудиоаппаратуры.

Pulsar CL8 имеет 8 розеток для подключения потребителей, а также выходы для подключения телефона, факса, модема, теле-, видео-, аудиотехники.

В устройствах серии CL имеется возможность монтажа на стене в местах расположения защищаемого оборудования.

<sup>5</sup> О надежности электроснабжения см. п. 8.1.

<sup>6</sup> Подробнее об ограничителях фирмы Schneider Electric см. п. 9.4.

Основные технические характеристики устройств защиты от перенапряжений Pulsar CL

Параметры	Устройства защиты от перенапряжений Pulsar CL			
	CL1 Tel или TV	CL5	CL5 Tel или TV	CL8 Tel TV
Номинальный ток, А	16	10	10	10
Выходная мощность, Вт	3250	2500	2500	2500
Напряжение, В	220 / 250			
Частота, Гц	50 / 60			
Максимальная защита, А	30,000	18,000	30,000	30,000
Время отклика, нс	< 1			
Максимальная мощность рассеяния, Дж	1110	555	1110	1110
Защита линии данных	Tel модели	–	20,000	20,000
	TV модели	10,000	–	10,000
Защита от молнии (TV, Tel, TelTV модели)	В соответствии со стандартами IEC61643-1 / NFC61740 (95)			
Размеры В × Ш × Г, мм	105 × 69 × 65	250 × 134 × 46		53 × 140 × 325
Масса, кг	0,24	0,8	0,8	1,0

### 8.3. Источники бесперебойного питания фирмы Merlin Gerin для бытовых потребителей электроэнергии

Источники бесперебойного питания (ИБП) – устройство для питания электрической нагрузки при исчезновении питающего напряжения, а также для коррекции его параметров.

Агрегат бесперебойного питания (АБП) – устройство для преобразования энергии аккумуляторных батарей в энергию переменного тока с напряжением синусоидальной формы и заданной частотой.

В международной практике используется термин UPS Systems, объединяющий понятия ИБП и АБП в единый комплекс устройств непрерывного питания.

Рассмотрим известные схемы построения АБП.

*Off-Line* (англ. – вне линии) или Standby (англ. – дежурный) – схема АБП, при которой в нормальном режиме работы нагрузка питается от сети (рис. 8.2 а), а при аварийном режиме включается питание от аккумуляторных батарей (АБ) через преобразователь (П) постоянного тока в переменный (рис. 8.2 б). Переключение нагрузки (отключение от сети и подключение к АБП) осуществляется автоматически статическим переключателем со временем переключения  $\sim 4$  мс.

АБП, работающие в режиме *Off-Line*, используются для питания персональных компьютеров или рабочих станций локальных вычислительных сетей. Практически все недорогие маломощные АБП, предлагаемые на отечественном рынке, построены по схеме *Off-Line*.

В бытовых условиях такие АБП в сочетании с другими видами электрических защит и принятыми мерами электробезопасности вполне обеспечивают нормальное функционирование

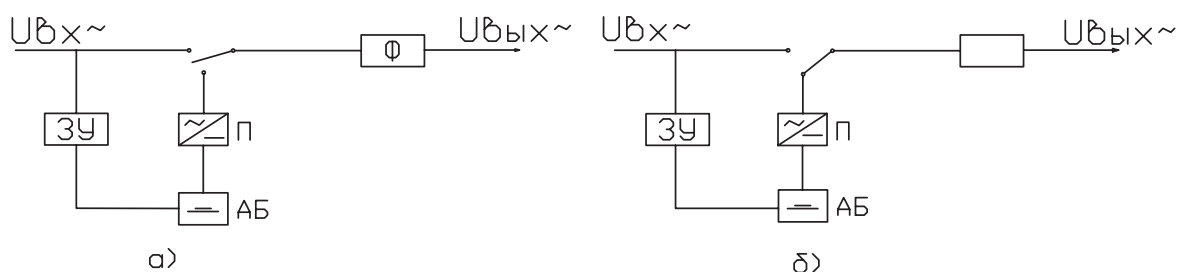


Рис. 8.2. АБП по схеме *Off-Line*

а) нормальный режим

б) аварийный режим

ЗУ - зарядное устройство

АБ - аккумуляторная батарея

П - преобразователь (инвертор)

Ф - фильтр

указанного класса потребителей электроэнергии.

*On-Line* (англ. – в линии) – схема АБП, при которой входное напряжение выпрямляется (В), а затем преобразуется (с помощью инвертора (П)) в переменное (рис. 8.3). При аварии, т.е. при исчезновении напряжения, питание инвертора осуществляется от аккумуляторной батареи (АБ), постоянно подключенной к его входу.

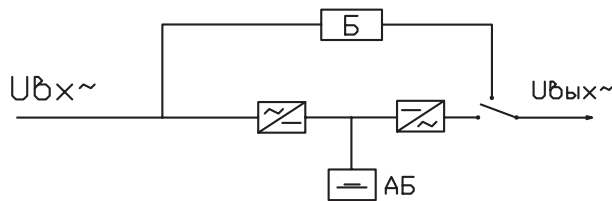


Рис. 8.3. АБП по схеме *On-Line*

В - выпрямитель

П - преобразователь (инвертор)

АБ - аккумуляторная батарея

Б - баланс

В АБП, построенных по схеме *On-Line*, наряду с двойным преобразованием напряжения, как правило, предусматривается режим работы «Байпас» (Вурасс – от англ. обход). В этом режиме нагрузка подключена непосредственно к сети с отфильтрованным и защищенным от выбросов напряжением, что позволяет повысить надежность и избежать применения АБП большей, чем это необходимо, мощности.

Существуют автоматический и ручной режимы «Байпас». Автоматический переход в режим «Байпас» производится устройством управления АБП в случае перегрузки на его выходе или при неполадках в его узлах. Таким образом, критическая нагрузка защищается не только от колебаний питающего напряжения, но и от неполадок в самом АБП. Ручное переключение в режим «Байпас» предусмотрено для возможности проведения сервисного обслуживания АБП.

Основным преимуществом АБП со схемой *On-Line* заключается в полной фильтрации и сглаживании любых колебаний входного напряжения и высоковольтных импульсов на входе АБП и нулевым временем переключения в аварийный режим без каких-либо переходных процессов на выходе.

К недостаткам схемы *On-Line* относятся относительная сложность и более высокая стоимость, а также наличие дополнительных энергозатрат на двойное преобразование, снижающих общий КПД системы.

АБП, работающие по схеме *On-Line*, используются для питания файловых серверов и рабочих станций локальных вычислительных сетей, а также любого другого оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству сетевого электропитания.

*Line-Interactive* (рис. 8.4) – гибридная схема АБП, аналогичная *Off-Line*, но отличающаяся наличием ступенчатого стабилизатора (бустера) (Б), построенного на основе автотрансформатора. Системы, работающие по схеме *Line-Interactive*, по сравнению с *Off-Line* способны выдерживать долговременные глубокие «посадки» и «проседания» входного сетевого напряжения без перехода на аккумуляторные батареи.

Преимущества режима *Line-Interactive* заключается в простоте реализации и экономичности, а недостатки – в наличии некоторого времени переключения (~ 4 мс) при переходе на аварийный режим. Схема *Line-Interactive* является компромиссом между дорогостоящими системами *On-Line* и системами *Off-Line*. АБП, работающие по схеме *Line-Interactive*, используются для питания персональных компьютеров, рабочих станций и файловых серверов локальных вычислительных сетей, офисного и другого оборудования, предъявляющего высокие требования к колебаниям напряжения в электросети.

Фирмой Merlin Gerin, входящей в состав Schneider Electric, выпускается широкая номенклатура агрегатов бесперебойного питания различной мощности, предназначенная как для бытового

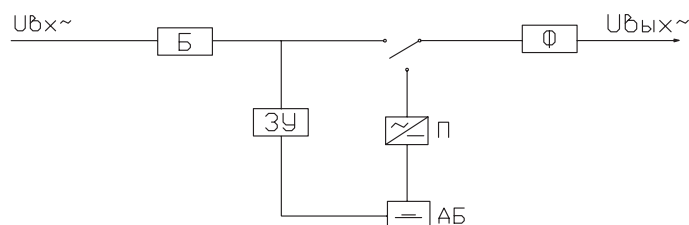


Рис. 8. 4. АИБ по схеме Line-Interactive

АБ - аккумуляторная батарея

ЗУ - зарядное устройство

П - преобразователь (инвертор)

Ф - фильтр

Б - бустер

применения, так и для питания локальных вычислительных сетей, телекоммуникаций, вычислительных центров, промышленных объектов.

В табл. 8.3. приведены основные технические данные АИБ фирмы Merlin Gerin, которые рекомендуются использовать в домашних условиях.

Агрегаты типа *Pulsar ellipse* обеспечивают защиту от одного до трех компьютеров. Компьютер подключается к АИБ через одну из розеток. Подключение гарантирует защиту компьютера от перенапряжения, «бросков» и «просадок» в сети, а также от различных помех. Защита от исчезновения питания в сети осуществляется с помощью аккумуляторной батареи. Применяемые аккумуляторные батареи – компактные свинцово-кислотные, необслуживаемые.

Кроме розеток с батарейной поддержкой одна или несколько розеток обеспечивают только защиту от перенапряжения для периферии: принтеров, сканеров и адаптеров.

*Pulsar ellipse* устанавливается вертикально или горизонтально в удобном для обслуживания месте, например под монитор.

Эти АИБ имеют возможность прямого подключения к розеткам бытовой розеточной сети. В модификациях USBS предусмотрена защита информационных линий телефон–факс–Интернет.

Микропроцессорная система управления максимально интегрирована в Windows XP/2000/ME/98 и совместима с другими комплексами программного обеспечения.

Функцией программирования розеток устанавливается необходимое время разряда батареи для более продолжительного питания наиболее критических нагрузок.

В случае длительного пропадания электропитания в сети программное обеспечение переключает компьютер в «спящий режим», при восстановлении питания – компьютер перезапускается с настройкой первоначального состояния.

Агрегаты *Pulsar ellipse premium* по мощности и конструкции аналогичны *Pulsar ellipse*, однако они построены по Line-Interactive схеме с бустером для автоматического регулирования напряжения. Такая схема обеспечивает эффективную защиту от всех возмущений в питающей сети. Колебания и отклонения напряжения автоматически корректируются бустером, не допуская перегрузки аккумуляторной батареи.

Широкий диапазон входного напряжения исключает частый переход на батареи в аварийных режимах, что обеспечивает достаточную емкость батареи для резервного питания нагрузки. Порог перехода на питание от батарей настраивается с использованием программного обеспечения.

Микропроцессорная система управления этого АИБ основана на использовании программного обеспечения Personal Solution-Pac, которое совместимо с операционными системами Windows XP/2000/NT, Linux, Apple Mac, SUN Solaris, SCO Unixware or Novell Netware.

В АИБ модификации Premium 500 предусмотрена розетка для подключения оборудования, требующего защиты только от перенапряжения (принтеры, сканеры и т.п.).

В модификациях Premium 650/800/1200 имеется возможность программирования питания при разряде аккумуляторной батареи, таким образом, чтобы обеспечить питание наиболее ответственных потребителей, подключенных к данному АИБ.

АБП серии Pulsar Evolution построены по Line-Interactive технологии. Эти АБП обеспечивают защиту от 1 до 5 серверов. Его применение оптимально в условиях ограниченного рабочего пространства.

Pulsar Evolution 500 изготавливается в виде стойки, устанавливаемой в столе, в настольном варианте или монтируемой на стене.

Pulsar Evolution 800/1100/1500 изготавливается в виде стойки 19" или в виде «башни» для вертикальной установки в рабочем столе или другом удобном месте.

Pulsar Evolution 2200/2300 изготавливается универсальным и может быть смонтирован на 19 дюймовых стойках или установлен в виде «башни».

АБП серии Pulsar Extreme C построен по On-Line технологии с двойным преобразованием и с автоматическим байпасом. Обеспечивается непрерывное регулирование напряжения и частоты. Эти АБП имеют исполнения в виде стойки 19" и в виде «башни». Дополнительной особенностью АБП серии Pulsar Extreme C является возможность комплектования их от 1 до 4 аккумуляторных батарей. Это позволяет продлить время автономной работы АБП мощностью до 1 кВА – до 6 ч, до 2 кВА – до 3 ч.

Основные технические данные АБП фирмы Merlin Gerin

Таблица 8.3

Тип	Модификация	Схема построения	Выходная мощность, Вт	Напряжение, В		Частота, Гц		Время работы от аккумуляторной батареи	Размеры В×Ш×Г, мм	Масса, кг		
				входное	выходное	Входная	Выходная					
Pulsar ellipse	300	Off-Line	300 / 195	184 – 264	230	50 / 60	50 / 60	4 ч	245×88×252	3,5		
	300USBS										220	
											230	
											240	
	500										184 – 264	230
											220	
											230	
											240	
	500USBS										160 - 264	220
											230	
	240											
650USBS	650 / 420	160 – 264	220	230	240	303×78×309	6,3					
800USBS	800 / 520	160 – 264	220	230	240	348×78×354	9,6					
			220	230	240							
			220	230	240							
			220	230	240							
Pulsar ellipse premium	500	Line-Interactive с автоматическим регулированием напряжения	480 / 280	150 – 264	230, (220, 230, 240 – настраивается)	50 / 60	50 / 60 автоматически поддерживается	4 ч	303×78×309	7,0		
	500USBS		650 / 420						320×130×340	10,0		
	650USBS		800 / 520						320×130×340	12,0		
	800USBS		1200 / 780									
Pulsar Evolution	500	Line-Interactive	500 / 350	150 / 294	230, (220, 230, 240 – настраивается)	50 / 60	50 / 60 автоматически поддерживается	4 ч	44×438×353	9,0		
	800		800 / 560						237×150×415*	10,5*		
	1100		1100 / 700						44×438×499	11,5*		
										16,0		
	1500		1500 / 1000						237×150×483*	15,0*		
									44×438×522	19,0		
	2200		2200 / 1540						88×438×640	33,9		
	3000		3000 / 2000								36,5	
3000XL		20,8										
Pulsar Extreme C	700	ON-Line с автоматическим балансом	700 / 490	120, 140, 160 до 276	230 (200, 208, 220, 230, 240 – регулируемое)	40 – 70	50 / 60 ± 0,5%	10-14 мин	235×145×400*	10,0*		
	1000C		1000 / 700					88×482,6×430	12,0*			
									16,0			
	1500C		1500 / 1050					235×145×400*	15,0*			
								88×482,6×430	20,0			
	2200C		2200 / 1540					120, 140, 160 до 284	12-17 мин	35,0		
3200C	3200 / 2800		10-15 мин	86,5×438×654,2	36,0							

\* — в числителе данные для АБП типа "башня", в знаменателе – для АБП типа "стойка"

## Глава 9. Электробезопасность в квартирах, коттеджах и на приусадебных участках. Заземление и молниезащита

### 9.1. Основные принципы обеспечения электробезопасности

Широкое использование электроэнергии во всех областях деятельности человека и в первую очередь в быту, связанное с увеличением количества и разнообразия электроприборов в квартирах, коттеджах и на приусадебных участках, естественным образом влечет за собой повышение опасности поражения человека электрическим током.

Неисправности электроприборов, электрооборудования и электропроводок могут стать причиной возгораний и пожаров.

Основной предпосылкой повышенных требований по электробезопасности является то, что кроме нормальных рабочих токов в электроустановках могут возникать крайне нежелательные токи короткого замыкания, перегрузки и токи утечки при повреждении электроизоляции.

Зачастую квартиры повышенной комфортности создаются в существующих домах путем объединения 2–3 квартир. В таких домах изношенность существующих электропроводок высока. К тому же они не рассчитаны на режимы работы электрооборудования более комфортного жилища (наличие гармонических составляющих, несимметрия фаз и пр.). Это требует принятия дополнительных мер по электро- и пожаробезопасности.

В коттеджном строительстве существенную опасность представляют воздушные линии вводов на участки. Как правило, они выполнены неизолированными проводами, имеющими низкую механическую и химическую стойкость. По такой схеме обеспечивается электроснабжением более половины потребителей. К тому же вводы от воздушных линий (ВЛ) также достаточно изношены и имеют низкую надежность.

При питании однофазных потребителей от трехфазной питающей сети ответвлениями от ВЛ, когда PEN-проводник является общим для групп однофазных потребителей, питающихся от разных фаз, возможно появление опасного перенапряжения при несимметричной нагрузке и обрыве PEN-проводника. Следствием такого перенапряжения может быть повреждение электронного и бытового электрооборудования и возникновение пожара в результате возгорания включенных электрических приборов.

Как правило, большинство из построенных в последние годы коттеджей не имеют устройств молниезащиты. То же самое характерно и для садовых домиков и других частных сооружений.

В 2003 г. выпущена Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (СО-153-34.21.122–2003). Указанная Инструкция распространяется на все виды зданий, сооружений и промышленных коммуникаций независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности. В Инструкции рассмотрена защита как от прямых ударов молнии, так и от ее вторичных воздействий, включая применение защиты от импульсов перенапряжения и установку ограничителей перенапряжений.

При проектировании электрооборудования жилища обеспечению мер электробезопасности должно быть уделено особое внимание.

С позиций электробезопасности человек является проводником электрического тока. Электрическое сопротивление тела в основном обеспечивается верхним роговым слоем кожи, не имеющим кровеносных, лимфатических и других сосудов и нервных окончаний, и зависит от влажности кожи, места расположения и размера поверхности контакта тела с токоведущей частью электрооборудования, расстояния между контактами, пути протекания тока по телу, индивидуальных особенностей организма и других факторов.

Электрический ток, проходящий через тело человека, производит термическое, электротермическое и биологическое воздействие. Величина электрического тока, проходящего через тело человека, является основным фактором, определяющим вид поражения:

0,6–1,5 мА – человек начинает ощущать действие проходящего через него переменного тока;

10–15 мА – неотпускающий ток, человек не может самостоятельно оторвать руку от электропроводов;

25–50 мА – происходит мощное сокращение дыхательных мышц, через несколько минут наступает смерть от удушья;

50–200 мА – возникает беспорядочное сокращение и расслабление мышцы сердца (фибрилл) с частотой 400–600 раз в минуту – фибрилляция. Кровообращение останавливается.

Другим важным фактором является время воздействия тока на человека.

В ГОСТ 12.1.038–82 (с изменениями от 01.07.88 ) «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» определены предельно допустимые значения переменного тока частотой 50 Гц через тело человека в бытовых электроустановках в зависимости от времени воздействия:

Время воздействия, с . . .	0,01-0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	> 1,0
Ток, мА . . . . .	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	2

В четырехпроводной сети с заземленной нейтралью трансформатора (рис. 9.1) цепь тока, проходящего через тело человека, включает в себя сопротивление тела человека  $R_{чел}$ , его обуви  $R_{об}$ , пола  $R_{п}$  и заземлителя  $R_з$ .

Тогда ток, проходящий через тело человека, определяется из выражения

$$I_{чел} = \frac{U_{\phi}}{R_{чел} + R_{об} + R_{п} + R_з}$$

Электрическое сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповрежденной коже, при напряжении 15–20 В находится в пределах от 3000 до 100 000 Ом. При расчетах обычно принимают сопротивление тела человека равным 1000 Ом. Сопротивление  $R_з$  обычно меньше этих величин, и им можно пренебречь.

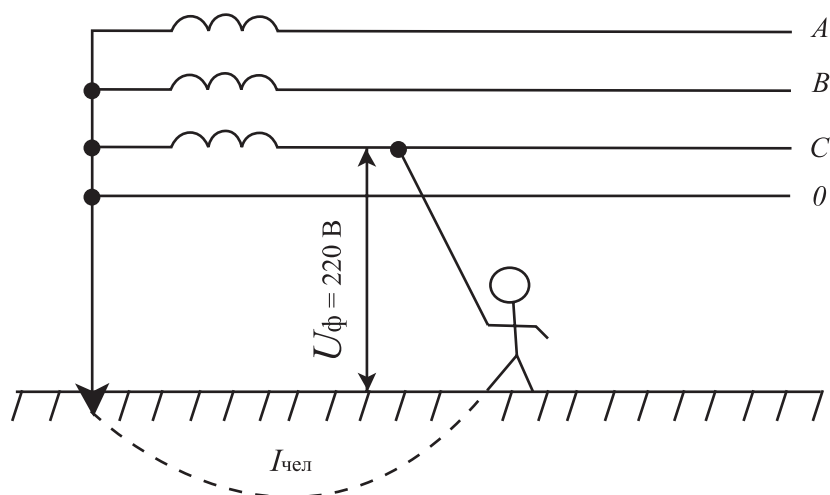


Рис. 9.1. Схема прикосновения человека к одной фазе в четырехпроводной сети с заземленной нейтралью



При наиболее неблагоприятных условиях, когда человек, прикоснувшийся к фазе, имеет на ногах токопроводящую обувь (сырую), стоит на сырой земле или на токопроводящем полу, значение тока будет равно

$$I_{\text{чел}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{чел}}} = \frac{220}{1000} = 220 \text{ мА.}$$

Такой ток смертельно опасен для человека. Если человек имеет на ногах непроводящую обувь ( $R_{\text{об}} = 45000 \text{ Ом}$ ) и стоит на изолирующем основании ( $R_{\text{осн}} = R_{\text{п}} = 100 \text{ 00 Ом}$ ), ток будет равен

$$I_{\text{чел}} = \frac{220}{1000 + 45000 + 100000} = 1,5 \text{ мА.}$$

Такой ток не опасен для человека.

Из приведенного примера видно, что для обеспечения безопасности людей, выполняющих какие-либо работы в электроустановках или находящихся в квартире, коттедже или на приусадебном участке, большое значение имеют изолирующие полы или изолирующие коврики и не проводящая ток обувь.

При проектировании электрооборудования для отдельных помещений современного жилища, особенно для тех где используются сантехнических и теплотехнических устройств, необходимо учитывать классификацию помещений в соответствии с ПУЭ (см. §1.1).

В ГОСТ Р 50571.3–94 «Электрооборудование зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током» приведены требования к основным мерам защиты человека от поражения электрическим током, которые должны соблюдаться в электроустановках зданий. Все многообразие опасных для здоровья и жизни человека контактов с электроустановкой здания подразделяется в стандарте на «прямое прикосновение» и «косвенное прикосновение», которым соответствуют два вида защиты: защита от прямого прикосновения и защита от косвенного прикосновения. В разделе 411 стандарта изложены требования к такой мере защиты от прямого и косвенного прикосновений, которая основана на применении систем БСНН, ЗСНН и ФСНН.

Система БСНН (система безопасного сверхнизкого напряжения) предусматривает использование в цепях сверхнизкого напряжения и их электрическое отделение от других цепей электроустановки здания. В системе БСНН не применяется защитное заземление открытых проводящих частей электрооборудования класса III.

При использовании системы ЗСНН (заземленная система безопасного сверхнизкого напряжения) допускается заземление открытых проводящих частей электрооборудования класса III.

Система ФСНН применяется в тех случаях, когда для питания электрооборудования класса III требуется сверхнизкое напряжение, а использование систем БСНН или ЗСНН невозможно или в этом нет необходимости.

Для каждой из перечисленных систем в стандарте излагаются требования к источникам питания, выполнению защитного заземления, построению электрических цепей, а также к проводникам, вилкам и штепсельным розеткам, изоляции токоведущих частей и др.

Раздел 412 ГОСТ Р 50571.3 содержит требования к следующим мерам защиты от прямого прикосновения:

- к изоляции токоведущих частей;
- к применению ограждений и оболочек;
- к применению барьеров;
- к размещению вне зоны досягаемости;
- к дополнительной защите с помощью устройств защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения требованиями стандарта (раздел 413) предусмотрены следующие меры:

- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- применение электрооборудования класса II или с равноценной изоляцией;
- изолирующие помещения, зоны и площадки;
- система местного уравнивания потенциалов;
- электрическое разделение цепей.

Указанный стандарт содержит основополагающие требования по защите от прямого и косвенного прикосновений, которые применяются, дополняются и конкретизируются другими стандартами комплекса ГОСТ Р 50571 для конкретных видов помещений, например для ванных и душевых помещений.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках в соответствии с нормами ПУЭ может потребоваться выполнение защиты при косвенном прикосновении при напряжениях, например 25 или 12 В переменного тока, 60 или 30 В постоянного тока.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного тока и 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока – во всех остальных случаях.

Электрооборудование, применяемое для внутренней установки в зданиях, в соответствии с ГОСТ Р МЭК 536–94 по способам защиты от поражения электрическим током разделяют на четыре класса:

*Оборудование класса 0.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией, при этом отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником стационарной проводки. При пробое основной изоляции защита должна обеспечиваться окружающей средой (воздух, изоляция пола и т.п.).

*Оборудование класса I.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки.

В этом случае открытые проводящие части, доступные прикосновению, не могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции после срабатывания соответствующей защиты.

*Оборудование класса II.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции. В этом случае отсутствуют средства защитного заземления и защитные свойства окружающей среды не используются в качестве меры обеспечения безопасности.

В оборудовании класса II может быть предусмотрено защитное сопротивление, если оно необходимо и его применение не приводит к снижению уровня безопасности. Оборудование может быть снабжено средствами для обеспечения постоянного контроля целостности защитных цепей при условии, что эти средства составляют неотъемлемую часть оборудования и изолированы от доступных прикосновений поверхностей в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оборудованию класса II.

В некоторых случаях необходимо различать оборудование класса II «полностью изолированное» и оборудование «с металлической оболочкой». Оборудование с металлической оболочкой может быть снабжено средствами для соединения оболочки с проводником уравнивания потенциала, только если это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование.

Оборудование класса II в функциональных целях допускается снабжать устройством заземления, отличающимся от устройства заземления, применяемого в защитных целях при условии, что это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование.

*Оборудование класса III.* Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения и в котором не возникают напряжения выше безопасного сверхнизкого напряжения. В оборудовании класса III не должно быть заземляющего зажима.

Оборудование класса III с металлической оболочкой допускается снабжать средствами для соединения оболочки с проводником уравнивания потенциала при условии, что это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование.

Оборудование класса III допускается снабжать устройством заземления в функциональных целях, отличающимся от устройства заземления, применяемого в защитных целях, при условии, что это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование.

Степень защищенности электрооборудования от пыли, влаги и доступа нормируется ГОСТ Р 14254–96 (МЭК 529–89) на базе IP-кода (Index Protection) (см. Гл. 1).

Применение электрооборудования указанных выше классов необходимо учитывать при проектировании электрооборудования жилища.

Дополнительная защита от электропоражения при прямом прикосновении, как уже отмечалось выше, достигается путем применения УЗО.

Устройство защитного отключения является предупреждающим электротехническим мероприятием и в сочетании с современными системами заземления (TN-S, TN-C-S) обеспечивает высокий уровень электробезопасности при эксплуатации электроустановок.

Защита от поражения при косвенном прикосновении (ГОСТ Р 50571.3–93 п. 413) обеспечивается следующими мероприятиями:

- применение УЗО;
- применение нулевых защитных проводников в электроустановках зданий с системой заземления TN или защитных проводников в электроустановках зданий с системой заземления TT в комплексе с устройствами защиты от сверхтока – предохранителями, автоматическими выключателями.

Согласно ПУЭ защита при помощи двойной или усиленной изоляции может быть обеспечена применением электрооборудования класса II или заключением электрооборудования, имеющего только основную изоляцию токоведущих частей, в изолирующую оболочку.

Проводящие части оборудования с двойной изоляцией не должны быть присоединены к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов.

Защитное электрическое разделение цепей следует применять, как правило, для одной цепи. Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В.

Питание отделяемой цепи должно быть выполнено от разделительного трансформатора или от другого источника, обеспечивающего равноценную степень безопасности.

Токоведущие части цепи, питающиеся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками других цепей.

Проводники цепей, питающихся от разделительного трансформатора, рекомендуется прокладывать отдельно от других цепей. Если это невозможно, то для таких цепей необходимо использовать кабели без металлической оболочки, брони, экраны или изолированные провода, проложенные в изоляционных трубах, коробах и каналах при условии, что номинальное напряжение этих кабелей и проводов соответствует наибольшему напряжению совместно проложенных цепей, а каждая цепь защищена от сверхтоков.

От разделительного трансформатора питается только один электроприемник, и его открытые проводящие части не должны быть присоединены ни к защитному проводнику, ни к открытым проводящим частям других цепей.

Все рассмотренные выше принципы обеспечения электробезопасности в полной мере относятся как непосредственно к жилищу, так и к приусадебным участкам.

## 9.2. Устройство защитного отключения

Устройство защитного отключения, реагирующее на дифференциальный ток или ток небаланса, наряду с устройствами защиты от сверхтока относятся к дополнительным видам защиты человека от поражения электрическим током при косвенном прикосновении, обеспечиваемой путем автоматического отключения питания.

Защита от сверхтока при коротком замыкании на корпус (при применении защитного зануления) обеспечивает защиту человека при косвенном прикосновении путем отключения автоматическими выключателями или предохранителями поврежденного участка цепи.

При малых токах замыкания или снижении уровня изоляции, а также при обрыве нулевого защитного проводника зануление недостаточно эффективно, и в этих случаях УЗО является единственным средством защиты человека от поражения 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. Устройство защитного отключения является единственным средством, обеспечивающим автоматическую защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении к одной из токоведущих частей.

Важнейшей функцией, осуществляемой с помощью УЗО, является защита от возгораний и пожаров, возникающих на объектах вследствие возможных повреждений изоляции, неисправностей электропроводки и электрооборудования.

Более трети всех пожаров происходят вследствие возгорания электропроводки в результате нагрева проводников по всей длине, искрения, горения электрической дуги на каком-либо элементе, вызванных токами короткого замыкания.

Короткие замыкания, как правило, развиваются вследствие дефектов или повреждения изоляции. Устройства защитного отключения, реагируя на ток утечки на землю, заблаговременно, до развития короткого замыкания, отключает электроустановку от источника питания, предотвращая тем самым недопустимый нагрев проводников, искрение, возникновение дуги и возможное последующее возгорание.

По данным различных источников, локальное возгорание изоляции может быть вызвано довольно незначительной мощностью, выделяемой в месте утечки. В зависимости от материала и срока службы изоляции такая мощность составляет всего 40–60 Вт. Это означает, что своевременное срабатывание УЗО противопожарного назначения с уставкой 300 мА предупредит выделение указанной мощности и, следовательно, не допустит возгорания.

Функционально УЗО можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на ток небаланса в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке. Основные функциональные блоки УЗО применительно к системе TN-C-S представлены на рис. 9.2.

Важнейшим функциональным блоком УЗО является дифференциальный трансформатор тока *1*. Этот трансформатор иногда называют трансформатором тока нулевой последовательности (ТТНП), несмотря на то, что понятие «нулевая последовательность» применимо только к трехфазным цепям и используется при расчетах несимметричных режимов многофазных цепей.

Пусковой орган (пороговый элемент) *2* выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле прямого действия или электронных компонентах.

Исполнительный механизм *3* включает в себя силовую контактную группу с механизмом привода. В нормальном режиме, при отсутствии тока небаланса — тока утечки, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода трансформатора тока *1*, протекает рабочий ток нагрузки. Проводники, проходящие сквозь окно магнитопровода, образуют встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока. Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке  $I_1$ , а от нагрузки  $I_2$ , то можно записать равенство:  $I_1 = I_2$ .

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике

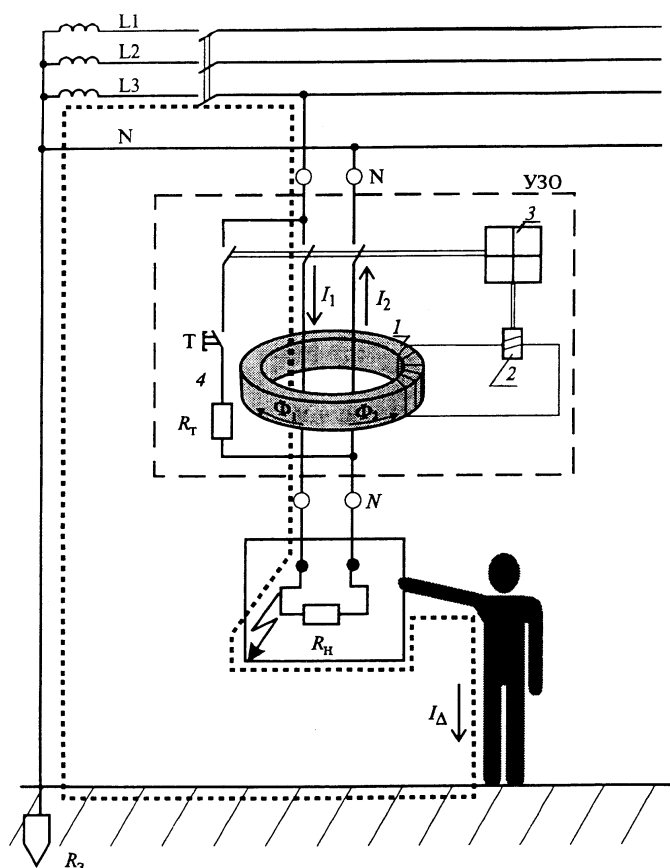


Рис. 9.2. Структура УЗО

трансформатора тока равные, но встречно направленные магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ . Результирующий магнитный поток равен нулю, и ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора также равен нулю.

Пусковой орган 2 находится в этом случае в состоянии покоя.

При нарушении изоляции или при прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки  $I_1$  протекает дополнительный ток – ток утечки ( $\Delta I_1$ ), являющийся для трансформатора тока током небаланса (разностным).

Неравенство токов в первичных обмотках ( $I_1 + \Delta I_1$  в фазном проводнике) и ( $I_2$ , равный  $I_1$ , – в нейтральном проводнике) вызывает неравенство магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного тока небаланса. Если этот ток превышает значение уставки порогового элемента пускового органа 2, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3.

Исполнительный механизм, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает электрическую цепь. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается.

Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования 4. При нажатии кнопки «Тест» искусственно создается отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно исправно.

По условиям функционирования УЗО подразделяются на следующие типы: АС, А, В, S, G.

УЗО типа АС – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно либо медленно возрастающий.

УЗО типа А – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный

дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно либо медленно возрастающие.

УЗО типа В – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный токи небаланса.

УЗО типа S – устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения).

УЗО типа G – то же, что и типа S, но с меньшей выдержкой времени.

УЗО подразделяются также на устройства без встроенной защиты от сверхтоков и со встроенной защитой от сверхтоков (дифференциальные автоматы).

В соответствии с ГОСТ Р 50807–95, ГОСТ Р 51326.1–99 и ГОСТ Р 51327.1–99 УЗО характеризуются нижеследующими нормируемыми параметрами.

*Номинальное напряжение*  $U_n$  – действующее значение напряжения, при котором обеспечивается работоспособность УЗО:

$$U_n = 220, 380 \text{ В.}$$

*Номинальный ток*  $I_n$  – ток, который УЗО может пропускать в продолжительном режиме работы:

$$I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125 \text{ А.}$$

*Номинальный отключающий дифференциальный ток*  $I_{\Delta n}$  – дифференциальный ток, который вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации:

$$I_{\Delta n} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5 \text{ А.}$$

*Номинальный неотключающий дифференциальный ток*  $I_{\Delta n0}$  – дифференциальный ток, который не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации:

$$I_{\Delta n0} = 0,5 I_{\Delta n}.$$

*Предельный неотключающий сверхток*  $I_{nmin}$  – минимальное значение неотключающего сверхтока при симметричной нагрузке двух- и четырехполюсных УЗО или несимметричной нагрузке четырехполюсных УЗО:

$$I_{nmin} = 6 I_n.$$

*Сверхток* – любой ток, который превышает номинальный ток нагрузки.

*Номинальная включающая и отключающая способность (коммутационная способность)*  $I_d$  – действующее значение ожидаемого тока, который УЗО способно включить, пропускать в течение всего времени размыкания и отключить при заданных условиях эксплуатации без нарушения его работоспособности. Минимальное значение  $I_{min} = 10 I_n$  или 500 А (выбирается большее значение).

*Номинальный условный ток короткого замыкания*  $I_{н.к.з}$  – действующее значение ожидаемого тока, который способно выдержать УЗО, оборудованное устройством защиты от коротких замыканий, при заданных условиях эксплуатации, без необратимых изменений, нарушающих его работоспособность:

$$I_{н.к.з} = 3000; 4500; 6000; 10\ 000 \text{ А.}$$

*Номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания*  $I_{\Delta к.з}$  – ожидаемый дифференциальный ток, который способно выдержать УЗО, обеспечивающее защиту от коротких замыканий при заданных условиях эксплуатации без необратимых изменений, нарушающих его работоспособность:

$$I_{\Delta k.3} = 3000; 4500; 6000; 10\,000 \text{ A.}$$

Номинальное время отключения  $T_n$  – время между моментом внезапного возникновения отключающего дифференциального тока и моментом гашения дуги на всех полюсах.

Стандартные значения максимально допустимого времени отключения УЗО типов АС и А при любом номинальном токе нагрузки и заданных нормами значениях дифференциального тока не должны превышать приведенных ниже:

Номинальный ток . . . . . $I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А
Время отключения, с . . . . . 0,3	0,15	0,04	0,04

Стандартные значения допустимого времени отключения и неотключения для УЗО типа S при любом номинальном токе нагрузки свыше 25 А и значениях номинального дифференциального тока свыше 0,03 А не должны превышать приведенных в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Допустимое время отключения и неотключения УЗО типа S, с

Дифференциальный ток	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А
Максимальное время отключения	0,5	0,2	0,15	0,15
Максимальное время неотключения	0,13	0,06	0,05	0,04

Суммарный ток утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должен превосходить 1/3 номинального тока УЗО. Согласно ПУЭ при отсутствии данных ток утечки электроприемников следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.

Для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока недостаточна для срабатывания максимальной токовой защиты, на вводе в квартиру, индивидуальный дом и т.п. рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 300 мА.

Принципиальное значение при рассмотрении конструкции УЗО имеет разделение устройств по способу технической реализации на следующие два типа:

*УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания (электромеханические).* Источником энергии, необходимой для функционирования — выполнения защитных функций, включая операцию отключения, является сам сигнал – ток небаланса, на который устройство реагирует;

*УЗО, функционально зависящие от напряжения питания (электронные).* Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника. Применение устройств, функционально зависящих от напряжения питания, более ограничено вследствие их меньшей надежности, подверженности воздействию внешних факторов и др. Однако основной причиной меньшего распространения таких устройств является их неработоспособность при часто встречающейся и наиболее опасной по условиям вероятности электропоражения неисправности электроустановки, а именно при обрыве нулевого проводника в цепи до УЗО по направлению к источнику питания. В этом случае «электронное» УЗО, не имея питания, не функционирует, а на электроустановку по фазному проводнику попадает опасный для жизни человека потенциал.

Существуют электронные УЗО, которые при исчезновении его питания остаются включенными (с защелкой), и УЗО с самоблокировкой (как магнитные пускатели). Такие УЗО в случае обрыва нулевого проводника размыкают силовые контакты и электроустановка обесточивается. Однако с УЗО такого типа проблематично выполнить требование ПУЭ п. 7.1.77: в жилых зданиях не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при исчезновении или недопустимом падении напряжения сети. При этом УЗО должно сохранять работоспособность на время не менее 5 с при снижении напряжения до 50% номинального.

В соответствии с ГОСТ Р 50571.3–94 (п. 413.1.3.2) необходимым условием нормального функционирования УЗО в электроустановке здания является отсутствие в зоне действия УЗО любых соединений нулевого рабочего проводника N с заземленными элементами электроустановки и нулевым защитным проводником РЕ. В распределительных щитах электроустановок с системой заземления TN-C-S в точках разделения PEN-проводника необходимо предусмотреть отдельные зажимы или шины нулевого рабочего N и нулевого защитного РЕ-проводников. Поскольку повреждение и старение изоляции возможны и в фазных, и в нулевом рабочем проводниках, а УЗО реагирует на утечку на землю с любого из них, в схемах TN-C-S на отходящих линиях следует устанавливать двух- и четырехполюсные автоматические выключатели. Только в этом случае можно методом поочередного включения линий найти неисправную цепь, в том числе и цепь с утечкой с нулевого проводника без демонтажа вводно-распределительного устройства, а также отключить неисправную цепь для обеспечения работы остальной части электроустановки.

Защита нулевого рабочего проводника в системах TT и TN регламентируется ГОСТ Р 50571.9–94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Применение мер защиты от сверхтоков».

Порядок выполнения защиты нулевого рабочего проводника от тока короткого замыкания следующий:

а) в случаях, когда сечение нулевого рабочего проводника, по крайней мере, равно или эквивалентно сечению фазных проводников, не требуется предусматривать устройства обнаружения тока короткого замыкания в этом проводнике или устройства его отключения;

б) в случаях, когда сечение нулевого рабочего проводника меньше сечения фазных проводников, должно быть предусмотрено обнаружение тока короткого замыкания в нулевом рабочем проводнике, превышающего допустимый для его сечения, с воздействием на отключение фазных проводников. При этом отключение нулевого рабочего проводника является обязательным. Не требуется обнаружение тока короткого замыкания в нулевом рабочем проводнике, если одновременно выполняются следующие условия:

- нулевой рабочий проводник защищен от короткого замыкания с помощью защитного устройства фазных проводников цепи;

- максимально ожидаемый ток, который может протекать по нулевому рабочему проводнику в нормальном режиме, значительно меньше значения длительно допустимого тока этого проводника.

Второе условие выполняется, если передаваемая мощность как можно более равномерно распределяется между рабочими фазами, например, если сумма мощностей электроприемников, подключенных между фазой и нулевым рабочим проводником (освещение, штепсельные розетки) намного меньше суммарной мощности рассматриваемой цепи. Сечение нулевого рабочего проводника должно быть не меньше 50% сечения фазного проводника.

При проектировании электроустановок с применением УЗО наиболее существенное значение имеют следующие аспекты:

- анализ проектируемого объекта по условиям обеспечения необходимого уровня электробезопасности;

- выбор схемных решений;

- выбор места установки в соответствии с назначением УЗО;

- выбор типа и параметров УЗО;

- обеспечение селективности действия УЗО;

- рассмотрение особенностей работы УЗО в электроустановках при использовании различных систем заземления.

Применение УЗО обязательно:

- для групповых линий, питающих электроприемники наружной установки (ГОСТ Р 50571.8–94);

- для мобильных сооружений (инвентарных зданий из металла или с металлическим каркасом) (ГОСТ Р 50699–94);

- для защиты штепсельных розеток ванных и душевых помещений (ГОСТ Р 50571.1–96).



Кроме того, применение УЗО обязательно, если устройство защиты от сверхтоков (автоматический выключатель, предохранитель) не обеспечивает время автоматического отключения 0,4 с при номинальном напряжении 220 В из-за низких значений токов короткого замыкания и установка (квартира) не охвачена системой уравнивания потенциалов.

Установка УЗО рекомендуется в различных случаях, связанных с вероятностью возникновения повышенной опасности, например при применении нагревательных элементов, встроенных в пол.

Для объектов действующего жилого фонда с двухпроводными сетями, где электроприемники не имеют защитного заземления, УЗО является эффективным средством для повышения электробезопасности. Срабатывание УЗО при замыкании на корпус в таких сетях происходит только при появлении дифференциального тока, т.е. при непосредственном прикосновении к корпусу (соединении с «землей»). Установка УЗО может быть рекомендована как мера повышения безопасности до проведения полной реконструкции здания. Решение об установке УЗО должно приниматься в каждом конкретном случае после получения объективных данных о состоянии электропроводки и приведения оборудования в исправное состояние.

В особо опасных помещениях для ответственных и конечных потребителей дополнительно применяются УЗО, встроенные в розеточные блоки. Для переносных электроприборов и электроинструмента рекомендуется использовать УЗО-розетки и УЗО-вилки, входящие в комплект электроприборов или шнура-удлинителя.

Не допускается применение УЗО на линиях, питающих части электроустановки, внезапное отключение которых может привести по технологическим причинам к возникновению ситуаций, опасных для пользователей и обслуживающего персонала, к отключению пожарной сигнализации и т.п. В таких установках для защиты людей от поражения электрическим током должны применяться другие электротехнические меры: контроль изоляции, разделительные трансформаторы и др.

В помещениях с повышенной опасностью УЗО должно быть размещено в щитках со степенью защиты не ниже IP 44, при наружной установке не ниже IP 54.

Установка УЗО должна предусматриваться во ВРУ, расположенных в помещениях без повышенной опасности поражения током, в местах, доступных для обслуживания.

Выбор места установки УЗО в групповых цепях электроустановки зданий должен выполняться с учетом включения в зону действия УЗО прежде всего участков электрической групповой цепи с наибольшей вероятностью электропоражения людей при прикосновении к токоведущим или открытым проводящим частям электрооборудования, которые могут вследствие повреждения изоляции оказаться под напряжением (розеточные группы, ванны, душевые комнаты, стиральные машины, помещения с повышенной опасностью поражения током и т.п.).

УЗО, предназначенные для осуществления противопожарной защиты, должны устанавливаться на главном вводе объекта.

В многоквартирных жилых домах УЗО рекомендуется устанавливать в групповых, в том числе квартирных щитках, в индивидуальных домах – во ВРУ и этажных распределительных щитках.

В схемах электроснабжения радиального типа со значительным числом отходящих групп рекомендуется установка общего на вводе и отдельного УЗО на каждую группу (потребитель) при условии соответствующего выбора параметров УЗО, обеспечивающих селективность их действия.

При выборе места установки УЗО в здании следует учитывать: способ монтажа электропроводки, материал строений, назначение УЗО, условия эксплуатации по электробезопасности, параметры УЗО, класс помещений, схемы подключения электроприборов и т.п.

При анализе работы УЗО в комплексе с системами заземления рекомендуется обратить внимание на следующее. Наиболее перспективной для нашей страны является система заземления TN-C-S, позволяющая в комплексе с широким внедрением УЗО обеспечить высокий уровень электробезопасности в электроустановках без их коренной реконструкции. Однако в электроустановках с системами заземления TN-S и TN-C-S электробезопасность потребителя обеспечивается не собственно системами, а УЗО, действующими более эффективно в комплексе с этими системами заземления и системой уравнивания потенциалов.

Собственно сами системы заземления – без УЗО – не обеспечивают необходимой безопасности.

Например, при пробое изоляции на корпус электроприбора или какого-либо аппарата, при отсутствии УЗО отключение этого потребителя от сети осуществляется устройствами защиты от сверхтоков – автоматическими выключателями или плавкими вставками.

Быстродействие устройств защиты от сверхтоков, во-первых, уступает быстродействию УЗО, а во-вторых, зависит от многих факторов: кратности тока короткого замыкания (которая в свою очередь зависит от сопротивления проводников), переходного сопротивления в месте повреждения изоляции, длины линий, точности калибровки автоматических выключателей, и др.

Наличие на объекте металлических корпусов, арматуры и других частей, соединенных с РЕ-проводником, повышает опасность электропоражения, поскольку в этом случае вероятность образования цепи: токоведущий проводник – тело человека – земля гораздо выше. Только УЗО осуществляет защиту от прямого прикосновения.

Фирма Schneider Electric поставляет на Российский рынок только электромеханические УЗО. Ниже приводятся данные по УЗО, выпускаемым этой фирмой, и рекомендации по их применению.

Французским эквивалентом термина «устройства защитного отключения» является понятие «дифференциальный отключатель» (disjoncteur diffentiel) – сокращенно DD. В табл. 9.2 приведены общие данные аппаратуры дифференциальной защиты, предлагаемой фирмой SE.

Широкий набор основных модулей и вспомогательных устройств позволяет комплектовать схемы дифференциальной защиты исходя из конкретных условий каждого объекта.

На рис. 9.3 – 9.7 приведены принципиальные схемы дифференциальных модулей.

*Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi мгновенного действия* (рис. 9.3) позволяет реализовать комплексную защиту цепей от коротких замыканий, перегрузок и повреждений изоляции. Обеспечивает защиту людей (30 мА), защищает электроустановку от возникновения пожара (300 мА). Номинальный ток 6–40 А, номинальное напряжение 230 В. Имеет фильтр помех сети.

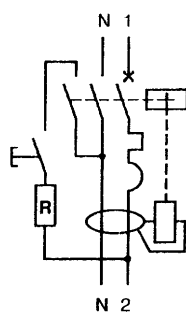


Рис. 9.3. Принципиальная схема дифференциального автоматического выключателя DPN N Vigi

*Дифференциальные выключатели нагрузки ID мгновенного действия* (рис. 9.4) . Номинальный отключающий дифференциальный ток 10, 30, 300, 500 мА. Номинальный ток 25–100 А. Число полюсов 2 и 4.

Селективный выключатель нагрузки ID позволяет выполнять селективную цепь с отходящими линиями на токи 10 или 30 мА. Комплектуется вспомогательными устройствами: независимым расцепителем MX, расцепителем минимального напряжения MN, сигнальным блок-контактом OF. Имеет фильтр помех сети.



Рис. 9.4. Принципиальная схема дифференциального выключателя нагрузки ID:

а) двухполюсного;

б) четырехполюсного.

Дифференциальные модули *Vigi C60* (рис. 9.5) дополняют двух-, трех- и четырехполюсные автоматические выключатели С60. Номинальный отключающий дифференциальный ток 30, 300 мА. Номинальный ток 25, 63 А. Номинальное напряжение – до 415 В переменного тока. Имеет фильтр помех сети. Работает без дополнительного источника питания.

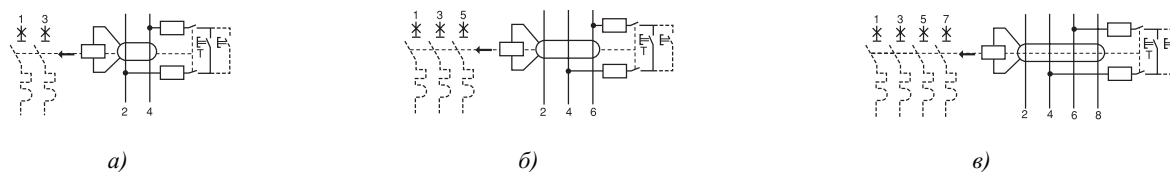


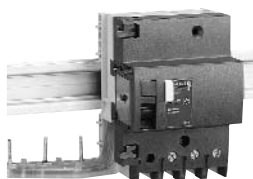
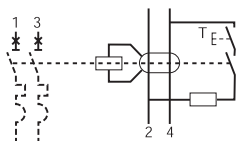
Рис. 9.5. Принципиальная схема дифференциального модуля *Vigi C60*:

- а) 2 полюса;
- б) 3 полюса;
- в) 4 полюса.

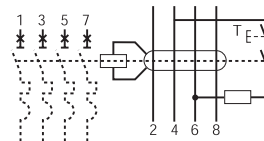
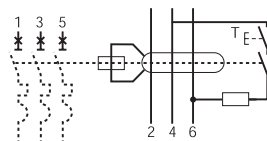
Дифференциальные модули высокой чувствительности *Vigi NG125* (рис. 9.6) дополняют автоматические выключатели NG125. Номинальный отключающий дифференциальный ток 30 мА. Номинальный ток 63; 125 А. Число полюсов 2, 3, 4. Модули типа АС реагируют на дифференциальный синусоидальный ток (рис. 9.6, а, б, в), типа А (рис. 9.6, г, д, е) реагируют на синусоидальный переменный и пульсирующий постоянный дифференциальные токи. Стойкость к импульсному напряжению 8/20 мкс, 3 кА. Вспомогательные устройства: MXV – независимый расцепитель; SDV – контакт сигнализации повреждения.



а)



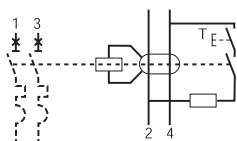
б)

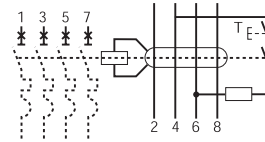
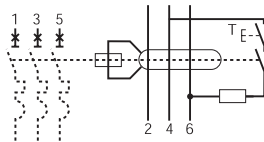
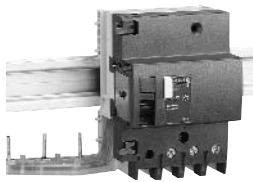


в)



г)





д)

е)

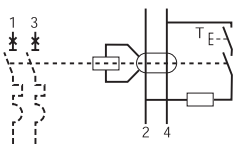
Рис. 9.6. Принципиальные схемы дифференциальных модулей высокой чувствительности Vigi NG 125:

- а) двухполюсный класса AC;
- б) трехполюсный класса AC;
- в) четырехполюсный класса AC;
- г) двухполюсный класса A;
- д) трехполюсный класса A;
- е) четырехполюсный класса A.

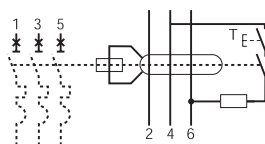
Дифференциальные модули средней чувствительности Vigi NG125 (рис. 9.7), дополняют автоматические выключатели NG125. Номинальный отключающий дифференциальный ток 300 мА. Номинальный ток 63; 125 А. Число полюсов 2, 3, 4. Модули типа AC, реагируют на дифференциальный синусоидальный ток (рис. 9.7, а, б, в), типа А (рис. 9.7, г, д, е), реагируют на синусоидальный переменный и пульсирующий постоянный дифференциальные токи. Стойкость к импульсному напряжению 8/20 мкс, 3 кА. Вспомогательные устройства: MXV – независимый расцепитель; SDV – контакт сигнализации повреждения.

Особые характеристики регулируемых Vigi: регулируемая величина номинального отключающего дифференциального тока — 300, 500, 1000, 3000 мА; время регулируемого отключения – мгновенно, 60 мс, 150 мс; предварительная сигнализация о появлении тока утечки.

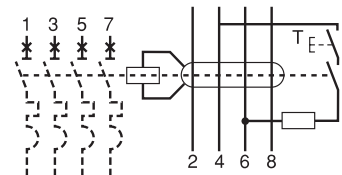
Все модули и вспомогательные устройства присоединяются через гребенчатую шинку, рассчитанную на конструктивный шаг 9 мм и присоединение проводников сечением до 16 мм<sup>2</sup>.



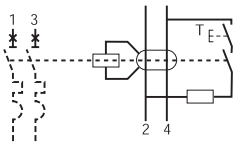
а)



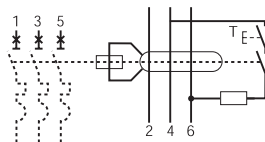
б)



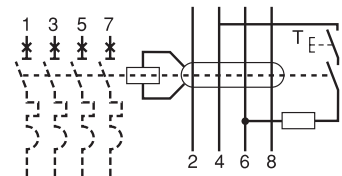
в)



г)



д)



е)

Рис. 9.7. Принципиальная схема

- дифференциальных модулей средней чувствительности
- а) двухполюсный класса AC;
  - б) трехполюсный класса AC;
  - в) четырехполюсный класса AC;
  - г) двухполюсный класса A;
  - д) трехполюсный класса A;
  - е) четырехполюсный класса A.

Таблица 9.2

## Технические данные аппаратуры дифференциальной защиты фирмы Schneider Electric

№ п/п	Тип	Наименование	Назначение	Число полюсов	Номинальные		Ток утечки, мА	Число модулей с шагом 9 мм	Принципиальная схема (№ рис.)
					напряжение, В	ток, А			
1	DPN N Vigi	Дифференциальные автоматические выключатели мгновенного действия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплексная защита цепей от коротких замыканий, перегрузок и повреждений изоляции</li> <li>2. Защита людей от поражения электрическим током при прямых (30 мА) или косвенных (300 мА) контактах с токопроводящими частями</li> <li>3. Защита электроустановки от риска возникновения пожара (300 мА)</li> <li>4. Селективность защит при каскадном соединении аппаратов на токи утечки 30 мА и 300 мА</li> </ol>	1+N	~ 230	6–40	30	4	9.3
2	ID мгновенного действия	Дифференциальные выключатели нагрузки мгновенного действия	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отключение цепи вручную и автоматически при повреждении изоляции между фазой и землей</li> <li>2. Отстраивается от кратковременных перенапряжений</li> </ol>	2	~ 240	25–100	10, 30, 300, 500	4	9.4 а
3	ID селективный	Дифференциальные выключатели нагрузки селективные	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Селективность отходящих линий на 10 или 30 мА.</li> <li>2. Отстраивается от кратковременных перенапряжений</li> </ol>	4	~ 415	25–100	30, 300, 500	8	9.4 б
4	ID OF	Вспомогательные устройства	Блок-контакт состояния	–	~ 415 ~ 220 = 130 = 48 = 24	3 6 1 2 6	–	1	–
	ID MX		Независимый расцепитель		~ 415 ~ 220 ~ 130 – 130 ≈ 48 ≈ 24	120 ВА 50 ВА 200 ВА 10 Вт 22 Вт 120 Вт		2	
	ID MN		Расцепитель минимального напряжения		– 240	4,1 Вт		4	
	ID OFS		Блок-контакт					1	
5	Vigi C60	Дифференциальные модули	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мгновенная дифзащита</li> <li>2. Защита от не прямых контактов с токоведущими частями 30, 300 мА</li> </ol>	2	~ 127	25	30 300	3	Рис. 9.5, а
				2	~ 220–415	25	30 300	3	Рис. 9.5, а
				3	~ 220–415	25	30 300	6	Рис. 9.5, б
				4	~ 220–415	25	30 300	6	Рис. 9.5, в
				2	~ 127	63	30 300	4	Рис. 9.5, а
				2	~ 220–415	63	30 300	4	Рис. 9.5, а
				3	~ 220–415	63	30 300	7	Рис. 9.5, б
				4	~ 220–415	63	30 300	7	Рис. 9.5, в

№ п/п	Тип	Наименование	Назначение	Число полюсов	Номинальные		Ток утечки, мА	Число модулей с шагом 9 мм	Принципиальная схема (№ рис.)
					напряжение, В	ток, А			
6	Vigi NG 125 высокой чувствительности	Дифференциальные электромеханические модули высокой чувствительности	1. Дополнительная защита людей от прямых контактов с токоведущими частями 2. Дополняет автоматический выключатель NG 125	Класс АС	~ 230–415	63	30	5	Рис. 9.6, а Рис. 9.6, б Рис. 9.6, в
				2	~ 230–415	63	30	9	
				3	~ 230–415	63	30	9	
				4	~ 230–415	63	30	9	
				Класс А	~ 230–415	63	30	5	Рис. 9.6, г Рис. 9.6, д Рис. 9.6, е
				2	~ 230–415	63, 125	30	9, 11	
				3	~ 230–415	63, 125	30	9, 11	
				4	~ 230–415	63, 125	30	9, 11	
7	Vigi NG 125 средней чувствительности	Дифференциальные электромеханические модули средней чувствительности	1. Защита людей от косвенных контактов 2. Защита электроустановок от повреждения изоляции 3. Селективность срабатывания защиты	Класс АС	~ 230–415	63	300	5	Рис. 9.7, а Рис. 9.7, б Рис. 9.7, в
				2	~ 230–415	63	300	9	
				3	~ 230–415	63	300	9	
				4	~ 230–415	63	300	9	
				Класс А	~ 230–415	63	300 1000 3000	5	Рис. 9.7, г Рис. 9.7, д Рис. 9.7, е
				2	~ 230–415	63	300 1000 3000	9, 11	
				3	~ 230–415	63, 125	300 1000 3000	9, 11	
				4	~ 230–415	63, 125	300 1000 3000	9, 11	
8	Vigi NG 125OF +OF	Вспомогательные устройства	Блок-контакт состояния	–	~ 220–240	6	1	–	–
	Vigi NG 125 OF +SD		Блок-контакт сигнализации повреждения		~ 220–240	6	1		
	Vigi NG 125 SVD		Контакт сигнализации повреждения		≈ 250	2	1		
	Vigi NG 125 MX+OF		Независимый расцепитель и блок-контакт	–	~ 230–415 ~ 110–130 ~ 48–130 – 48 – 24 – 12	2	2		–
	Vigi NG 125 MH		Расцепитель минимального напряжения мгновенного действия		~ 220–240 ≈ 48	2	2		
	Vigi NG 125 MH (S)		Расцепитель минимального напряжения с выдержкой времени		~ 230–240		4		
	Vigi NG 125 MH (X)		Расцепитель минимального напряжения, нечувствительный к отключению питания		~ 220–240 ~ 380–415				
	Vigi NG 125 MXV		Независимый расцепитель		~ 110–415				

### 9.3. Защитное заземление. Уравнивание потенциалов

По определению ПУЭ, заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, а защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

В ГОСТ Р 50571.2–94 и в разделе 1.7 ПУЭ (7-е изд.) приведена классификация систем заземления, которые определяют общую характеристику питающей сети и электроустановки здания. В соответствии с указанной классификацией существуют следующие системы заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT (рис. 9.8 – 9.11).

Первая буква в обозначении системы заземления определяет характер заземления источника питания:

T – непосредственное соединение нейтрали источника питания с землей;

I – все токоведущие части изолированы от земли.

Вторая буква определяет характер заземления открытых проводящих частей электроустановки здания:

T – непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с землей, независимо от характера связи источника питания с землей;

N – непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с точкой заземления источника питания.

Буквы, следующие через черточку за N, определяют характер этой связи – функциональный способ устройства нулевого защитного и нулевого рабочего проводников:

S – функции нулевого защитного PE и нулевого рабочего N проводников обеспечиваются отдельными проводниками;

C – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечиваются одним общим проводником PEN.

В системе TN-C (рис. 9.8) 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).

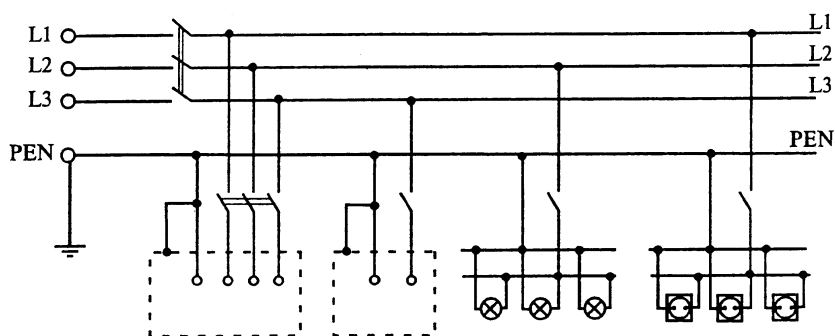


Рис. 9.8. Система TN-C

В системе TN-S (рис. 9.9) 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).

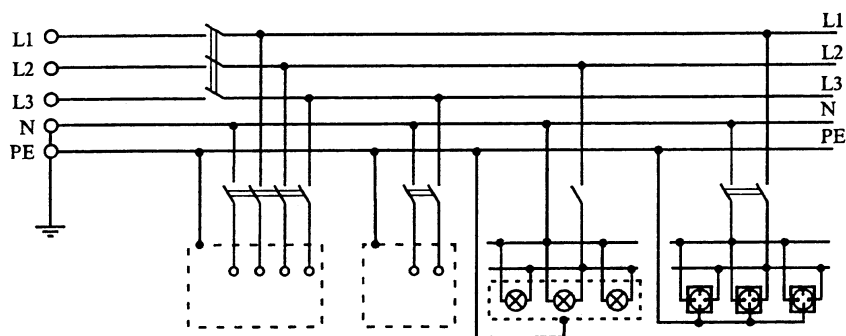


Рис. 9.9. Система TN-S

В системе TN-C-S (рис. 9.10) 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 и (или) электрической цепи применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN), в остальной части электрической цепи – отдельный нулевой защитный проводник (PE).

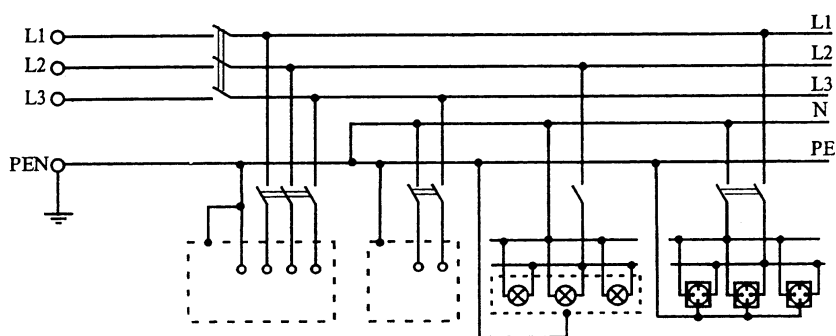


Рис. 9.10. Система TN-C-S

В системе TT (рис. 9.11) источник питания имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с землей через заземлитель, электрически независимый от заземлителя нейтрали источника питания.

Система IT применяется, как правило, в электроустановках зданий и сооружений специального назначения и поэтому далее не рассматривается.

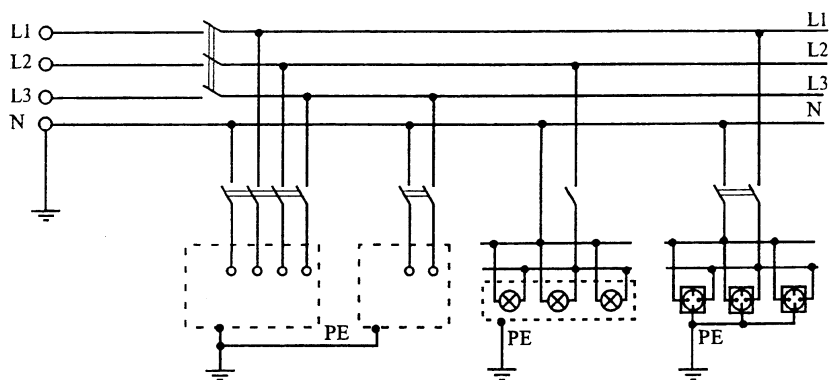


Рис. 9.11. Система TT



До настоящего времени большая часть электроустановок в нашей стране работает с системой заземления, подобной TN-C. Рассмотрим более подробно функционирование УЗО в таких электроустановках. Например, при пробое изоляции на корпус электроприемника в случае, если этот корпус не заземлен (например, холодильник или стиральная машина на изолирующем основании), УЗО, включенное в цепь питания электроприемника, не сработает, поскольку нет цепи протекания тока утечки – отсутствует разностный (дифференциальный) ток. При этом на корпусе электроприемника окажется опасный потенциал относительно земли.

В этом случае при прикосновении человека к корпусу электроприемника и протекании через его тело тока на землю, превышающего номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО (ток уставки) –  $I_{\Delta n}$ , УЗО среагирует и отключит электроустановку от сети, в результате чего жизнь человека будет спасена. В рассмотренном случае с момента нарушения изоляции и возникновения на корпусе электроприемника электрического потенциала до момента отключения дефектной цепи от сети существует период потенциальной опасности поражения.

Из этого следует, что и в электроустановках с системой заземления, подобной TN-C, применение УЗО также оправдано, поскольку это устройство и в таких электроустановках обеспечивает эффективную защиту от электропоражения.

Электроустановки с системами заземления TN-S, TN-C-S, TT в данном аспекте обладают значительным преимуществом: в аналогичной ситуации (при пробое изоляции на корпус) УЗО мгновенно отключит электропитание, поскольку все корпуса имеют надежное соединение с защитным проводником.

В России до настоящего времени применяется система TN-C (см. рис. 9.8), в которой открытые проводящие части электроустановки (корпуса, кожухи электрооборудования) соединены с заземленной нейтралью источника совмещенным нулевым защитным и рабочим проводником PEN, т.е. «занулены». Эта система относительно простая и дешевая, однако она не обеспечивает необходимый уровень электробезопасности.

Системы TN-S (см. рис. 9.9) и TN-C-S (см. рис. 9.10) широко применяются в европейских странах – Германии, Австрии, Франции и др. В системе TN-S все открытые проводящие части электроустановки здания соединены (отдельным нулевым защитным проводником PE) непосредственно с заземляющим устройством источника питания.

При монтаже электроустановок правила предписывают применять для нулевого защитного проводника PE провод с желто-зеленой маркировкой изоляции.

В системе TN-C-S во вводном устройстве электроустановки совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник PEN разделен на нулевой защитный (PE) и нулевой рабочий (N) проводники. В этой системе нулевой защитный проводник PE соединен со всеми открытыми проводящими частями и может быть многократно заземлен, в то время как нулевой рабочий проводник N не должен иметь соединения с землей.

Однофазные двух- и трехпроводные линии, а также трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании однофазных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих N проводников, равное сечению фазных проводников.

Трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих N проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 16 мм<sup>2</sup> по меди и 25 мм<sup>2</sup> по алюминию, а при больших сечениях – не менее 50% сечения фазных проводников, но не менее 16 мм<sup>2</sup> по меди и 25 мм<sup>2</sup> по алюминию.

Совмещенный нулевой и рабочий проводник PEN разделяются на нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники во вводном устройстве (рис. 9.12).

В ПУЭ (7-е изд. п.7.1.36) указывается: «Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать под общий контактный зажим». Это вызвано необходимостью обеспечения условий электробезопасности для сохранения соединения защитного проводника с заземлением в случае разрушения (выгорания) контактного зажима.

На рис. 9.13 показаны примеры выполнения этого подключения в этажном или квартирном щитках.

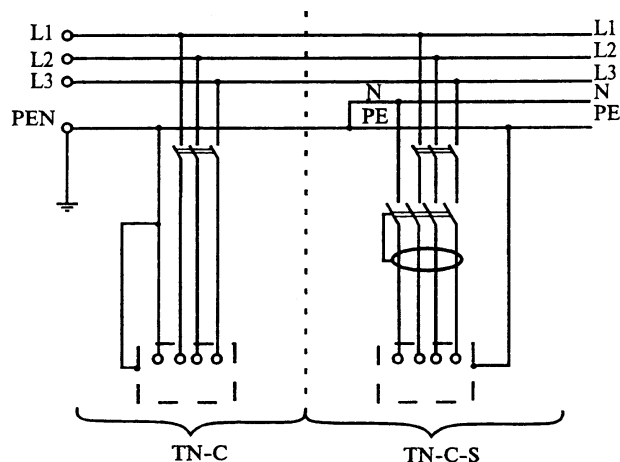


Рис. 9.12. Выполнение системы заземления TN-C-S

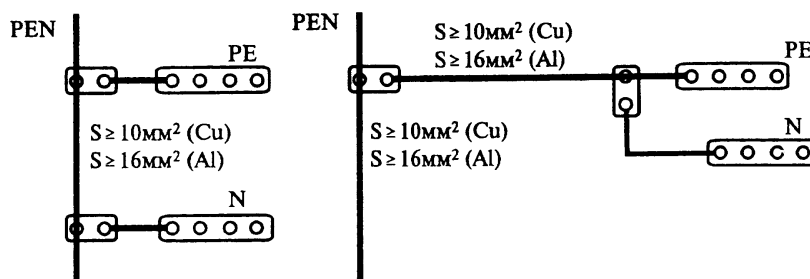


Рис. 9.13. Примеры выполнения подключения проводников PE и N к PEN

Важным условием обеспечения электробезопасности является наличие системы *уравнивания потенциалов*, заключающейся в подсоединении всех подлежащих заземлению проводящих частей к общей шине (рис. 9.14) для достижения равенства их потенциалов.

Здесь следует обратить внимание на различие понятий «уравнивание потенциалов» и «выравнивание потенциалов». Выравнивание потенциалов – это снижение разности потенциалов (шагов напряжения) на поверхности земли или пола с помощью защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли, например в бетонном полу саун для выравнивания потенциала следует прокладывать металлическую сетку, соединяемую с нулевым защитным проводником.

В соответствии с ПУЭ *основная система уравнивания потенциалов* в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части:

- нулевой защитный PE- или PEN-проводник питающей линии в системе TN;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT и TT;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.

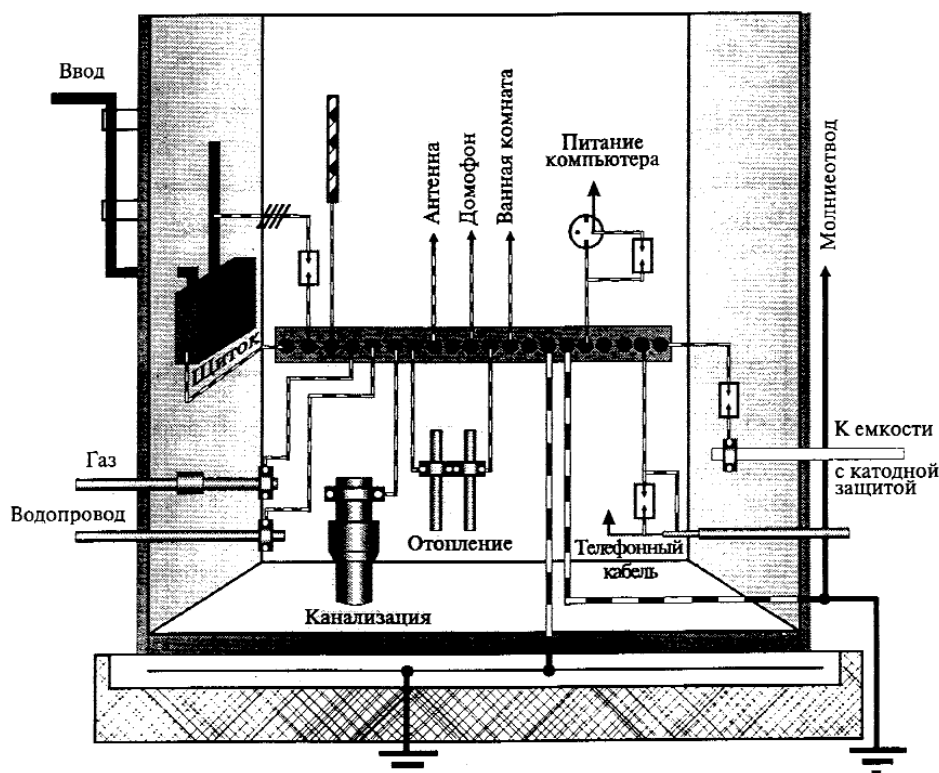


Рис. 9.14. Пример выполнения системы уравнивания потенциалов

Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только та часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;

- металлические части каркаса здания;
- металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине РЕ щитов питания вентиляторов и кондиционеров;
- заземляющее устройство системы молниезащиты;
- заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
- металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине с помощью проводников системы уравнивания потенциалов.

Система *дополнительного уравнивания потенциалов* должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые проводящие части и сторонние проводящие части, если они удовлетворяют требованиям к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

Указанные выше системы уравнивания потенциалов позволяют избежать протекания различных непредсказуемых циркулирующих токов в системе заземления, вызывающих возникновение разности потенциалов на отдельных элементах электроустановки.

На рис. 9.15 приведен пример системы уравнивания потенциалов в электроустановке жилого дома.

В последнее время, с повышением оснащённости современных жилых домов различными электроприборами и усложнением электроустановок все чаще стали наблюдаться явления ускоренной коррозии трубопроводов систем водоснабжения и отопления. За короткое время – от полугода до двух лет – на трубах как подземной, так и воздушной прокладки образуются точечные свищи, быстро увеличивающиеся в размерах. Причиной ускоренной точечной коррозии труб в 98% случаев является протекание по ним блуждающих токов.

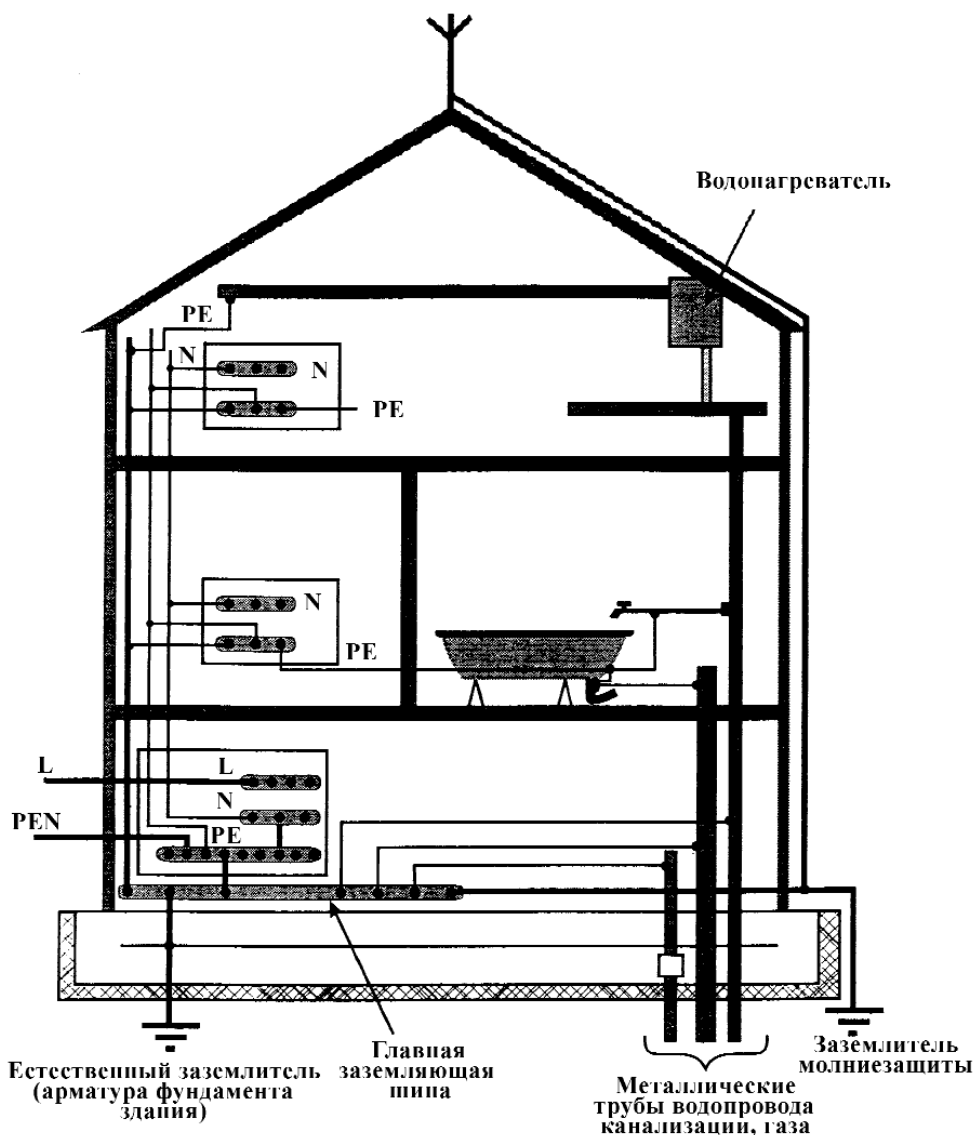


Рис.9.15. Пример выполнения системы уравнивания потенциалов электроустановки здания

Применение УЗО в комплексе с правильно выполненной системой уравнивания потенциалов позволяет ограничить и даже исключить протекание токов утечки, блуждающих токов по проводящим элементам конструкции здания, в том числе и по трубопроводам. Системы заземления и уравнивания потенциалов реализуются с помощью заземляющих устройств, представляющих собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель – это проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду. В сетях с глухозаземленной нейтралью для электроустановок напряжением до 1 кВ сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора или трансформатора, в любое время года должно быть 4 Ома – для трех фазной сети с линейным напряжением 380 В и 8 Ом – для трех фазной сети 220 В или, соответственно, для однофазных сетей 220 и 127 В.

Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений PEN- или PE-проводника воздушных линий (ВЛ) напряжением до 1 кВ при числе отходящих линий не менее двух.

На концах ВЛ или ответвлений от них длиной более 200 м, а также на вводах ВЛ к электроустановкам, в которых в качестве защитной меры при косвенном прикосновении применено автоматическое отключение питания, должны быть выполнены повторные заземления PEN-проводника. В первую очередь для этой цели следует использовать естественные заземлители, например подземные части опор, а также заземляющие устройства, предназначенные для грозовых перенапряжений.

Указанные повторные заземления выполняются, если более частые заземления по условиям защиты от грозовых перенапряжений не требуются.

Заземляющие проводники для повторных заземлений PEN-проводника должны иметь размеры не менее приведенных в табл. 9.3.

Общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений PEN-проводника каждой ВЛ в любое время года должно быть не более 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 380 и 220 В источника трехфазного тока или 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

Таблица 9.3

Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Толщина стенки, мм
Сталь	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей	16	–	–
	для горизонтальных заземлителей	10	–	–
	Прямоугольный	–	100	4
	Угловой	–	100	4
Трубный	32	–	3,5	
Сталь оцинкованная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей	12	–	–
	для горизонтальных заземлителей	10	–	–
	Прямоугольный	–	75	3
Трубный	25	–	2	
Медь	Круглый	12	–	–
	Прямоугольный	–	50	2
	Трубный	20	–	2
	Канат многопроволочный	1,8*	35	–

\* Диаметр каждой проволоки.

При удельном сопротивлении земли  $\rho > 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , когда устройство искусственных заземлителей сопряжено со значительными трудностями, ПУЭ допускает увеличение указанных выше норм сопротивления, но не более десятикратного.

В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;

- металлические трубы водопровода, проложенные в земле;

- обсадные трубы буровых скважин;

- металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т.п.;

- другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;

- металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле. Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при числе кабелей не менее двух. Алюминиевые оболочки кабелей использовать в качестве заземлителей не допускается.

Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству с целью уравнивания потенциалов.

Искусственные заземлители могут быть из обычной или оцинкованной стали или медными и не должны быть окрашенными.

Материал и наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле, должны соответствовать приведенным в табл. 9.3.

Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

Для измерения сопротивления заземляющего устройства в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. В электроустановках напряжением до 1 кВ таким местом, как правило, является главная заземляющая шина. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно только при помощи инструмента.

Заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1 кВ, должен иметь сечение, не менее: медный 10 мм<sup>2</sup>, алюминиевый 16 мм<sup>2</sup>, стальной 75 мм<sup>2</sup>.

Главная заземляющая шина может быть выполнена внутри вводного устройства электроустановки напряжением до 1 кВ или отдельно от него. Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины следует использовать шину РЕ.

При отдельной установке главная заземляющая шина должна быть расположена в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства.

Сечение отдельно установленной главной заземляющей шины должно быть не менее сечения РЕ (PEN)-проводника питающей линии. Главная заземляющая шина должна быть, как правило, медной. Допускается применение главной заземляющей шины из стали. Применение алюминиевых шин не допускается.

В местах, доступных только квалифицированному персоналу (например, щитовых помещениях жилых домов), главную заземляющую шину следует устанавливать открыто. В местах, доступных посторонним лицам (например, подъездах или подвалах домов), она должна иметь защитную оболочку – шкаф или ящик с запирающейся на ключ дверцей.

Если здание имеет несколько обособленных вводов, главная заземляющая шина должна быть выполнена для каждого вводного устройства. При наличии встроенных трансформаторных подстанций главная заземляющая шина должна устанавливаться возле каждой из них. Эти шины должны соединяться проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения РЕ (PEN)-проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение. Для соединения нескольких главных заземляющих

шин могут использоваться сторонние проводящие части, если они соответствуют требованиям к непрерывности и проводимости электрической цепи.

В качестве РЕ-проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ могут использоваться:

1. Специально предусмотренные проводники:

- жилы многожильных кабелей;
- изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;
- стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники.

2. Открытые проводящие части электроустановок:

- алюминиевые оболочки кабелей;
- стальные трубы электропроводок;
- металлические оболочки и опорные конструкции шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления.

Металлические коробки и лотки электропроводок можно использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией коробов и лотков предусмотрено такое использование, о чем имеется указание в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения.

3. Некоторые сторонние проводящие части:

- металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны и т.п.);
- арматура железобетонных строительных конструкций зданий.

Использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве РЕ-проводников допускается, если они, кроме того, одновременно отвечают следующим требованиям:

1. Непрерывность электрической цепи обеспечивается либо их конструкцией, либо соответствующими соединениями, защищенными от механических, химических и других повреждений;

2. Их демонтаж невозможен, если не предусмотрены меры по сохранению непрерывности цепи и ее проводимости.

Не допускается использовать в качестве РЕ-проводников:

- металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлорукава, а также свинцовые оболочки проводов и кабелей;
- трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления;
- водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок.

Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников приведены ниже:

Сечение фазных проводников, мм <sup>2</sup>	Наименьшее сечение защитных проводников, мм <sup>2</sup>
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Сечения защитных проводников из других материалов должны быть эквивалентны по проводимости приведенным.

Допускается, при необходимости, принимать сечение защитного проводника менее требуемого, если оно рассчитано по формуле (только для времени отключения  $\leq 5$  с)

$$S \geq \frac{I \cdot \sqrt{t}}{k},$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения защитного проводника, мм<sup>2</sup>;

$I$  – ток короткого замыкания (А), обеспечивающий время отключения поврежденной цепи защитным аппаратом не более чем за 5 с;

$t$  – время срабатывания защитного аппарата, с;

$k$  – коэффициент, значение которого зависит от материала защитного проводника, его изоляции, начальной и конечной температур.

Значения  $k$  для защитных проводников в различных условиях приведены в табл. 9.4-9.7.

Если при расчете получается сечение, отличное от приведенного выше, то следует выбирать ближайшее большее значение, а при получении нестандартного сечения – применять проводники ближайшего большего стандартного сечения.

Максимальная температура при определении сечения защитного проводника не должна превышать предельно допустимых температур нагрева проводников при КЗ.

Во всех случаях сечение медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, на одном лотке) с фазными проводниками, должно быть не менее:

2,5 мм<sup>2</sup> – при наличии механической защиты;

4 мм<sup>2</sup> – при отсутствии механической защиты.

Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 мм<sup>2</sup>.

Таблица 9.4

**Коэффициент  $k$  для изолированных защитных проводников, не входящих в кабель, и для неизолированных проводников, касающихся оболочки кабелей (начальная температура проводника 30 °С)**

Параметр	Материал изоляции		
	поливинилхлорид (ПВХ)	поливинилхлорид (ПВХ)	бутиловая резина
Конечная температура, °С	160	250	220
Коэффициент $k$ проводника:			
медного	143	176	166
алюминиевого	95	116	110
стального	52	64	60

Таблица 9.5

**Коэффициент  $k$  защитного проводника, в многожильном кабеле**

Параметр	Материал изоляции		
	поливинилхлорид (ПВХ)	поливинилхлорид (ПВХ)	бутиловая резина
Начальная температура, °С	70	90	85
Конечная температура, °С	160	250	220
Коэффициент $k$ проводника:			
медного	115	143	134
алюминиевого	76	94	89

Таблица 9.6

**Коэффициент  $k$  при использовании в качестве защитного проводника алюминиевой оболочки кабеля**

Параметр	Материал изоляции		
	поливинилхлорид (ПВХ)	сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина	бутиловая резина
Начальная температура, °С	60	80	75
Конечная температура, °С	160	250	220
Коэффициент $k$ проводника	81	98	93



**Коэффициент  $k$  для неизолированных проводников, когда указанные температуры не создают опасности повреждения находящихся вблизи материалов (начальная температура проводника принята равной 30 °С)**

Материал проводника	Условия	Проводники		
		проложенные открыто и в специально отведенных местах	эксплуатируемые	
			в нормальной среде	в пожароопасной среде
Медь	Максимальная температура, °С	500*	200	150
	Коэффициент $k$	228	159	138
Алюминий	Максимальная температура, °С	300*	200	150
	Коэффициент $k$	125	105	91
Сталь	Максимальная температура, °С	500*	200	150
	Коэффициент $k$	82	58	50

\* Указанные температуры допускаются, если они не ухудшают качество соединений.

Для квартир любого уровня комфортности в многоквартирных домах заземляющее устройство выполняется общим для всего дома.

Защитное заземление электроустановки коттеджа рекомендуется осуществлять с помощью искусственного заземлителя, состоящего из одного или нескольких электродов диаметром не менее 12 мм или уголков с толщиной полки не менее 4 мм, обеспечивающих требуемое сопротивление заземления в зависимости от удельного сопротивления грунта.

При использовании двух и более электродов для их соединения применяется круглая сталь диаметром 10 мм, выведенная на стену дома на высоте не менее 200 мм над поверхностью земли. Заземляющие проводники, прокладываемые от заземлителя до главной заземляющей шины, в зависимости от материала должны быть:

стальной – диаметром не менее 10 мм, сечением не менее 100 мм<sup>2</sup>;

медный – диаметром не менее 12 мм, сечением не менее 50 мм<sup>2</sup>.

Для примера рассмотрим повторное заземляющее устройство для жилого здания, электроснабжение которого осуществляется на напряжении 380/220 В от подстанции, расположенной на расстоянии 80 м.

На вводе в здание, рядом с ВРУ размещаются два ящика главной заземляющей шины (рис. 9.16). К этой шине подключаются:

- защитный проводник РЕ питающего ВРУ-380/220 В;
- заземляющий проводник, присоединенный к повторному заземлителю;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (трубы горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления и т.п.);
- металлические части здания (каркас);
- металлические части вентиляции и кондиционирования и т.д.;
- заземляющее устройство молниезащиты;
- контуры внутреннего заземления электроустановок.

Главная заземляющая шина, расположенная в отдельном ящике, выполняется из медной полосы с отверстиями для болтового соединения отходящих проводников системы уравнивания потенциалов.

В помещениях пожарных насосов, кондиционеров, бойлеров, лифтов и т.д. предусматриваются отдельные внутренние контуры заземления, выполненные из полосовой оцинкованной стали 40x4 мм.

К этому контуру подключаются все металлические элементы: электродвигатели, щиты, трансформаторы, корпуса оборудования, двери, кабельные конструкции, трубопроводы, вентиляция и т.д. Все контуры внутреннего заземления подлежат присоединению к главной заземляющей шине путем прокладки медных кабелей ВВГ1х16 мм<sup>2</sup>.

Для наружного контура заземления предусмотрено три глубинных заземлителя из оцинкованной стальной трубы диаметром 50 мм, длиной 6 м. Удельное сопротивление грунта  $\rho_0 = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  (суглинок). Коэффициент использования вертикального электрода  $\eta_v = 0,6$ . Допустимая величина сопротивления наружного контура заземления  $R_{\text{доп}} \leq 10 \text{ Ом}$ .

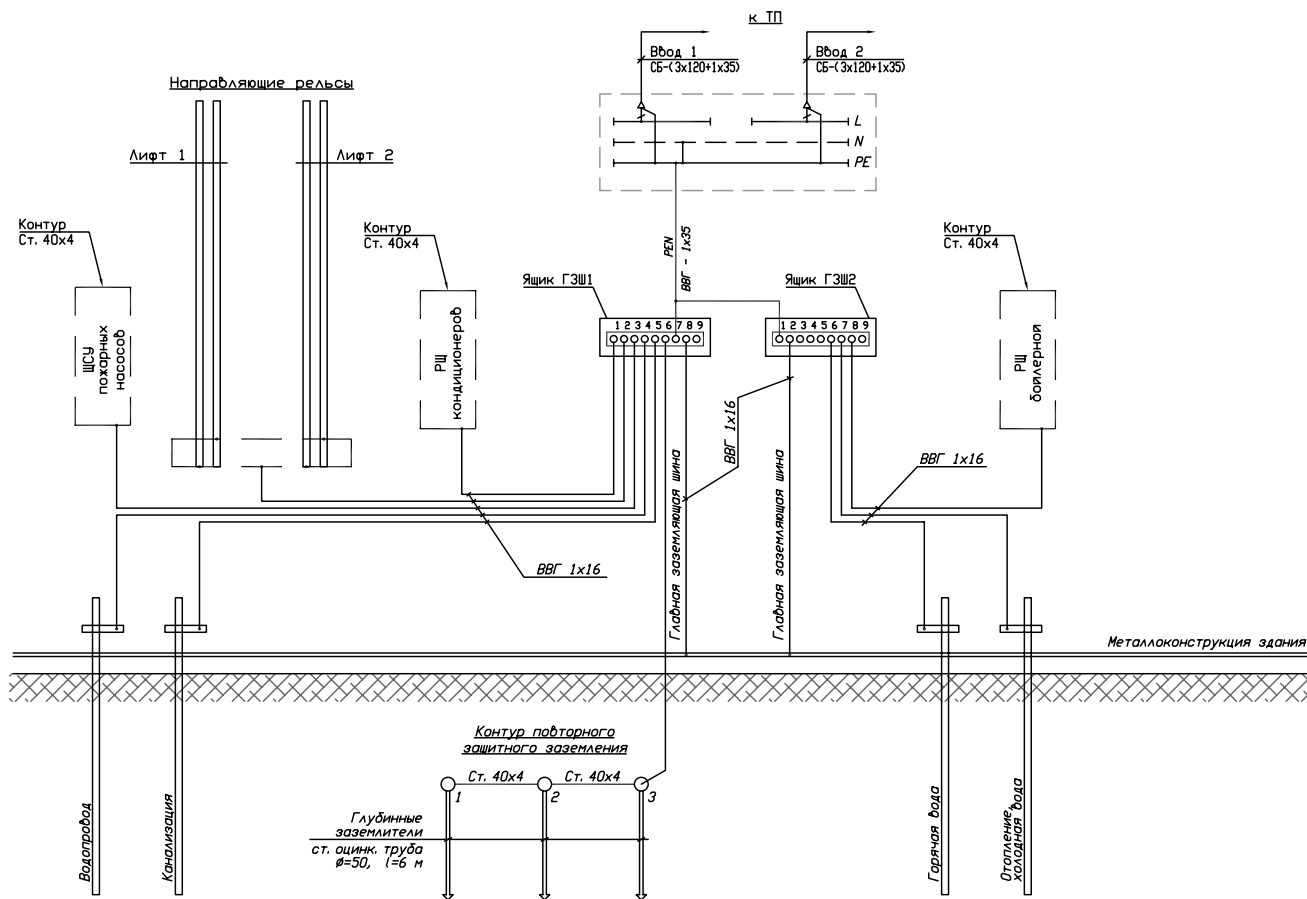


Рис. 9.16. Повторное заземляющее устройство и система уравнивания потенциалов

Рис. 9.16. Повторное заземляющее устройство и система уравнивания потенциалов

Отсюда сопротивление контура заземления из трех вертикальных электродов

$$R_{з.к.} = \frac{\rho}{l \cdot n \cdot \eta_3} = \frac{100}{6 \cdot 3 \cdot 0,6} = 9,26 \text{ Ом,}$$

$R_{з.к.} < R_{доп} = 10 \text{ Ом}$ , что соответствует норме ПУЭ.

Устройство глубинного заземлителя приведено на рис. 9.17.

Глубинный заземлитель опускается в землю в заранее пробуренную скважину глубиной ~7 м. Бурение скважины рекомендуется вести роторным способом долотом диаметром 243 мм с промывкой глинистым раствором. Затрубное пространство заполняется грунтовой смесью, состоящей из жирной глины, коксовой мелочи и соли (NaCl) в соотношении объемов 1:1:0,5.

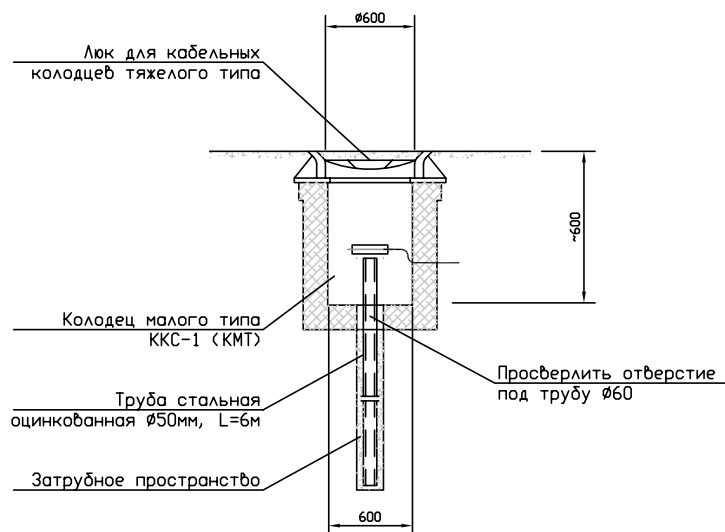


Рис. 9.17. Устройство глубинного заземлителя

#### 9.4. Молниезащита. Защита от импульсных перенапряжений

Под понятием *прямой удар молнии*, или поражение молнией, подразумевается непосредственный контакт канала молнии со зданием или сооружением, сопровождающийся протеканием через него тока молнии. При прямом ударе проявляются тепловое, динамическое и электрическое действие тока молнии.

Как следствие, прямой удар молнии в здание и коммуникации приводит к серьезным механическим разрушениям, пожарам, поражениям людей и животных. Однако, прямой удар молнии – явление относительно редкое. Более распространенным является вторичное проявление молнии и внесение высокого потенциала.

*Вторичное проявление молнии* – это наведение потенциалов на металлических элементах конструкций, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри объекта.

*Внесение высокого потенциала* – это перенесение в здание или сооружение по протяженным металлическим коммуникациям (подземным и наземным трубопроводам, кабелям и т.п.) электрических потенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и создающих опасность искрения внутри объекта.

Вторичное проявление молнии и внесение высокого потенциала вызывают импульсное перенапряжение в сетях и электропроводящих частях, что приводит к возгораниям, электротравмам, выходу из строя электропроводки, слаботочных сетей, дорогостоящих бытовых приборов и электрооборудования, сбоям в работе систем автоматики и управления, контроля и сигнализации, потере информации в компьютерных системах. Импульсные перенапряжения возникают также в электрических сетях при авариях и определенных режимах работы электрооборудования и потребителей электроэнергии.

В табл. 9.8 приведены данные о поражающих факторах и последствиях при указанных явлениях.

*Молниезащита* зданий и сооружений – это система, состоящая из комплекса устройств и сооружений, предназначенных для защиты объектов от грозового электричества, позволяющая снизить последствия попадания молнии в защищаемый объект или вторичных ее проявлений.

Основным нормативным документом, регламентирующим устройство молниезащиты, является Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (СО–153-34.21.122–2003). Инструкцией предусматривается применение внешней и внутренней молниезащиты.

Поражающие факторы и вероятные последствия их проявления

Событие	Поражающие факторы	Возможные последствия
Прямой удар молнии в здание	Разряд до 200 кА, 1000 кВ, 30 000 °С	Поражение людей, разрушение частей зданий, пожары
Ближкий и удаленный удар молнии в коммуникации	Внесенный грозовой потенциал по проводам электроснабжения и металлическим трубопроводам (возможный импульс перенапряжения – сотни киловольт)	Поражение людей, нарушение изоляции электропроводки, возгорание, выход из строя электрооборудования и приборов
Ближкий разряд (до 0,5 км от здания)	Наведенный грозовой потенциал в сетях (возможный импульс перенапряжения – десятки киловольт)	Выход из строя электронных приборов, потери баз данных, сбой в работе автоматизированных систем
Коммутации и короткие замыкания в сетях	Импульс перенапряжения в сетях (до 10 кВ)	Выход из строя чувствительных приборов, потери баз данных, сбой в работе автоматизированных систем

*Внешняя молниезащита* является классической, она представляет собой молниеотвод, состоящий из токоприемника, спуска и системы заземления.

Внутренняя молниезащита приобрела значение лишь в последние годы в связи с широким распространением микроэлектроники, в том числе и в быту. Под *внутренней молниезащитой* понимают ряд мероприятий, которые способствуют защите от перенапряжений в силовой сети. К ним относятся выравнивание потенциалов всех проводящих частей с потенциалом молниеотвода и применение ограничителей импульсов перенапряжения.

Устройства защиты от перенапряжений (УЗП) в соответствии с указанной Инструкцией устанавливаются в месте пересечения линий электроснабжения, управления, связи, телекоммуникации границы двух зон экранирования. УЗП координируют для достижения приемлемого распределения нагрузки между ними в соответствии с их стойкостью к разрушению, а также для уменьшения вероятности разрушения защищаемого оборудования под воздействием тока молнии.

Для многоквартирных зданий, как правило, вопросы молниезащиты на этапе проектирования решаются для всего здания, а не для отдельной квартиры. Это относится к защите от прямого удара молнии. Защита же от вторичных проявлений молнии и от импульсов перенапряжений в сетях для квартир, насыщенных электроникой и микропроцессорными устройствами, представляется актуальной задачей и, по мнению авторов, должна предусматриваться для каждой квартиры повышенной комфортности.

Для коттеджей и приусадебных участков система молниезащиты должна предусматриваться в полном объеме в обязательном порядке.

Молниеприемная часть с токоотводами и заземлением в комплексе представляет собой *молниеотвод*, т.е. устройство, воспринимающее ток молнии и отводящее его в землю, минуя защищаемый объект. Непосредственно воспринимающим разряд молнии устройством является молниеприемник. К конструктивному устройству молниеприемника предъявляются жесткие требования в отношении надежности работы.

Инструкция предписывает при проектировании молниеотводов принять меры для защиты установленного снаружи на здании оборудования, такого как антенны, камеры наружного наблюдения и т.п. По возможности молниеотвод устанавливается таким образом, чтобы это оборудование было защищено от прямого попадания молнии. В некоторых случаях необходимо устанавливать устройства защиты от перенапряжений.

Существует несколько видов молниеприемников.

*Стержневые молниеприемники* изготавливаются, как правило, из проката различного профиля. Наиболее распространенным профилем для изготовления молниеприемников являются прутки и водогазопроводные трубы.

Молниеприемник должен обладать достаточной прочностью при динамических воздействиях тока молнии. Его сечение принимается равным не менее 100 мм<sup>2</sup> при длине не более 2 м от точки

закрепления на доме или конструкции молниеотвода. При использовании стальной трубы ее верхний конец заваривают, плотно закрывают металлической пробкой или расплющивают.

*Тросовые молниеприемники* – это стальной трос, подвешенный над защищаемым домом, закрепленный на несущих конструкциях (опорах, мачтах). В качестве троса используют обычный стальной оцинкованный канат сечением не менее 35 мм<sup>2</sup>. Тросовые молниеотводы применяются для защиты протяженных сооружений (воздушные линии, здания большой длины и т.п.). В некоторых случаях применение тросового молниеотвода может оказаться эффективным и для защиты коттеджа. Как правило, абсолютное большинство из построенных в последние годы коттеджей не имеют устройств молниезащиты. Одним из возможных способов для их защиты могут быть тросовые молниеотводы, выполненные после ввода домов в эксплуатацию, на отдельно стоящих от дома опорах.

*Сетчатые молниеприемники* – это устройства, укладываемые на кровле защищаемого дома или хозяйственной постройки. Они выполняются из круглой стали (катанки) диаметром 6–8 мм. Могут также применяться плоские стальные полосы сечением 4x20 мм. Поскольку молниеприемная сетка укладывается на кровлю дома, должен быть решен вопрос беспрепятственного стока дождевых вод, чистки снега и льда. С этой целью допускается укладка молниеприемной сетки под слоем негорючей тепло- и гидроизоляции или другой кровли. Размеры ячейки – не более 12x12 м. Токоотводы выполняются из круглой стали диаметром 10 мм через 25 м по периметру дома с присоединением к заземлителю, выполненному вокруг дома.

Соединение между собой отдельных ветвей сетки молниеприемника осуществляется с помощью сварки. Допускается болтовое соединение.

В качестве молниеприемника могут служить естественные металлические кровли зданий (кроме металлочерепицы), имеющие надежный электрический контакт по всей поверхности кровли.

В ряде стран в последние годы широко используются активные молниеприемники. Идея таких молниеприемников основана на создании канала ионизированного проводящего воздуха и осуществляется за счет электронных устройств, активизирующихся в предгрозовой период и обеспечивающих канал для разряда молнии на землю через этот молниеотвод. Значительное снижение высоты активного молниеприемника (практически до 2 м) с установкой его на коньке крыши практически не нарушает архитектурного облика здания и обеспечивает надежную защиту от прямых разрядов молнии.

Принцип работы активных молниеотводов основан на использовании упреждающей стриммерной эмиссии. В таком молниеотводе имеется активная головка с электронным блоком, который в предгрозовой период за доли секунды до разряда молнии вырабатывает высокочастотные импульсы. В результате этого на головке молниеотвода возникает коронный разряд, образующий встречный ионизирующий канал для разряда молнии на молниеотвод. Этот ионизированный канал увеличивает эффективную высоту молниеотвода и многократно расширяет его защитную зону.

Токоотводы соединяют молниеприемники с заземлителями и представляют собой стальные провода, проложенные по стенам и крыше зданий. В качестве токоотводов применяется круглая полосовая сталь сечением не менее 25 мм<sup>2</sup> внутри здания и 50 мм<sup>2</sup> – вне его, а также в земле.

Токоотводы прокладываются от молниеприемника к заземлителю по кратчайшим путям в местах, доступных для периодических осмотров. На всем протяжении они не должны образовывать петель или острых углов.

*Заземлителем* могут служить для жилых зданий отдельные искусственные заземлители или очаг повторного заземления на вводе здания, а для коттеджных участков – очаг повторного заземления на вводе участка.

При применении отдельных искусственных заземлителей рекомендуется следующее.

1. В грунтах, имеющих небольшую величину расчетного удельного сопротивления ( $\rho < 300$  Ом•м), наиболее целесообразны сосредоточенные вертикальные заземлители длиной 2,5–3 м, эффективно отводящие токи молнии (рис. 9.18).

При высокой проводимости нижних слоев грунта рекомендуется применение удлиненных электродов ( $l = 4–6$  м). При высокой проводимости верхнего слоя грунта следует применять протяженные заземлители длиной не более 10 м, так как дальнейшее увеличение длины лучей при

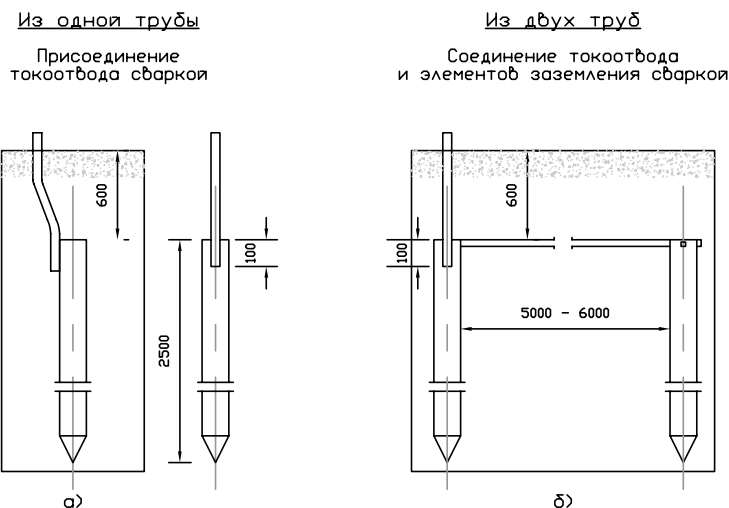


Рис. 9.18. Сосредоточенный вертикальный заземлитель  
 а) одностержневой  
 б) двухстержневой

указанных характеристиках грунта практически не приводит к снижению импульсных сопротивлений растекания тока.

2. В грунтах с расчетным удельным сопротивлением  $\rho \geq 400-700 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  оптимальным является комбинированный тип заземляющего устройства, например двух-трехлучевой тип с вертикальными электродами длиной 2,5–3 м (рис. 9.19). Наряду с лучевым расположением электродов большое распространение имеют комбинированные заземлители, выполненные в виде контура (квадрат, прямоугольник, кольцо), охватывающие защищаемый объект. При выполнении комбинированных заземлителей необходимо учитывать отрицательный эффект взаимного экранирования электродов. Поэтому не рекомендуются многолучевые заземлители с близким расположением вертикальных электродов друг от друга (менее двойной длины электродов).

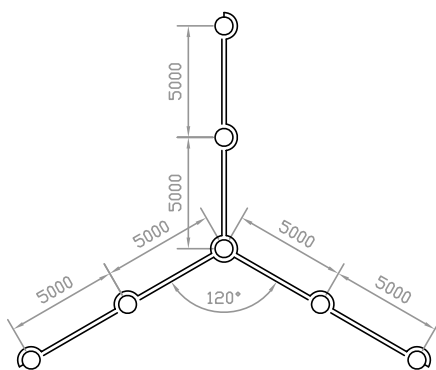


Рис. 9.19. Комбинированный трехлучевой заземлитель

3. В грунтах с высоким удельным сопротивлением ( $\rho \geq 800 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ) предпочтительнее применять лучевые заземлители с длиной элементов 20–40 м. В отдельных случаях могут быть использованы протяженные заземлители кольцевой формы.

Элементы заземляющих устройств выполняются в основном из круглой, полосовой и уголковой стали. Наиболее распространенным сортаментом стали для изготовления электродов

являются: полосовая сталь шириной 40 мм и толщиной 4 мм, угловая сталь с шириной полки 40 мм, круглая сталь 12–16 мм, трубы с наружным диаметром 40–60 мм.

Наиболее радикальным средством защиты заземлителей от коррозии является оцинковка или омеднение электродов. Необходимо помнить, что окраска и покрытие элементов заземлителя лаками или битумом резко снижают эффект растекания тока и поэтому категорически запрещаются. Минимальные размеры (сечение) элементов заземлителей приводятся ниже:

полосовая и угловая сталь – сечение 48 мм<sup>2</sup>, толщина 4 мм;

трубы – толщина стенки 3,5 мм;

круглая сталь – диаметр 10 мм.

Соединение электродов в единую заземляющую систему должно осуществляться, как правило, сваркой. Длина сварного шва должна составлять не менее двойной ширины свариваемых полос и не менее шестикратного диаметра электродов из круглой стали. В ряде случаев, чтобы иметь возможность производить замеры, соединение заземлителя с токоотводом может производиться с помощью зажимов или болтов. Число болтов должно быть не менее двух.

Внутренняя молниезащита строится на системе уравнивания потенциалов, которая рассмотрена ранее, и на применении ограничителей импульсных перенапряжений.

В соответствии с ПУЭ при воздушных вводах следует предусматривать ограничители импульсных перенапряжений.

Устройство защиты от вторичных проявлений молнии и внесения высокого потенциала регламентировано ГОСТ Р 50571.19–2000 «Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений», ГОСТ Р 50571.20–2000 «Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями», ГОСТ 13109–97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

В соответствии с ГОСТ 13109–97 значение грозовых импульсных напряжений с вероятностью 90% не превышает 10 кВ – в воздушной сети напряжения 0,38 кВ и 6 кВ – во внутренней проводке зданий и сооружений.

Значение коммутационных импульсных напряжений на уровне 0,5 амплитуды импульса при их длительности, равной 1000–5000 мс, в сети с номинальным напряжением 0,38 кВ составляет 4,5 кВ.

Пики напряжения в электрических сетях наиболее опасны для дорогостоящей производственной и бытовой микроэлектронной аппаратуры. Это вызвано тем, что энергия сетевых пиков может достигать единиц килоджоулей, а энергия разрушения современных интегральных микросхем составляет от единиц до сотен микроджоулей. Поэтому необходимо применение устройств для ослабления сетевой помехи.

Под внутренней грозозащитой понимают ряд мероприятий, которые способствуют защите от перенапряжений в силовой сети (коммутационные, грозовые перенапряжения). Важнейшим мероприятием является выравнивание потенциалов всех проводящих частей (трубы отопления, системы газоснабжения, водопроводные) с потенциалом молниеотвода, заземлителя и заземленным нейтральным проводом сети. Далее между активными фазными проводами и уравнивательной шиной включаются вентильные разрядники. Вентильные разрядники срабатывают как при перенапряжениях, поступающих из сети, так и при повышении потенциала точки заземления во время прямого удара молнии. В последнем случае эта точка оказывается по отношению, например, к земле питающего распределительного трансформатора, под потенциалом, превышающим испытательное напряжение трансформатора. Однако напряжение между этой точкой и фазами сети никогда не становится больше, чем напряжение срабатывания вентильных разрядников.

Грозозащитные разрядники и разрядники для защиты от перенапряжений, участвующие во внутренней грозозащите, различаются техническими характеристиками. Когда несколько устройств защиты от перенапряжений (УЗП) установлены в одну линию, следует обеспечить, чтобы первым активизировалось защитное устройство с самым низким уровнем напряжения срабатывания, для того чтобы защищаемое оборудование не было перегружено. В то же время устройства защиты от перенапряжений должны быть подобраны с учетом их энергетических возможностей. Когда устройство защиты от перенапряжений подвергается перегрузкам, импульсный ток должен

автоматически управляться предыдущим УЗП с более высокой энергетической способностью, установленным «выше» по линии. Этот режим можно сравнить с защитой резервирования, обеспеченной устройствами максимальной токовой защиты.

Для этой цели необходимо наличие в цепи определенных разделительных сопротивлений между устройствами защиты от перенапряжений разных классов. В качестве таких сопротивлений могут быть использованы существующие кабели при условии достаточной величины их сопротивления.

Компанией Schneider Electric производятся ограничители перенапряжений серий STH, STM, STD. Каждый ограничитель перенапряжения этой серии имеет свое применение.

Ограничитель STH рекомендуется использовать для открытых мест, в которых могут происходить прямые разряды молнии и электромагнитное поле ничем не ослаблено.

Ограничитель STM используется для объектов, которые защищены мерами экранирования части здания, например с помощью металлической арматуры. По линии питания такая защита может обеспечиваться силовыми кабелями определенной длины.

Ограничитель STD устанавливается в следующей зоне, в которой еще более уменьшен уровень риска. Этот ограничитель может устанавливаться последовательно с головным ограничителем перенапряжений.

Для защиты ограничителей перенапряжения от коротких замыканий используются автоматические выключатели (рис. 9.20). Для согласования этих автоматических выключателей необходимо учитывать следующее.

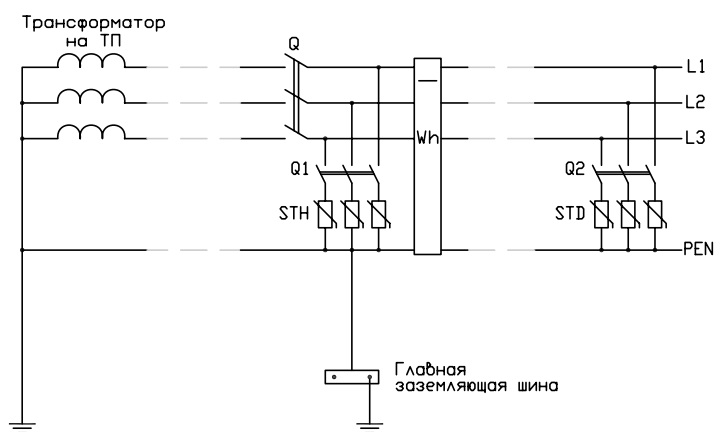


Рис. 9.20. Принципиальная схема подключения ограничителей перенапряжения

Номинальный ток этого автоматического выключателя выбирается по расчетному току короткого замыкания на ограничителе STH в случае его повреждения и с учетом обеспечения селективности. При неисправностях и коротком замыкании в ограничителе перенапряжений STH должен отключаться автоматический выключатель Q1, а выключатель Q остаться замкнутым. Таким же образом выбираются автоматические выключатели для ограничителей STM и STD.

Рекомендуется организация двухуровневой схемы: с одним ограничителем (STH, STM) в голове и другим (STD), подключенным в щитке как можно ближе к месту установки защищаемых устройств.

Эффективность двухуровневой схемы проявляется при достаточном индуктивном сопротивлении между ограничителями. Так, двухуровневая схема рекомендуется, если длина кабеля между головным ограничителем и ограничителем, установленным в щитке, превышает 30 м.

Ограничитель STH в качестве головного выбирается при воздушных вводах 0,38 кВ, в которых могут происходить прямые разряды молнии.

Если имеются элементы экранирования помещения или электроснабжение осуществляется с помощью кабельного ввода, то применяется ограничитель STM.



В схеме на рис. 11.4а ввод выполнен кабелем. Исходя из этого выбран ограничитель перенапряжения STM, четырехполюсный, каталожный номер 16607, подключаемый к шинам ВРУ. Расстояние от ВРУ до этажных щитков существенно меньше 30 м, поэтому достаточно одноуровневой защиты. В качестве автоматического выключателя QF1 для защиты ограничителя выбран автоматический выключатель С60а, каталожный номер 23904, четырехполюсный, номинальный ток 25 А, кривая отключения С, ток отключения 4,5 кА.

Защитный автомат для ограничителей перенапряжения должен выбираться из соображений защиты ограничителя от короткого замыкания.

Для защиты от перенапряжения слаботочных сетей, например телефонных, в номенклатуре Schneider Electric имеются параллельные и последовательные ограничители типа PRC. На рис. 9.21 приведены схемы подключения этих ограничителей. Номинальное напряжение 220 В переменного тока, напряжение передающего сигнала 220 В; напряжение ограничения: параллельный 700 В; последовательный 300 В; номинальный ток  $I_n(8/20 \text{ мкс})$  5 кА, максимальный ток  $I_{max}(8/20 \text{ мкс})$  10 кА. Полоса пропускания: PRC параллельный 100 МГц; PRC последовательный 3 МГц. Вспомогательные устройства – модули дистанционной сигнализации EM/RM.

Модули дистанционной сигнализации состоят из двух оптических блоков, передатчика и приемника. Они предназначены для дистанционной сигнализации состояния ограничителя перенапряжений. Модуль позволяет наблюдать за 15 ограничителями перенапряжений.



а) PRC - параллельный

б) PRC - последовательный

Рис. 9.21. Схемы подключения ограничителя перенапряжений PRC

## 9.5. Защита от временных перенапряжений

В трехфазных сетях напряжением 0,4 кВ с глухо заземленной нейтралью, типичных для квартир повышенной комфортности и коттеджей, высока вероятность возникновения временных перенапряжений.

Согласно ГОСТ13109–97 временное перенапряжение — это повышение напряжения в точке электрической сети выше  $1,1U_{ном}$  продолжительностью более 10 мс. Отмечается, что при обрыве нулевого проводника в трехфазных электрических сетях до 1 кВ, работающих с глухо заземленной нейтралью, возникают временные перенапряжения между фазой и землей. Уровень таких перенапряжений при значительной несимметрии фазных нагрузок может достигать значений междуфазного напряжения, а длительность — нескольких часов. В ГОСТ13109–97 в данном случае несимметрия нагрузок определяется как «значительная» без указания конкретного значения.

Рассмотрим несколько режимов работы с определенной величиной несимметрии, которые можно использовать как ориентировочные при выполнении отдельных проектов.

Для схемы, приведенной на рис. 9.22, при обрыве нулевого проводника в общем случае имеем:

$$\dot{I}_A = \dot{Y}_A \cdot (\dot{E}_A - \dot{U}_N);$$

$$\dot{I}_B = \dot{Y}_B \cdot (\dot{E}_B - \dot{U}_N);$$

$$\dot{I}_C = \dot{Y}_C \cdot (\dot{E}_C - \dot{U}_N);$$

$$\dot{U}_H = \frac{Y_A \dot{E}_A + Y_B \dot{E}_B + Y_C \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C};$$

$$\dot{U}_A = \dot{E}_A - \dot{U}_N; \quad \dot{U}_B = \dot{E}_B - \dot{U}_N; \quad \dot{U}_C = \dot{E}_C - \dot{U}_N;$$

Здесь  $Y_A, Y_B, Y_C$  — проводимости сопротивлений  $Z_A, Z_B, Z_C$ ;

$$\dot{E}_A = U_\phi \sqrt{2} \sin \omega t;$$

$$\dot{E}_B = U_\phi \sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ);$$

$$\dot{E}_C = U_\phi \sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ);$$

$\dot{U}_A = \dot{E}_A - \dot{U}_H; \dot{U}_B = \dot{E}_B - \dot{U}_H; \dot{U}_C = \dot{E}_C - \dot{U}_H$  — напряжение на сопротивлениях  $Z_A, Z_B, Z_C$  соответственно.

В рассматриваемом случае  $Z_A, Z_B$  и  $Z_C$  являются сопротивлениями нагрузки трех отдельных потребителей (например, коттеджей), получающих питание по ВЛ от трех разных фаз и имеющих общий проводник PEN.

Возможен также вариант, когда  $Z_A, Z_B$  и  $Z_C$  — сопротивления нагрузок одного коттеджа, имеющего трехфазный ввод, но отдельные постройки на участке питаются от разных фаз.

*Режим I.* Сопротивления  $Z_A = 10$  Ом,  $Z_B = 20$  Ом,  $Z_C = 40$  Ом.

Действующие значения напряжений на сопротивлениях  $Z_A, Z_B, Z_C$  соответственно:

$$U_A = 144,6B(0,657U_H);$$

$$U_B = 248,8B(1,13U_H);$$

$$U_C = 287,5B(1,31U_H);$$

Напряжение в нулевой точке  $U_H = 82,7$  В.

*Режим II.* Сопротивления  $Z_A = 10$  Ом,  $Z_B = 100$  Ом,  $Z_C = 200$  Ом.

Действующее напряжение на сопротивлениях  $Z_A, Z_B, Z_C$  соответственно:

$$U_C = 287,5B(1,31U_H);$$

$$U_B = 339,8B(1,54U_H);$$

$$U_C = 348,8B(1,58U_H).$$

Напряжение в нулевой точке  $U_H = 177,5$  В.

Из приведенных расчетов следует, что при обрыве нулевого проводника в трехфазных электрических сетях с глухо заземленной нейтралью при реальной несимметрии нагрузок фазные напряжения могут достигнуть опасных значений.

В ПУЭ (7-е изд.) в п. 7.1.21 содержится рекомендация: при питании однофазных потребителей от многофазной питающей сети ответвлениями от воздушных линий, когда проводник воздушной линии является общим для групп однофазных потребителей, питающихся от разных фаз, рекомендуется предусматривать защитное отключение потребителей при превышении напряжения выше допустимого, возникающего из-за несимметрии нагрузки при обрыве PEN проводника. Отключение должно производиться на вводе в здание, например, воздействием на независимый расцепитель вводного автоматического выключателя посредством реле максимального напряжения. В этом случае должны отключаться как фазный (L), так и нулевой рабочий (N) проводники.

При этом уставка срабатывания реле рекомендуется  $1,2U_H$ , а время срабатывания защиты — не более 0,15 с.

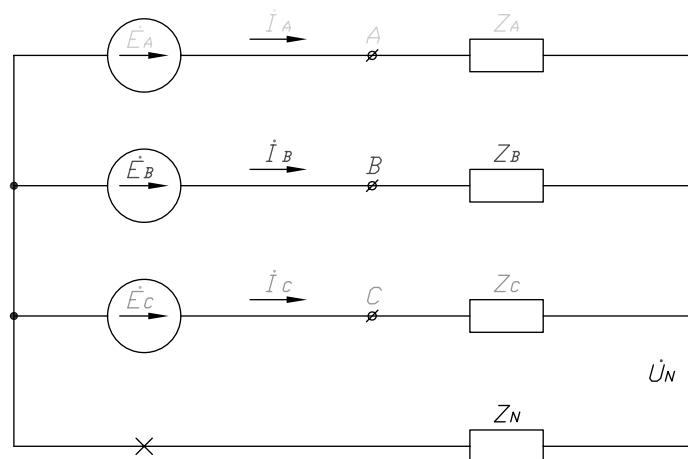


Рис. 9.22. К расчету фазных напряжений при несимметричной нагрузке и обрыве нулевого провода

## Глава 10. Пожарная безопасность

### 10.1. Общие принципы пожарной безопасности электроустановок жилища

Повышение электрификации быта и оснащение жилища разнообразными электробытовыми приборами приводит к тому, что жилище становится объектом повышенной пожарной опасности.

В соответствии с «Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации» (ППБ01-03) проектирование, монтаж, эксплуатацию электрических сетей, электроустановок и электротехнических изделий, а также контроль за их техническим состоянием необходимо осуществлять в соответствии с требованиями нормативных документов по электроэнергетике.

Это относится к принимаемым в проекте схемным решениям, выбору основного электрооборудования, проводов и кабелей, а также к их монтажу.

«Правила пожарной безопасности...» допускают возможность нахождения под напряжением электроустановок в жилых помещениях исходя из их функционального назначения.

При эксплуатации действующих электроустановок «Правилами...» запрещается:

- использовать электроприемники в условиях, не соответствующих требованиям инструкций организаций-изготовителей, или приемники, имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;
- пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими горючими материалами, а также эксплуатировать светильники со снятыми колпаками (рассеивателями), предусмотренными конструкцией светильника;
- пользоваться электроутюгами, электроплитками, электрочайниками и другими электронагревательными приборами, не имеющими устройств тепловой защиты, без подставок из негорючих теплоизоляционных материалов, исключающих опасность возникновения пожара;
- применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки или другие самодельные аппараты защиты от перегрузки и короткого замыкания;
- размещать (складировать) у электрощитов, электродвигателей и пусковой аппаратуры горючие (в том числе легковоспламеняющиеся) вещества и материалы.

Наряду с соблюдением «Правил пожарной безопасности...» для повышения пожарной

безопасности, и, в первую очередь, для раннего обнаружения пожара, сигнализации о пожаре, управления системами оповещения о пожаре и пожаротушения применяются различные системы пожарной сигнализации и оповещения.

Фирма Schneider Electric в качестве системы пожарной сигнализации рекомендует применять систему типа ESA1 из серии устройств ESA, изготавливаемых фирмой OYESMI AB (Финляндия).

В многоквартирных домах, как правило, система пожарной сигнализации общая на весь дом и ее выбор диктуется требованиями местных органов противопожарной службы.

Для коттеджей и приусадебных построек применение системы ESA1 является технически и экономически обоснованным решением.

## 10.2. Система пожарной сигнализации ESA1

Адресно-аналоговая система пожарной сигнализации ESA1 – многофункциональная систем, предназначенная для раннего обнаружения пожара, сигнализации о пожаре и контроля и управления системами оповещения, пожаротушения и пр. Она предназначена для использования в малых зданиях площадью 500-2000 кв.м.

Система ESA1 может работать как автономно, так и совместно с другими системами безопасности: охранная сигнализация, контроль доступа, система видеонаблюдения и пр.

Адресный принцип построения обеспечивает контроль за состоянием каждого пожарного датчика в отдельности и за состоянием системных элементов всего комплекса (оповещение о пожарной ситуации, трансляция командных эвакуационных сообщений, управление дымоудалением, пожаротушением) по двухпроводному разветвленному, контролируемому шлейфу. Информацию можно получать как на экране панели пожарной сигнализации, так и на экране монитора компьютера. Кроме того, все элементы системы находятся в режиме постоянной диагностики, любые отклонения от нормы отображаются соответствующим образом, через элементы индикации.

Система представляет собой навесной шкаф размерами 410x370x70 мм в комплекте с извещателями и модулями контроля и управления (рис. 10.1). Система ESA1 имеет 1 адресный шлейф рассчитанный на 99 извещателей и 99 модулей контроля и управления.

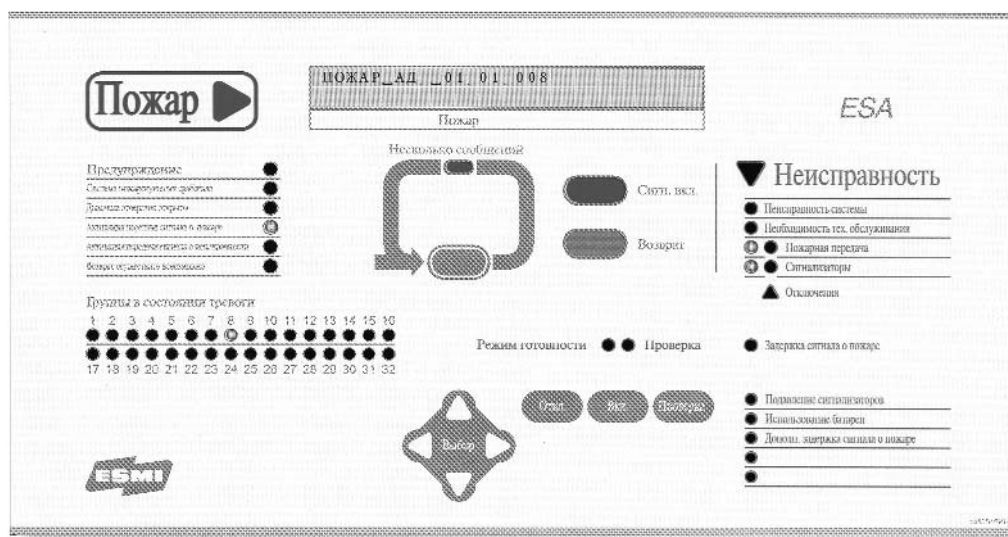


Рис. 10.1. Общий вид панели управления адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации

В качестве извещателей могут использоваться адресно-аналоговые, не адресные и ручные пожарные извещатели. Адресные модули контроля и управления другими системами, например, системой оповещения или пожаротушения.

Для сигнализации о пожаре могут использоваться извещатели: дымовые, оптические, а также сверхчувствительные: лазерный LAZER, дымовой для запыленных помещений FILTREX и комбинированный ESMI 225ITEM, функции которого можно конфигурировать в режиме "день/ночь".

В системе используются модули контроля и управления, имеющие до 3 вводов/выводов, рассчитанные на монтаж на DIN-рейку.

Функциональная схема подключения внешних устройств к панели ESA1 приведена на рис. 10.2.

Панель ESA1 имеет выходы, предназначенные для инициализации сигналов «Пожар» и «Неисправность»:

- 1 линия сигнализации «Пожар» (возможен пульсирующий либо постоянный выход);
- 1 линия сигнализации «Предупреждение о пожаре/неисправности» (возможен пульсирующий либо постоянный выход);
- установка функций при помощи DIP переключателей (24 В, max 500 мА);
- пожар или неисправность;
- функциональное оборудование или нормальный выход.

Панель управления ESA1 имеет два специальных релейных выхода CO1 и CO2, каждый из которых представляет собой переключающий "сухой" контакт на 30 В, 1 А постоянного тока. Выбор функций осуществляется при помощи программы конфигураций.

Питание панели ESA1 осуществляется переменным током напряжением 220 В, потребляемая мощность 65 Вт. В комплект устройства входит аккумуляторная батарея на 6 (12) А•ч.

Подключение шлейфов осуществляется телефонным экранированным кабелем сечением 2x0,5 мм<sup>2</sup>. Сопротивление шлейфа до 40 Ом.

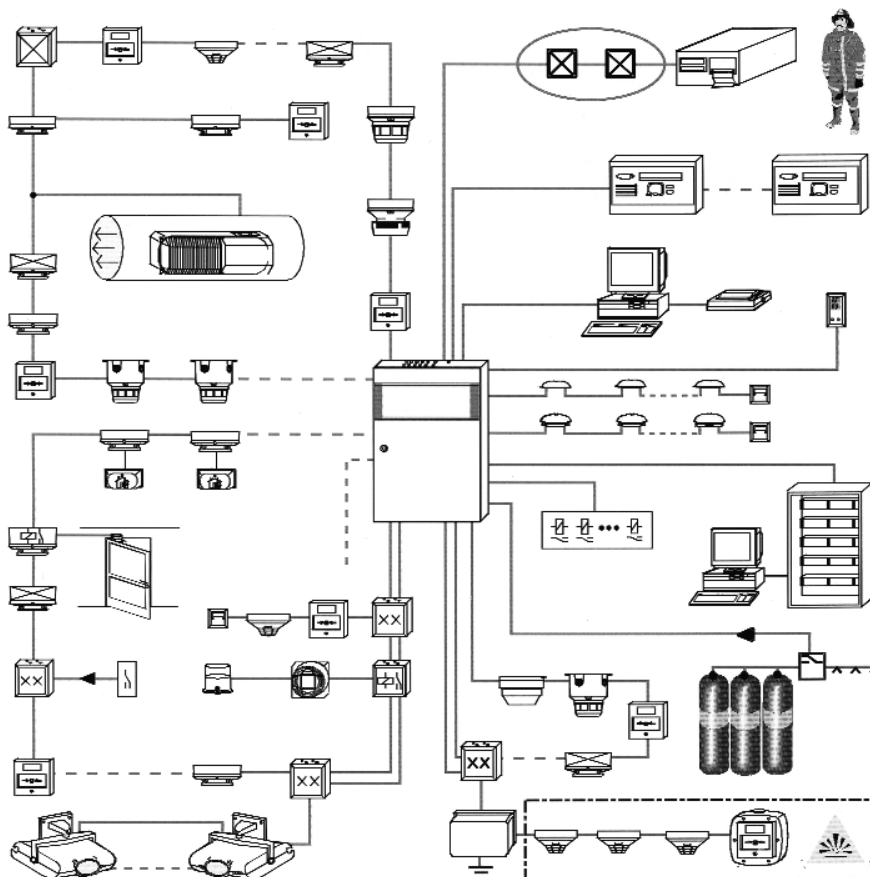


Рис. 10.2. Функциональная схема подключения внешних устройств к панели ESA1

# Глава 11. Примеры электроснабжения квартир повышенной комфортности и коттеджей

## 11.1. Схемы электроснабжения

На рис. 11.1–11.3 приведены примеры схем электроснабжения наиболее распространенного типа элитных квартир площадью 100, 150 и 200 м<sup>2</sup>.

Во всех вариантах основными потребителями электроэнергии являются электрическое освещение и бытовая розеточная сеть. Естественно, что с увеличением площади квартиры установленная мощность этих потребителей увеличивается. В приведенных примерах набор остальных потребителей электроэнергии различен.

В квартире площадью 100 м<sup>2</sup> предусмотрены:

- электрооборудование кухни (электроплита, посудомоечная машина, печь СВЧ, розетки для подключения переносного электрооборудования);
- электрооборудование сантехнических помещений (ванна с гидромассажем, стиральная машина);
- система вентиляции.

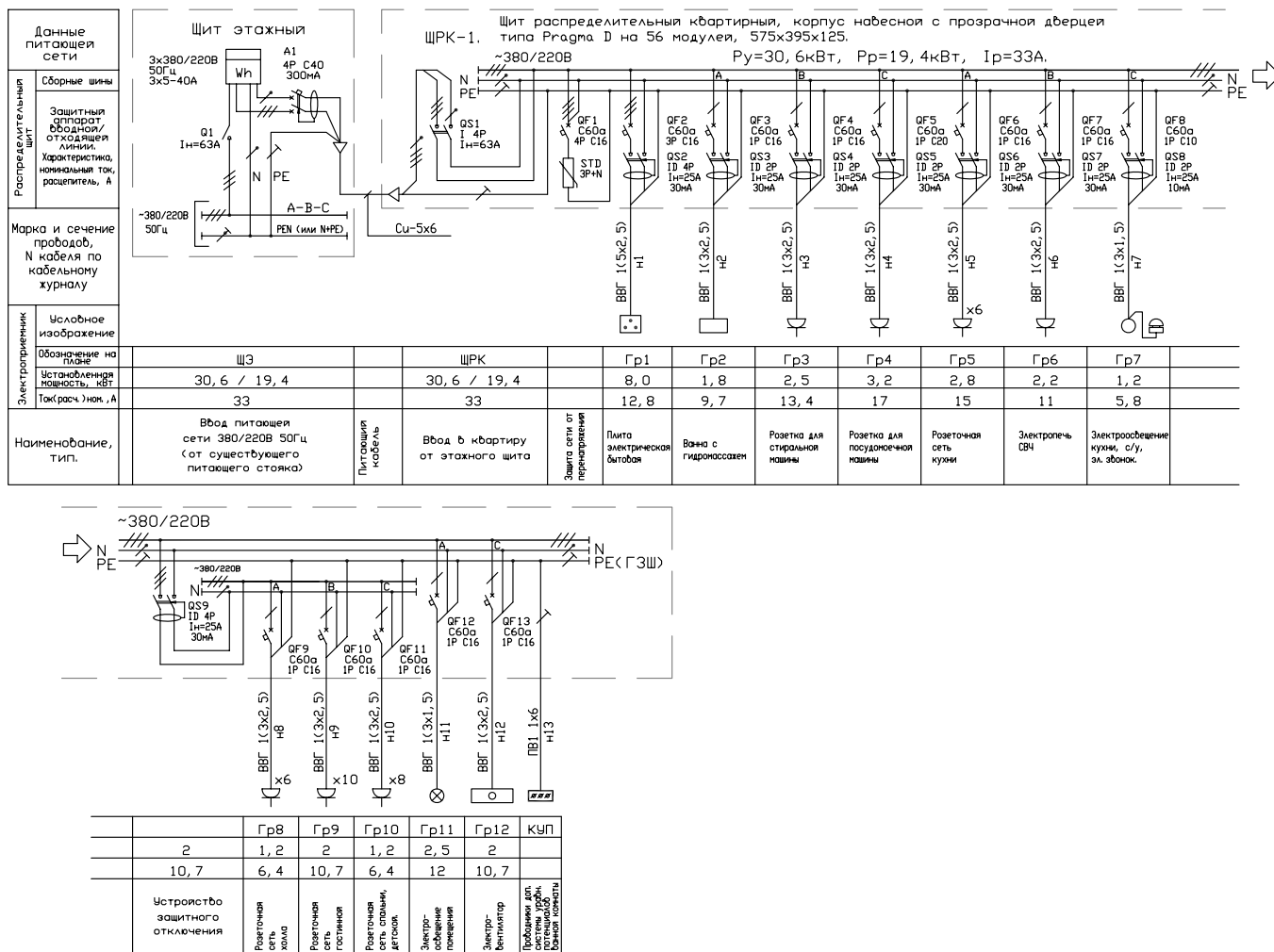


Рис. 11.1. Пример схемы электроснабжения элитной квартиры общей площадью 100 м<sup>2</sup> с электроплитой

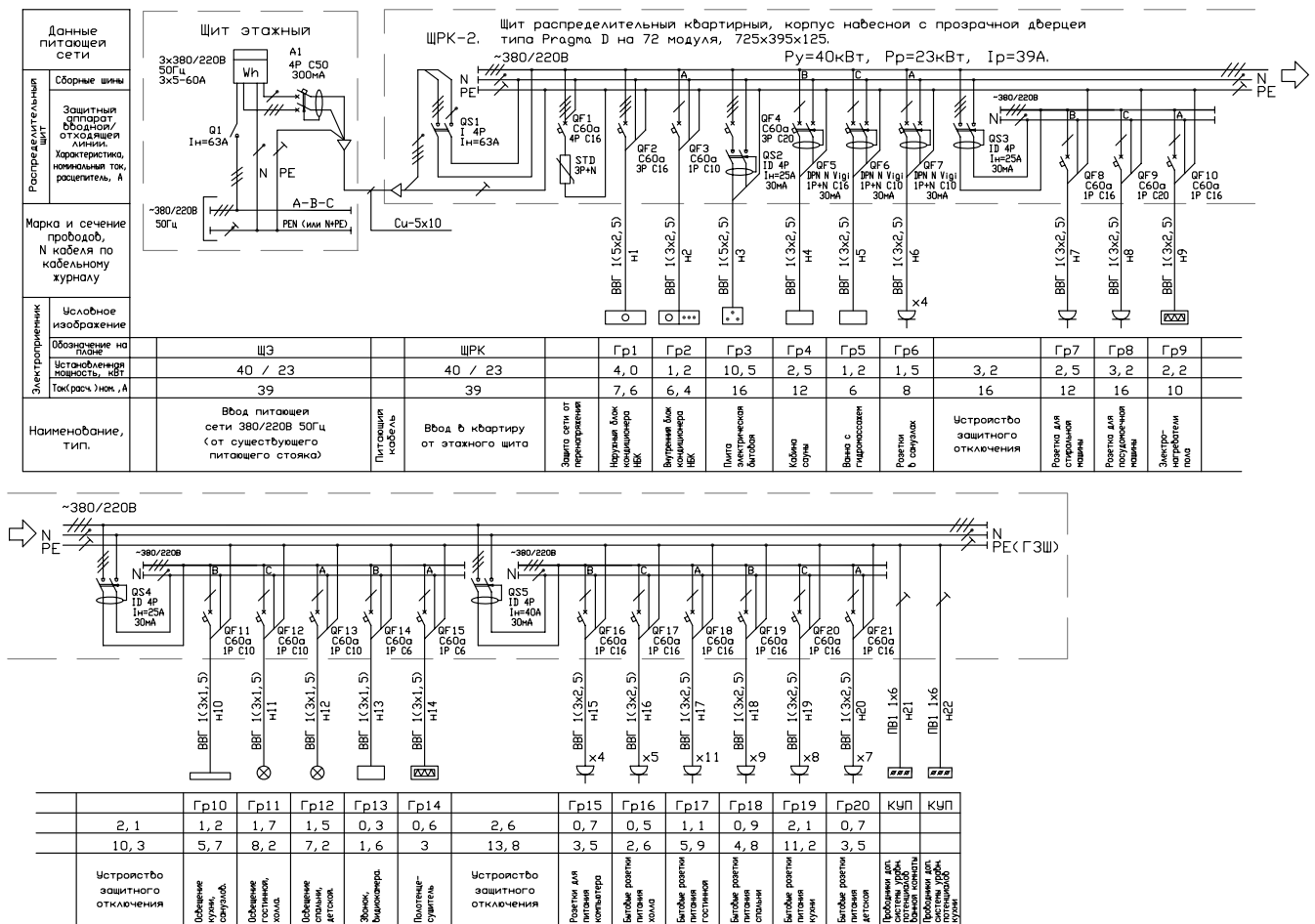


Рис. 11.2. Пример схемы электроснабжения элитной квартиры общей площадью 150 м<sup>2</sup> с электроплитой

В квартире площадью 150 м<sup>2</sup> предусмотрены:

- электрооборудование кухни (электроплита, посудомоечная машина, розетки для подключения переносного электрооборудования);
- электрооборудование сантехнических помещений (кабина сауны, ванна с гидромассажем, стиральная машина, полотенцесушитель);
- электрообогрев пола;
- система кондиционирования.

В примере для квартиры площадью 200 м<sup>2</sup> принято, что в ней используется газовая плита, а остальные потребители:

- электрооборудование кухни (духовой шкаф, варочная панель, посудомоечная машина, электрообогрев пола, розетки для подключения переносного электрооборудования);
- электрооборудование двух ванных комнат и сантехнических помещений (душевые кабины, ванна с гидромассажем, стиральная машина, электрообогрев пола, розетки для подключения переносного электрооборудования);
- видеорекамер, домофон, электрзвонок;
- система кондиционирования.

Рассматриваемые примеры являются условными, но иллюстрируют реальные способы выполнения схем электроснабжения различных квартир с разнообразным набором электропотребителей. Эти примеры составлены авторами на основании анализа большого числа различных проектов. Основной целью приведенных примеров является предоставление

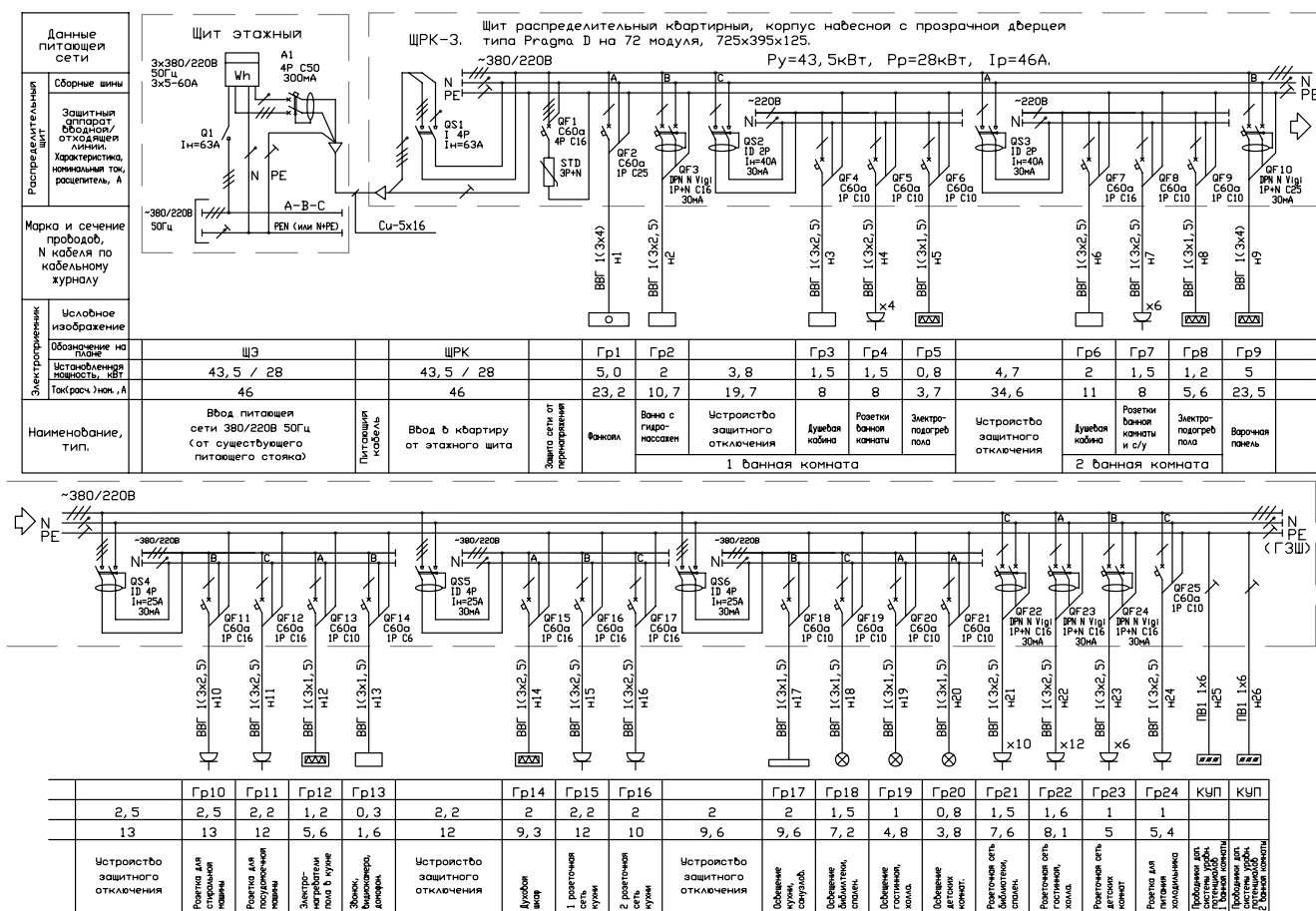


Рис. 11.3. Пример схемы электроснабжения элитной квартиры общей площадью 200 м<sup>2</sup> с газовой плитой

проектировщику при проектировании конкретной квартиры возможности выбора того или иного технического решения, соответствующего пожеланиям заказчика, удовлетворяющего требованиям норм и правил и использующего при этом электрооборудование фирмы Schneider Electric.

Во всех примерах основное электрооборудование сконцентрировано в распределительном квартирном щите (ЩКР). Как правило, ЩКР устанавливается либо в нише у входа в квартиру, либо в прихожей. Сам ЩКР получает питание от этажного распределительного щита в котором располагаются вводной автоматический выключатель и счетчик активной электроэнергии. На вводе в ЩКР установлен выключатель нагрузки с дифференциальным расцепителем на ток утечки 100 или 300 мА, контролирующим состояние изоляции всей электрической сети квартиры. В состав щита входят ограничитель перенапряжений и фидерные автоматические выключатели.

Для защиты жильцов от поражения электрическим током все стационарные и переносные электроприемники, стальные трубы, металлоконструкции подлежат защитному заземлению. С этой целью в ЩКР установлена шина РЕ. Для подключения проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов в квартире устанавливается коробка (КУП) с шиной РЕ.

Заземляющая жила проводов и кабелей распределительной сети должна быть подключена к шине РЕ без разрывов, минуя коммутирующие аппараты.

Кроме защитного заземления на групповых линиях розеточной сети и сети освещения сантехнических помещений предусмотрена установка устройств защитного отключения на ток утечки 30 мА.

Рассмотрим примеры электроснабжения коттеджей. Главными отличиями схем электроснабжения коттеджей от квартир являются:



- распределение электропотребителей на значительном расстоянии друг от друга (различные этажи, приусадебные постройки, территория и пр.), что с целью экономии кабельной продукции и повышения надежности требует технических решений по укрупнению распределительной сети;
- концентрация потребителей в отдельных местах, что приводит к необходимости установки общего для всего коттеджа вводно-распределительного устройства и отдельных распределительных шкафов (например, на этаже, в бане, в гараже и пр.);
- применение различных устройств и схем автоматизации, позволяющих, например: управлять освещением из нескольких мест, по времени, по освещенности; управлять погружными насосами; управлять электроотоплением и пр.;
- необходимость применения повышенных мер безопасности от вносимых по воздушным линиям высоких потенциалов.

Для конкретных примеров схем электроснабжения выбраны коттеджи с общей площадью 250, 400 и 600 м<sup>2</sup>. Предполагается, что для всех примеров коттеджей предусмотрен трехфазный ввод 380/220 В от воздушной линии.

На рис. 11.4, а приведена схема ВРУ для коттеджа площадью 250 м<sup>2</sup>, а на рис. 11.4, б – схема для шкафа распределительного ШР-1, устанавливаемого на 2-м этаже. Расчет электрических нагрузок для этого примера приведен в табл. 11.1.

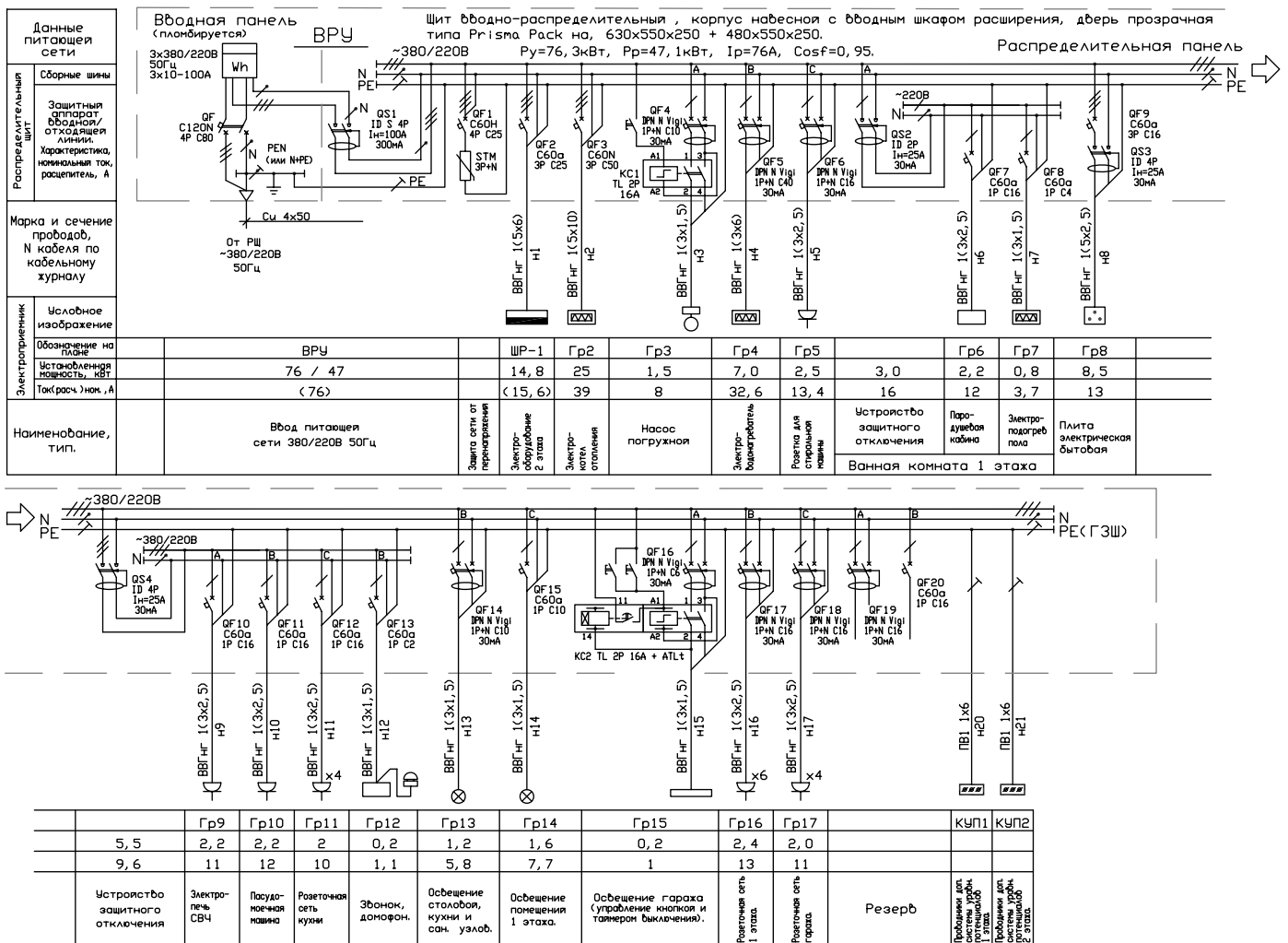


Рис. 11.4а. Пример схемы электроснабжения коттеджа общей площадью 250 м<sup>2</sup> с электроплитой и электроотоплением. ВРУ

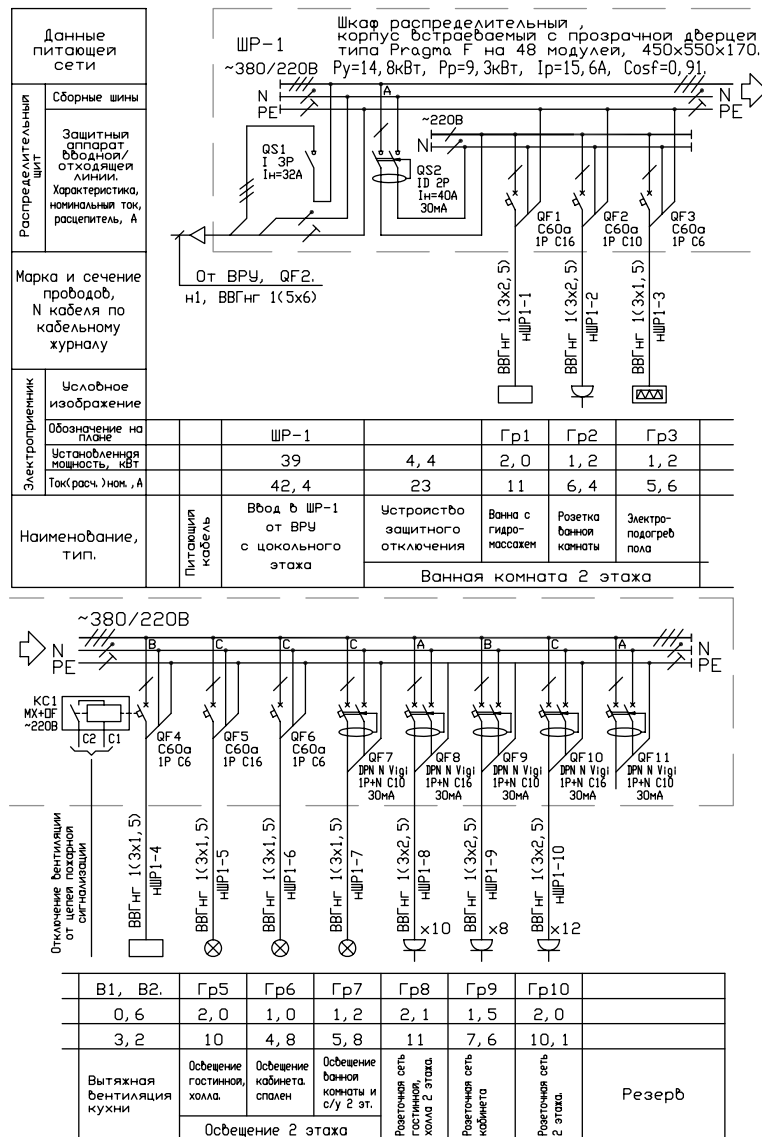


Рис. 11.4 б. Пример схемы электроснабжения коттеджа общей площадью 250 м<sup>2</sup> с электроплитой и электроотоплением. ШР-1

На вводе в коттедж устанавливается устройство защитного отключения на ток утечки 300 мА. В схеме предусмотрен ряд устройств защитного отключения на ток утечки 30 мА для линий к отдельным потребителям (насос погружной, плита электрическая, электроводонагреватель, стиральная машина) или на группу потребителей (розеточные сети, гараж и пр.).

Защита от импульсных перенапряжений осуществляется ограничителем STM. Функции автоматизации предусмотрены для насоса погружного, для освещения гаража и для вытяжной вентиляции.

Система уравнивания потенциалов (рис. 11.5) на вводе в коттедж реализуется с помощью главной заземляющей шины, размещаемой в отдельном шкафу. К этой шине подключаются проводники от всех заземлителей, металлических конструкций и трубопроводов.

Схема электроснабжения коттеджа площадью 400 м<sup>2</sup> (рис. 11.6) принципиально отличается от рассмотренной тем, что здесь наряду с ВРУ предусмотрены отдельные распределительные шкафы ШР-1 и ШР-2, а также ШР-Г, предназначенные для потребителей соответственно 1-го и

2-го этажей, для чердака и для гаража. Расчет электрических нагрузок для этого примера приведен в табл. 11.2. Принципы использования электрических защит (УЗО, импульсные перенапряжения, система уравнивания потенциалов) здесь аналогичны коттеджу площадью 250 м<sup>2</sup>.



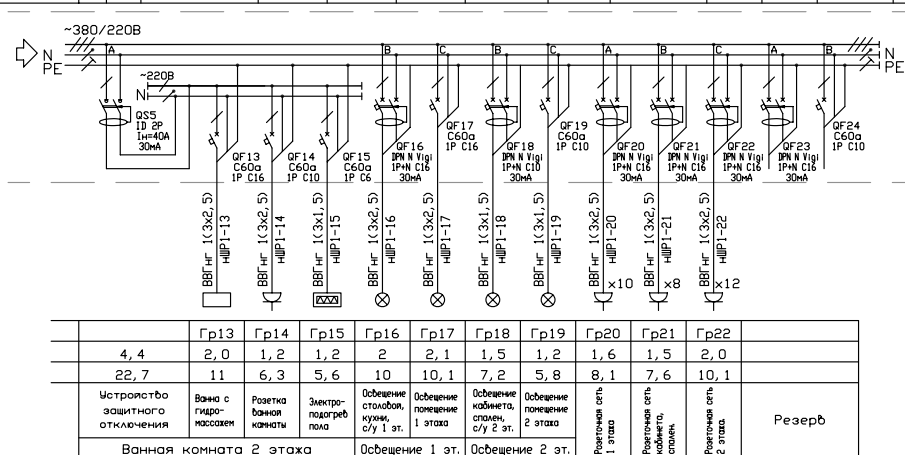
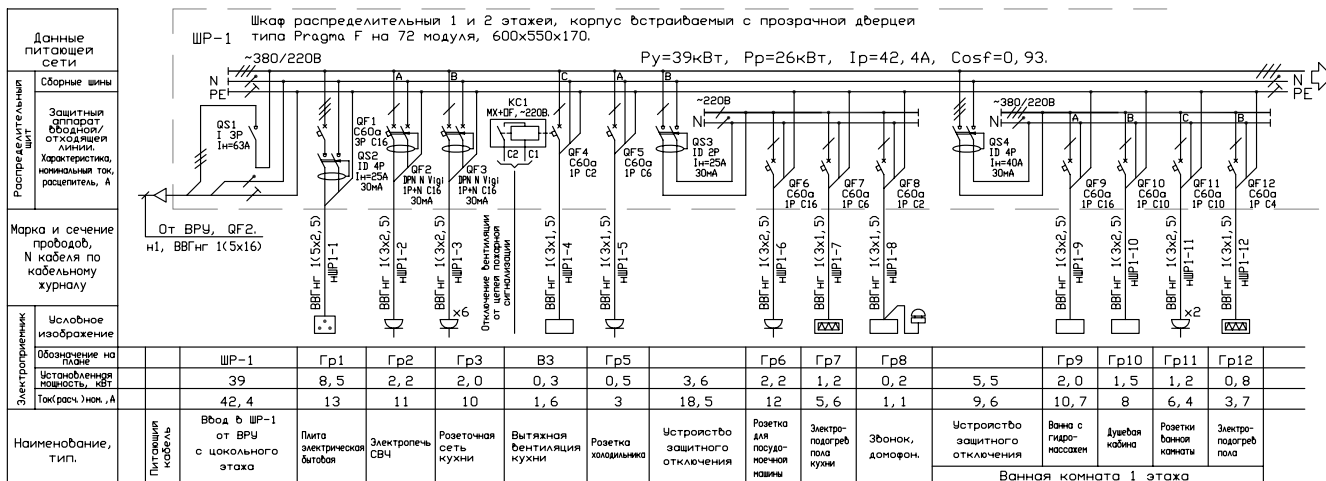


Рис. 11.6 б. Пример схемы электроснабжения коттеджа общей площадью 400 м<sup>2</sup> с электроплитой. ШР-1

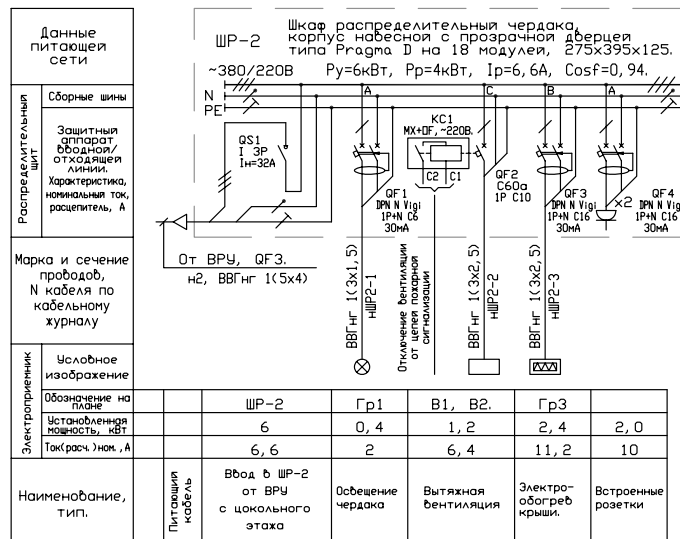


Рис. 11.6 в. Пример схемы электроснабжения коттеджа общей площадью 400 м<sup>2</sup> с электроплитой. ШР-2

Расчет электрических нагрузок для коттеджа общей площадью 250 м<sup>2</sup>

Таблица 11.1

Группа	Потребители электроэнергии	Число фаз	Установленная мощность, кВт	Ном. ток, А	Потребители I категории	Потребители, критичные к ПКЭ	Коэффициент спроса	cos φ / tg φ		Расчетная мощность			Расчетный ток, А
										активная, кВт	реактивная, кВАр	полная, кВА	
	<b>2-й этаж (ШР-1)</b>												
Гр1	Ванна с гидромассажем (2-я ванная комната)	1	2,0	10,72			0,5	0,85	0,62	1,00	0,62	1,18	1,79
Гр2	Розетка 2 ванной комнаты и с/у	1	1,2	6,43			0,5	0,85	0,62	0,6	0,37	0,71	1,07
Гр3	Электронагрев пола (2-я ванная комната и с/у)	1	1,2	5,58			0,7	0,98	0,20	0,84	0,17	0,86	1,30
Гр4	Вытяжная вентиляция В1, В2	1	0,6	3,22			0,5	0,80	0,75	0,30	0,23	0,38	0,57
Гр5	Освещение гостиной, холла 2-го этажа	1	2,0	9,91			1,0	0,92	0,43	2,00	0,85	2,17	3,30
Гр6	Освещение кабинета, спален	1	1,0	4,80			1,0	0,95	0,33	1,00	0,33	1,05	1,60
Гр7	Освещение ванной комнаты и с/у 2-го этажа	1	1,2	5,76			1,0	0,95	0,33	1,20	0,39	1,26	1,92
Гр8	Розеточная сеть гостиной, холла 2-го этажа	1	2,1	10,64			0,5	0,90	0,48	1,05	0,51	1,17	1,77
Гр9	Розеточная сеть кабинета	1	1,5	7,60			0,5	0,90	0,48	0,75	0,36	0,83	1,27
Г10	Розеточная сеть 2-го этажа	1	2,0	10,13			0,3	0,90	0,48	0,60	0,29	0,67	1,01
	Итого ШР-1	–	14,8	–			0,63	0,91	0,44	9,34	4,1	10,3	15,6
	<b>1-й этаж</b>												
Гр1	ШР-1 (электрооборудование 2-го этажа)	3	14,8	0			0,63	0,91	0,44	9,34	4,12	10,27	15,605
Гр2	Электрический котел	3	25,0	38,76			0,7	0,98	0,20	17,50	3,55	17,86	27,13
Гр3	Погружной насос	1	1,5	8,04			0,5	0,80	0,75	0,75	0,56	0,94	1,42
Гр4	Электрический водонагреватель	1	7,0	32,56			0,5	0,98	0,20	3,50	0,71	3,57	5,43
Гр5	Розетка для стиральной машины	1	2,5	13,41			0,5	0,8	0,75	1,25	0,94	1,56	2,37
Гр6	Пародушевая кабина (1-я ванная комната)	1	2,2	11,80			0,5	0,85	0,62	1,1	0,68	1,29	1,97
Гр7	Электронагрев пола (1-я ванная комната)	1	0,8	3,72			0,7	0,98	0,20	0,56	0,11	0,57	0,87
Гр8	Электроплита	3	8,5	13,18			0,7	0,98	0,20	5,95	1,21	6,07	9,22
Гр9	Печь СВЧ	1	2,2	11,14			0,5	0,9	0,48	1,10	0,53	1,22	1,86
Г10	Розетка для посудомоечной машины	1	2,2	11,80			0,3	0,8	0,75	0,66	0,50	0,83	1,25
Г11	Розеточная сеть кухни	1	2,0	10,13			0,5	0,9	0,48	1,00	0,48	1,11	1,69
Г12	Звонок, домофон	1	0,2	1,07			0,5	0,8	0,75	0,10	0,08	0,13	0,19
Г13	Освещение столовой, кухни и санузлов	1	1,2	5,76			1,0	0,95	0,33	1,20	0,39	1,26	1,92
Г14	Освещение помещений 1-го этажа	1	1,6	7,68			1,0	0,95	0,33	1,60	0,53	1,68	2,56
Г15	Освещение гаража	1	0,2	0,96			0,5	0,95	0,33	0,10	0,03	0,11	0,16
Г16	Розеточная сеть 1-го этажа	1	2,4	12,87			0,4	0,8	0,75	0,96	0,72	1,20	1,82
Г17	Розеточная сеть гаража	1	2,0	10,72			0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	0,50	0,76
	Итого ВРУ (коттедж 250 м <sup>2</sup> , с электроплитой)	–	76,3	–			0,62	0,95	0,33	47,1	15,5	50,2	76,2

№ п/п	Потребителя электроэнергии	Число фаз	Установленная мощность, кВт	Ном. ток, А	Потребители I категории	Потребители, критичные к ПКЭ	Коэффициент спроса	cos φ / tg φ		Расчетная мощность			Расчетный ток, А
										активная, кВт	реактивная, кВАр	полная, кВ·А	
	<i>1-й и 2-й этажи</i>												
Гр1	Электроплита	3	8,5	13,18			0,7	0,98	0,20	5,95	1,21	6,07	9,22
Гр2	Печь СВЧ	1	2,2	11,14			0,5	0,9	0,48	1,10	0,53	1,22	1,86
Гр3	Розеточная сеть кухни	1	2,0	10,13			0,5	0,9	0,48	1,00	0,48	1,11	1,69
Гр4	Вытяжная вентиляция кухни (В3)	1	0,3	1,61			0,5	0,8	0,75	0,15	0,11	0,19	0,28
Гр5	Розетка холодильника	1	0,5	2,68			0,3	0,85	0,62	0,15	0,09	0,18	0,27
Гр6	Розетка для посудомоечной машины	1	2,2	11,80			0,5	0,8	0,75	1,10	0,83	1,38	2,09
Гр7	Электронагреватели пола в кухне	1	1,2	5,58			0,9	0,98	0,20	1,08	0,22	1,10	1,67
Гр8	Звонок, домофон	1	0,2	1,07			0,5	0,8	0,75	0,10	0,08	0,13	0,19
Гр9	Ванна с гидромассажем (1-я ванная комната)	1	2,0	10,72			0,5	0,85	0,62	1,00	0,62	1,18	1,79
Гр10	Душевая кабина (1-я ванная комната)	1	1,5	8,04			0,5	0,85	0,62	0,75	0,46	0,88	1,34
Гр11	Розетки 1-й ванной комнаты	1	1,2	6,43			0,5	0,85	0,62	0,6	0,37	0,71	1,07
Гр12	Электронагрев пола (1-я ванная комната)	1	0,8	3,72			0,9	0,98	0,20	0,72	0,15	0,73	1,12
Гр13	Ванна с гидромассажем (2-я ванная комната)	1	2,0	10,72			0,5	0,85	0,62	1,00	0,62	1,18	1,79
Гр14	Розетки 2-й ванной комнаты и с/у.	1	1,2	6,43			0,5	0,85	0,62	0,6	0,37	0,71	1,07
Гр15	Электронагрев пола (2-я ванная комната и с/у)	1	1,2	5,58			0,9	0,98	0,20	1,08	0,22	1,10	1,67
Гр16	Освещение столовой, кухни, с/у 1-го этажа	1	2,0	9,91			1,0	0,92	0,43	2,00	0,85	2,17	3,30
Гр17	Освещение 1-го этажа	1	2,1	10,08			1,0	0,95	0,33	2,10	0,69	2,21	3,36
Гр18	Освещение кабинета, спален	1	1,5	7,20			1,0	0,95	0,33	1,50	0,49	1,58	2,40
Гр19	Освещение 2-го этажа	1	1,2	5,76			1,0	0,95	0,33	1,20	0,39	1,26	1,92
Гр20	Розеточная сеть 1-го этажа	1	1,6	8,10			0,5	0,9	0,48	0,80	0,39	0,89	1,35
Гр21	Розеточная сеть кабинета, спален	1	1,5	7,60			0,5	0,9	0,48	0,75	0,36	0,83	1,27
Гр22	Розеточная сеть 2-го этажа	1	2,0	10,13			0,5	0,9	0,48	1,00	0,48	1,11	1,69
	Итого ШР-1	–	38,9	–			0,66	0,93	0,39	25,7	10,0	27,9	42,4
	<i>Чердак</i>												
Гр1	Освещение чердака и тех. помещений	1	0,4	1,92			0,5	0,95	0,33	0,20	0,07	0,21	0,32
Гр2	Вытяжная вентиляция (В1, В2)	1	1,2	6,43			0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,05	1,60
Гр3	Электрообогрев крыши	1	2,4	11,16			1,0	0,98	0,20	2,40	0,49	2,45	3,72
	Встроенные розетки	1	2,0	10,13			0,3	0,9	0,48	0,60	0,29	0,67	1,01
	Итого ШР-2	–	6,0	–			0,67	0,94	0,36	4,0	1,5	4,4	6,6

№ п/п	Потребителя электроэнергии	Число фаз	Установленная мощность, кВт	Ном. ток, А	Потребители I категории	Потребители, критичные к ПКЭ	Коэффициент спроса	cos φ / tg φ			Расчетная мощность			Расчетный ток, А
											активная, кВт	реактивная, кВАр	полная, кВ·А	
	<i>Цокольный этаж</i>													
Гр1	ШР-1 (электрооборудование 1-го и 2-го этажей)	3	38,9	–			0,66	0,93	0,39	25,73	10,03	27,91	42,41	
Гр2	ШР-2 (электрооборудование чердака)	3	6,0	–			0,67	0,94	0,36	4,04	1,47	4,38	6,65	
Гр3	Электрооборудование гаража (ШР-Г)	3	5,0	9,50			0,5	0,8	0,75	2,50	1,88	3,13	4,75	
Гр4	Электрооборудование бассейна (ШР-Б)	3	5,0	9,50			0,8	0,8	0,75	4,00	3,00	5,00	7,60	
Гр5	Наружный блок кондиционера НБК	3	6,0	11,40			0,6	0,8	0,75	3,60	2,70	4,50	6,84	
Гр6	Внутренние блоки кондиционеров ВБК	1	1,2	6,43			0,6	0,8	0,75	0,72	0,54	0,90	1,37	
Гр7	Парогенератор сауны	3	6,6	10,56			0,5	0,95	0,33	3,30	1,08	3,47	5,28	
Гр8	Насос, задвижка с электроприводом	1	0,22	1,25			0,7	0,8	0,75	0,15	0,12	0,19	0,29	
Гр9	Розетка для стиральной машины	1	2,5	13,41			0,5	0,8	0,75	1,25	0,94	1,56	2,37	
Г10	Душевая кабина с гидромассажем	1	1,2	6,43			0,5	0,85	0,62	0,6	0,37	0,71	1,07	
Г11	Освещение бассейна и тренажерного зала	1	1,8	8,64			1,0	0,95	0,33	1,80	0,59	1,89	2,88	
Г12	Освещение лестниц 1-го и 2-го этажа	1	1,0	4,80			1,0	0,95	0,33	1,00	0,33	1,05	1,60	
Г13	Освещение гаража	1	0,4	1,92			0,5	0,95	0,33	0,20	0,07	0,21	0,32	
Г14	Освещение фасада здания	3	3,5	6,65			1,0	0,8	0,75	3,50	2,63	4,38	6,65	
Г15	Освещение цокольного этажа	1	1,2	5,76			1,0	0,95	0,33	1,20	0,39	1,26	1,92	
Г16	Розеточная сеть сантехн. помещений	1	2,2	11,80			0,3	0,8	0,75	0,66	0,50	0,83	1,25	
Г17	Розеточная сеть цокольного этажа	1	2,0	10,72			0,4	0,8	0,75	0,80	0,60	1,00	1,52	
	Итого ВРУ (коттедж 400 м <sup>2</sup> с электроплитой)	–	84,72	–			0,65	0,90	0,49	55,1	27,2	62,4	94,8	

Функции автоматизации для этого коттеджа расширены применением в системах управления освещением (бассейна, лестниц, гаража, фасада здания) сумеречных выключателей, таймеров и других технических средств.

Схема электроснабжения коттеджа площадью 600 м<sup>2</sup> (рис. 11.7) является более сложной. Взятый для примера коттедж оборудован газовыми плитами.

Как правило, оснащенность электропотребителями такого коттеджа значительно выше, чем у коттеджей площадью 250 и 400 м<sup>2</sup>. Наряду с типовым набором потребителей здесь могут быть лифты или тому подобные грузоподъемные устройства, система снеготаяния или обогрева кровли, электрифицированные системы приготовления пищи (в дополнение к газовым плитам) – варочные панели, духовые шкафы и пр.

Внешнее электроснабжение взятого для примера коттеджа осуществляется двумя вводами 380/220 В. Для повышения надежности электроснабжения на ВРУ предусматривается автоматическое включение резерва (АВР) между вводами.

В пределах коттеджа от ВРУ получают питание: распределительный шкаф ШР-1 – потребители 1-го и 2-го этажей, ШР-2 – потребители чердака, ШР-Г – потребители гаража, ШР-Б – потребители бассейна.

Расчет электрических нагрузок для коттеджа площадью 600 м<sup>2</sup> приведен в табл. 11.3. Принцип реализации электрических защит здесь аналогичен предыдущим примерам. Объем автоматизации различных электротехнических систем в таких коттеджах значительно выше.

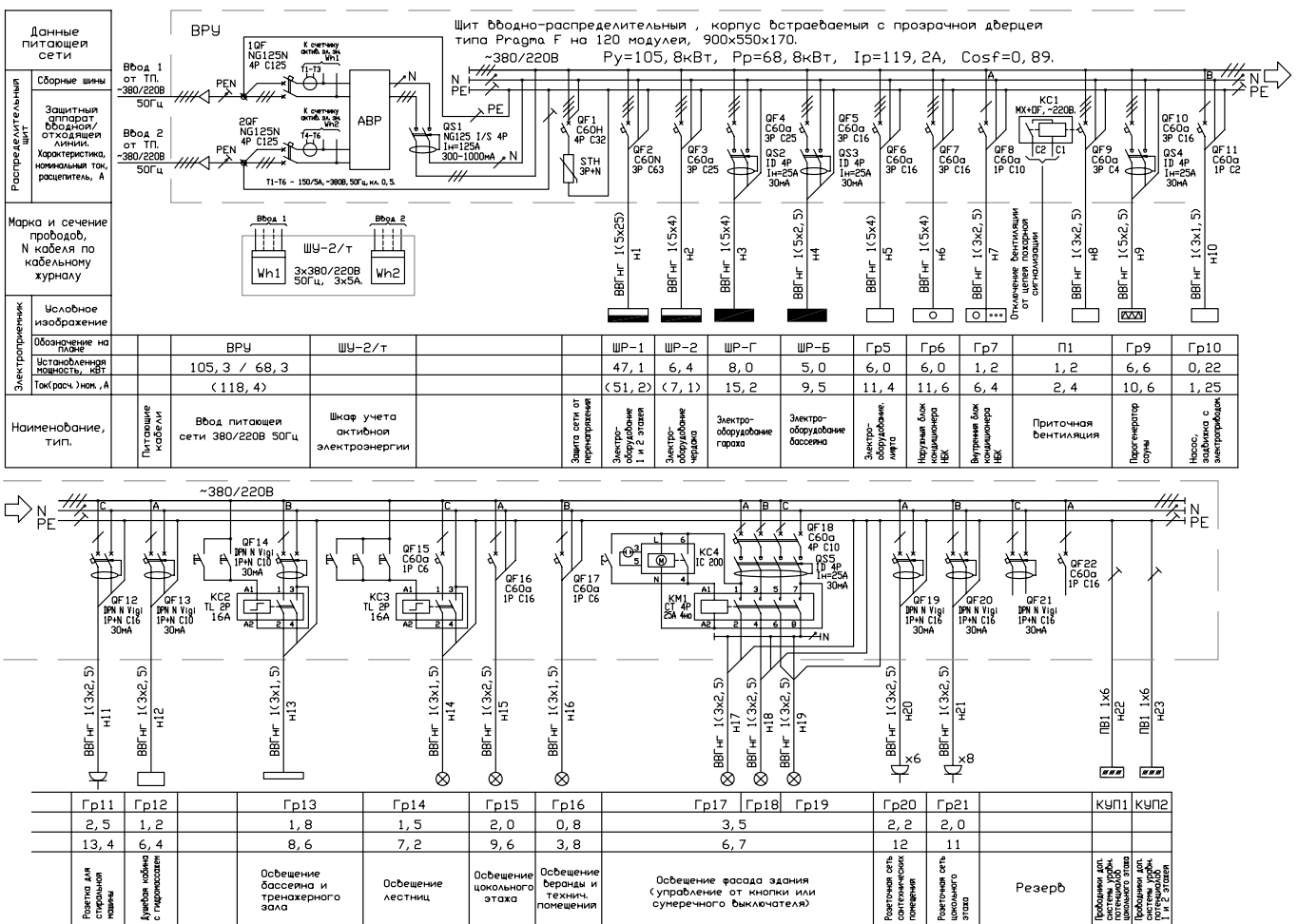


Рис. 11.7 а. Пример схемы электроснабжения коттеджа общей площадью 600 м<sup>2</sup> с газовой плитой. ВРУ



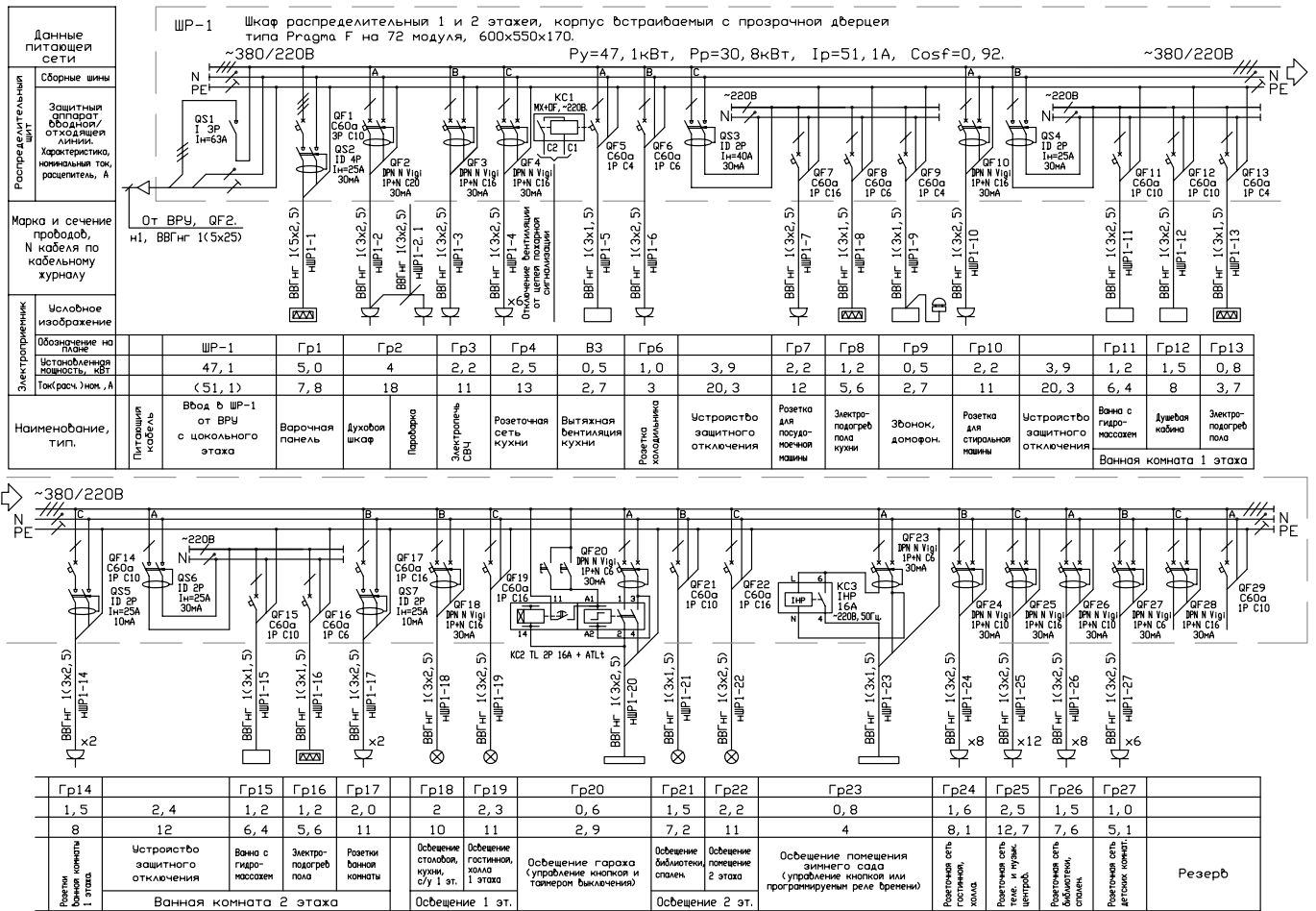


Рис. 11.7 б. Пример схемы электроснабжения коттеджа общей площадью 600 м<sup>2</sup> с газовой плитой. ЩР-1

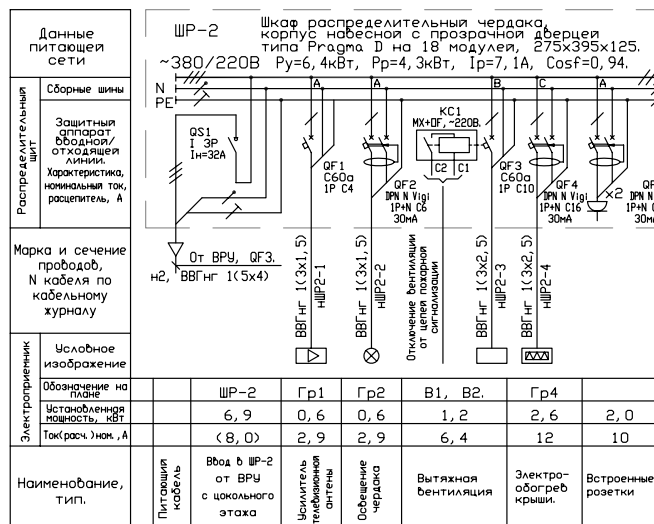


Рис. 11.7 в. Пример схемы электроснабжения коттеджа общей площадью 600 м<sup>2</sup> с газовой плитой. ЩР-2

Расчет электрических нагрузок для коттеджа общей площадью 600 м<sup>2</sup>

Таблица 11.3

Группа	Потребители электроэнергии	Число фаз	Установленная мощность, кВт	Ном. ток, А	Потребители I категории	Потребители, критичные к ПКЭ	Коэффициент спроса	cos φ/ tg φ			Расчетная мощность			Расчетный ток, А
											активная, кВт	реактивная, кВАр	полная, кВ·А	
	<i>1 и 2 этажи</i>													
Гр1	Варочная панель	3	5,0	7,75			0,7	0,98	0,20	3,50	0,71	3,57	5,43	
Гр2	Духовой шкаф	1	2,2	10,56			0,5	0,95	0,33	1,10	0,36	1,16	1,76	
Гр2	Пароварка	1	1,9	8,84			0,5	0,98	0,20	0,95	0,19	0,97	1,47	
Гр3	Печь СВЧ	1	2,2	11,14			0,5	0,9	0,48	1,10	0,53	1,22	1,86	
Гр4	Розеточная сеть кухни	1	2,5	12,66			0,5	0,9	0,48	1,25	0,61	1,39	2,11	
Гр5	Вытяжная вентиляция кухни (ВЗ)	1	0,5	2,68			0,5	0,8	0,75	0,25	0,19	0,31	0,47	
Гр6	Розетка холодильника	1	1,0	5,36			0,3	0,85	0,62	0,30	0,19	0,35	0,54	
Гр7	Розетка для посудомоечной машины	1	2,2	11,80			0,5	0,8	0,75	1,10	0,83	1,38	2,09	
Гр8	Электронагреватели пола в кухне	1	1,2	5,58			0,9	0,98	0,20	1,08	0,22	1,10	1,67	
Гр9	Звонок, видеокамера, домофон	1	0,5	2,68			0,5	0,8	0,75	0,25	0,19	0,31	0,47	
Г10	Розетка для стиральной машины	1	2,5	13,41			0,5	0,8	0,75	1,25	0,94	1,56	2,37	
Г11	Ванна с гидромассажем (1-я ванная комната)	1	1,2	6,43			0,5	0,85	0,62	0,6	0,37	0,71	1,07	
Г12	Душевая кабина (1-я ванная комната)	1	1,5	8,04			0,5	0,85	0,62	0,75	0,46	0,88	1,34	
Г13	Электронагрев пола (1-я ванная комната)	1	0,8	3,72			0,9	0,98	0,20	0,72	0,15	0,73	1,12	
Г14	Розетки 1-й ванной комнаты	1	1,5	8,04			0,5	0,85	0,62	0,75	0,46	0,88	1,34	
Г15	Ванна с гидромассажем (2-я ванная комната)	1	1,2	6,43			0,5	0,85	0,62	0,6	0,37	0,71	1,07	
Г16	Электронагрев пола (2-я ванная комната и с/у)	1	1,2	5,58			0,9	0,98	0,20	1,08	0,22	1,10	1,67	
Г17	Розетки 2-й ванной комнаты и с/у	1	2,0	10,72			0,5	0,85	0,62	1,00	0,62	1,18	1,79	
Г18	Освещение столовой, кухни, с/у 1-го этажа	1	2,0	9,91			1,0	0,92	0,43	2,00	0,85	2,17	3,30	
Г19	Освещение гостиной, холла 1-го этажа	1	2,3	11,04			1,0	0,95	0,33	2,30	0,76	2,42	3,68	

Группа	Потребители электроэнергии	Число фаз	Установленная мощность, кВт	Ном. ток, А	Потребители I категории	Потребители, критичные к ПКЭ	Коэффициент спроса	cos φ/ tg φ		Расчетная мощность			Расчетный ток, А
										активная, кВт	реактивная, кВАр	полная, кВ·А	
Г20	Освещение гаража	1	0,6	2,88			0,5	0,95	0,33	0,30	0,10	0,32	0,48
Г21	Освещение библиотеки, спален	1	1,5	7,20			1,0	0,95	0,33	1,50	0,49	1,58	2,40
Г22	Освещение 2-го этажа	1	2,2	10,56			1,0	0,95	0,33	2,20	0,72	2,32	3,52
Г23	Освещение зимнего сада	1	0,8	3,84			1,0	0,95	0,33	0,80	0,26	0,84	1,28
Г24	Розеточная сеть гостиной, холла	1	1,6	8,10			0,5	0,9	0,48	0,80	0,39	0,89	1,35
Г25	Розеточная сеть теле. и муз. центра	1	2,5	12,66			0,8	0,9	0,48	2,00	0,97	2,22	3,38
Г26	Розеточная сеть библиотеки, спален	1	1,5	7,60			0,5	0,9	0,48	0,75	0,36	0,83	1,27
Г27	Розеточная сеть детских комнат	1	1,0	5,06			0,5	0,9	0,48	0,50	0,24	0,56	0,84
	Итого ШР-1	–	47,1	–			0,65	0,92	0,41	30,8	12,8	33,7	51,1
	<i>Чердак</i>												
Гр1	Освещение чердака и тех. помещений	1	0,6	2,88			0,5	0,95	0,33	0,30	0,10	0,32	0,48
Гр2	Электрообогрев крыши	1	0,5	2,33			1,0	0,85	0,62	0,50	0,31	0,59	0,89
Гр3	Вытяжная вентиляция (В1, В2)	1	1,2	6,43			0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,05	1,60
Гр4	Электрообогрев крыши	1	2,6	12,09			1,0	0,98	0,20	2,60	0,53	2,65	4,03
	Встроенные розетки	1	2,0	10,13			0,3	0,9	0,48	0,60	0,29	0,67	1,01
	Итого ШР-2		6,9				0,7	0,93	0,38	4,8	1,9	5,3	8,0
	<i>Цокольный этаж</i>												
Гр1	ШР-1 (электрооборудование 1-го и 2-го этажей)	3	47,1	0			0,65	0,92	0,41	30,78	12,75	33,66	51,15
Гр2	ШР-2 (электрооборудование чердака)	3	6,9	0			0,7	0,93	0,38	4,84	1,86	5,27	8,01
Гр3	Электрооборудование гаража (ШР-Г)	3	8,0	15,19			0,5	0,8	0,75	4,00	3,00	5,00	7,60
Гр4	Электрооборудование бассейна (ШР-Б)	3	5,0	9,50			0,8	0,8	0,75	4,00	3,00	5,00	7,60
Гр5	Лифтовое электрооборудование	3	6,0	11,40			0,6	0,8	0,75	3,60	2,70	4,50	6,84
Гр6	Наружный блок кондиционера НБК	3	6,0	11,40			0,6	0,8	0,75	3,60	2,70	4,50	6,84

Группа	Потребители электроэнергии	Число фаз	Установленная мощность, кВт	Ном. ток, А	Потребители I категории	Потребители, критичные к ПКЭ	Коэффициент спроса	cos φ/ tg φ			Расчетная мощность			Расчетный ток, А
											активная, кВт	реактивная, кВАр	полная, кВ·А	
Гр7	Внутренние блоки кондиционеров ВБК	1	1,2	6,43			0,6	0,8	0,75	0,72	0,54	0,90	1,37	
Гр8	Приточная вентсистема П1	3	1,25	2,37			0,7	0,8	0,75	0,88	0,66	1,09	1,66	
Гр9	Парогенератор сауны	3	6,6	10,56			0,5	0,95	0,33	3,30	1,08	3,47	5,28	
Г10	Насос, задвижка с электроприводом.	1	0,22	1,25			0,7	0,8	0,75	0,15	0,12	0,19	0,29	
Г11	Розетка для стиральной машины	1	2,5	13,41			0,5	0,8	0,75	1,25	0,94	1,56	2,37	
Г12	Душевая кабина с гидромассажем	1	1,2	6,43			0,5	0,85	0,62	0,6	0,37	0,71	1,07	
Г13	Освещение бассейна и тренажерного зала	1	1,8	8,64			1,0	0,95	0,33	1,80	0,59	1,89	2,88	
Г14	Освещение лестниц 1-го и 2-го этажа	1	1,5	7,20			1,0	0,95	0,33	1,50	0,49	1,58	2,40	
Г15	Освещение цокольного этажа	1	2,0	9,60			1,0	0,95	0,33	2,00	0,66	2,11	3,20	
Г16	Освещение веранды и тех. помещений	1	0,8	3,84			1,0	0,95	0,33	0,80	0,26	0,84	1,28	
Г17	Освещение фасада здания	3	3,5	6,65			1,0	0,8	0,75	3,50	2,63	4,38	6,65	
Г20	Розеточная сеть сантехн. помещений	1	2,2	11,80			0,3	0,8	0,75	0,66	0,50	0,83	1,25	
Г21	Розеточная сеть цокольного этажа	1	2,0	10,72			0,4	0,8	0,75	0,80	0,60	1,00	1,52	
	Итого ВРУ (коттедж 600 м <sup>2</sup> с газовой плитой)	—	105,77	—			0,65	0,89	0,52	68,8	35,4	78,5	119,2	

## 11.2. Выбор и проектирование вводных и распределительных шкафов

Для квартир повышенной комфортности и коттеджей фирмой Schneider Electric предлагается использовать в качестве вводных и распределительных шкафов щиты серии Mini Pragma, Pragma D и Pragma F и Kaedra, технические данные которых приведены в табл. 11.4.

Навесные и встраиваемые щиты серии Mini Pragma могут найти самое широкое применение в отдельных квартирах жилых домов с расчетной мощностью до 35 кВт. Эти щиты выпускаются со степенью защиты IP40. Общий вид навесных щитов Mini Pragma приведен на рис. 11.8.

Общий вид встраиваемых щитов Mini Pragma приведен на рис. 11.9, на рис.11.10 – размеры ниш для установки этих щитов.

Щиты серии Pragma выпускаются на токи до 160 А, имеют навесное и встраиваемое исполнение и имеют степень защиты IP40. Практически шкафы этой серии рационально применять для коттеджей с площадью более 300 м<sup>2</sup> и расчетной мощностью более 30 кВт. Общий вид щитов Pragma приведен на рис. 11.11.

Щитки серии Kaedra предназначены для установки модульного оборудования и рассчитаны на установку до 72 модулей. Эти щитки удобны для применения в жилых помещениях при относительно небольшой площади. Пылевлагозащищенные корпуса Kaedra имеют степень защиты IP65 и могут быть применены в постройках с повышенной влажностью на приусадебных участках. Кроме того, щитки Kaedra имеют высокую степень защиты от механических ударов, химического и атмосферного воздействий и от ультрафиолетовых лучей. Общий вид щитков Kaedra приведен на рис. 11.12.



Рис. 11.8. Общий вид навесных щитов Mini Pragma

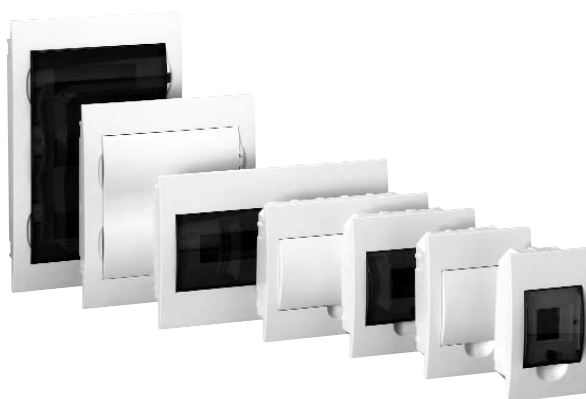


Рис. 11.9. Общий вид встраиваемых щитов Mini Pragma



Рис. 11.11. Общий вид щитов Pragma



Рис. 11.12. Общий вид щитков Kaedra

## Технические данные шкафов, рекомендуемых для применения в квартирах повышенной комфортности и коттеджах

Тип шкафа	Исполнение	Количество модулей с шагом, мм	Размеры, мм	Число рядов	Число клеммников и зажимов	Номинальный (максимальный) ток, А	Рекомендуемое применение
		18					
Mini Pragma	Навесное с непрозрачной дверцей	4	112×200×94	1	2×4	50	Для жилых помещений
		6	148×200×94	1	2×4	63	
		8	184×200×94	1	2×8		
		12	256×200×94	1	(2×4)+(2×8)		
		18	364×221×100	1	2×16		
		24	256×326×96	2	2×16		
		36	256×451×96	3	2×22		
	Навесное с прозрачной дверцей	4	112×200×94	1	2×4	50	
		6	148×200×94	1	2×4	63	
		8	184×200×94	1	2×8		
		12	256×200×94	1	(2×4)+(2×8)		
		18	364×221×100	1	2×16		
		24	256×326×96	2	2×16		
		36	256×451×96	3	2×22		
Mini Pragma	Встраиваемое с непрозрачной дверцей	4	136×222×92	1	2×4	50	Для жилых помещений
		6	172×222×92	1	2×4	63	
		8	208×222×92	1	2×8		
		12	280×222×92	1	(2×4)+(2×8)		
		18	398×252×102	1	2×16		
		24	300×345×100	2	2×16		
		36	300×470×103	3	2×22		
	Встраиваемое с прозрачной дверцей	4	136×222×92	1	2×4	50	
		6	172×222×92	1	2×4	63	
		8	208×222×92	1	2×8		
		12	280×222×92	1	(2×4)+(2×8)		
		18	398×252×102	1	2×16		
		24	300×345×100	2	2×16		
		36	300×470×103	3	2×22		
Pragma	Навесное	18	395×275×125	1	До 10 зажимов на ток 80 А, 14 зажимов на ток 125 А	125	В коттеджах площадью более 300 м <sup>2</sup> , с расчетной мощностью более 30 кВт
		36	395×425×125	2			
		54	395×575×125	3			
		72	395×725×125	4			
	Встраиваемое	36	470×530×110	2		125	
		54	470×680×110	3			
		72	470×830×110	4			
Pragma	Пылевлагозащищенное	18	395×275×125	1	До 10 зажимов на ток 80 А, 14 зажимов на ток 125 А	125	На приусадебных объектах с расчетной мощностью более 300 кВт
		36	395×425×125	2			
		54	395×575×125	3			
		72	395×725×125	4			
Pragma	Навесное	24	550×300×170	1	2×30	160	В коттеджах площадью более 500 м <sup>2</sup> , с расчетной мощностью более 700 кВт
		48	550×450×170	2			
		72	550×600×170	3			
		96	550×750×170	4			
		120	550×900×170	5			
		144	550×1050×170	6			
	Встраиваемое	48	550×450×170	2	2×30		
		72	550×600×170	3			
		96	550×750×170	4			
		120	550×900×170	5			
		144	550×1050×170	6			

Тип шкафа	Исполнение	Количество модулей с шагом, мм		Размеры, мм	Число рядов	Число клеммников и зажимов	Номинальный (максимальный) ток, А	Рекомендуемое применение
		18	9					
Каедра	Мини-корпуса щитов	–	3	80×150×98	1	1×4	63	Для жилых помещений
		–	4	123×200×112	1	1×8		
		–	6	159×200×112	1	1×16		
		–	8	195×200×112	1	1×22		
		–	12	267×200×112	1	1×32		
	Пылевлагозащитные корпуса	–	12	340×280×160	1	1×4 1×8	63	В гаражах, банях, теплицах и т.п.
		–	18	448×280×160	1	1×4 1×16		
		–	24	340×460×160	2	1×4 1×22		
		–	36	448×460×160	2	1×4 1×32		
		–	36	340×610×160	3	1×4 1×32		
		–	54	448×610×160	3	1×4 2×22		
		–	72	448×842×160	4	1×4 2×32		

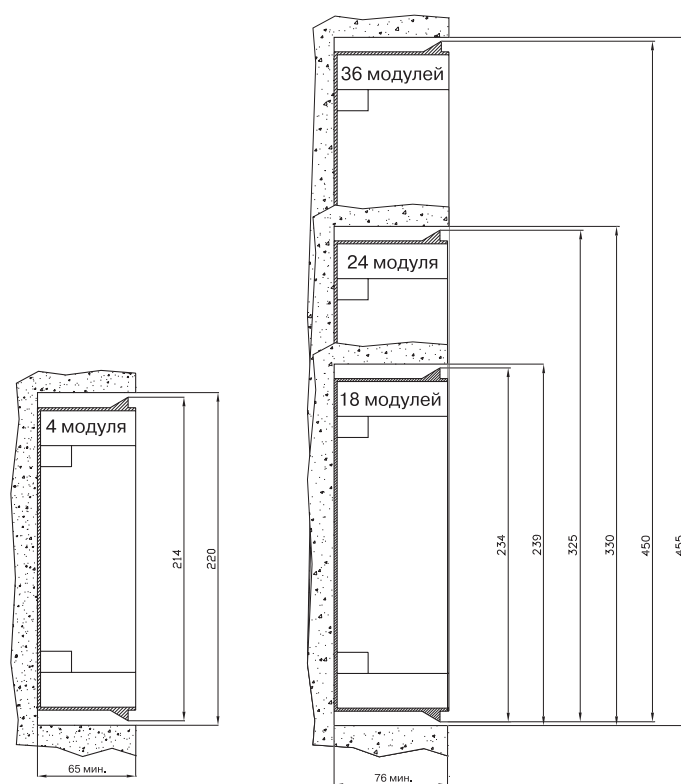


Рис. 11.10. Размеры ниш для встраиваемых щитов MiniPragm

### 11.3. Примеры компоновки вводных и распределительных шкафов

Примеры компоновки вводных и распределительных шкафов для квартир повышенной комфортности площадью 100, 150 и 200 м<sup>2</sup>, соответствующие принципиальным схемам на рис. 11.1–11.3, приведены на рис. 11.17–11.19. Эти шкафы скомпонованы на базе стандартных навесных щитов фирмы Schneider Electric типа Pragma D, но состоящих из разного количества рядов. В рассматриваемых примерах – это 3 и 4 ряда.

Для коттеджей, как правило, наряду с вводно-распределительными устройствами применяются отдельные распределительные щиты (шкафы) для групп сосредоточенных потребителей.

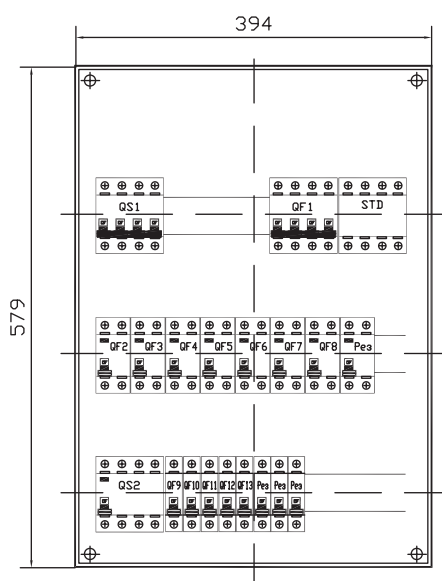
На рис. 11.20 и 11.21 приведены общие виды ВРУ и ШР для коттеджа площадью 250 м<sup>2</sup>, соответствующие принципиальной схеме, приведенной на рис. 11.4.

Для коттеджа площадью 400 м<sup>2</sup> кроме ВРУ (рис. 11.22) применены шкафы распределительные ШР-1, ШР-2 (рис. 11.23, 11.24). Эти шкафы соответствуют принципиальной схеме, приведенной на рис. 11.6.

Для коттеджа площадью 600 м<sup>2</sup> на рис. 11.25, 11.26 и 11.27 приведены шкафы, соответствующие схеме, приведенной на рис. 11.7.

В указанных примерах для коттеджей используются навесные щиты Pragma F и Pragma D фирмы Schneider Electric.

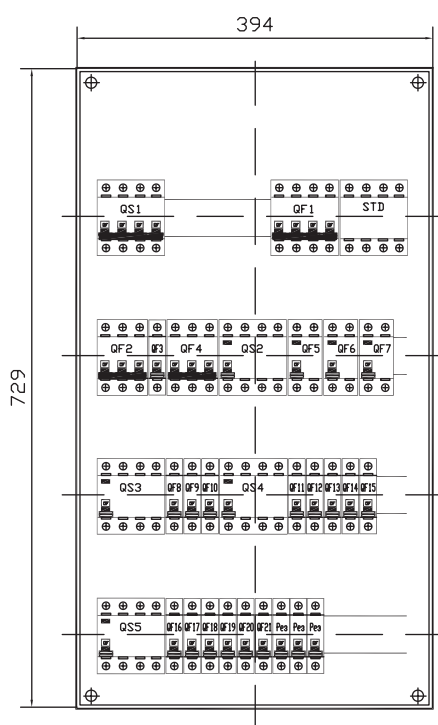
ЩРК. Вид спереди со снятой дверцей



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.1

Рис. 11.17. Общий вид распределительного навесного щита типа Pragma D квартиры повышенной комфортности общей площадью 100 м<sup>2</sup> с электроплитой

ЩРК. Вид спереди со снятой дверцей

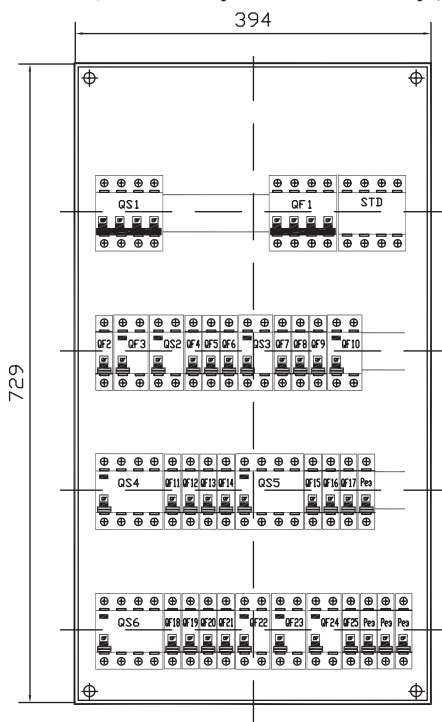


Примечание: принципиальная схема - рис. 11.2

Рис. 11.18. Общий вид распределительного навесного щита типа Pragma D квартиры повышенной комфортности общей площадью 150 м<sup>2</sup> с электроплитой



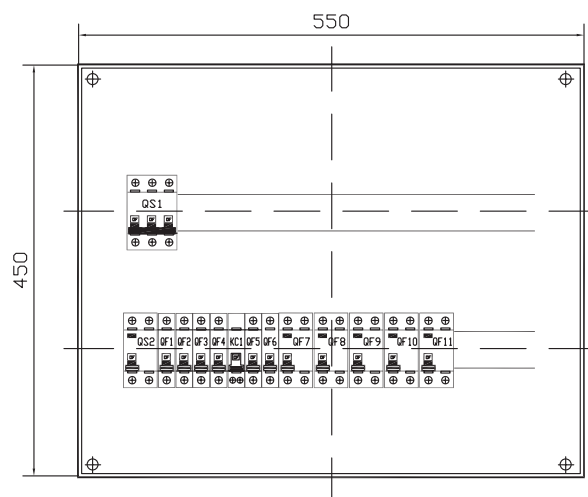
ЩРК. Вид спереди со снятой дверцей



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.3

Рис. 11.19. Общий вид распределительного навесного щита типа Прага D квартиры повышенной комфортности общей площадью 200 м<sup>2</sup> с газовой плитой

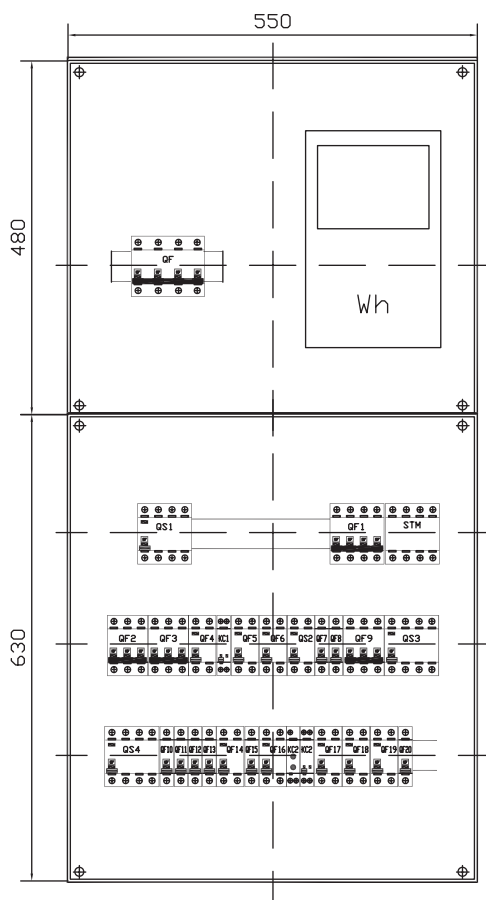
Вид спереди со снятой дверцей



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.4 б

Рис. 11.21. Общий вид шкафа распределительного этажного ШР-1, коттеджа общей площадью 250 м<sup>2</sup>

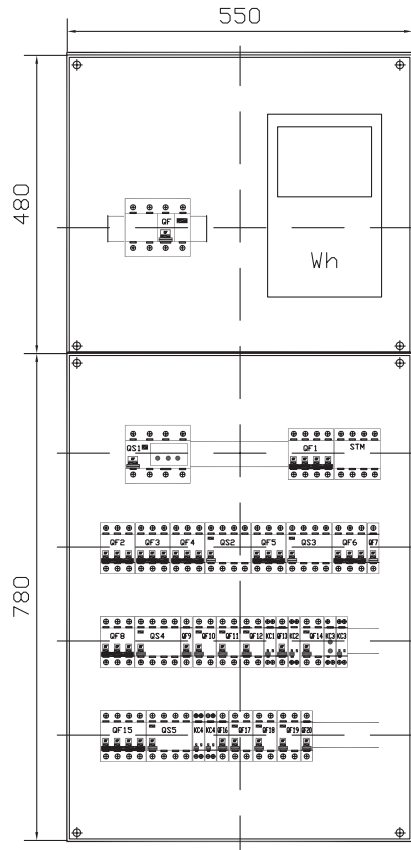
Вид спереди со снятой дверцей



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.4 а

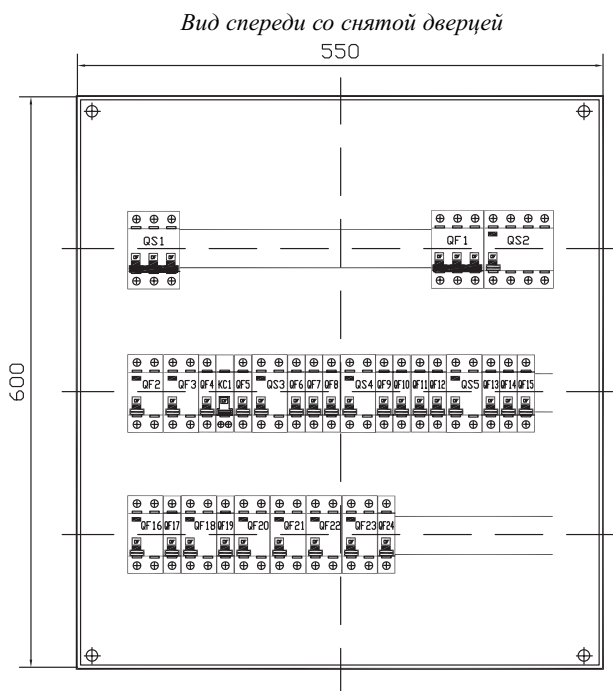
Рис. 11.20. Общий вид вводно-распределительного устройства коттеджа общей площадью 250 м<sup>2</sup>

Вид спереди со снятой дверцей

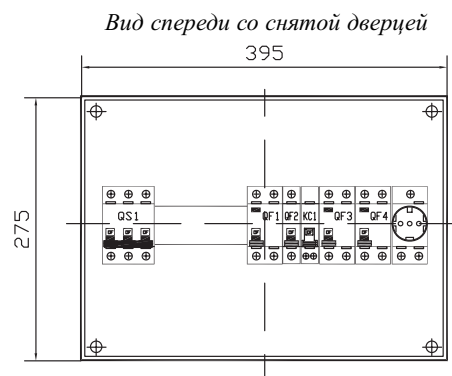


Примечание: принципиальная схема - рис. 11.6 а

Рис. 11.22. Общий вид вводно-распределительного устройства коттеджа общей площадью 400 м<sup>2</sup>



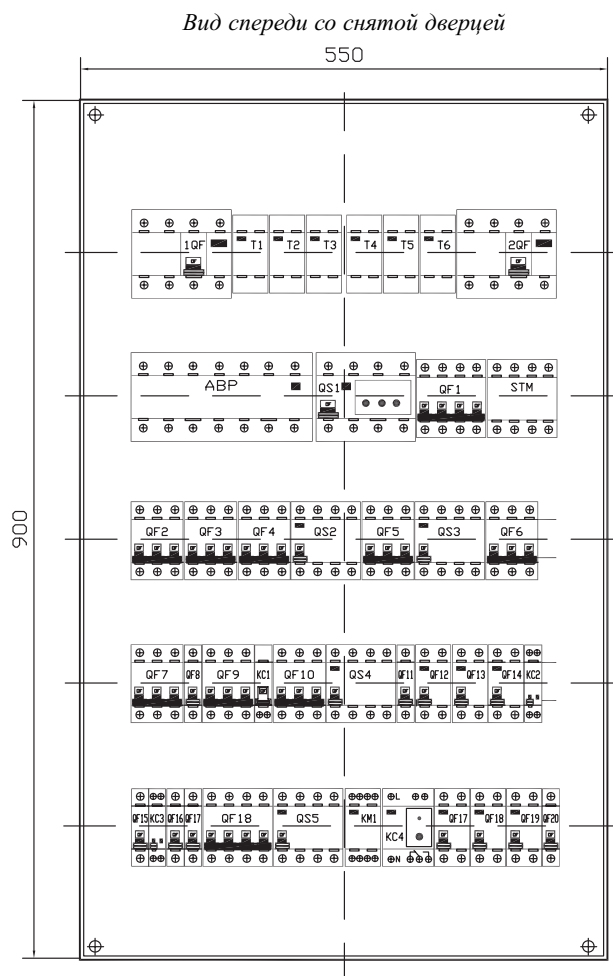
Примечание: принципиальная схема - рис. 11.6 б



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.6 в

Рис. 11.23. Общий вид шкафа распределительного этажного ШР-1, коттеджа общей площадью 400 м<sup>2</sup>

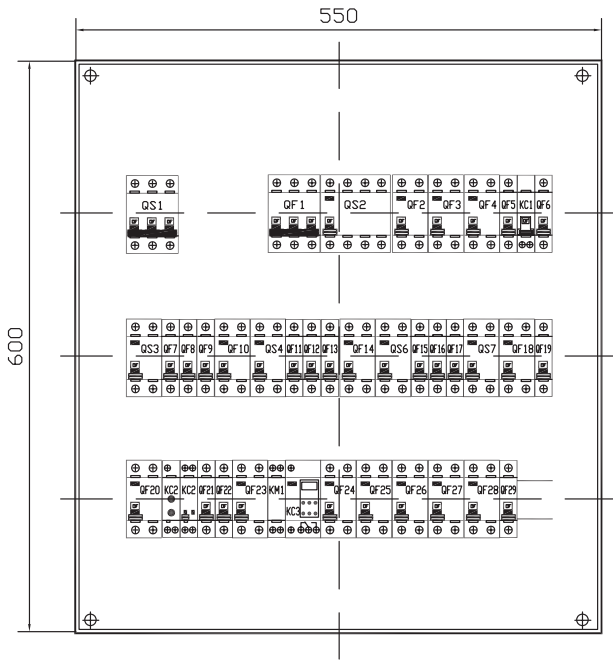
Рис. 11.24. Общий вид шкафа распределительного этажного ШР-2, коттеджа общей площадью 400 м<sup>2</sup>



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.7 а

Рис. 11.25. Общий вид вводно-распределительного устройства коттеджа общей площадью 600 м<sup>2</sup>

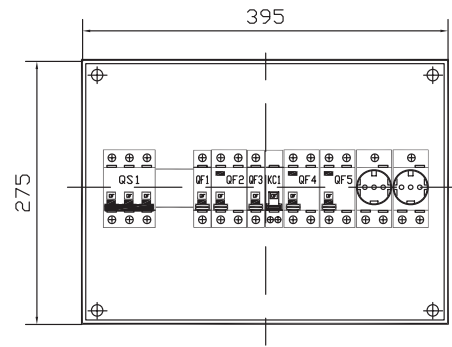
Вид спереди со снятой дверцей



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.7 б

Рис. 11.26. Общий вид шкафа распределительного этажного ШР-1, коттеджа общей площадью 600 м<sup>2</sup>

Вид спереди со снятой дверцей



Примечание: принципиальная схема - рис. 11.7 в

Рис. 11.27. Общий вид шкафа распределительного этажного ШР-2, коттеджа общей площадью 600 м<sup>2</sup>

## Глава 12. Рекомендации по размещению электрооборудования и выполнению электрических проводок в квартирах, коттеджах и на приусадебных участках

### 12.1. Общие требования и рекомендации по выполнению электрических проводок

При проектировании электрических проводок необходимо руководствоваться требованиями, изложенными в целом комплексе нормативно-технической документации. Сюда в первую очередь относятся: серия ГОСТ Р 50571 «Электроустановки зданий», ПУЭ, СНиПы, СП.

Электрические проводки в квартирах многоквартирных домов, в отдельных коттеджах и на приусадебных участках имеют принципиальные отличия. Эти отличия в основном определяются условиями электроснабжения, структурой формирования групповых и индивидуальных сетей, условиями и способами прокладки проводов и кабелей.

Электроснабжение каждой отдельной квартиры начинается от вводного распределительного щитка (ВРЩ), устанавливаемого, как правило, в нишах в местах общего пользования, находящихся на том же этаже. В свою очередь, ВРЩ питаются от вертикального стояка, подключенного к распределительному устройству на вводе в дом.

В квартирах повышенной комфортности от ВРЩ может отходить несколько групповых и индивидуальных линий. Однофазные групповые линии используются для питания общего освещения и штепсельных розеток на ток 6 и 10(16)А.

Индивидуальные линии используются для питания электрических плит, кондиционеров мощностью более 2 кВт, электронагревательных приборов и пр. В домах-новостройках, как правило, все сети выполняются скрыто. В существующих домах, квартиры в которых переоборудуются под жилье повышенной комфортности, возможна прокладка сети как скрыто, так и открыто в коробах.

*Электроснабжение коттеджа* начинается от ответвления от воздушной линии и ввода в дом. На вводе устанавливается отдельное ВРУ, от которого осуществляется питание как потребителей непосредственно коттеджа, так и потребителей на всем приусадебном участке. В пределах коттеджа групповых и индивидуальных линий может быть значительно больше, чем в квартире. Однако принцип их формирования и способы прокладки аналогичны.

Принципиальное отличие – это выполнение ответвления от ВЛ и организация ввода в дом. Здесь возможны различные конструктивные решения, основанные как на использовании неизолированных проводов, так и кабелей.

Нормативно-технической документацией регламентировано, например, следующее:

- ответвление от ВЛ к вводу, выполняемое неизолированными проводами, при длине более 25 м требует установки дополнительных опор;
- расстояние от проводов ответвления до земли должно быть не менее: 6 м над проезжей частью и 3,5 м над пешеходными участками. В случае невозможности соблюдения указанных расстояний необходима установка дополнительной опоры или трубостойки на строении;
- наименьшее расстояние от проводов ввода в объект до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м;
- сечение проводов ответвления в зависимости от материала провода должно быть не менее: медь – 10 мм<sup>2</sup>, алюминий – 16 мм<sup>2</sup>;
- ввод в строение (от зажимов в месте соединения проводов ответвления и ввода до пункта учета электроэнергии) следует выполнять изолированным проводом или кабелем с негорючей оболочкой сечением не менее: для алюминия – 16 мм<sup>2</sup>, для меди – 10 мм<sup>2</sup>;
- для обеспечения надежной изоляции и безопасной эксплуатации вводов, выполненных изолированными проводами, должны применяться резиновые полутвердые трубки и фарфоровые втулки (воронки);
- на домовладение, находящееся территориально в одном месте (усадебный или коттедж с приусадебным участком, дачный (садовый) участок и т.п.), как правило, должна предусматриваться установка только одного счетчика электроэнергии;
- конструкция воздушного ввода в строение со счетчиком электроэнергии должна содержать все

необходимое для обеспечения требований нормативных документов как в отношении электро- и пожарной безопасности, так и в отношении обеспечения видимой границы эксплуатационной ответственности (изоляторы, зажимы). При ответвлении от ВЛ изолированными, тросовыми и самонесущими проводами и кабелями рекомендуется выполнять ввод без разрезания провода (кабеля). В этом случае граница эксплуатационной ответственности устанавливается по согласованию с энергоснабжающей организацией на входе вводного устройства;

- вывод проводов из дома для электроснабжения внутриобъектных электроприемников (хозяйственных построек) осуществляется через отверстие в стене, оборудованное подобно вводу;

- вводы в помещениях рекомендуется выполнять через стены в изоляционных трубах таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе и проникать внутрь помещения. В целях пожарной безопасности проходы для вводов в стенах из дерева или других сгораемых материалов должны выполняться в стальной трубе.

Места ввода проводов и кабелей через стены и трубостойки должны быть герметизированы.

Электроснабжение отдельных построек приусадебного участка, к которым относятся бани, теплицы, насосы и пр., осуществляется изолированными проводами, допускающими наружную прокладку на открытом воздухе, или кабелем.

Комплекс, охватывающий наружную электропроводку от отдельных отключающих аппаратов на ВРУ коттеджа до указанных построек, определяется понятием «внутриобъектная электропроводка».

Однофазная внутриобъектная электропроводка выполняется трехпроводной: фаза, нуль и нулевой защитный проводник, проложенный напрямую от нулевого защитного и рабочего провода на входе вводного устройства до электроприемников. Сечение нулевого защитного проводника должно быть равно сечению фазного проводника.

Ввод внутриобъектной электропроводки в хозяйственные постройки рекомендуется выполнять проводами или кабелями без их разрезания, для обеспечения надежной защиты от возгорания помещений в случаях ухудшения контактных соединений.

На воздушных вводах в помещения, в тех случаях, когда до проводов ввода от поверхности земли невозможно обеспечить требуемый габарит (2,75 м), предусматривается установка трубостойки. Конструкции и габариты выводов проводов (кабелей) внутриобъектных электропроводок выполняются по требованиям, предъявляемых к вводам.

При необходимости установки в хозяйственной постройке нескольких розеток или светильников на вводе в хозяйственную постройку устанавливается групповой распределительный щиток.

Прокладка проводов марок ПРН, ПРГН, АПРН на внутриобъектных электропроводках производится на изоляторах. Расстояние между изоляторами устанавливается не более 6 м, между проводами – не менее 100 мм.

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.

*Внутренние электропроводки* осуществляются в зависимости от характера помещений или условий окружающей среды (см.п.9.1).

Данные по категорийности помещений и примеры помещений жилых домов, коттеджей и приусадебных построек приведены в §1.1.

Выбор марок проводов и кабелей, а также способов их прокладки для электрических проводок должен осуществляться с учетом условий окружающей среды.

Сечение токопроводящих жил проводов и кабелей определяется расчетом, исходя из характера и величины нагрузки, в соответствии с действующими техническими правилами и нормами и для наиболее характерных электрических цепей должно быть не менее указанных в табл. 12.1.

Внутренние электрические сети должны быть не распространяющими горение и выполняться кабелями и проводами с медными жилами в соответствии с требованиями ПУЭ.

Допускается применение в питающих и распределительных сетях кабелей и проводов с алюминиевыми жилами сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>. Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т.п.), кроме оборудования противопожарных установок, допускается выполнять проводами и кабелями с алюминиевыми жилами сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

Минимальные сечения токопроводящих жил проводов и кабелей

Электрические цепи	Минимальное сечение токопроводящих жил для проводников, мм <sup>2</sup>		Примечание
	Медных	Алюминиевых	
Групповые и распределительные цепи	1,5	2,5	
Линии к расчетному счетчику	10	16	С системой заземления типов TN-C и TN-C-S
Междуэтажные стояки	2,5–4,0	4,0–6,0	

Открытая прокладка кабелей и проводов в оболочке в комнатах индивидуальных жилых домов и подсобных помещениях непосредственно по строительным поверхностям и конструкциям во всех случаях допускается на высоте не менее 2,0 м от пола.

Высота прокладки проводов (кабелей) в трубах, а также кабелей от уровня пола не нормируется. Во всех случаях кабели и провода должны быть защищены от механических повреждений.

Высоту установки выключателей на стене рекомендуется принимать 1,0 м от пола, штепсельных розеток 0,3–0,6 м от пола. Выключатели и розетки, применяемые для открытой электропроводки, должны устанавливаться на подкладках из непроводящего несгораемого материала толщиной не менее 10 мм.

В чердачных помещениях могут применяться следующие виды электропроводок:

- открытые электропроводки, выполненные незащищенными проводами в стальных трубах или кабелями в оболочках из несгораемых или трудносгораемых материалов, прокладываемых на любой высоте;

- скрытые электропроводки – в стенах и перекрытиях из несгораемых материалов – на любой высоте.

Открытые электропроводки чердачных помещений выполняются проводами и кабелями с медными жилами. Провода и кабели с алюминиевыми жилами допускаются в чердачных помещениях зданий с несгораемыми перекрытиями при условии открытой прокладки их в стальных трубах или при скрытой прокладке в несгораемых стенах и перекрытиях.

В жилых домах и хозяйственных постройках питание стационарных однофазных электроприемников следует выполнять по трехпроводным электрическим цепям от вводных (групповых, этажных) щитков до штепсельных розеток и светильников. Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим. В цепях нулевых защитных проводников не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей.

Для каждой электрической цепи, отходящей от вводного (группового, этажного) щитка, следует прокладывать отдельный нулевой защитный проводник. Для питания нескольких штепсельных розеток от одной электрической цепи ответвления нулевого защитного проводника к каждой штепсельной розетке должны выполняться в ответвительных коробках или (при питании розеток шлейфом) в коробках для установки штепсельных розеток одним из принятых способов (пайка, сварка, опрессовка, специальные сжимы, клеммы и др.).

Последовательное включение в нулевой защитный проводник заземляющих контактов штепсельных розеток не допускается.

В местах выхода из стальных труб провода должны быть защищены от механических повреждений оконцеванием труб втулками.

Способ выполнения групповых электрических сетей в жилых комнатах и прихожих квартир жилых домов следует, как правило, выбирать в соответствии с СП 31-110–2003 (табл. 12.2). В кухнях квартир жилых домов рекомендуется применять те же виды электропроводок, что в жилых комнатах и прихожих.

В ваннных комнатах и уборных должна применяться, как правило, скрытая электропроводка. Не допускаются применение защищенных проводов в металлической оболочке, а также прокладка проводов в стальных трубах.

Открытые проводки должны прокладываться с учетом архитектурных линий помещений (карнизов, плинтусов, углов и др.).

Длина проводов во влажных сырых и особо сырых помещениях (в туалетах, ваннных комнатах, саунах и др.) должна быть минимальной. Проводки рекомендуется размещать вне этих помещений, а светильники – на ближайшей к проводке стене. В ваннных комнатах, душевых, саунах и санузлах корпуса

Способы выполнения групповых сетей в жилых помещениях

Здания	Способ выполнения групповых сетей	
	открыто	скрыто
Крупнопанельные полносборные из железобетонных конструкций и из монолитного железобетона	В коробах, специальных коробах, удовлетворяющих требованиям НПБ 246	В пустотах строительных конструкций – не распространяющими горение кабелями и изолированными проводами в защитной оболочке В каналах строительных конструкций – кабелями и изолированными проводами в защитной оболочке В замоноличенных трубах – изолированными проводами
С блочными или кирпичными несущими стенами, гипсо- и шлакобетонными перегородками и перекрытиями из пустотелых железобетонных плит	То же	В пустотах строительных конструкций – не распространяющими горение кабелями и изолированными проводами в защитной оболочке В каналах строительных конструкций, под слоем штукатурки, штробах, в слое подготовки пола – кабелями и изолированными проводами в защитной оболочке с ПВХ изоляцией
Из деревянных и других конструкций из горючих материалов не ниже группы горючести ГЗ по СНиП 21–01	В коробах, специальных коробах, удовлетворяющих требованиям НПБ 246. Допускается прокладка одиночным кабелем с медными жилами сечением не более 6 мм <sup>2</sup> , не распространяющими горения без подкладки	В металлических трубах – кабелем и изолированными проводами в защитной оболочке Под слоем штукатурки – не распространяющим горение кабелем и изолированными проводами в защитной оболочке, по намету штукатурки

светильников с лампами накаливания и патроны должны быть выполнены из изолирующего материала. Установка розеток и выключателей в ванных комнатах, душевых, саунах и санузлах не допускается.

Допускается при необходимости установка в ванной комнате розеток, дополнительных настенных светильников, устройств гидромассажа и других электробытовых устройств при условии, что в питающей ванну розеточной сети будет установлено электромеханическое УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА и при выполнении требований соответствующих ГОСТов.

Скрытая проводка по нагреваемым поверхностям (дымоходам, боровам и др.) не допускается. При открытой проводке в зоне горячих трубопроводов, дымоходов и т.п. температура окружающего воздуха не должна превышать 35°С.

Проводки, прокладываемые за непроходными подвесными потолками и облицовочными стенами, рассматриваются как скрытые. Они выполняются за потолками и стенами из сгораемых материалов в металлических трубах. При этом должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

Крепление проводов металлическими скобами необходимо выполнять с изоляционными прокладками. Металлические скобки для крепления защищенных проводов, кабелей и стальных труб должны быть окрашены либо иметь иное коррозионностойкое покрытие.

Провода, прокладываемые скрыто, должны иметь у мест соединения в ответвительных коробках и у мест присоединения к светильникам, выключателям и штепсельным розеткам запас длиной не менее 50 мм. Аппараты, устанавливаемые скрыто, должны быть заключены в коробки. Ответвительные коробки и коробки для выключателей и штепсельных розеток при скрытой прокладке проводов должны быть утоплены в строительных элементах зданий заподлицо с окончательно отделанной внешней поверхностью.

Проход защищенных и незащищенных проводов и кабелей через междуэтажные перекрытия должен выполняться в металлических трубах или проемах. Проход через междуэтажные перекрытия скрученными проводами запрещается. Проход проводов через междуэтажные перекрытия допускается выполнять в изоляционных трубах в стене под штукатуркой. Изоляционные трубы должны быть заделаны заподлицо с наружными краями втулок и воронок.

Радиусы изгиба изолированных одножильных проводов должны быть не менее пятикратного наружного диаметра провода.

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

В жилых комнатах квартир должно быть установлено не менее одной розетки на ток 10(16) А на каждые полные и неполные 4 м периметра комнаты, в коридорах квартир – не менее одной розетки на каждые полные и неполные 10 м<sup>2</sup> площади коридоров.

В кухнях квартир следует предусматривать не менее четырех розеток на ток 10(16) А. В кухнях квартир с электроплитами последние следует подключать непосредственно к питающей линии. Допускается подключение через поляризованный штепсельный соединитель.

В жилых комнатах допускается установка сдвоенных розеток на ток

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

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

В коттеджах число розеток определяется заказчиком (заданием на проектирование), но в количестве, не меньшем, чем указано выше.

Не нормируется расстояние от розеток, предназначенных для присоединения стационарных кухонных электроплит и кондиционеров, до корпусов этих приборов. При этом не допускается размещать розетки под и над мойками.

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

В прихожей квартиры должен быть установлен электрический звонок, а у входа в квартиру – звонковая кнопка. Звонковая кнопка и подводка к кнопке должны удовлетворять всем требованиям безопасности. Подводку к звонку и кнопке следует выполнять медным проводом.

Для управления освещением применяются однополюсные выключатели, которые следует устанавливать в цепи фазного провода. Выключатели рекомендуется устанавливать на стене у дверей со стороны дверной ручки на высоте до 1 м. Допускается установка их под потолком при управлении с помощью шнура.

Аппараты, устанавливаемые в помещениях сырых, особо сырых и особо сырых с химически активной средой, должны быть защищены от воздействия среды и иметь исполнение, соответствующее условиям окружающей среды.

При проектировании внутренних электропроводок необходимо учитывать требования нормативной документации. Например, при выборе марок установочных проводов (кабелей) для различного вида электропроводок и способов прокладки, применяемых в зависимости от характера окружающей среды, руководствуются следующими общими положениями.

При проектировании и монтаже следует, как правило, применять провода и кабели, из рекомендованных в таблицах нормативных материалов, указанные первыми.

Провода должны, как правило, использоваться по основному их назначению. Например, провода марок ПУНП, АПУНП – для беструбных скрытых электропроводок; АППР – для открытой прокладки, без роликов и изоляторов, непосредственно по строительным поверхностям; ПВ, АПВ – для открытой и скрытой прокладки в трубах, коробах.

Прокладку проводов в трубах следует применять в тех случаях, когда необходимо обеспечить сменяемость проводов, защиту от механических повреждений, а также когда не могут быть использованы другие беструбные способы прокладки проводов.

Если в конкретных условиях окажется, что помещения по условиям окружающей среды относятся к нескольким категориям, то марки проводов и способы их прокладки должны отвечать требованиям, предъявленным к ним во *всех этих категориях*.

При выборе способа прокладки рекомендуется следующее.

Скрытая прокладка проводов непосредственно по деревянным или равноценным им горючим стенам и поверхностям под слоем штукатурки выполняется с прокладкой под провода слоя листового



асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 5 мм. При этом асбест или намет штукатурки должен быть уложен поверх дранки либо последняя должна быть вырезана по ширине асбестовой прокладки. Асбест или намет штукатурки должен выступать не менее чем на 10 мм с каждой стороны провода.

Скрытая прокладка проводов непосредственно по сгораемым конструкциям и поверхностям (кроме помещений для содержания животных) допускается только в стальных трубах. Винипластовые трубы должны прокладываться по слою листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 5 мм, выступающему с каждой стороны трубы не менее чем на 10 мм, с последующим заштукатуриванием трубы слоем штукатурки толщиной не менее

10 мм. В помещениях для содержания животных использование стальных труб для скрытых проводок не допускается.

Открытая прокладка проводов, кроме АППР, АПРН непосредственно по деревянным и подобным им сгораемым поверхностям, не допускается. В случае необходимости в хозяйственных постройках такая прокладка должна быть выполнена по несгораемой прокладке. При этом ширина прокладки должна выступать на 10 мм с каждой стороны провода. В этом случае могут быть использованы, например, провода марок ПУНП, АПУНП.

Для жилища повышенной комфортности наряду с перечисленными выше нормами, требованиями и рекомендациями при выполнении электрических проводок необходимо учитывать повышенные дизайнерские требования как к электроаппаратуре (выключатели, розетки и т.п.), так и к конструкциям для электропроводок. Поэтому при проектировании необходимо ориентироваться на применение в отдельных помещениях таких материалов и конструкций, которые позволяют:

- выполнить монтаж на завершающем этапе строительства или ремонта после проведения окончательной отделки помещения;
- обеспечить быстроту и легкость монтажа;
- обеспечить ремонтпригодность, т.е. возможность в любое время легко и быстро заменить или дополнить систему электропроводки розетками и выключателями без нарушения отделки помещения.

## ***12.2. Комплексное предложение по кабеленесущим системам компании Schneider Electric***

В основе комплексного предложения по кабеленесущим системам лежит идея предоставления заказчику различных решений, отвечающих современным требованиям к монтажу, надежности и внешнему виду таких систем.

Предложение по кабеленесущим системам можно условно разделить на три группы в зависимости от класса зданий, для которых они могут применяться:

- Группа MINIMUM;
- Группа STANDARD;
- Группа MAXIMUM.

Варианты подвода коммуникаций к местам подключения потребителя показаны на рис. 12.1.



*Рис. 12.1. Варианты подвода коммуникаций к местам подключения потребителя*

### Группа элитарности объекта - MINIMUM

В этой группе применяются мини-каналы DMT из ПВХ, используемые для монтажа наружной проводки и электротехнические плинтуса из ПВХ серии Unicaline, которые обычно монтируют вместо деревянного или пластмассового декоративного плинтуса на уровне пола, на стенах или вокруг дверных проемов совместно с установочными коробками, разработанными под розетки и выключатели популярной серии Unica. Мини-каналы и плинтуса имеют современную обтекаемую форму и различные соединительные элементы (внутренние, внешние, плоские углы, Т-образные отводы, переходы на канал меньшего сечения, торцевые заглушки, распаечные коробки, коробки для наружной установки розеток и т.д.), что позволяет легко решить задачу по разводке кабеля по поверхности стен после завершения финишной отделки помещения, добавить электроустановочные изделия и кабель в любое время и в любом месте. Мини-каналы и плинтуса пожаробезопасны и имеют сертификаты пожарной безопасности, выданные ОС «Пожтест» ФГУП ВНИИПО МЧС РФ. Основной цвет коробов и аксессуаров – белый, хотя плинтуса Unicaline выпускаются в различных цветовых исполнениях, сочетающихся с цветом напольного покрытия и стен в помещении.

Используя электротехнический плинтус Unicaline можно быть уверенным в том, что в любое время и в любом месте владелец помещения сможет, в случае необходимости, легко установить на стене нужную розетку или выключатель и проложить дополнительный кабель не штробя стены и не пользуясь удлинителями.

Ассортимент и варианты прокладки мини-каналов и электротехнического плинтуса с электроустановочными изделиями приведены рис. 12.2 а и 12.2 б.



Рис. 12.2 а. Ассортимент и варианты прокладки мини-каналов и электротехнического плинтуса с электроустановочными изделиями

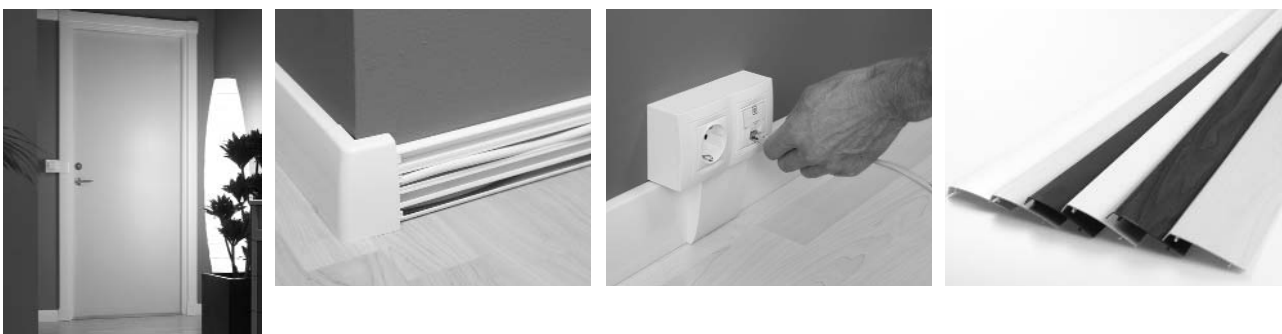


Рис. 12.2 б. Ассортимент и варианты прокладки мини-каналов и электротехнического плинтуса с электроустановочными изделиями

Трубы и небольшие пучки проводов удобно скрывать в декоративных коробах серии TRL (рис. 12.3 а, б, в) сечением 56x30, 56x56 и 76x40 мм из алюминия или ПВХ с набором монтажных аксессуаров, предназначенных в основном, для вертикальных межэтажных прокладок кабеля, например кабельного ТВ или труб водяного отопления (рис. 12.4).

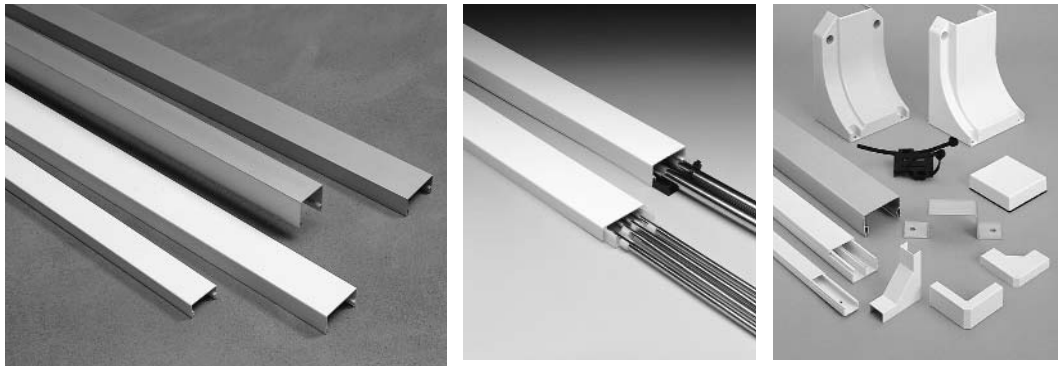


Рис. 12.3 а, б, в. Декоративные короба серии TRL

На кухнях, рядом с компьютерным столом в рабочем кабинете и в других местах, требующих наличия нескольких розеток, удобны штатные функциональные сервис-боксы SBO заводского изготовления (рис.12.5), либо изготовленные самостоятельно из пластмассового короба ТЕК или алюминиевого короба INKA или ТКА с электроустановочными изделиями серии Unica или СУВ. Они могут иметь любой размер, и в них можно установить любой необходимый набор розеток и выключателей. Встроенные таймеры, диммеры, а также датчики температуры, оснащенные зуммерами и соединенные с пультами пожарной охраны, гарантируют безопасность и экономичность при эксплуатации функциональных сервис-боксов SBO.



Рис. 12.4.



Рис. 12.5. Сервис-боксы SBO



Рис. 12.6. Кабельные органайзеры серии CBL

Для эстетичной укладки кабелей в местах установки ТВ и музыкальных центров, а также в рабочих кабинетах, где может быть установлен компьютер, факс, модем, сканер, принтер, зарядное устройство для телефона, настольная лампа и т.п., применяются кабельные органайзеры (рис. 12.6) серии CBL разного вида.

#### Группа элитарности объекта STANDARD

В этой группе для электропроводки и телекоммуникаций используются кабель-каналы из ПВХ (рис. 12.7) или алюминия. Как правило, подводка выполняется коробом сечением 100x50 мм (рис. 12.8), которое является оптимальным для прокладки СКС в коттедже или офисе.

Следует отметить, что применение кабельных каналов для наружной или скрытой установки (см.рис. 12.9) в стенах имеет смысл в помещениях коттеджей и апартаментов, используемых как рабочие кабинеты или комнаты для деловых переговоров, т.е. в тех местах, где есть необходимость в прокладке СКС с доступом в Интернет и предусматривается использование достаточно большого количества офисно-бытовой техники и электроприборов.

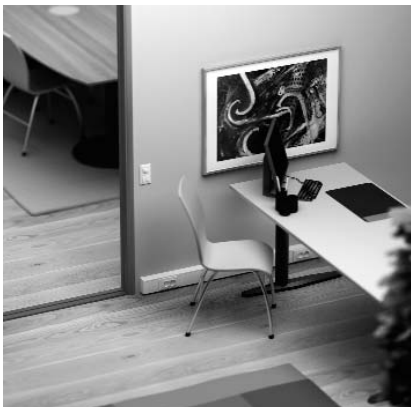


Рис. 12.7.



Рис. 12.8.



Рис. 12.9.



Рис. 12.10.

Помимо вышеупомянутых электроустановочных изделий серии Unica или СУВ, через специальные подрозетники возможна установка розеток других серий и производителей. Для монтажа слаботочных розеток имеются монтажные комплекты под модули всех известных производителей.

В ряде случаев, особенно при реконструкции старых помещений, можно использовать кабельные каналы, встраиваемые заподлицо с поверхностью стены, в которые затем будут монтироваться электроустановочные изделия. На фронтальные поверхности таких коробов можно устанавливать элегантные мини-щитки СУВ-РН с автоматическими выключателями серии «Домовой» или Multi 9 (рис. 12.10).

Особенность алюминиевых каналов в том, что они могут быть окрашены на заводе в любой цвет. Кроме того, они прочны, долговечны, пожаростойки и имеют широкий ассортимент форм и размеров. Фронтальная крышка этих коробов может быть заламинирована под один из шести вариантов отделки под дерево (береза, клен, вишня, бук, дуб, махагон) или окрашена в любой цвет шкалы NCS или RAL, отличный от цвета основания короба. Короба с крышками, ламинированными «под дерево», выглядят более «богато», гармонируя с мебелью и предметами интерьера. (рис.12.11)

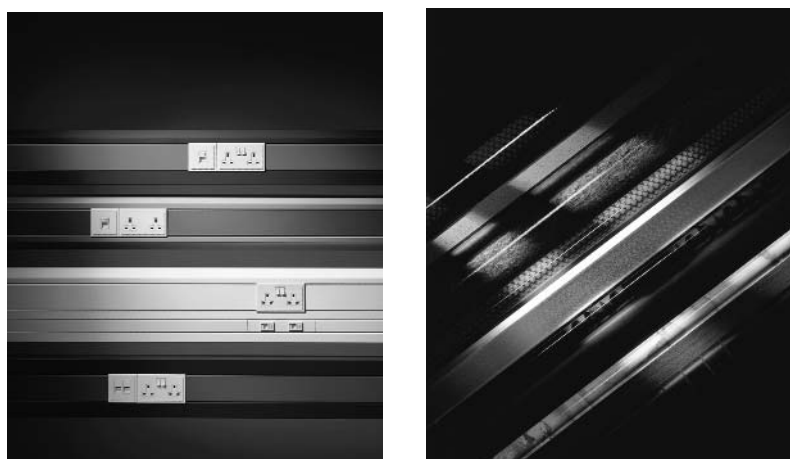


Рис. 12.11.

Часто используются анодированные алюминиевые кабель-каналы с розетками, окрашенными в цвет «металлик», гармонирующие с современной офисно-бытовой техникой и придающие помещению модный стиль “high-tech”.

Оригинальным решением для прокладки СКС в помещениях с мебелью, стоящей у стен, где кабель-канал должен проходить по периметру комнаты за шкафами, является использование плоского кабель-канала серии ВОА глубиной 22 мм с выносными установочными коробками для розеток. Такие коробки могут быть как белыми, так и цвета «металлик» (рис. 12.12).



Рис. 12.12.

При прокладке кабелей в бетонном полу можно использовать стальные коробки UFB-IG (рис. 12.13), предназначенные для ввода в них кабелей по гофротрубам или желобам и последующей установки на них розеточных лючков или мини-колонн. Также их можно использовать в качестве люка доступа к кабелям или ревизии для коммутации и поворота кабельной трассы в полу. Коробки имеют регулировку по высоте и переходные детали для соединения с трубами или металлическими желобами.

В такую коробку можно установить розеточные лючки серии UFB разной формы (прямоугольный, квадратный или круглый), в необходимых количествах и «начиненных» розетками различного назначения. Максимальное количество розеток может достигать 15 штук (рис. 12.14). Рамки лючков могут быть трех различных цветов, а углубление в крышке предназначено для укладки напольного покрытия, применяемого в помещении (ковролин, ламинат, паркет, керамическая плитка). Есть также маленькие лючки на 2-4 розетки (рис. 12.15), а также лючки с рамкой из нержавеющей стали и степенью защиты IP44.

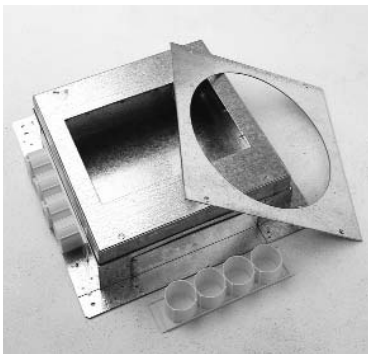


Рис. 12.13.



Рис. 12.14.

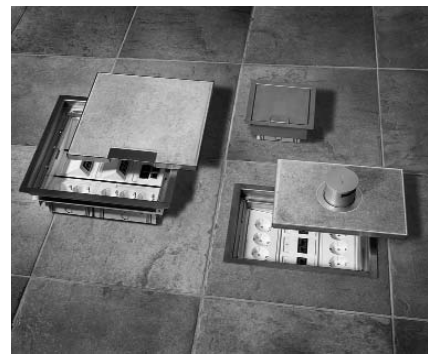


Рис. 12.15.

Для обустройства рабочих кабинетов и домашних кинотеатров рекомендуется использовать сервисные стойки из алюминия. Они могут иметь форму мини-колонн, которые легко можно спрятать под крышкой стола или на креслом, высоких колонн, свободно стоящих на массивном основании, смонтированы на стене или установлены враспор между потолком и полом, если подводка кабеля осуществляется из-под подвесного потолка. Особенно удачно гармонируют с серебристым цветом современной бытовой аудио и видеотехники мини-колонны POS (рис. 12.16) из анодированного алюминия. Мини-колонну POS-200 можно использовать, например, как опору для столешницы (рис. 12.17).



Рис. 12.16.



Рис. 12.17.

### Группа элитарности объекта MAXIMUM

Для объектов этой группы идеально подходят эксклюзивные короба DFK (рис. 12.18).



Рис. 12.18.

Кабельный короб DFK относится к так называемым дизайн-каналам. Он имеет неограниченные возможности по цветовой отделке и по использованию декоративных материалов и за счет применения сменных крышек различной формы позволяет создавать короб, органично вписывающийся в любой интерьер и отвечающий всем замыслам дизайнерского проекта. В случае замены в помещении обоев, штор или мебели на новые, достаточно только сменить крышки короба на другие, нужной формы и цвета, не нарушая при этом существующие электрические проводки, уже проложенные в основании короба. В случае необходимости в такие кабель-каналы легко добавляются новые кабели и электроустановочные изделия, а также легко осуществляется перемещение розеток и прочих электроустановочных изделий в нужное место в случае изменения расположения мебели и бытовой техники.

Такие кабель-каналы зачастую крепятся к стене на регулируемых кронштейнах и снизу к ним подвешиваются декоративные экраны из различных материалов (алюминий или стальной лист, ламинированная ДСП, перфорированный масонит в алюминиевой рамке) (рис. 12.19), закрывающие отопительные приборы.



Рис. 12.19.

На регулируемых кронштейнах, позволяющих компенсировать при монтаже неровности стен, особенно в реконструируемых помещениях старой постройки, монтируется своеобразный фальш-подоконник из накладных алюминиевых реек, не препятствующих движению теплого воздуха от отопительных приборов.

Дизайн-каналы имеют неограниченные возможности по цветовой отделке и за счет применения сменных крышек различной формы и молдингов позволяют создавать короб, отвечающий эстетическим запросам владельца помещения. Отделка может быть из натурального камня и дерева, шпона, ламината и т.д. (рис. 12.20).

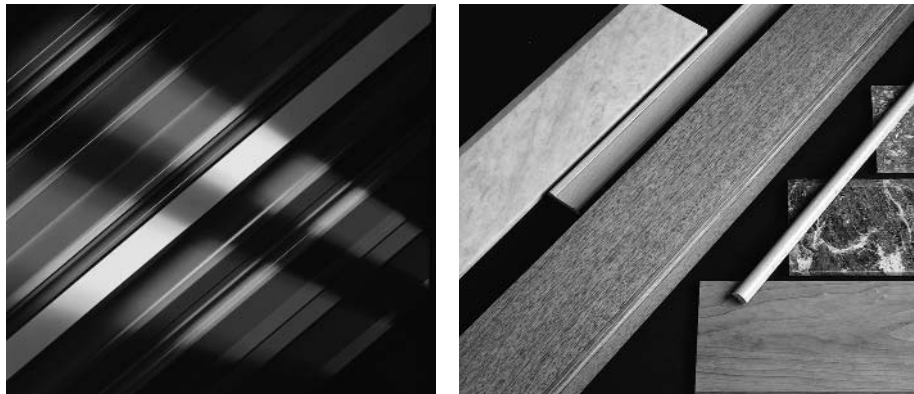


Рис. 12.20.

Для скрытия небольшого числа кабелей можно использовать короба из твердой натуральной сосны TMW (рис. 12.21). С помощью морилки можно придать им желаемый оттенок. Короба имеют противопожарную пропитку и весь необходимый набор фитингов. Такие короба будут хорошо вписываться в интерьер деревянных коттеджей, предбанников саун, кабинетов, отделанных стеновыми панелями под натуральное дерево.

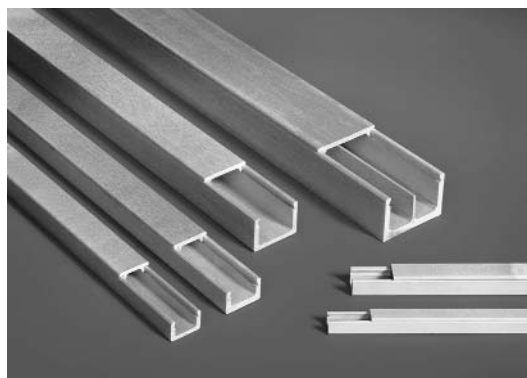


Рис. 12.21.



Для громкого оповещения, двухсторонней громкой связи, установки регуляторов освещения, выключателей, розеток компьютерной и телефонной сети в помещениях различного назначения (холлы, банкетные залы, посты охраны, тренажерные залы, хозяйственные или складские помещения, домашние кинотеатры, художественные галереи или выставочные залы и т.п.) удобно использовать настенные медиа-панели AVP-AT как наружной установки, так и утопленные вглубь стены (рис. 12.22).



Рис. 12.22.

Для оборудования домашних мастерских, гаражных и сервисных помещений для обслуживания автомашин очень удобно использовать алюминиевые колонны и мини-колонны серии InduSign, по которым могут подводиться на рабочее место, помимо электрического питания, вода, сжатый воздух, вытяжная вентиляция, вакуум и т. п, т. е. все функции, необходимые для сервисного обслуживания и ремонта автомобилей (рис. 12.23). На базе таких колонн при помощи простой мебельной доски и угловых кронштейнов можно оборудовать мини-рабочие места.



Рис. 12.23.

Если же в помещении проживают лежачие больные люди, требующие постоянного медицинского ухода, то в этом случае оптимальным решением является использование прикроватных консолей MWU. Консоли служат для подводки к кровати больного медицинских газов, освещения, размещения системы вызова медперсонала DeltaCall и прочих необходимых функций для обслуживания лежачего больного (рис. 12.24). Прикроватные медицинские консоли MWU имеют регистрационное удостоверение Минздрава РФ.



Рис. 12.24.

И в завершение необходимо отметить, что высококачественный монтаж возможен только при использовании монтажных материалов соответствующего качества (рис. 12.25). Например, установка монтажных коробок с поворотным кольцом и фиксаторами, позволяющими объединять несколько коробок в блоки, дает возможность идеально ровного и качественного группового монтажа электроустановочных изделий рамочной конструкции в стену. Для каждого типа материала стен и потолка жилого помещения должен подбираться правильный крепежный материал, гарантирующий надежное закрепление присоединяемых предметов интерьера. Переделка интерьеров из-за применения некачественного крепежного материала будет, в конечном итоге, слишком дорого стоить.



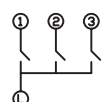
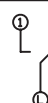

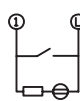
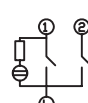
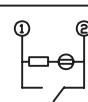
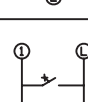
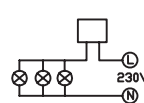


Рис. 12.25.

### 12.3. Электроустановочные изделия "Этюд™" фирмы LEXEL

Рекомендуемая к применению в жилище повышенной комфортности серия электроустановочных изделий Этюд™ фирмы LEXEL соответствует требованиям нижеследующих российских и международных стандартов: розетки – ГОСТ Р 51322.1-99 (МЭК 60884-1-94); выключатели – ГОСТ Р 51324.1-99 (МЭК 60669-1-98); диммеры – ГОСТ Р 51324.2.1-99 (МЭК 60669-2-1-96).

Эта серия создана специально для российского рынка, имеет привлекательный дизайн, проста и удобна для монтажа. Изделия предназначены для внутреннего и наружного монтажа. Внутренний монтаж используется при скрытой прокладке проводов, наружный – при прокладке проводов без штрабления стен.

Тип (артикул)		Наименование	Электрическая схема	Электрические параметры	Примечание
Внутренний монтаж	Открытый монтаж				
1	2	3	4	5	6
BC10-001	BA10-001	Выключатель однополюсный одноклавишный		10 А, 250 В, 2300 Вм	
BC10-002	BA10-002	Выключатель однополюсный двухклавишный			
BC10-003	—	Выключатель однополюсный трехклавишный			
BC10-004	BA10-004	Выключатель однополюсный трехклавишный		10 А, 250 В, 2300 Вм	
KC10-001	KA10-001	Выключатель-кнопка однополюсный		10 А, 250 В, 2300 Вм	
BC10-005	BA10-005	Выключатель с индикатором одноклавишный		10 А, 250 В, 2300 Вм	
BC10-006	BA10-006	Выключатель с индикатором двухклавишный			
BC10-007	BA10-007	Переключатель одноклавишный с индикатором		10 А, 250 В, 2300 Вм	
KC10-002	KA10-002	Выключатель-кнопка однополюсный с индикатором		10 А, 250 В, 2300 Вм	
DC-001	—	Светорегулятор (диммер) поворотный		230 В, 50 Гц, 60–300 Вм	Для ламп накаливания и галогенных ламп
PC16-044	—	Розетка выхлопозащитная, с заземлением, со шторками	—	16 А, 250 В, 3680 Вм	IP44

Простоту и удобство монтажа обеспечивает моноблочная конструкция изделия.

Крепление устройств выполняется винтами или лапками в монтажные коробки 60/70 мм. Пока изделие не установлено, монтажные лапки прижаты к корпусу, что делает удобным начало монтажа.

Основные технические данные электроустановочных изделий Этюд™ приведены в табл. 12.4. Так как все изделия выпускаются двух цветов: белый и кремовый, то в типе (артикуле) после обозначения типа указывается буква «в» (белый) или «к» (кремовый).

Таблица 12.4 (окончание)

1	2	3	4	5	6
PC16-001	PA16-001	Розетка без шторок	—	16 А, 250 В, 3680 Вм	
PC16-002	PA16-002	Розетка со шторками	—		
PC16-003	PA16-003	Розетка с заземлением, без шторок	—		
PC16-004	PA16-004	Розетка с заземлением, со шторками	—		
PC16-005	PA16-005	Двойная розетка без шторок	—	16 А, 250 В, 3680 Вм	
PC16-006	PA16-006	Двойная розетка со шторками	—		
PC16-007	PA16-007	Двойная розетка с заземлением, без шторок	—		
PC16-008	PA16-008	Двойная розетка с заземлением, со шторками	—		
TVC-001	—	Розетка телевизионная одиночная	—	FM-TV 2dB	
TVC-002	—			TV-0,7 dB	
TELC-001	—	Розетка телевизионная	—	RJ11	
КОМС-001	—	Розетка компьютерная	—	RJ45	

Исполнение изделий – IP20, за исключением пыле-, влагозащищенных розеток.

Влагозащитные изделия (IP44) для внутреннего монтажа являются оптимальным решением для установки в помещениях с повышенной влажностью.

Для обеспечения электробезопасности в серии Этюд™ представлены розетки со шторками. Металлические части механизма закрыты пластиком, контакты полностью изолированы. Конструкция металлических контактов обеспечивает надежное крепление вилки в розетке. Конструкция изделий исключает возможность короткого замыкания или поражения электрическим током. Выключатели 10 А подходят для большинства типов ламп, включая люминесцентные.

## 12.4. Электроустановочные изделия фирмы UNICA

Электроустановочные изделия фирмы UNICA отличаются повышенными эстетическими качествами и удачно вписываются в интерьер любых дизайнерских решений. Серия этих установочных изделий включает выключатели и переключатели; силовые, телевизионные, телефонные и компьютерные розетки; диммеры; термостаты; датчики движения; коробки для монтажа; рамки с декоративными элементами с широкой гаммой цветов.

В табл. 12.5 приведены основные данные электроустановочных изделий фирмы UNICA. Корпуса всех изделий выпускаются двух цветов: белый и бежевый. В типе изделия при его заказе вместо многоточия указывают «18» – для белого цвета, «25» – для бежевого.

Изделия предназначены для монтажа и эксплуатации в сухих помещениях. Класс защиты IP20.

Выключатели и переключатели предназначены для коммутации цепей электропроводки общего назначения напряжением до 250 В.

Выключатели с неоновой лампой синего цвета помогут легче найти выключатель в темном помещении. Выключатели с неоновой лампой янтарного цвета служат для контроля нагрузки. Максимальный ток неоновой лампы 1 мА. Выключатели питания устанавливаются в монтажную коробку на винтах либо на распорных лапках.

Для наружного монтажа выключателей питания UNICA с рамками различных типов используется установочная коробка для наружного монтажа: на одно место – U8.002.XX, на два места – U8.004.XX, на три места – U8.006.XX.

Выключатель для жалюзи выпускается в двух модификациях:

- с фиксацией, то есть выключатель для непосредственного включения привода жалюзи без автоматического блока управления;
- без фиксации, то есть нажимной, для управления приводом жалюзи через автоматическую систему управления.

Выключатель для жалюзи имеет механическую и электрическую блокировку от одновременного запуска привода в обоих направлениях.

Все выключатели снабжены шумокомпенсаторами.

*Силовые розетки* предназначены для электропроводки общего назначения напряжением до 250 В, максимальный ток нагрузки 16 А.

В розетках предусмотрено защитное устройство, автоматически закрывающее гнезда штепсельной розетки при вынутой вилке – «защитные шторки» (кроме U5.036....).

Монтаж силовых розеток осуществляется аналогично выключателям.

Клеммы для монтажа проводов имеют однорядное подключение, что упрощает монтаж изделия. Клеммы позволяют надежно соединять провода различного диаметра благодаря специальной шайбе со сводчатой конструкцией (разработка Schneider Group).

Для визуального определения сетей «чистого», или бесперебойного питания используется розетка с наружной частью красного цвета.

*Телевизионные розетки* предназначены для подсоединения телевизионного кабеля и работы в диапазоне частот 47-860 МГц.

Эти розетки выпускаются 3-х исполнений: одиночные, оконечные и проходные. Кроме того, они используются для приема радиосигналов.

ТВ-розетки распределяют сигнал, приходящий по одному кабелю на два выходных коннектора диаметром 9,5 мм.

На NV-выход (male) подается сигнал в диапазоне частот 47-860 МГц – для подключения телеприемника.

На FM-выход (female) подается сигнал в диапазоне частот 87-108 МГц – радиоприемника.

Корпус телевизионной розетки выполнен из специального цинко-алюминиевого сплава Zamak, что обеспечивает электромагнитное экранирование пассивных элементов, заключенных внутри, и позволяет достичь оптимальных характеристик, необходимых для получения качественного видео- и аудио-сигнала.

*Розетки телефонные* предназначены для подключения телефонов, модемов, факсов к телефонной сети.

Монтаж розеток осуществляется аналогично силовым розеткам.

Телефонная розетка RJ11 имеет винтовые контакты для присоединения телефонных проводов и обеспечивает скорость передачи данных до 16 Мб/с.

*Компьютерные розетки* предназначены для подключения сетевого оборудования (локальных компьютеров, телефонов, принтеров и факсов) к компьютерной сети.

Компьютерная розетка RJ45 категории 5е служит для подсоединения оборудования к сетям Ethernet, ADSL, ISDN, компьютерным и телефонным сетям через неэкранированную витую пару (UTP) и обеспечивает скорость передачи данных до 100 Мб/с.

*Электронные светорегуляторы* (диммеры) предназначены для коммутации и плавного изменения яркости ламп накаливания, люминесцентных ламп и галогенных ламп с электронным или ферромагнитным трансформатором в сетях электропроводки общего назначения напряжением  $23\text{ В} \pm 10\%$ , 50 Гц, мощностью 40-500 Вт.

Для защиты от короткого замыкания в диммерах предусмотрена автоматическая система, которая отключает устройство при КЗ. Когда параметры сети восстанавливаются, диммер U5.558... автоматически включается в работу. Остальные модификации диммера поставляются со сменной плавкой вставкой (1,5 А).

Клеммы диммера предназначены для подключения проводов сечением до 2,5 мм<sup>2</sup>.

По способу управления диммеры разделяются на поворотные, поворотно-нажимные и нажимные. Нажатием на ручку поворотно-нажимного диммера свет включается, вращением ручки устанавливается требуемая яркость. В нажимном диммере свет включается кратковременным нажатием на клавишу, регулировка осуществляется длительностью нажатия.

К нажимному диммеру допускается подключать до 25 кнопочных выключателей или до

5 кнопочных выключателей с индикаторной лампой для удаленного управления освещенностью.

*Электронный термостат* предназначен для коммутации цепей электропроводки с приборами независимого отопления, вентиляции или кондиционирования напряжение  $230\text{ В} \pm 10\%$ , 50 Гц, с максимальным током нагрузки до 8 А. Диапазон регулируемых температур – от +5°C до +30°C чувствительностью 0,5°C.

Выходные термостаты представляют собой нормально разомкнутый и нормально замкнутый «сухой контакт».

Клеммы термостата предназначены для подключения проводов сечением до 2,5 мм<sup>2</sup>.

*Датчик движения* предназначен для включения нагрузки при обнаружении движения человека в контролируемой датчиком зоне.

Применяется для включения ламп накаливания и галогенных ламп с ферромагнитным трансформатором мощностью 40-500 Вт в цепях напряжением  $230\text{ В} \pm 10\%$ , 50 Гц.

В датчике движения предусмотрено регулирование времени включения нагрузки в пределах 10 с – 5 мин и регулирование минимальной освещенности, при которой срабатывает датчик в пределах 5-1000 люкс.

Датчик движения может быть установлен вместо обычного выключателя без подведения дополнительной линии нейтрали. При этом обеспечивается «плавное» включение/выключение света.

В датчике движения возможны три режима работы:

режим OFF – нагрузка постоянно отключена;

режим ON – нагрузка постоянно включена;

режим AUTO – нагрузка включается в зависимости от уровня освещенности и обнаружения движения.

Клеммы датчиков движения предназначены для подключения проводов сечением до 2,5 мм<sup>2</sup>.

*Коробки для наружного монтажа* используются при наружной прокладке проводов. Эти коробки изготавливаются на 1, 2 или 3 места. Снаружи любых электроустановочных изделий крепятся декоративные рамки UNICA или рамки UNICA «Хамелеон». Гамма цветов рамок UNICA – 6 видов, гамма цветов рамок UNICA «Хамелеон» – 18 видов.

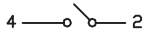
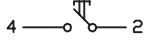
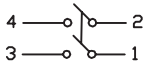
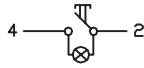

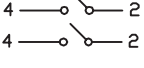
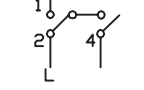
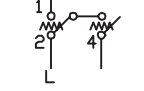
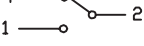
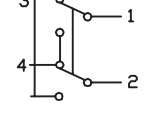
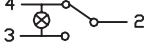
Тип	Наименование	Краткая характеристика	Электрическая схема	Электрические параметры	Примечание	
1	2	3	4	5	6	
U5.201....Z	Выключатель	Одноклавишный		10 А, 250 В	Механизм с быстрозаземленными контактами	
U5.206....Z		Одноклавишный кнопочный				
U5.262....Z		Двухполюсный одноклавишный				
U5.206...NZ		Одноклавишный кнопочный с лампой				
U5.262...SZ		Двухполюсный одноклавишный с лампой		16 А, 250 В		Механизм с винтовыми контактами
U5.221....Z		Двухклавишный		10 А, 250 В		Механизм с быстрозаземленными контактами
U5.208....Z		Для жалюзи				
U5.207....Z		Нажимной для жалюзи				
U5.203....Z	Переключатель	Одноклавишный		10 А, 250 В		
U5.205....Z		Одноклавишный перекрестный				
U5.203...NZ	Переключатель	Одноклавишный с лампой		10 А, 250 В		

Таблица 12.5 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	
U5.205...NZ	Переключатель	Одноклавишный перекрестный с лампой		10 А, 250 В	Механизм с быстроразземленными контактами	
U5.223...Z		Двухклавишный				
U5.223...NZ		Двухклавишный с лампой				
U5.037...Z	Розетка силовая	С 3/к со шторками	—	16 А, 250 В	Коннектор male типа CEI 9,5 TV левый; коннектор female типа CEI 9,5 FM правый	
U5.036...Z		С 3/к	—			
U5.033...Z		Без 3/к со шторками	—			
U5.452...Z		TV/FM оконечная	—			
U5.453...Z		Розетка телевизионная	TV/FM проходная			—
U5.451...Z		TV/FM одиночная	—			
U3.454...	Розетка телевизионная	Радио/ TV/ спутник	—	47–860 МГц	Коннектор male типа CEI 9,5 TV левый; коннектор female типа CEI 9,5 FM правый	
U5.492...Z	Розетка телефонная	1 x RJ11	—	4 контакта		
U5.2490...Z		2 x RJ11	—			
U5.471...Z	Розетка компьютерная	1 x RJ45	—			
U5.2470...Z		2 x RJ45	—			



Таблица 12.5 (окончание)

1	2	3	4	5	6
U5.552....Z	Диммер для ламп накаливания галогенных ламп	Поворотный	—	230 В, 40–300 Вт	
U5.553....Z		Поворотный с ферромагнитным трансформатором	—		
U5.558....Z		Нажимной ферромагнитным трансформатором	—	230 В, 40–500 Вт	
U5.500....Z	Термостат	Электронный		230 В, 8 А, от 5 до 30 °С	
U5.548....Z	Датчик движения	Инфракрасный (ИК)	—	230 В, 40–500 Вт, 5–1000 люкс	Режимы работы: OFF— нагрузка отключена, ON— нагрузка включена, AUTO— нагрузка включена от уровня освещенности и обнаружения движения
U8.002....	Коробки для наружного монтажа	1 место	—	—	
U8.004....	Коробки для наружного монтажа	2 места	—	—	
U8.006....	Коробки для наружного монтажа	3 места	—	—	
U2.002....M	Рамки UNICA	1 место моноблок	—	—	
U2.002....		1 место с декоративным элементом			
U2.004....		2 места с декоративным элементом			
U2.006....		3 места с декоративным элементом			
U2.008....		4 места с декоративным элементом			

## Глава 13. Состав проектной документации для заказа и изготовления электрооборудования и выполнения электрических проводок

Проектированию электроустановок в жилых домах и коттеджах предшествует составление совместно с заказчиком технического задания (ТЗ). В табл. 13.1 приведен пример оформления ТЗ на проектирование электрооборудования квартир. Аналогично составляется ТЗ и по коттеджу. В этих ТЗ учитываются пожелания заказчика. На основании этих данных выполняется расчет электрических нагрузок.

Таблица 13.1

Пример оформления технического задания на проектирование электрооборудования квартир

№ п/п	Потребители электроэнергии	Помещения								
		холл	под-собное помещение	кухня	туалет	ванная	гости-ная	спальня	детская	кабинет
1.	Электрическое освещение, кВт	0,1	0,06	0,3	0,06	0,1	0,48	0,1	0,18	0,18
2	Число розеток на ток 10(16) А	2	1	6	—	4	6	4	6	4
3	Электрическая плита, кВт	—	—	10,5	—	—	—	—	—	—
4	Холодильник с морозильной камерой	—	—	+	—	—	—	—	—	—
5	Микроволновая печь	—	—	+	—	—	—	—	—	—
6	Посудомоечная машина	—	—	+	—	—	—	—	—	—
7	Стиральная машина	—	—	—	—	+	—	—	—	—
8	Прямоточный водонагреватель	—	—	+	—	+	—	—	—	—
9	Джакузи	—	—	—	—	+	—	—	—	—
10	Душевая кабина	—	—	—	—	+	—	—	—	—
11	Домашний кинотеатр	—	—	—	—	—	+	—	—	—
12	Персональный компьютер	—	—	—	—	—	—	—	+	+
13	Теплый пол	—	—	+	+	+	—	+	+	—

подпись заказчика

подпись исполнителя

Если квартира или коттедж, расположенный в коттеджном поселке, относятся к новому строительству, по которому были выданы технические условия энергоснабжающей организацией, а полученные расчетные значения нагрузок не превышают разрешенных для этих потребителей, то далее можно продолжить выполнение проектных работ.

В случае выполнения проектных работ для существующих или реконструируемых квартир или коттеджей, а также при превышении расчетной нагрузки по сравнению с заданной необходимо получить разрешение от энергоснабжающей организации на подключение к электрическим сетям.

Для получения разрешения на пользование электроэнергией потребитель-заказчик должен подать заявку в энергоснабжающую организацию, к сетям которой планируется присоединение. В заявке должно быть указано:

- наименование объекта;
- место расположения;
- расчетная нагрузка, кВт;

- уровень напряжения (0,23; 0,4), кВ;
- вид ввода (однофазный, трехфазный);
- необходимость применения электроэнергии для отопления и горячего водоснабжения.

После получения заявки от потребителя энергоснабжающая организация (сети энергосистемы, городские и районные сети коммунального хозяйства, предприятия, организации и т.д.) в установленный срок выдает технические условия (ТУ), в которых должны быть указаны:

- точка присоединения;
- уровень напряжения и согласованная нагрузка подключаемого объекта;
- требования к устройству защиты, автоматике, изоляции и защите от перенапряжения;
- требования к расчетному учету электроэнергии;
- рекомендации по привлечению проектной организации и применению типовых проектов;
- необходимость получения разрешения от органов Госэнергонадзора на применение электроэнергии для отопления и горячего водоснабжения;
- данные о перспективе развития сети;
- рекомендации по организации эксплуатации электроустановки.

Энергоснабжающая организация, выдающая ТУ, несет ответственность за их достаточность в обеспечении возможности безопасной эксплуатации присоединенных к ее сетям электроустановок. Выполнение технических условий обязательно для потребителей и проектных организаций, разрабатывающих проекты электроснабжения.

Для квартир повышенной комфортности и коттеджей при суммарной установленной мощности более 10 кВт является обязательным выполнение проекта электроснабжения, в котором должны быть:

- схема внешнего и внутриобъектного электроснабжения;
- схема внутренних проводок (типы проводов и способы их прокладки);
- схема вводных устройств;
- расчет электрических нагрузок;
- выбор уставок автоматов и плавких вставок предохранителей;
- заземление или зануление (при необходимости);
- установка устройства защитного отключения на вводе (при необходимости – в точке присоединения объекта к питающей сети);
- расчетный учет электроэнергии.

Для объектов с суммарной установленной мощностью менее 10 кВт может быть выполнен чертеж-проект, в котором должны быть отражены:

- схема внешнего и внутриобъектного электроснабжения с указанием типов и уставок защитных аппаратов, сечений и марок проводов, расчетных токов, приборов учета электроэнергии, присоединения к питающей сети;
- ситуационный план расположения электрооборудования, прокладки кабелей, проводов, заземляющих или зануляющих проводников.

В состав проекта включаются также:

- спецификация электрооборудования, изделий и материалов;
- пояснения, указания, примечания (при необходимости).

Проект электроснабжения (чертеж-проект) подлежит согласованию с энергоснабжающей организацией, выдавшей технические условия, и местным органом Госэнергонадзора.

Вся перечисленная выше проектная документация является необходимой и достаточной для относительно простых (типовых) объектов и для проведения согласований.

Как правило, для элитного жилища, насыщенного различными электропотребителями, чтобы правильно выбрать электрооборудование и выполнить электромонтажные работы, указанных выше проектных материалов недостаточно. На основании опыта проектирования жилых домов и коттеджей представляется целесообразным в проект включать следующие материалы:

Строительные задания:

- на электропомещения (как правило, для коттеджей площадью более 600 м<sup>2</sup>);
- на проемы в стенах и межэтажных перекрытиях для выполнения электрических проводок;

- на ниши для установки электрических шкафов;
- на закладные детали для установки кабельных конструкций;
- на металлические конструкции для подвески люстр;
- на закладные детали для «теплых» полов и стен.

Электропомещения, каналы, ниши, закладные детали для электропроводок должны предусматриваться в архитектурно-строительных чертежах на основании указанных строительных заданий.

Электрическое освещение:

- светотехническая часть;
- электротехническая часть.

Задание на изготовление нестандартного электрооборудования (шкафов, щитов и т.п.).

Чертежи прокладки кабелей.

Чертежи по молниезащите.

Объем проектных материалов по разделам, связанным с интеллектуализацией зданий, приведен в п. 7.1.

## Приложение 1

### Нормативная документация

№ п/п	Обозначение нормативного документа	Наименование документа	Год выпуска, издатель
<b>I</b>	<b>Стандарты</b>		
1.1	ГОСТ 12.4.155–85	Устройства защитного отключения. Классификация. Общие требования	1985 г., Госстандарт СССР
1.2	ГОСТ Р 50571.1–93 (МЭК 364-1–72, МЭК 364-2–70)	Электроустановки зданий. Основные положения	1993 г., Госстандарт РФ
1.3	ГОСТ Р 50571.2–94 (МЭК 364-3–93)	Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики	1995 г., Госстандарт РФ
1.4	ГОСТ Р 50571.3–94 (МЭК 364-4-41–92)	Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током	1994 г., Госстандарт РФ
1.5	ГОСТ Р 50571.8–94 (МЭК 364-4-47–81)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Требования по применению мер защиты от поражения электрическим током	1994 г., Госстандарт РФ
1.6	ГОСТ Р 50571.4–94 (МЭК 364-4-42–80)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий	1995 г., Госстандарт РФ
1.7	ГОСТ Р 50571.5–94 (МЭК 364-4-42–80)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока	1994 г., Госстандарт РФ
1.8	ГОСТ Р 50571.6–94 (МЭК 364-4-45–84)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от понижения напряжения	1994 г., Госстандарт РФ
1.9	ГОСТ Р 50571.7–94 (МЭК 364-4-46–81)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Отделение, отключение, управление.	1994 г., Госстандарт РФ
1.10	ГОСТ Р 50571.9–94 (МЭК 364-4-473–77)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Применение мер защиты от сверхтоков	1995 г., Госстандарт РФ
1.11	ГОСТ Р 50571.10–96 (МЭК 364-5-54–80)	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники	1996 г., Госстандарт РФ
1.12	ГОСТ Р 50571.11–96 (МЭК 364-7-701–84)	Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 701. Ванные и душевые помещения	1996 г., Госстандарт РФ
1.13	ГОСТ Р 50571.12–96 (МЭК 364-7-703–84)	Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 703. Помещения, содержащие нагреватели для сауны	1996 г., Госстандарт РФ
1.14	ГОСТ Р 50571.13–96 (МЭК 364-7-706–83)	Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 706. Стесненные помещения с проводящим полом, стенами и потолком	1996 г., Госстандарт РФ
1.15	ГОСТ Р 50571.14–97 (МЭК 364-7-705–84)	Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам и особым помещениям. Электроустановки в животноводческих помещениях	1997 г., Госстандарт РФ
1.16	ГОСТ Р 50571.15–97 (МЭК 364-5-52–93)	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки	1997 г., Госстандарт РФ
1.17	ГОСТ Р 50571.16–99 (МЭК 60364-6-61–86)	Электроустановки зданий. Часть 6. Испытания. Глава 61. Прием-сдаточные испытания	1999 г., Госстандарт РФ
1.18	ГОСТ Р 50571.17–2000 (МЭК 60364-4-482–82)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 48. Выбор мер защиты в зависимости от внешних условий. Раздел 482. Защита от пожара	2001 г., Госстандарт РФ
1.19	ГОСТ Р 50571.18–2000 (МЭК 60364-4-442–93)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 442. Защита электроустановок до 1 кВ от перенапряжений, вызванных замыканиями на землю в	2001 г., Госстандарт РФ

№ п/п	Обозначение нормативного документа	Наименование документа	Год выпуска, издатель
		электроустановках выше 1 кВ	
1.20	ГОСТ Р 50571.19–2000 (МЭК 60364-4-443–95)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений	2001 г., Госстандарт РФ
1.21	ГОСТ Р 50571.20–2000 (МЭК 60364-4-444–96)	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями	2001 г., Госстандарт РФ
1.22	ГОСТ Р 50571.21–2000 (МЭК 60364-5-548–96)	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации	2001 г., Госстандарт РФ
1.23	ГОСТ Р 50571.22–2000 (МЭК 60364-7-707–84)	Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации	2001 г., Госстандарт РФ
1.24	ГОСТ Р 50571.23–2000 (МЭК 60364-7-704–89)	Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 704. Электроустановки строительных площадок	2001 г., Госстандарт РФ
1.25	ГОСТ Р 50571.24–2000 (МЭК 60364-5-51–97)	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 51. Общие требования	2001 г., Госстандарт РФ
1.26	ГОСТ Р 50571.25–2001	Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки зданий и сооружений с электрообогревательными полами и поверхностями	2002 г., Госстандарт РФ
1.27	ГОСТ Р 50571.26–2002	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений	2004 г., Госстандарт РФ
1.28	ГОСТ Р МЭК 449–46	Электроустановки зданий. Диапазоны напряжений	1996 г., Госстандарт РФ
1.29	ГОСТ Р МЭК 61140–2000	Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи	2001 г., Госстандарт РФ
1.30	ГОСТ Р 51321.1–2000 (МЭК 60439-1–92)	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний	2001 г., Госстандарт РФ
1.31	ГОСТ Р 51321.3–99 (МЭК 60439-3–90)	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 3. Дополнительные требования к устройствам распределения и управления, предназначенным для эксплуатации в местах, доступных неквалифицированному персоналу, и методы испытаний	1999 г., Госстандарт РФ
1.32	ГОСТ Р 51321.4–2000 (МЭК 60439-4–90)	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 4. Дополнительные требования и методы испытаний устройств распределения и управления для строительных площадок	2001 г., Госстандарт РФ
1.33	ГОСТ Р 51321.5–99 (МЭК 60439-5–98)	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 5. Дополнительные требования к устройствам распределения и управления, предназначенным для наружной установки в общедоступных местах (распределительным шкафам)	1999 г., Госстандарт РФ
1.34	ГОСТ Р 51628–2000	Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия	2000 г., Госстандарт РФ
1.35	ГОСТ Р 51732–2001	Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия	2000 г., Госстандарт РФ
1.36	ГОСТ Р 51778–2001	Щитки распределительные для производственных и	2000 г.,

№ п/п	Обозначение нормативного документа	Наименование документа	Год выпуска, издатель
		общественных зданий. Общие технические условия	Госстандарт РФ
1.37	ГОСТ Р 50807–95 (МЭК 755–83)	Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током. Общие требования и методы испытаний	1996 г., Госстандарт РФ
1.38	ГОСТ Р 51326.1–99 (МЭК 61008-1–96)	Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний	2000 г., Госстандарт РФ
1.39	ГОСТ Р 51326.2.1–99 (МЭК 61008-2-1–90)	Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. Часть 2-1. Применяемость основных норм к ВДТ, функционально независимым от напряжения сети	2000 г., Госстандарт РФ
1.40	ГОСТ Р 51326.2.2–99 (МЭК 61008-2-2–90)	Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. Часть 2-2. Применяемость основных норм к ВДТ, функционально зависящим от напряжения сети	2000 г., Госстандарт РФ
1.41	ГОСТ Р 51327.1–99 (МЭК 61009-1–96)	Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний	2000 г., Госстандарт РФ
1.42	ГОСТ Р 51327.2.1–99 (МЭК 61009-2-1–91)	Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 2-1. Применяемость основных норм к АВДТ, функционально независимым от напряжения сети	2000 г., Госстандарт РФ
1.43	ГОСТ Р 51327.2.2–99 (МЭК 61009-2-2–91)	Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 2-2. Применяемость основных норм к АВДТ, функционально зависящим от напряжения сети	2000 г., Госстандарт РФ
1.44	ГОСТ Р 51328–99 (МЭК 61540–97)	Устройства защитного отключения переносные бытового и аналогичного назначения, управляемые дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтоков (УЗО-ДП). Общие требования и методы испытаний	2000 г., Госстандарт РФ
1.45	ГОСТ Р 50345–99 (МЭК 60898–95)	Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения	2000 г., Госстандарт РФ
1.46	ГОСТ Р 50031–99 (МЭК 60934–94)	Автоматические выключатели для электрооборудования (АВО)	2000 г., Госстандарт РФ
1.47	ГОСТ Р 51731–2001 (МЭК 61095–92)	Контакты электромеханические бытового и аналогичного назначения	2000 г., Госстандарт РФ
1.48	ГОСТ Р 50030.1–2000 (МЭК 60947-1–99)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие требования и методы испытаний	2001 г., Госстандарт РФ
1.49	ГОСТ Р 50030.2–99 (МЭК 60947-2–98)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели	2000 г., Госстандарт РФ
1.50	ГОСТ Р 50030.3–99 (МЭК 60947-3–99)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 3. Выключатели, разъединители, выключатели-разъединители и комбинации их с предохранителями	2000 г., Госстандарт РФ
1.51	ГОСТ Р 50030.4.1–2002	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4.1. Контакты и пускатели. Электромеханические контакторы и пускатели	2004 г., Госстандарт РФ
1.52	ГОСТ Р 50030.5.1–99 (МЭК 60947-5-1–97)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5.1. Аппараты и	2000 г., Госстандарт РФ

№ п/п	Обозначение нормативного документа	Наименование документа	Год выпуска, издатель
		коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические аппараты для цепей управления	
1.53	ГОСТ Р 50030.5.5–2000 (МЭК 60947-5-5–97)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5.5. Аппараты и элементы коммутации для цепей управления. Электрические устройства срочного останова с функцией механического защелкивания	2001 г., Госстандарт РФ
1.54	ГОСТ Р 50030.6.2–2000 (МЭК 60947-6-2–92)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 6. Аппаратура многофункциональная. Раздел 2. Коммутационные устройства (или оборудование) управления и защиты	2001 г., Госстандарт РФ
1.55	ГОСТ Р 50030.7.1–2000 (МЭК 60947-7-1–89)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7. Электрооборудование вспомогательное. Раздел 1. Клеммные колодки для медных проводников	2001 г., Госстандарт РФ
1.56	ГОСТ Р 50030.7.2–2000 (МЭК 60947-7-2–95)	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7. Электрооборудование вспомогательное. Раздел 2. Клеммные колодки защитных проводников для присоединения медных проводников	2001 г., Госстандарт РФ
1.57	ГОСТ 30011.4.1–96 (МЭК 947-4-1–90)	Низковольтная аппаратура распределения и управления. Часть 4. Контактторы и пускатели. Раздел 1. Электромеханические контактторы и пускатели	1998 г., Госстандарт РФ
1.58	ГОСТ Р МЭК 60715–2003	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на рейках электрических аппаратов в низковольтных комплектных устройствах распределения и управления	2004 г., Госстандарт РФ
1.59	ГОСТ 30030–93 (МЭК 742–83)	Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы	1998 г., Госстандарт РФ
1.60	ГОСТ Р 50339.0–92 (МЭК 269-1–86) Действуют также: ГОСТ Р 50339.1–92; ГОСТ Р 50339.2–92; ГОСТ Р 50339.3–92; ГОСТ Р 50339.4–92	Низковольтные плавкие предохранители. Общие требования	1993 г., Госстандарт РФ
1.61	ГОСТ Р МЭК 60173–99	Расцветка жил гибких кабелей и шнуров	1999 г., Госстандарт РФ
1.62	ГОСТ Р МЭК 60227-1–99 Действуют также: ГОСТ Р МЭК 60227-2–99; ГОСТ Р МЭК 227-3–94; ГОСТ Р МЭК 227-4–94; ГОСТ Р МЭК 227-5–94; ГОСТ Р МЭК 227-6–94; ГОСТ Р МЭК 227-7–98	Кабели с поливинилхлоридной изоляцией на номинальное напряжение до 450/750 В включительно. Общие требования	2000 г., Госстандарт РФ
1.63	ГОСТ Р МЭК 245-1–97 Действуют также: ГОСТ Р МЭК 245-2–97; ГОСТ Р МЭК 245-3–97; ГОСТ Р МЭК 245-4–97; ГОСТ Р МЭК 245-5–97; ГОСТ Р МЭК 245-6–97; ГОСТ Р МЭК 245-7–97	Кабели с резиновой изоляцией на номинальное напряжение до 450/750 В включительно. Общие требования	1997 г., Госстандарт РФ
1.64	ГОСТ Р 51322.1–99 (МЭК 60884-1-94) Действуют также: ГОСТ Р 51322.2.2–99; ГОСТ Р 51322.2.4–99; ГОСТ Р 51322.2.5–99; ГОСТ Р 51322.2.6–99	Соединители электрические штепсельные бытового и аналогичного назначения. Часть 1. Общие требования и методы испытаний	2000 г., Госстандарт РФ
1.65	ГОСТ Р 51324.1–99	Выключатели для бытовых и аналогичных	2000 г.,



№ п/п	Обозначение нормативного документа	Наименование документа	Год выпуска, издатель
	(МЭК 60669-1-98) Действуют также: ГОСТ Р 51324.2.1-99; ГОСТ Р 51324.2.2-99; ГОСТ Р 51324.2.3.	стационарных электрических установок. Часть 1. Общие требования и методы испытаний	Госстандарт РФ
1.66	ГОСТ Р МЭК 536-94	Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током	1994 г., Госстандарт РФ
1.67	ГОСТ Р МЭК 60536-2-2001	Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током. Часть 2. Руководство для пользователей по защите от поражения электрическим током	2002 г., Госстандарт РФ
1.68	ГОСТ Р 50462-92 (МЭК 446-89)	Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям	1993 г., Госстандарт РФ
1.69	ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89)	Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)	1997 г., Госстандарт РФ
1.70	ГОСТ 29322-92 (МЭК 38-83)	Стандартные напряжения	1992 г., Госстандарт РФ
1.71	ГОСТ 28249-93	Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ	1993 г., Госстандарт РФ
1.72	ГОСТ 12.1.038-82 (с изменениями от 01.07.88)	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов	1987 г., Госстандарт СССР
1.73	МЭК 1024-1	Молниезащита сооружений. Часть 1. Общие положения	1990 г., Госстандарт РФ
1.74	МЭК 1024-1-1	Молниезащита сооружений. Часть 1. Общие положения. Раздел 1. Руководство А – выбор уровней (категорий) защиты для систем	1993 г., Госстандарт РФ
1.75	ГОСТ 13109-97	Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения	1998 г. Госстандарт РФ
<b>2</b>	<b>Строительные нормы и правила (СНиП)</b>		
2.1	СНиП 31-01-2003	Здания жилые многоквартирные	2004 г., Госстрой РФ
2.2	СНиП23-05-95*	Естественное и искусственное освещение	2000 г., Госстрой РФ
2.3	СНиП 21-01-97	Пожарная безопасность зданий и сооружений	1997 г., Госстрой РФ
2.4	СНиП 3.05.06-85	Электротехнические устройства	2000 г., Госстрой РФ
2.5	СНиП 3.05.07-85	Системы автоматизации	1989 г., Госстрой РФ
2.6	СНиП 10-01-94	Система нормативных документов в строительстве. Основные положения	1994 г., Госстрой РФ
2.7	СНиП 31-02-2001	Дома жилые одноквартирные	2003 г. Госстрой РФ
2.8	СП 31-106-2002	Проектирование и строительство инженерных систем одноквартирных жилых домов	2002 г. Госстрой РФ
2.9	ППБ 01-03	Правила пожарной безопасности в Российской Федерации	2004 г. МЧС РФ
2.10	НПБ 66-97	Извещатели пожарные автономные. Общие технические требования. Методы испытания	1999 г. МЧС РФ
2.11	НПБ 110-03	Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией	2003 г. МЧС РФ
2.12	СП 31-110-2003	Проектирование и монтаж электроустановок	2004 г., Госстрой РФ
<b>3</b>	<b>Московские городские строительные нормы (МГСН)</b>		

№ п/п	Обозначение нормативного документа	Наименование документа	Год выпуска, издатель
3.1	МГСН 4.04–94	Многофункциональные здания и комплексы	1994 г., Москомархитектура
3.2	МГСН 2.01–99	Энергосбережение в зданиях	1999 г., Москомархитектура
3.3	МГСН 2.06–99	Естественное, искусственное и совмещенное освещение	1999 г., Москомархитектура
3.4	МГСН 3.01–01	Жилые здания	1996 г., Москомархитектура
3.5	Пособие к МГСН 3.01–96	Жилые здания	1998 г., Москомархитектура
3.6	МГСН 2.03–97	Допустимые параметры электромагнитных излучений в помещениях жилых и общественных зданий и на селитебных территориях	1997 г., Москомархитектура
<b>4</b>	<b>Инструкции, указания, рекомендации</b>		
4.1	PM-2559	Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях	1997 г., Москомархитектура
4.2	PM-2696	Инструкция по расчету электрических нагрузок жилых зданий	1999 г., Москомархитектура
4.3	PM-2696–01	Временная инструкция по расчету электрических нагрузок жилых зданий	2001 г. Москомархитектура
4.4	—	Общие требования и рекомендации по составу и оформлению электротехнической рабочей документации	1993 г., ОАО "Тяжпроэлектропроект", г. Москва
4.5	—	Методика определения и установления величины технологической и аварийной брони электроснабжения потребителей электроэнергии. (Выпуск 10)	1999 г., ЗАО "Энергосервис", г. Москва
4.6	РД 34.20.185–94	Инструкция по проектированию городских электрических сетей	1995 г., Энергоатомиздат, г. Москва,
4.7	—	Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок, зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети. (Изменения и дополнения к Инструкции РД 34.20.185–94)	2000 г., ЗАО "Энергосервис", г. Москва
4.8	РД 153-34.0-20.527–98	Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования	2002 г., РАО "ЕЭС России"
4.9	СО-153-34.21.122–2003	Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций	2004 г., Минэнерго РФ, Москва
4.10	РД34.09.101–94 с изменением №1	Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении	2004 г. Минэнерго РФ, ОАО РАО "ЕЭС России"

## Приложение №2

### Перечень каталогов фирмы *Schneider Electric*, рекомендованных к использованию при проектировании электроустановок квартир и коттеджей

№ п/п	Обозначение серии	Наименование оборудования	Год выпуска	Примечание
1	2	3	4	5
1	Multi 9 Merlin Gerin	Оборудование для распределительных сетей низкого напряжения от 0,5 до 125 А	2003	
2	Interpact Merlin Gerin	Выключатели-разъединители низкого напряжения на токи 40–2500 А	2003	
3	Домовой Merlin Gerin	Электрооборудование для жилых помещений	2003	
4	Compact Merlin Gerin	Автоматические выключатели и выключатели нагрузки низкого напряжения 80–1250 А	2003	
5	Easypact / Compact НБ Merlin Gerin	Автоматические выключатели 20-600 А	2003	
6	Prisma G	Стандартные конфигурации корпусов распределительных щитов	2003	
7	Prisma G, GX, GK Merlin Gerin	Шкафы и ячейки	2005	
8	Mini Pragma	Модульные шкафы	2003	
9	Harmony Styles 4	Устройства управления и сигнализации Ø 22 мм с хромированным металлическим основанием	2002	
10	Harmony Styles 5	Устройства управления и сигнализации Ø 22 мм с пластиковым основанием	2002	
11	Harmony®	Устройства управления и сигнализации. Руководство по выбору	2003	
12	Unica	Каталог изделий (выключатели, розетки, диммеры, датчик движения, монтажные изделия)	2003	
13	—	Управление освещением	2003	
14	KM	Система кабель каналов	2002	
15	SM-180	Электроустановочные изделия (выключатели, переключатели, розетки)	2003	
16	THORSMAN, WIBE, STAGO, LEXEL	Кабеленесущие системы	2004	
17	FrontLine THORSMAN	Электромонтажная система и ее компоненты	2004	
18	—	ИБП. Решения и дополнительные услуги. Международный каталог	Июль 2004	
19	Zelio Logic	Интеллектуальное реле	Июль 2004	
20	Этюд™ LEXEL	Каталог изделий Этюд™	2005	
21	UNICA	Каталог изделий	2005	
22	Twido	Программируемый контроллер Twido	2005	
23	ESA	Устройство системы пожарной сигнализации	2002	
24	—	Промышленные разъемы. Система щитков Kaedra	2005	

Перечень оборудования щита ЩРК для элитной квартиры общей площадью 100 кв. м.

Таблица 9.1

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ЩРК</b>						
		1	ЩРК	Навесной корпус щита Pragma D, с прозрачной дверцей, 56 модулей, 575×395×125	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 10963
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки I, 4-полюсный, In = 63 А	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 15016
		3	STD	Ограничитель перенапряжения STD, 4-полюсный (3P+N)	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 16611
		4	QF1	Выключатель автоматический С60а, 4-полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, кривая С	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 23902
		5	QF2	Выключатель автоматический С60а, 3-полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, кривая С	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 23880
		6	QF3, QF4, QF6, QF7, QF9÷QF13.	Выключатель автоматический С60а, 1-полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, кривая С	9	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 23851
		7	QF5	Выключатель автоматический С60а, 1-полюсный, 20 А, ~220 В, 50 Гц, кривая С	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 23852
		8	QS2, QS9.	Дифференциальный выключатель нагрузки мгновенного действия ID, 4-полюсный, In = 25 А, ΔI = 30 мА, AC	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 23038
		9	QS3÷QS7	Дифференциальный выключатель нагрузки мгновенного действия ID, 2-полюсный, In = 25 А, ΔI = 30 мА, AC	5	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 23009
		10	QS8	Дифференциальный выключатель нагрузки мгновенного действия ID 2-полюсный, In = 25 А, ΔI = 10 мА, AC	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу: 23008

Перечень оборудования щита ЩРК для элитной квартиры общей площадью 150 кв. м.

Таблица 9.2

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ЩРК</b>						
		1	ЩРК	Навесной корпус щита с прозрачной дверцей типа Pragma D на 72 модуля, 725×395×125.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 10964.
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки 4-х полюсный, In=63А, типа I.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15016.
		3	STD	Ограничитель перенапряжения 4-х полюсный (3P+N) типа STD.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 16611.
		4	QF1	Выключатель автоматический 4-х полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23902.
		5	QF2	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23880.
		6	QF3	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		7	QF4	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 20 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23881.
		8	QF5	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.
		9	QF6, QF7.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 10А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19663.
		10	QF8, QF10, QF16+QF21.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	8	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23851.
		11	QF9	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 20 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23852.
		12	QF11+QF13.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		13	QF14, QF15.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 6 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23849.
		14	QS2+QS4	Дифференциальный выключатель нагрузки ID мгновенного действия 4-х полюсный, In=25А, ΔI=30мА, АС.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.
		15	QS5	Дифференциальный выключатель нагрузки ID мгновенного действия 4-х полюсный, In=40А, ΔI=30мА, АС.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.

Перечень оборудования щита ЩРК для элитной квартиры общей площадью 200 кв. м.

Таблица 9.3

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ЩРК</b>						
		1	ЩРК	Навесной корпус щита с прозрачной дверцей типа Pragma D на 72 модуля, 725×395×125.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 10964.
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки 4-х полюсный, In=63А, типа I.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15016.
		3	STD	Ограничитель перенапряжения 4-х полюсный (3P+N) типа STD.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 16611.
		4	QF1	Выключатель автоматический 4-х полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23902.
		5	QF2	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 25 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23853.
		6	QF3, QF22÷QF24.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.
		7	QF4÷QF6, QF8, QF9, QF13, QF18÷QF21, QF25.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	11	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		8	QF7, QF11, QF12, QF15÷QF17.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	6	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23851.
		9	QF10	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 25А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19667.
		10	QF14	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 6 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23849.
		11	QS2, QS3.	Дифференциальный выключатель нагрузки ID мгновенного действия 2-х полюсный, In=25А, ΔI=30мА, АС.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23009.
		12	QS4÷QS6	Дифференциальный выключатель нагрузки ID мгновенного действия 4-х полюсный, In=25А, ΔI=30мА, АС.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.

Перечень силового электрооборудования для коттеджа общей площадью 250 кв.м.

Таблица 9.5

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		1	ВРУ(1)	Навесной корпус щита с прозрачной дверцей типа Prisma Pack с шкафом расширения, 630×550×250 + 480×550×250.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 08003, 08012.
		2	QF	Вводной автоматический выключатель 4-х полюсный, 80 А, ~380 В, 50 Гц, типа С120N, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 18372.
		3	QS1	Дифференциальный выключатель нагрузки селективный ID S 4-х полюсный, In=100А, ΔI=300мА, класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23069.
		4	QF1	Выключатель автоматический 4-х полюсный, 25 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60Н, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 25015.
		5	STD	Ограничитель перенапряжения 4-х полюсный (3Р+N) типа STM.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 16607.
		6	QF2	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 25 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23882.
		7	QF3	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 50 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60N, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 24355.
		8	QF4, QF14.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 10А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19663.
		9	KC1	Импульсное реле, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15520.
		10	QF5	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 40А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19669.
		11	QF6, QF17, QF18, QF19.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.
		12	QS2, QS4.	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 2-х полюсный, In=25А, ΔI=30мА, класс АС.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23009.
		13	QF7, QF10, QF11, QF12, QF20.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	5	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23851.
		14	QF8	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 4 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23796.
		15	QF9	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 25000.

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		16	QS3	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 4-х полюсный, In=25А, ΔI=30мА, класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.
		17	QF13	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 2 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23794.
		18	QF15	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		19	QF16	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigі 2-х полюсный, 6А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19661.
		20	KC2	1). Импульсное реле, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL. 2). Модуль выдержки времени, ~220 В, 50 Гц, типа ATLt.	1	Поставщик Schneider Electric 1). № по каталогу 15520. 2). № по каталогу 15411.
		21	Wh	Счетчик электрической энергии трехфазный 3х380/220В, 50Гц, 3х10:-100А	1	Уточняется энергоснабжающей организацией
<b>ЩР-1</b>						
		1	ЩР-1(1)	Встраиваемый корпус щита с прозрачной дверцей типа Pragma F на 48 модулей, 450×550×170.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 13852.
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки 3-х полюсный, 32 А, ~380 В, 50 Гц, типа I.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15011.
		3	QS2	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 2-х полюсный, In=40А, ΔI=30мА, класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23014.
		4	QF1, QF5.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23851.
		5	QF2	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		6	QF3, QF4, QF6.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 6 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23849.
		7	KC1	Независимый расцепитель, ~220 В, 50 Гц, типа МХ+OF.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 27136.
		8	QF7, QF9, QF11.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigі 2-х полюсный, 10А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19663.
		9	QF8, QF10.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigі 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.



Перечень силового электрооборудования для коттеджа общей площадью 400 кв.м.

Таблица 9.7

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		1	ВРУ(2)	Навесной корпус щита с прозрачной дверцей типа Prisma Pack с шкафом расширения, 780×550×250 + 480×550×250.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 08003, 08012.
		2	QF	Вводной автоматический выключатель 4-х полюсный, 100 А, ~380 В, 50 Гц, типа NG125N, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 18660.
		3	QS1	Дифференциальный выключатель нагрузки селективный Vigi NG125 I/S 4-х полюсный, I <sub>n</sub> =125А, ΔI=300÷1000мА.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19046.
		4	QF1	Выключатель автоматический 4-х полюсный, 25 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60Н, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 25015.
		5	STM	Ограничитель перенапряжения 4-х полюсный (3Р+N) типа STM.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 16607.
		6	QF2	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 50 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60N, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 24355.
		7	QF3	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 25 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23882.
		8	QF4, QF5, QF6, QF8.	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23880.
		9	QS2, QS3, QS4, QS5.	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 4-х полюсный, I <sub>n</sub> =25А, ΔI=30мА, класс АС.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.
		10	QF7, QF16.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		11	QF9	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 2 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23794.
		12	QF10, QF17, QF18, QF19.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.
		13	QF11, QF12.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 10А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19663.
		14	KC1, KC2.	Импульсное реле, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15520.
		15	QF13	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 6 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23849.

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		16	QF14	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 6А, ~220 В, 50 Гц, $\Delta I=30\text{мА}$ , кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19661.
		17	KC3	1). Импульсное реле, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL. 2). Модуль выдержки времени, ~220 В, 50 Гц, типа ATLt.	1	Поставщик Schneider Electric 1). № по каталогу 15520. 2). № по каталогу 15411.
		18	QF15	Выключатель автоматический 4-х полюсный, 10 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23901.
		19	KC4	1). Импульсное реле, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL. 2). Блок расширения, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL.	1	Поставщик Schneider Electric 1). № по каталогу 15520. 2). № по каталогу 15530.
		20	Wh	Счетчик электрической энергии трехфазный 3х380/220В, 50Гц, 3х10÷100А	1	Уточняется энергоснабжающей организацией
<b>ШР-1</b>						
		1	ШР-1(2)	Встраиваемый корпус щита с прозрачной дверцей типа Pragma F на 72 модуля, 600×550×170.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 13853.
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки 3-х полюсный, 63 А, ~380 В, 50 Гц, типа I.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15015.
		3	QF1	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23880.
		4	QS2	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 4-х полюсный, $I_n=25\text{А}$ , $\Delta I=30\text{мА}$ , класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.
		5	QF2, QF3, QF16, QF20, QF21, QF22, QF23.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, $\Delta I=30\text{мА}$ , кривая С.	7	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.
		6	QF4, QF8.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 2 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23794.
		7	KC1	Независимый расцепитель, ~220 В, 50 Гц, типа МХ+ОF.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 27136.
		8	QF5, QF7, QF15.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 6 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23849.
		9	QS3	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 2-х полюсный, $I_n=25\text{А}$ , $\Delta I=30\text{мА}$ , класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23009.
		10	QF6, QF9, QF13, QF17.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23851.
		11	QS4	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 4-х полюсный, $I_n=40\text{А}$ , $\Delta I=30\text{мА}$ , класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23042.

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		12	QF10, QF11, QF14, QF19, QF24.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	5	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		13	QF12	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 4 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23796.
		14	QS5	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 2-х полюсный, In=40А, ΔI=30мА, класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23014.
		15	QF18	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 10А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19663.
<b>ШР-2</b>						
		1	ШР-2(2)	Навесной корпус щита с прозрачной дверцей типа Pragma D на 18 модулей, 275×395×125.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 10961.
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки 3-х полюсный, 32 А, ~380 В, 50 Гц, типа I.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15011.
		3	QF1	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 6А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19661.
		4	QF2	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		5	КС1	Независимый расцепитель, ~220 В, 50 Гц, типа МХ+ОФ.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 27136.
		6	QF3, QF4.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.

Перечень силового электрооборудования для коттеджа общей площадью 600 кв.м.

Таблица 9.9

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		1	ВРУ(3)	Встраиваемый корпус щита с прозрачной дверцей типа Прага F на 120 модулей, 900×550×170.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 13855.
		2	1QF, 2QF.	Вводной автоматический выключатель 4-х полюсный, 125 А, ~380 В, 50 Гц, типа NG125N, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 18662.
		3	T1÷T6	Трансформатор тока 150/5 А, ~380 В, 50 Гц, класс 0,5.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 16505.
		4	ABP	Модуль автоматического ввода резерва (на 2 ввода) 4-х полюсный (3P+N).	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу _____.
		5	QS1	Дифференциальный выключатель нагрузки селективный Vigi NG125 I/S 4-х полюсный, In=125А, ΔI=300÷1000мА.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19046.
		6	QF1	Выключатель автоматический 4-х полюсный, 32 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60Н, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 25016.
		7	STH	Ограничитель перенапряжения 4-х полюсный (3P+N) типа STH.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 16611.
		8	QF2	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 63 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60N, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 24356.
		9	QF3, QF4.	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 25 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23882.
		10	QS2, QS3, QS4, QS5.	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 4-х полюсный, In=25А, ΔI=30мА, класс АС.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.
		11	QF5, QF6, QF7, QF10.	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 16 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23880.
		12	QF8	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		13	QF9	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 4 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23822.
		14	KC1	Независимый расцепитель, ~220 В, 50 Гц, типа МХ+ОF.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 27136.
		15	QF11	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 2 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23820.
		16	QF12, QF19, QF20, QF21.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		17	QF13, QF14.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 10А, ~220 В, 50 Гц, $\Delta I=30\text{мА}$ , кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19663.
		18	KC2, KC3.	Импульсное реле, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15520.
		19	QF15, QF17.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 6 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23849.
		20	QF16, QF22.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23851.
		21	QF18	Выключатель автоматический 4-х полюсный, 10 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23901.
		22	KC4	Сумеречный выключатель, ~220 В, 50 Гц, типа IC 200.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 11284.
<b>ШР-1</b>						
		1	ШР-1(3)	Встраиваемый корпус щита с прозрачной дверцей типа Pragma F на 72 модуля, 600×550×170.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 13853.
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки 3-х полюсный, 63 А, ~380 В, 50 Гц, типа I.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15015.
		3	QF1	Выключатель автоматический 3-х полюсный, 10 А, ~380 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23878.
		4	QS2	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 4-х полюсный, $I_n=25\text{А}$ , $\Delta I=30\text{мА}$ , класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23038.
		5	QF2, QF3, QF4, QF10, QF18, QF25, QF28.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, $\Delta I=30\text{мА}$ , кривая С.	7	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.
		6	QF5, QF9, QF13.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 4 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23796.
		7	KC1	Независимый расцепитель, ~220 В, 50 Гц, типа МХ+ОF.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 27136.
		8	QF6, QF8, QF16.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 6 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23849.
		9	QS3	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 2-х полюсный, $I_n=40\text{А}$ , $\Delta I=30\text{мА}$ , класс АС.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23014.
		10	QF7, QF17, QF19, QF22.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 16 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	4	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23851.
		11	QS4, QS6.	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 2-х полюсный, $I_n=25\text{А}$ , $\Delta I=30\text{мА}$ , класс АС.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23009.

Формат	зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
<b>ВРУ</b>						
		12	QF11, QF12, QF14, QF15, QF21, QF29.	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	6	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		13	QS5, QS7.	Дифференциальный выключатель нагрузки ID 2-х полюсный, In=25А, ΔI=10мА, класс АС.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23008.
		14	QF20, QF23, QF27.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 6А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	3	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19661.
		15	KC2	1). Импульсное реле, 16А, ~220 В, 50 Гц, типа TL. 2). Модуль выдержки времени, ~220 В, 50 Гц, типа ATLt.	1	Поставщик Schneider Electric 1). № по каталогу 15520. 2). № по каталогу 15411.
		16	KC3	Программируемое реле времени, In=16А, ~220 В, 50 Гц, типа INP.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15342.
		17	QF24, QF26.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 10А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19663.
<b>ЩР-2</b>						
		1	ЩР-2(2)	Навесной корпус щита с прозрачной дверцей типа Pragma D на 18 модулей, 275×395×125.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 10961.
		2	QS1	Вводной выключатель нагрузки 3-х полюсный, 32 А, ~380 В, 50 Гц, типа I.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 15011.
		3	QF1	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 4 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23796.
		4	QF2	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 6А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19661.
		5	QF3	Выключатель автоматический 1-но полюсный, 10 А, ~220 В, 50 Гц, типа С60а, кривая С.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 23850.
		6	KC1	Независимый расцепитель, ~220 В, 50 Гц, типа МХ+ОF.	1	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 27136.
		7	QF4, QF5.	Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi 2-х полюсный, 16А, ~220 В, 50 Гц, ΔI=30мА, кривая С.	2	Поставщик Schneider Electric № по каталогу 19665.









# Schneider Electric в странах СНГ

## Азербайджан

**Баку**  
AZ 1008, ул. Гарабах, 22  
Тел.: (99412) 496 93 39  
Факс: (99412) 496 22 97

## Беларусь

**Минск**  
220004, пр-т Победителей, 5, офис 502  
Тел.: (37517) 203 75 50  
Факс: (37517) 203 97 61

## Казахстан

**Алматы**  
050050, ул. Табачнозаводская, 20  
Швейцарский Центр  
Тел.: (727) 244 15 05 (многоканальный)  
Факс: (727) 244 15 06, 244 15 07

## Астана

ул. Бейбитшилик, 18  
Бизнес-центр «Бейбитшилик 2002»  
Офис 402  
Тел.: (7172) 91 06 69  
Факс: (7172) 91 06 70

## Атырау

060002, ул. Абая, 2-А  
Бизнес-центр «Сутас - С», офис 407  
Тел.: (7122) 32 31 91, 32 66 70  
Факс: (7122) 32 37 54

## Россия

**Волгоград**  
400001, ул. Профсоюзная, 15/1, офис 12  
Тел.: (8442) 93 08 41

## Воронеж

394026, пр-т Труда, 65  
Тел.: (4732) 39 06 00  
Тел./факс: (4732) 39 06 01

## Екатеринбург

620219, ул. Первомайская, 104  
Офисы 311, 313  
Тел.: (343) 217 63 37, 217 63 38  
Факс: (343) 349 40 27

## Иркутск

664047, ул. Советская, 3 Б, офис 312  
Тел./факс: (3952) 29 00 07

## Казань

420107, ул. Спартаковская, 6, этаж 7  
Тел.: (843) 526 55 84, 526 55 85, 526 55 86,  
526 55 87, 526 55 88

## Калининград

236040, Гвардейский пр., 15  
Тел.: (4012) 53 59 53  
Факс: (4012) 57 60 79

## Краснодар

350020, ул. Коммунаров, 268  
Офисы 316, 314  
Тел./факс: (861) 210 06 38, 210 06 02

## Красноярск

660021, ул. Горького, 3 А, офис 302  
Тел.: (3912) 56 80 95  
Факс: (3912) 56 80 96

## Москва

129281, ул. Енисейская, 37  
Тел.: (495) 797 40 00  
Факс: (495) 797 40 02

## Нижний Новгород

603000, пер. Холодный, 10 А, офис 1.5  
Тел.: (831) 278 97 25  
Тел./факс: (831) 278 97 26

## Новосибирск

630005, Красный пр-т, 86, офис 501  
Тел.: (383) 358 54 21, 227 62 54  
Тел./факс: (383) 227 62 53

## Пермь

614010, Комсомольский пр-т, 98, офис 11  
Тел./факс: (343) 290 26 11 / 13 / 15

## Самара

443096, ул. Коммунистическая, 27  
Тел./факс: (846) 266 50 08, 266 41 41, 266 41 11

## Санкт-Петербург

198103, ул. Циолковского, 9, корпус 2 А  
Тел.: (812) 320 64 64  
Факс: (812) 320 64 63

## Уфа

450064, ул. Мира, 14, офисы 518, 520  
Тел.: (347) 279 98 29  
Факс: (347) 279 98 30

## Хабаровск

680011, ул. Металлистов, 10, офис 4  
Тел.: (4212) 78 33 37  
Факс: (4212) 78 33 38

## Туркменистан

**Ашгабат**  
744017, Мир 2/1, ул. Ю. Эмре, «Э.М.Б.Ц.»  
Тел.: (99312) 45 49 40  
Факс: (99312) 45 49 56

## Украина

**Днепропетровск**  
49000, ул. Глинка, 17, 4 этаж  
Тел.: (380567) 90 08 88  
Факс: (380567) 90 09 99

## Донецк

83023, ул. Лабутенко, 8  
Тел./факс: (38062) 345 10 85, 345 10 86

## Киев

04070, ул. Набережно-Крещатицкая, 10 А  
Корпус Б  
Тел.: (38044) 490 62 10  
Факс: (38044) 490 62 11

## Львов

79000, ул. Грабовского, 11, к. 1, офис 304  
Тел./факс: (380322) 97 46 14

## Николаев

54030, ул. Никольская, 25  
Бизнес-центр «Александровский», офис 5  
Тел./факс: (380512) 48 95 98

## Одесса

65079, ул. Куликово поле, 1, офис 213  
Тел./факс: (38048) 728 65 55

## Симферополь

95013, ул. Севастопольская, 43/2, офис 11  
Тел./факс: (380652) 44 38 26

## Харьков

61070, ул. Ак. Проскуры, 1  
Бизнес-центр «Telesens», офис 569  
Тел.: (380577) 19 07 49  
Факс: (380577) 19 07 79



## ЦЕНТР ПОДДЕРЖКИ КЛИЕНТОВ

Тел.: 8 (800) 200 64 46 (многоканальный)  
(495) 797 32 32  
Факс: (495) 797 40 02  
ru.csc@ru.schneider-electric.com  
www.schneider-electric.ru