

А. В. Суворин

Разработка и чтение электрических схем электроустановок

Учебное пособие

Политехнический институт



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

А. В. Суворин

Разработка и чтение электрических схем
электроустановок

А. В. Суворин

**РАЗРАБОТКА И ЧТЕНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

Учебное пособие

Красноярск
СФУ
2012

УДК 621.3.061(07)
ББК 31.261-01я73
С 891

Рецензенты:

В. А. Забуга, канд. техн. наук, доц., гл. инженер проектов ЗАО «Компания «ЭлектроПроект-Сибирь»;

А. И. Орленко, канд. техн. наук, доц., зам. директора по научной работе, и. о. зав. кафедрой «Транспортные системы» КриЖТ – филиала ФГБОУ ВПО ИрГУПС

Суворин, А. В.

С 891

Разработка и чтение электрических схем электроустановок : учеб. пособие / А. В. Суворин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 424 с.

ISBN 978-5-7638-2448-3

Приведены основные сведения о стандартах в электрических схемах и чертежах, а также правила разработки электротехнических установок в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации. В полном объеме даны условные графические и буквенно-цифровые обозначения элементов, применяемые в электрических схемах и при маркировке электрических цепей. Подробно разобраны наиболее распространенные типы электрических схем.

Предназначено для студентов направления подготовки специалистов 140211.65 «Электроснабжение» укрупненной группы 140000 «Энергетика». Может быть полезно аспирантам, инженерам, техникам, электрикам и электромонтерам, занимающимся монтажом, наладкой, эксплуатацией и ремонтом электрооборудования различных электрических систем и сетей, а также всем интересующимся электротехникой.

УДК 621.3.061(07)
ББК 31.261-01я73

ISBN 978-5-7638-2448-3

© Сибирский федеральный университет, 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Действующий в России комплекс стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), устанавливающий единые взаимосвязанные правила и положения по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации для всего народного хозяйства, удовлетворяет требованиям современного производства и обеспечивает разработку высококачественной конструкторской документации (чертежи, схемы, технические условия и пр.) на изделия при минимальных затратах труда, средств и времени. Стандарты ЕСКД обеспечивают также согласованность правил оформления графических документов с рекомендациями международных организаций: ИСО (Международная организация по стандартизации), МЭК (Международная электротехническая комиссия) и др.

Основным видом конструкторских документов в различных областях электротехники, радиоэлектроники и связи являются схемы. Сведения по выполнению и оформлению схем содержатся в различных государственных стандартах, что осложняет работу проектировщиков и увеличивает непроизводительные затраты времени при оформлении схем. Системное изложение требований ЕСКД к схемной документации кроме экономии труда и времени разработчиков будет способствовать также совершенствованию системы автоматизированной разработки конструкторской документации, что связано с четким пониманием характерных особенностей каждого вида документа и формализацией действующих требований ЕСКД. В частности, процесс автоматизированного проектирования электросхем включает такие этапы, как определение формата схемы, компоновку условных графических обозначений (УГО) в схеме и по листам документа, размещение УГО на листе документа и др.

В учебном пособии приводятся общие правила оформления конструкторской документации по ЕСКД, систематизируются основные положения государственных стандартов по изображению и оформлению электрических схем, рассматриваются правила выполнения чертежей изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа. Приводятся также условные графические обозначения элементов схем.

В приложениях даются правила написания обозначений единиц физических величин, перечень стандартов седьмой классификационной группы ЕСКД, условные функциональные обозначения, наносимые на радиоэлектронную аппаратуру.

В учебном пособии использованы сведения из действующих стандартов.

ВВЕДЕНИЕ

Для создания любой электроустановки или питающей электрической сети тысячи людей составляют их принципиальные и монтажные схемы; миллионы же людей осуществляют их монтаж, наладку и эксплуатацию. Поэтому разрабатываемые схемы должны составлять на хорошо известных правилах и условных обозначениях, и применять эти обозначения по определенной системе. В противном же случае разработчики и исполнители не поймут друг друга, не смогут прочесть или прочитают неправильно. А это естественно приведет к ошибочным действиям. Монтажники, например, присоединят или отсоединят не то, или не туда, а наладчики и ремонтники в свою очередь вместо того, чтобы наладить одни цепи, могут вывести из строя другие, причем исправные. А эксплуатационники, не зная общих правил, наверняка не смогут разобраться в правильности работы установки или причинах ее неисправности.

В настоящее время особенно возросла роль правильного и четкого изображения схем электроустановок и электрических сетей. Это связано с интенсивным насыщением любых производств новейшим оборудованием, машинами и компьютерной техникой. Поэтому электромеханические установки настолько сложны, что ни изготовить, ни отладить, ни эксплуатировать без комплекта чертежей и схем просто невозможно. А так как каждая электроустановка выполняется многими коллективами заводов по производству электротехнического оборудования, электромонтажными предприятиями, монтажниками, занимающиеся соединением комплектующих узлов и блоков в целые системы производимых изделий, то всем им приходится пользоваться общими чертежами и схемами, которые должны быть понятны каждому.

Поэтому условные обозначения и правила выполнения электротехнических чертежей и схем определяются государственными стандартами.

До тех пор, пока электроустановки были простыми, на одном чертеже старались показать практически все. В настоящее время при широком разделении труда, индустриализации изготовления и монтажа электроустановок произошло и разделение технической документации, чтобы определенной работе соответствовал свой документ. Что послужило возникновению следующих типов схем: структурные; функциональные; принципиальные (полные); монтажные (соединений); подключения; общие; расположения. По видам подразделяют на: электрические (Э); гидравлические (Г); пневматические (П); кинематические (К); комбинированные (С).

Монтажники при своей повседневной работе, кроме схем, широко пользуются поясняющими материалами: перечнями оборудования, их техническими данными, экспликациями, алгоритмами переключений контактов многопозиционных аппаратов и программами взаимодействия согласованных элементов.

Как уже было сказано, электрические схемы выполняют по стандартам. В связи с этим, прежде чем приступить к технике чтения схем, нужно хорошо ознакомиться с действующими стандартами.

Техника чтения схем и чертежей современных электроустановок представляет не простую задачу как для учащихся, студентов, так и молодых рабочих. Эти трудности связаны с тем, что в электроустановках широко применяются средства автоматики, телемеханики и вычислительной техники, в которых наряду с традиционными электромеханическими устройствами (электромеханическими реле, контакторами, приводами коммутационных аппаратов) используются электрорадиокомпоненты, электронная и микроэлектронная аппаратура. Поэтому электроустановки и входящие в них устройства, а так же отображающие их схемы и чертежи становятся сложнее и разнообразнее. Следует так же иметь в виду, что в последнее время внесено много изменений и дополнений в стандарты ЕСКД по правилам выполнения электрических схем и чертежей и использования в них условных графических обозначений, буквенно-цифровых обозначений отдельных элементов и электрических цепей.

Целью настоящей работы является оказание помощи учащимся, студентам и молодым рабочим электротехнических профессий в овладении искусством разработки и чтения схем и чертежей электроустановок. Для этого в начале книги рассматриваются общие принципы построения условных графических обозначений, буквенно-цифровых обозначений элементов (позиционные обозначения) и обозначений электрических цепей, а также приведены конкретные примеры условных, графических и буквенно-цифровых обозначений, наиболее часто встречающихся в схемах электроустановок. При разработке схем составителю часто приходится производить электротехнические расчеты цепей при выборе схемных элементов, чтобы не искать для этой цели необходимую литературу, пользователю справочника предлагается воспользоваться разделом, где в доступной форме излагаются краткие сведения по общей электротехнике. Далее рассматриваются вопросы, связанные с разработкой различных электрических схем.

Много внимания в книге уделено принципиальным схемам, определяющим все входящие в электроустановки элементы и электрические связи между ними. Приведены основные правила выполнения принци-

пиальных схем. Для успешного чтения принципиальных схем необходимо знать устройство и принцип действия всех изображенных на них элементов (машин, аппаратов, приборов). Поэтому предварительно или при чтении принципиальных схем следует ознакомиться с входящими в них элементами по соответствующим учебным и наглядным пособиям (справочникам, плакатам и видео блокам). Необходимо также пользоваться стандартами ЕСКД, основные из которых приведены как по тексту, так и в приложениях.

Для лучшего понимания особенностей различных типов схем в книге приводится масса примеров принципиальных и других схем.

Из сказанного видно, что умение свободно читать чертежи – важная сторона квалификации каждого производственника: начиная от рабочего (слесаря, токаря, электромонтера и т. д.) до инженера.

Конкретному исполнителю (слесарю, токарю, электромонтеру) порой вполне достаточно в совершенстве разбираться в чертежах по своей узкой специальности и желательно иметь представление о чертежах по тем смежным специальностям, которые связаны с его работой. Так, электромонтажнику по силовым и осветительным установкам следует иметь некоторое представление о строительных чертежах, а также о чертежах машин и металлоконструкций. А электромонтер по воздушным линиям электропередачи должен разбираться в чертежах деревянных и металлических конструкций и в геодезических чертежах (планах расположения построек завода или поселка и картах местности).

Любой квалифицированный электрослесарь или электромонтер кроме умения читать чертежи по своей специальности должен также хорошо разбираться в схемах, т. е. в условном изображении различных элементов электрической цепи и их связи между собой. Схема часто является основным руководящим техническим документом при монтаже, наладке и контроле установки, а также различных ремонтных работах по устранению тех или иных дефектов электрической цепи.

Эта книга дает необходимые знания как по разработке, так и по чтению схем и чертежей, с которыми встретятся на практике будущие инженеры, электромонтажники, электрослесари и электромонтеры.

Автор считает своим приятным долгом выразить искреннюю благодарность редактору учебного пособия А. А. Гетьман. Особую признательность автор выражает В. П. Мисюревой за большую помощь при подготовке рукописи к изданию.

1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

1.1. Общие положения Единой системы конструкторской документации

Основным видом конструкторских документов во всех областях электротехники, электроники, радиотехники, связи являются схемы, построенные и оформленные в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Единая система конструкторской документации — это комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями.

ГОСТ 2.001–70 «ЕСКД. Общие положения» — один из основополагающих стандартов данной системы — устанавливает общие положения по назначению, области применения, классификации и обозначению стандартов комплекса ЕСКД.

Главное назначение стандартов ЕСКД заключается в установлении в организациях и на предприятиях единых правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, обеспечивающих возможность взаимообмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления.

Установленные стандартами ЕСКД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документации распространяются на все виды конструкторских документов (чертежи, схемы, технические условия и др.), установленные ГОСТ 2.102–68 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов».

Обозначение стандартов ЕСКД строится по классификационному принципу. В общем виде обозначение любого стандарта ЕСКД показано на рис. 1.1. Например, государственный стандарт «Виды изделий» имеет обозначение ГОСТ 2.101–68.

Состав стандартов, входящих в ЕСКД, определяется перечнем, приведенным в Указателе стандартов, ежегодно публикуемом Государственным комитетом по стандартам.

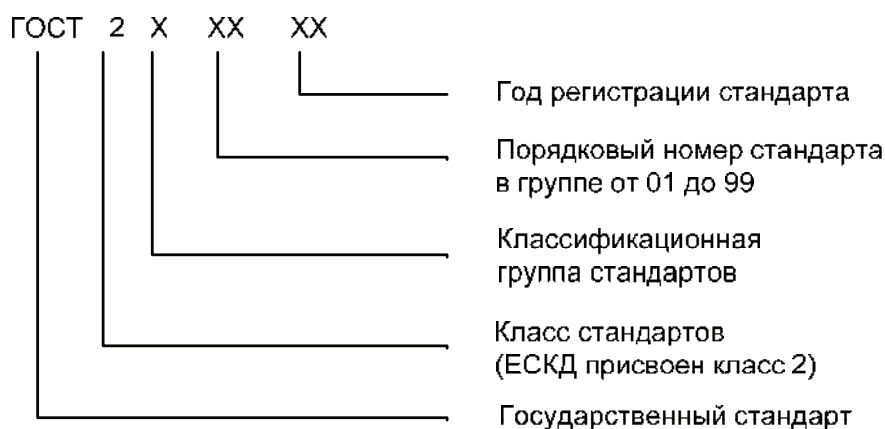


Рис. 1.1. Классификационный принцип обозначения стандартов ЕСКД

Таблица 1.1

Распределение стандартов по классификационным группам

Шифр группы	Содержание стандарта в группе
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений)
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных, судостроения и горных
9	Прочие стандарты

Распределение стандартов ЕСКД по классификационным группам представлено в табл. 1.1.

1.2. Виды изделий и комплектность конструкторских документов

Виды изделий. ГОСТ 2.101–68 устанавливает виды изделий при выполнении конструкторской документации и их структуру, ГОСТ 2.102–68 – виды и комплектность конструкторских документов на изделия.

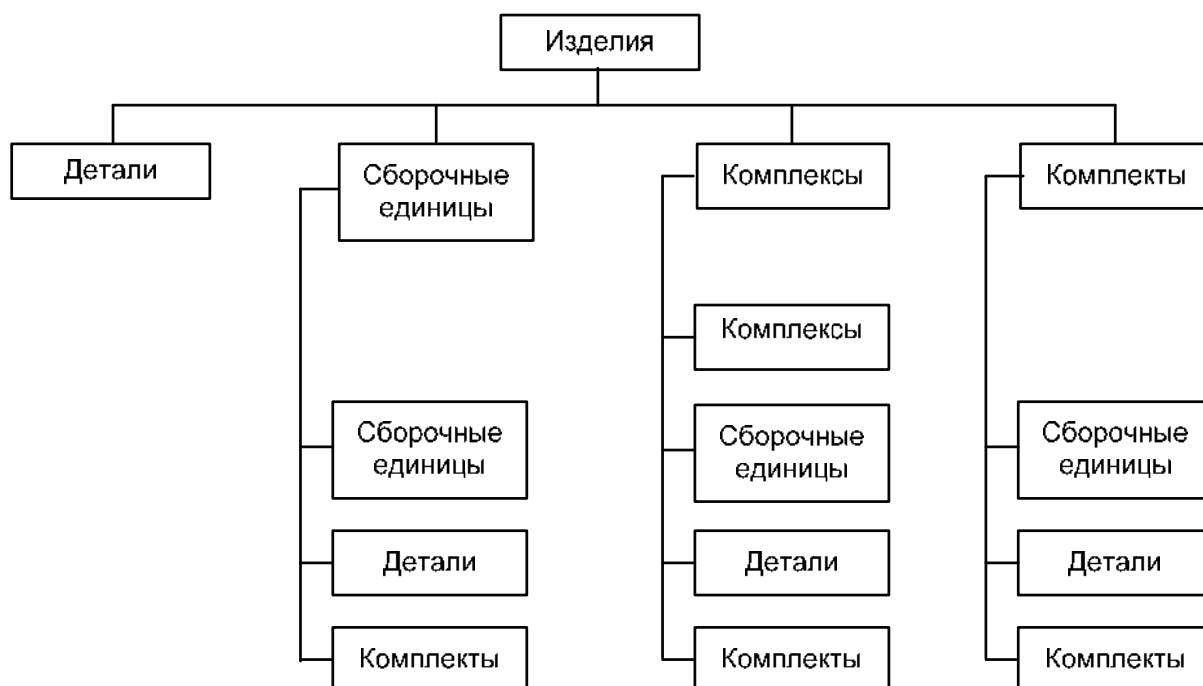


Рис. 1.2. Виды изделий

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. В зависимости от назначения их делят на *изделия основного производства*, предназначенные для поставки предприятием-изготовителем заказчику и *изделия вспомогательного производства*, предназначенные для собственных нужд предприятия, которое их изготавливает.

Изделия, предназначенные для реализации и одновременно используемые для собственных нужд предприятием, которое их изготавливает, относятся к изделиям основного производства.

Согласно ГОСТ 2.101–68 различают четыре вида изделий (рис. 1.2): детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

В зависимости от наличия или отсутствия составных частей, изделия подразделяют на неспецифицированные (детали) – не имеющие составных частей, и специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты) – состоящие из двух и более составных частей.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: литой корпус, катушка из провода (без каркаса), пластина из биметаллического листа, отрезок кабеля заданной длины и др. Деталь может иметь защитное или декоративное покрытие (винт, подвергнутый хромированию).

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными

операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т. п.), например: сварной корпус, редуктор, телефонный аппарат, микромодуль, электродвигатель, станок, катушка индуктивности.

К сборочным единицам также относят:

а) изделия, для которых конструкцией предусмотрена разборка их на составные части предприятием-изготовителем, например, для удобства упаковки и транспортирования;

б) совокупность сборочных единиц и (или) деталей, имеющих общее функциональное назначение и совместно устанавливаемых на предприятии-изготовителе в другой сборочной единице, например: электрооборудование станка, трансформаторной подстанции (ТП), распределительного устройства;

в) совокупность сборочных единиц и (или) деталей, имеющих общее функциональное назначение, совместно уложенных на предприятии-изготовителе в упаковочные средства (футляр, коробку и т. п.), например: комплект специальных ключей, комплект концевых плоскопараллельных мер длины.

Комплекс – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например: завод-автомат, трансформаторная подстанция, автоматическая телефонная станция и т. п.

В комплекс кроме изделий, выполняющих основные функции, могут входить и изделия, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например: изделия для монтажа комплекса, укладочные средства и тара, запасные части и др.

Комплект – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект измерительных инструментов и т. п.

К комплектам также относятся сборочные единицы или детали, поставляемые вместе с набором других сборочных единиц и (или) деталей, предназначенных для выполнения вспомогательных функций при эксплуатации этой сборочной единицы или детали (осциллограф в комплекте с укладочным ящиком, запасными частями, монтажным инструментом, сменными частями).

Номенклатура конструкторских документов. В соответствии с ГОСТ 2.102–68 конструкторскими документами являются графические (чертежи, схемы) и текстовые (спецификации, технические усло-

вия, пояснительные записки и т. д.) документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Документация подразделяется на проектную и рабочую. *Проектная документация* – документы, состоящие из технического предложения, эскизного и технического проектов. *Рабочая документация* составляется на детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты и предназначена непосредственно для изготовления, ремонта, эксплуатации изделия.

Номенклатура конструкторских документов приведена в табл. 1.2.

В зависимости от характера, выполнения и использования документы бывают следующих видов: оригиналы, подлинники, дубликаты, копии.

Оригинал – документ, выполненный на любом материале и предназначенный для изготовления по нему подлинника.

Подлинник – документ, оформленный подлинными установленными подписями и выполненный на любом материале.

Таблица 1.2

Номенклатура конструкторских документов

Вид документа	Код документа	Определение
Чертеж детали	–	Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления
Сборочный чертеж	СБ	Документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления)
Чертеж общего вида	ВО	Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия
Теоретический чертеж	ТЧ	Документ, определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения составных частей
Габаритный чертеж	ГЧ	Документ, содержащий контурное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами
Электромонтажный чертеж	МЭ	Документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия

Вид документа	Код документа	Определение
Монтажный чертеж	МЧ	Документ, содержащий контурное изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. К монтажным чертежам также относятся чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия
Упаковочный чертеж	УЧ	Документ, содержащий необходимые данные для выполнения упаковывания изделия
Схема	По ГОСТ 2.701–84	Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними
Спецификация	–	Документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса, комплекта
Ведомость спецификаций	ВС	Документ, содержащий перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества и входимости
Ведомость ссылочных документов	ВД	Документ, содержащий перечень документов, на которые имеются ссылки в конструкторских документах на изделие
Ведомость покупных изделий	ВП	Документ, содержащий перечень покупных изделий, применяемых в разрабатываемом изделии
Ведомость разрешения применения покупных изделий	ВИ	Документ, содержащий перечень покупных изделий, разрешенных к применению в соответствии с ГОСТ 2.124–85
Ведомость держателей подлинников	ДП	Документ, содержащий перечень предприятий (организаций), на которых хранят подлинники документов, разработанных и (или) применяемых для данного изделия
Ведомость технического предложения	ПТ	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в техническое предложение
Ведомость эскизного проекта	ЭП	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в эскизный проект
Ведомость технического проекта	ТП	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в технический проект
Пояснительная записка	ПЗ	Пояснительную записку составляют на весь комплекс изделия или входящих в него сборочных единиц и комплектов
Технические условия	ТУ	Технические условия составляют на изделия, предназначенные для самостоятельной поставки (реализации) потребителю

Вид документа	Код документа	Определение
Программа и методики испытаний	ПМ	Номенклатура необходимых таблиц, расчетов, инструкций и прочих документов устанавливается разработчиком в зависимости от характера и условий производства изделий
Таблицы	ТБ	
Расчеты	РР	
Инструкции	И	
Документы прочие	Д	
Документы эксплуатационные	По ГОСТ 2.601	Номенклатура и обязательность выполнения эксплуатационных документов установлена ГОСТ 2.601
Документы ремонтные	По ГОСТ 2.602	Номенклатура и обязательность выполнения ремонтных документов установлена ГОСТ 2.602

Дубликат – копия подлинника, обеспечивающая идентичность воспроизведения подлинника, выполненного на любом материале, позволяющем снятие с него копий.

Копия – документ, выполненный способом, обеспечивающим его идентичность с подлинником (дубликатом), и предназначенный для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

Комплектность конструкторских документов. Различают основные конструкторские документы, основной комплект конструкторских документов и полный комплект конструкторских документов.

Основными конструкторскими документами являются: для деталей – чертеж детали; для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификация.

Основной комплект конструкторских документов на изделие включает конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию в целом, например: сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия и др. В основной комплект конструкторских документов не входят конструкторские документы на составные части изделия.

Полный комплект конструкторских документов на изделие состоит из основного комплекта конструкторских документов на данное изделие и основных комплектов конструкторских документов на все его составные части. На рис. 1.3 приведен состав полного комплекта конструкторских документов на комплекс.

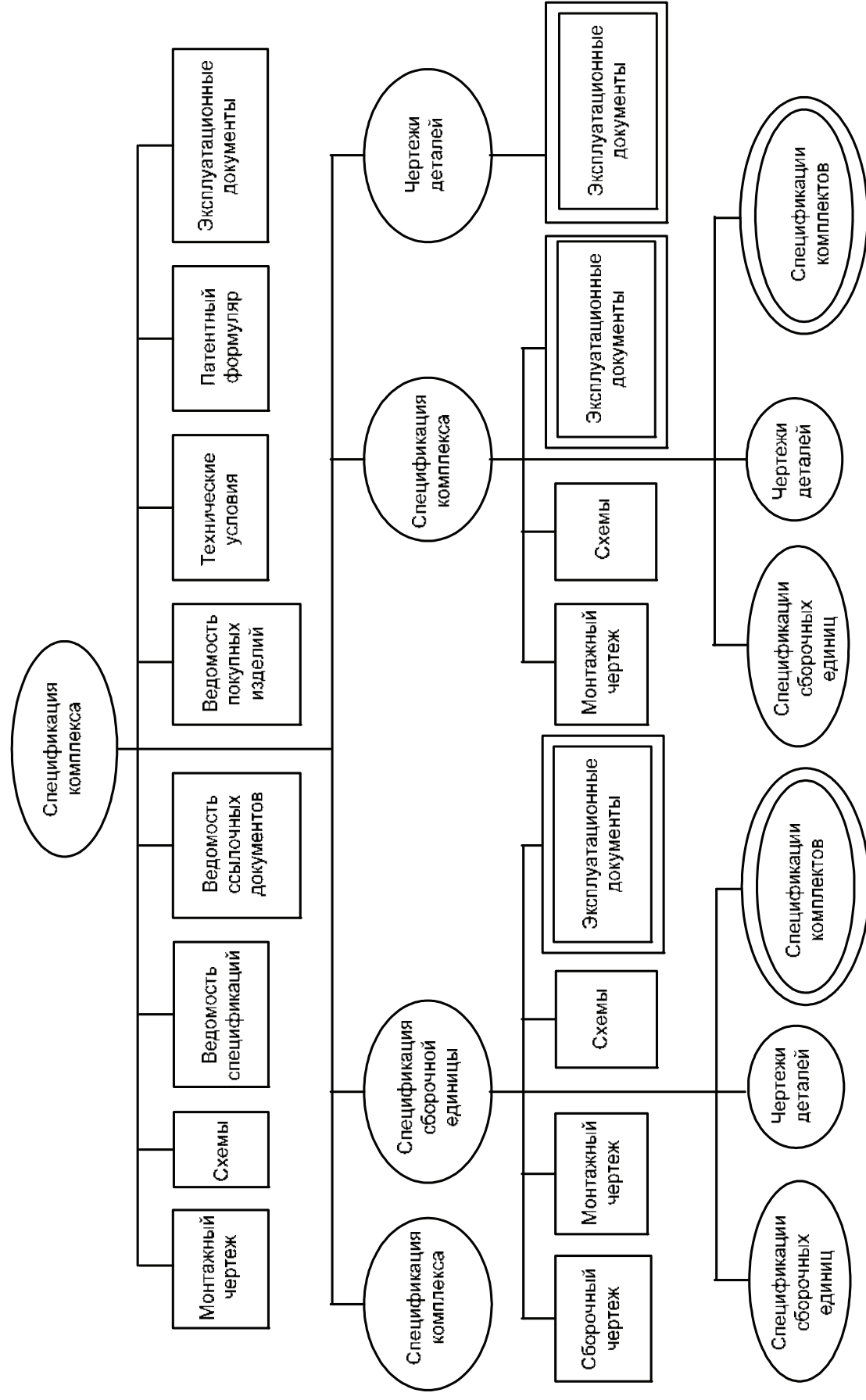


Рис. 1.3. Спецификация (полный комплект конструкторских документов) комплекса

В овалах показаны основные конструкторские документы на изделие, в прямоугольниках – документы основного комплекта. Документы, показанные в двойных рамках, предусматриваются только для изделий, предназначенных для самостоятельной поставки.

Номенклатура конструкторских документов на изделия определяется в зависимости от стадий его разработки.

1.3. Форматы. Надписи на конструкторских документах

ГОСТ 2.301–68 устанавливает основные и дополнительные форматы листов чертежей, схем и других конструкторских документов. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (рис. 1.4).

Формат с размерами 1 189×841 мм, площадь которого равна 1 м², и другие форматы, получены путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

Обозначения и размеры основных форматов приведены в табл. 1.3.

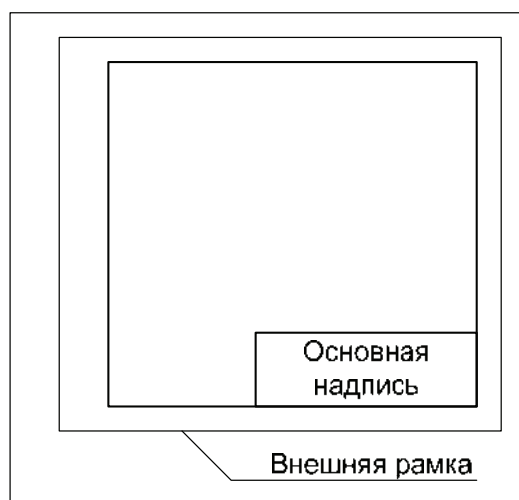


Рис. 1.4. Формат листа

Таблица 1.3

Обозначения и размеры основных форматов

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон формата, мм	841×1 189	591×841	420×594	297×420	210×297
Предельные отклонения, мм	±3,0		±2,0		

Стандарт допускает применение формата А5 с размерами сторон 148×210 мм, а также дополнительных форматов, которые образуются увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам, например:

А0×2	А1×3	А2×4	А4×4
1 189×1 682	841×1783	594×1 682	297×841

При определении форматов необходимо учитывать: объем и сложность проектируемого изделия; степень детализации данных, обусловленную назначением схемы; условия хранения и обращения схем; возможность внесения изменений; особенности и возможности техники выполнения, репродуцирования технической документации, а также возможности обработки схем средствами электронной вычислительной техники. При выполнении схемы на нескольких листах целесообразно иметь одинаковый формат всех листов.

Надписи на конструкторских документах. Каждый конструкторский документ должен иметь основную надпись, содержащую общие сведения об изображенных объектах.

ГОСТ 2.104–8 «ЕСКД. Основные надписи», в том числе формы, размеры, содержание, порядок заполнения и список размещения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах устанавливает в части разделения поля схемы на зоны и оформления поля для подшивки.

Для чертежей и схем предусмотрена основная надпись, дополнительные графы к ней, а также размеры рамок на чертежах и схемах по форме 1 ГОСТ 2.104–60 (рис. 1.5).

Для первого и заглавного листа текстовых конструкторских документов (например, ведомости технического проекта, пояснительной записки, технических условий, инструкции и т. п.) предусмотрена основная надпись и дополнительные графы к ней по форме 2 (рис. 1.6). Для последующих листов (чертежей и схем) допускается применять форму 2а (рис. 1.7). Для последующих листов, предназначенных для двустороннего светокопирования, предусмотрена основная надпись и дополнительные графы к ней по форме 2б (рис. 1.8).

В графах основной надписи и дополнительных графах (номера граф на формах показаны в скобках) указывают:

графа 1 – наименование изделия. В соответствии с ГОСТ 2.109–73 «ЕСКД. Основные требования к чертежам» наименование должно быть

кратким и записываться в именительном падеже единственного числа; на первом месте должно стоять имя существительное, например: «Стабилизатор ключевой». После наименования изделия вписывают наименование документа (шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия), если этому документу присвоен шифр, например: «Электродвигатель. Схема электрическая соединений». Для сборочного чертежа допускается наименование документа не указывать;

графа 2 – обозначение документа по ГОСТ 2.201–80;

графа 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

The diagram illustrates the layout and dimensions of the main title block for technical drawings and schemes. It is divided into several horizontal sections with specific dimensions and field numbers in parentheses.

Top Section: Dimensions include 20, 70, 14, 53, 7, 14, and 5. Field numbers (26), (27), (28), (29), and (34) are indicated.

Middle Section: Dimensions include 60, 60, and 60. Field numbers (24) and (25) are indicated.

Bottom Section: Dimensions include 287, 185, 7, 10, 23, 15, 10, 70, 50, 8, 15, 5, 15, 5, 15, 5, and 5. Field numbers (19), (20), (21), (22), (23), (30), (33), (14), (15), (16), (17), (18), (2), (1), (3), (4), (5), (6), (10), (11), (12), (13), (9), (31), and (32) are indicated.

Left Margin: Dimensions include 25, 35, 25, 25, 25, 35, 25, and 7. Field numbers (19), (20), (21), (22), and (23) are indicated.

Right Margin: Dimensions include 5, 15, 5, 15, 5, 15, 5, and 5. Field numbers (31) and (32) are indicated.

Рис. 1.5. Форма 1. Основная надпись для чертежей и схем

графа 5 – масса изделия по ГОСТ 2.109–73;
 графа 6 – масштаб по ГОСТ 2.302–68 и ГОСТ 2.109–73;
 графа 7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);
 графа 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);

Figure 1.1 shows the layout of a drawing sheet (format) with dimensions in millimeters. The total height is 287 mm and the total width is 185 mm. The layout is divided into several sections:

- Top Section:** A header area with a height of 60 mm, divided into two parts of 30 mm each. The left part contains the sheet number (25) and the right part contains the drawing number (24).
- Left Section:** A vertical strip on the left side with a width of 25 mm, containing fields for sheet number (19), drawing number (20), and other metadata (21, 22, 23).
- Main Drawing Area:** The central area for the drawing, with a width of 185 mm and a height of 207 mm (287 mm total height minus 60 mm header and 20 mm footer). It is divided into a grid of fields for drawing content, with dimensions for each field and overall sections.
- Bottom Section:** A footer area with a height of 20 mm, containing fields for sheet number (31) and drawing number (32).

The main drawing area is further divided into a grid of fields for drawing content, with dimensions for each field and overall sections. The grid is 185 mm wide and 207 mm high. The fields are numbered (1) through (32) and have the following dimensions:

- Field (1): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (2): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (3): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (4): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (5): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (6): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (7): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (8): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (9): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (10): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (11): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (12): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (13): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (14): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (15): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (16): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (17): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (18): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (19): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (20): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (21): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (22): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (23): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (24): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (25): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (26): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (27): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (28): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (29): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (30): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (31): 185 mm wide, 207 mm high.
- Field (32): 185 mm wide, 207 mm high.

Рис. 1.6. Форма 2 для первого и заглавного листов текстовых конструкторских документов

Рис. 1.7. Форма 2а для последующих листов текстовых конструкторских документов

графа 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа);

графа 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ (свободную строку графы 10 заполняют по усмотрению разработчика, например: «Начальник отдела», «Рассчитал»);

графа 11 – фамилии лиц, подписывающих документ;

графа 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11 (подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными);

графа 13 – дата подписания документа;

графы 14–18 – изменения. Графы заполняют в соответствии с ГОСТ 2.503–74 «ЕСКД. Правила внесения изменений»;

графы 19–23 – инвентарный номер подлинника, подписи лиц, принявших подлинник или дубликат, дату приемки и др.;

графа 24 – обозначение документа, взамен или на основании которого выпущен данный документ;

Diagram 'a' shows the layout of an odd-numbered page. The top margin is 20. The left margin contains a vertical table with the following fields and dimensions:

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докум.	Инд. № докум.	Подп. и дата
(19)	(20)	(21)	(22)	(23)

The main content area has a width of 185 and a height of 110. It contains a table with the following fields and dimensions:

(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(2)
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

The bottom margin contains the fields 'Копиравал (31)' and 'Формат (32)'. The right margin contains the fields 'Стр. (7)' and '8'. The total height of the page is 57.

a

Diagram 'б' shows the layout of an even-numbered page. The top margin is 5. The left margin contains a vertical table with the following fields and dimensions:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)

The main content area has a width of 110 and a height of 110. It contains a table with the following fields and dimensions:

Стр.	(2)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
(7)		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

The bottom margin contains the fields 'Копиравал (14)' and 'Формат (32)'. The right margin contains the field '20'. The total height of the page is 57.

б

Рис. 1.8. Форма 2б для последующих листов текстовых конструкторских документов: *a* – нечетный номер страницы; *б* – четный номер страницы

графа 25 – обозначение соответствующего документа, в котором впервые записан данный документ;

графа 26 – обозначение документа, повернутое на 180° (для формата А4 и форматов больше А4 при расположении основной надписи

вдоль длинной стороны листа) или на 90° (для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа). Графа 26 на форме 2а является обязательной только для чертежей и схем;

графа 27 – знак, установленный заказчиком в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и предоставляемый представителем заказчика;

графа 28 – номер решения и год утверждения документации соответствующей литературе;

графа 29 – номер решения и год утверждения документации;

графа 30 – индекс заказчика в соответствии с нормативно-технической документацией;

графа 31 – подпись лица, копировавшего чертеж;

графа 32 – обозначение формата листа по ГОСТ 2.301–68;

графа 33 – обозначение зоны, в которой находится изменяемая часть изделия;

графа 34 – номера авторских свидетельств на использованные в данном изделии изобретения.

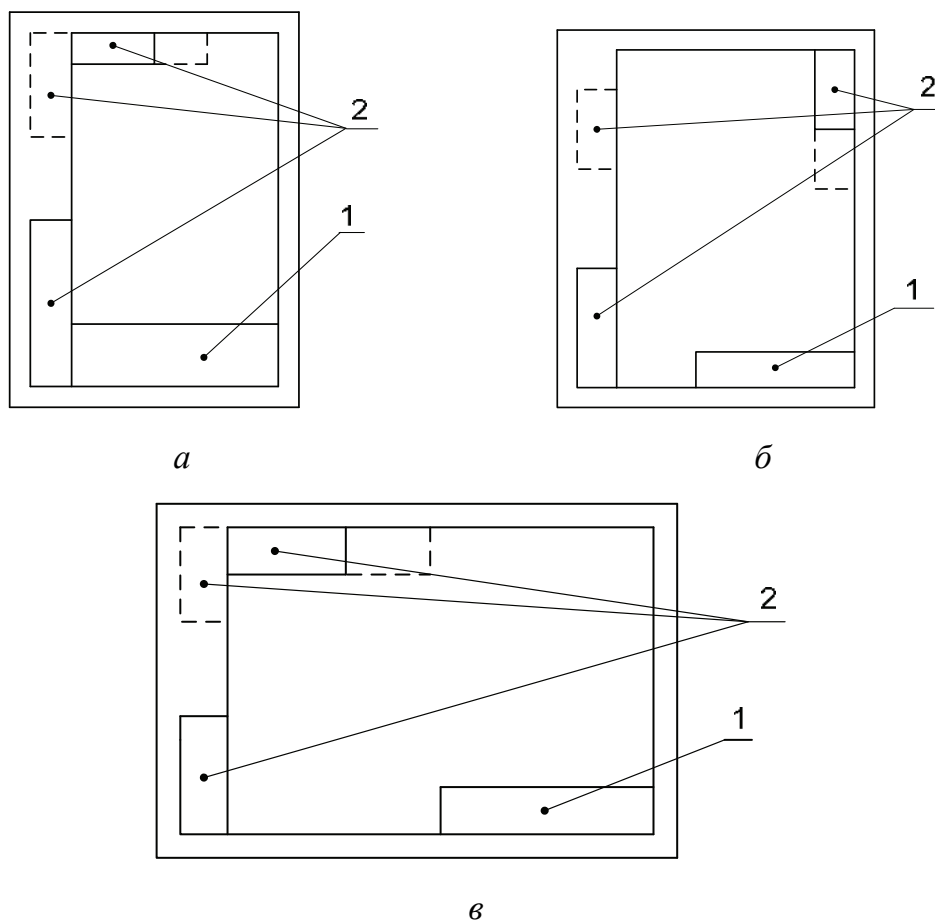


Рис. 1.9. Варианты расположения основной надписи и дополнительных граф:
1 – основная надпись; 2 – дополнительные графы

Графы, изображенные на формах штриховой линией, вводят при необходимости. Графы 3, 5, 6 на схемах не заполняют. При использовании для последующих листов чертежей и схем формы 1 графы 1, 3–6, 9 не заполняют.

Основные надписи выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303–68 «ЕСКД. Линии». Располагают основные надписи в правом нижнем углу конструкторских документов. На рис. 1.9 показаны варианты расположения основной надписи и дополнительных граф на различных форматах. Формат А4 располагается только вертикально – основная надпись внизу листа (рис. 1.9, а). Форматы больше А4 могут быть расположены как горизонтально, так и вертикально: основная надпись может быть нанесена как вдоль длинной (рис. 1.9, б), так и вдоль короткой (рис. 1.9, в) стороны листа.

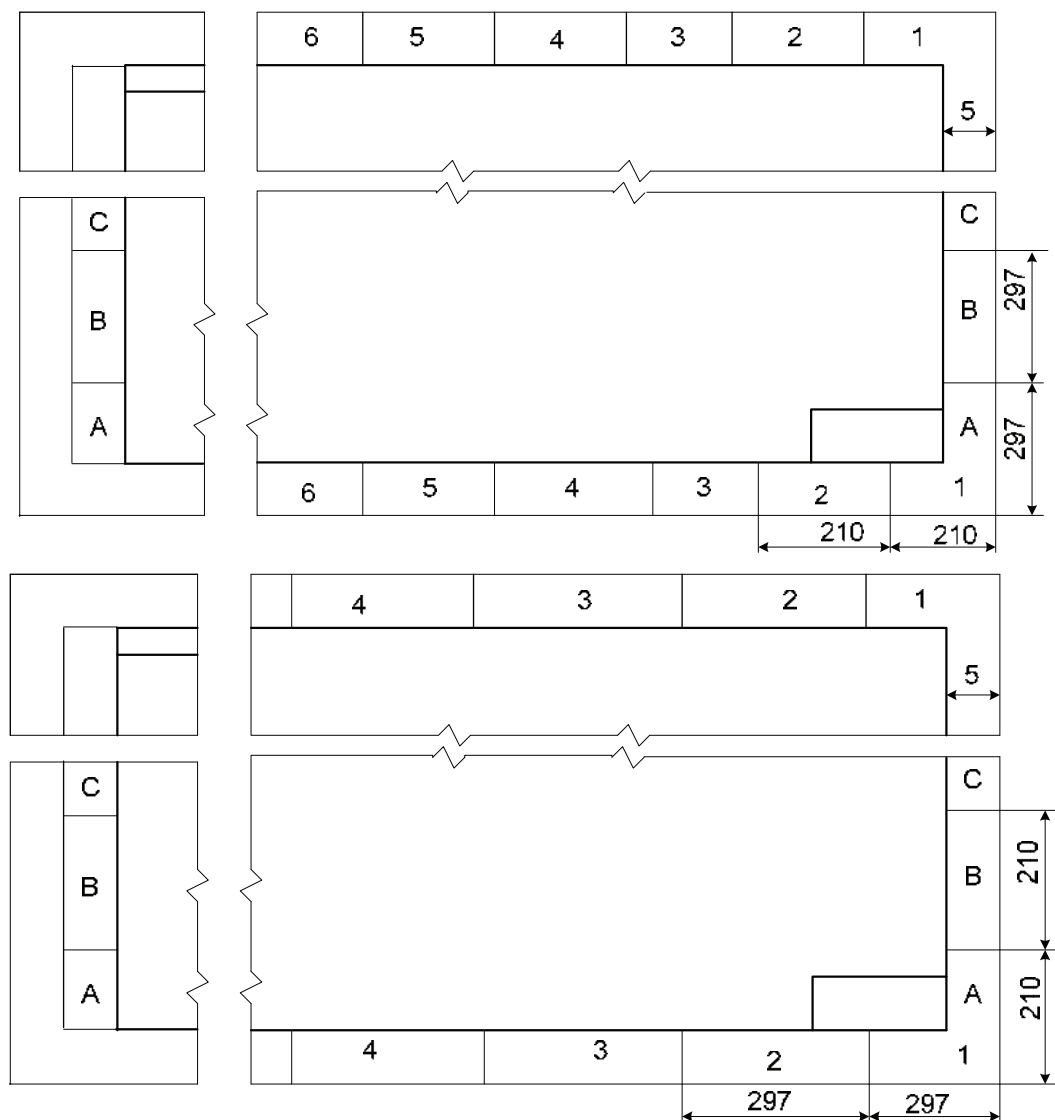


Рис. 1.10. Разбивка поля чертежа на зоны

Рамку, ограничивающую поле схемы, наносят сплошной основной линией на расстоянии 5 мм от границы формата сверху, справа и снизу, слева оставляют поле шириной 20 мм для подшивки схем.

Для быстрого нахождения на чертеже (схеме) составной части сложного объекта рекомендуется поле чертежа разбивать на зоны (рис. 1.10). Отметки, разделяющие чертеж на зоны, наносят на расстоянии, равном одной из сторон формата А4 (210×297). Зоны отмечают по горизонтали арабскими цифрами справа налево, по вертикали – прописными буквами латинского алфавита снизу вверх. Обозначают зоны сочетанием цифр и букв, например: 1А, 2А, 1В, 2В, 3В и т. д.

1.4. Общие требования к текстовым документам

Согласно ГОСТ 2.105–79 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам» текстовые документы подразделяются на документы, содержащие в основном сплошной текст (технические описания, расчеты, пояснительные записки, инструкции и т. п.), и текст, разбитый на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т. п.).

Текстовые документы выполняют на формах, установленных соответствующими стандартами ЕСКД и СПДС (Система проектной документации для строительства). Специальные требования для некоторых видов текстовых документов (например, эксплуатационных) приведены в соответствующих стандартах.

Текстовые документы могут быть выполнены машинописным, рукописным, типографским способами и с применением печатающих и графических устройств вывода на персональном компьютере (ПК).

При рукописном способе текст выполняется основным шрифтом по ГОСТ 2.304–81 «ЕСКД. Шрифты чертежные» черной тушью высота букв и цифр – не менее 2,5 мм.

Текстовые документы, издаваемые типографским способом, должны выполняться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к изданиям, изготовляемым типографским способом.

Особенности выполнения текстовых документов с применением печатающих и графических устройств вывода ПК приводятся в соответствующих стандартах.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки, а также выполнять иллюстрации следует черной тушью или черной гелевой ручкой. Текст на листах документов необходимо располагать, как показано на рис. 1.11.

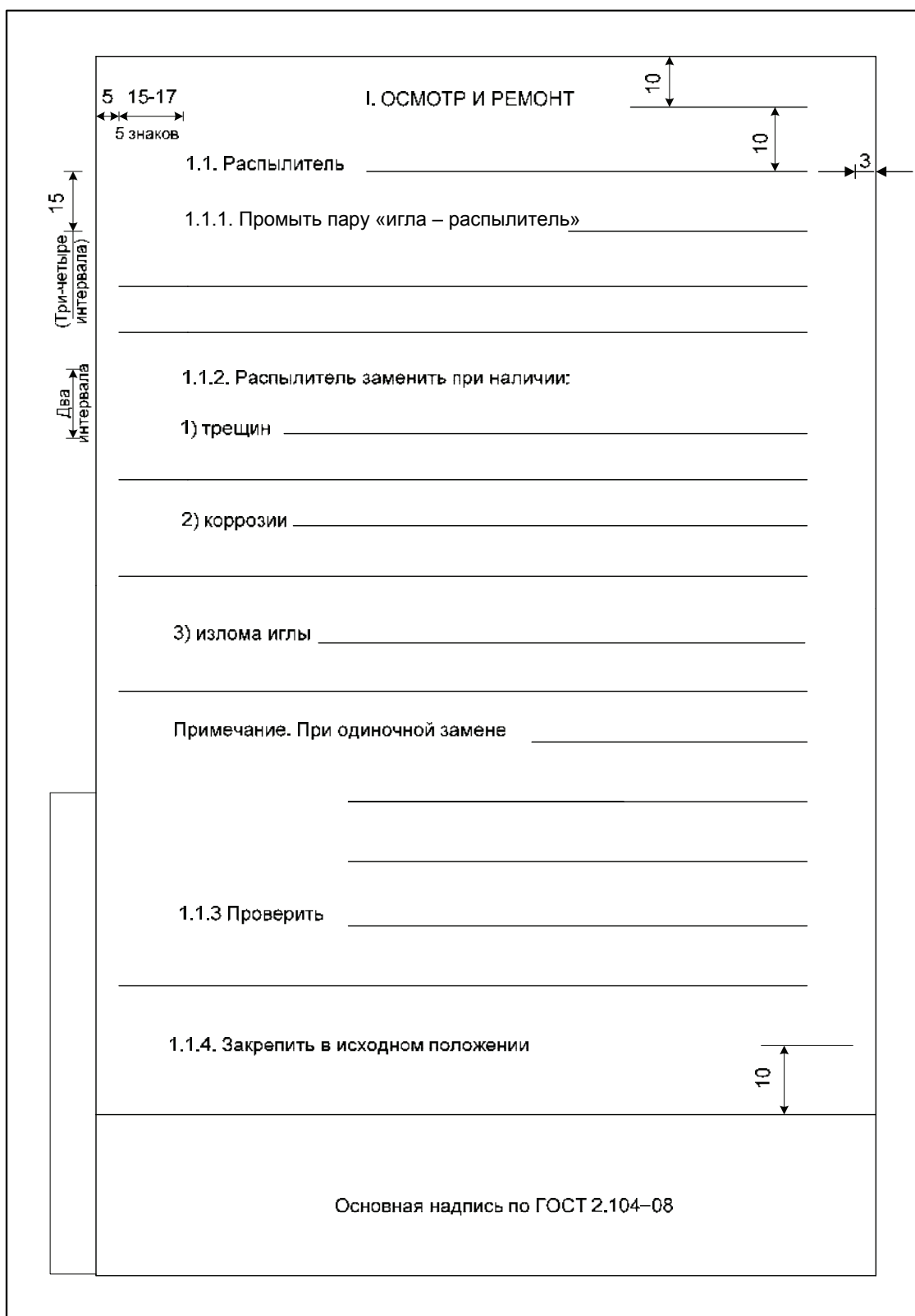


Рис. 1.11. Схема расположения текста на листах

При большом объеме документа его допускается разделить на части (книги). Каждую часть (книгу) комплектуют отдельно и присваивают обозначение документа. Начиная со второй части, к этому обозначению

добавляют порядковый номер (арабскими цифрами), например: XXXX.233631.032 ТО, XXXX.233631.032 ТО1 и т. д. Нумерацию листов документа производят в пределах каждой части (книги), которую начинают на листах с основной надписью по форме 2 ГОСТ 2.104–68 и форме 3 ГОСТ 21.103–78 «СПДС. Основные надписи».

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа (части, книги), подразделы – в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела также ставится точка. Разделы и подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, например: 1.2 – второй пункт первого раздела, 3.1 – первый пункт третьего раздела. Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела, например: 3.1.2 – второй пункт первого подраздела третьего раздела документа.

Пункты при необходимости могут быть разбиты на подпункты, которые нумеруются в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2 и т. д.

Содержащиеся в тексте пункта или подпункта перечисления требований, указаний и т. п. обозначают арабскими цифрами со скобкой, например: 1), 2) и т. д. Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзаца.

Наименование раздела должно быть кратким, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Наименование подразделов записывают в виде заголовков (с абзаца) строчными буквами (кроме первой прописной). Подпункты начинают с новой строки со строчной буквы. В конце подпункта, если за ним следует еще подпункт, ставят точку с запятой.

Пример оформления текстовых документов

1. Типы и основные размеры.

- | | | |
|-----|---|--|
| 1.1 | } | Нумерация пунктов первого раздела документа. |
| 1.2 | | |
| 1.3 | | |

2. Технические требования.

- 2.1 }
2.2 } Нумерация пунктов второго раздела документа.
2.3 }

Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

3. Методы испытаний.

3.1 Аппараты, материалы и реактивы.

- 3.1.1 }
3.1.2 } Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела
3.1.3 } документа.

3.2 Подготовка к испытанию.

- 3.2.1 }
3.2.2 } Нумерация пунктов второго подраздела третьего раздела
3.2.3 } документа.

- Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

- Если текст документа подразделяется только на пункты, они нумеруются порядковыми номерами в пределах документа.

- Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т. д.

- Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа:

- а) _____
- б) _____
 - 1) _____
 - 2) _____
- в) _____

- Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

- Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

- Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

- В документе (части, книге) большого объема на первом (заглавном) листе и, при необходимости, на последующих листах помещают содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров листов (страниц).

Если документ разбит на части (книги), то в конце содержания первой части (книги) перечисляют обозначение и наименование (при наличии) остальных частей (книг). Содержание включают в общее количество листов данного документа (части, книги).

Слово «Содержание» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

- В конце текстового документа перед листом регистрации изменений допускается приводить список литературы, которая была использована при его составлении. Выполнение списка и ссылки на него в тексте – по ГОСТ 7.32. Список литературы включают в содержание документа.

- Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Допускается вместо сквозной нумерации страниц применять нумерацию страниц в пределах каждого раздела документа следующим образом:

3	15
раздел	страница

Перечень литературы, нормативно-технической и другой документации, используемой при составлении текстового документа, поме-

щают в конце документа и включают в его содержание. Список литературы и ссылки на него в тексте оформляют по ГОСТ 7.32–81 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования и правила оформления».

В текстовых документах разрешается давать ссылки на стандарты (кроме стандартов предприятий), конструкторские и другие документы (например, органов государственного надзора). Ссылка делается на весь документ в целом или на его разделы и приложения (с указанием обозначения и наименования документа, номера и наименования раздела). Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации не допускаются.

При ссылке на стандарты и технические условия указывают только их обозначения, при ссылке на другие документы – их наименование. При ссылке на раздел или приложение указывают его номер и наименование, при повторных ссылках – только номер.

Изложение содержания документа должно быть кратким, четким, исключающим возможность неоднозначного толкования.

Наименование изделия на титульном листе, в основной надписи при первом упоминании в тексте документа должно быть одинаковым с его наименованием в основном конструкторском документе. В последующем тексте порядок слов в наименовании должен быть прямой, т. е. на первом месте – определение (имя прилагательное), а затем – название изделия (имя существительное), например: «Автоматический выключатель». При этом допускается употреблять сокращения наименования изделия. Наименования, приводимые в тексте документа и на иллюстрациях, должны быть одинаковыми.

Терминология и определения должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам, а при отсутствии стандарта – общепринятым и в научно-технической литературе. Если в документе принята специфическая терминология, то в конце его (перед списком литературы) должен быть приведен перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

Сокращение слов в тексте и подписях под иллюстрациями, как правило, не допускается. Исключение составляют сокращения, общепринятые в русском языке или установленные ГОСТ 2.316–68 «ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц», а также сокращения, принятые для надписей, непосредственно изображенных на изделиях (в тексте они должны быть выделены шрифтом, например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками, если надпись состоит из цифр

и знаков). Наименование команд, режимов, сигналов и т. п. в тексте следует выделять кавычками, например: «Сигнал + 27 включено».

Общепринятые сокращения.

1. К общепринятым сокращениям относятся: во всех случаях – т. е. (то есть), в конце фразы – и т. п. (и тому подобное), и т. д. (и так далее), и др. (и другие), и мн. др. (и многие другие), и пр. (и прочее); при ссылках и сносах – см. (смотри); ср. (сравни); табл. (таблица), рис. (рисунок); стр. (страница), вып. (выпуск); журн. (журнал); изд. (издание); л. (лист); п. (пункт); пп. (пункты); разд. (раздел); черт. (чертеж); сб. (сборник); ст. (статья).

2. Не следует сокращать слова и словосочетания: графа, уравнение, формула, так как, так что, например, более или менее, главным образом, должно быть, около, таким образом, так называемый.

3. Нельзя допускать профессиональных или местных (цеховых, заводских) слов и выражений (техницизмов).

4. Слова *maximum*, *minimum* предпочтительнее применять в сокращенном виде для индексов (*max*, *min*). Их нельзя склонять с русскими окончаниями через апостроф: *maxima*, *minima*; в таких случаях следует писать по-русски: максимума, минимума.

5. Не следует после названия месяца писать слово «месяц», например «в августе месяце», вместо «в августе», а также применять выражения: «текущего года», «прошлого года», «сего года» и т. д., следует указывать конкретную дату: например, «в декабре 1988 г.».

6. Не рекомендуется ставить тире перед цифровыми величинами, чтобы не спутать его со знаком «минус». Вместо этого знака для величин, имеющих отрицательное значение, следует писать слово «минус».

7. После цифровых величин должны ставиться условные обозначения единиц измерения, а в тексте, наоборот, их полные наименования: например, 17,5 кг, но «несколько килограммов». Нельзя соединять текст с условными и математическими обозначениями, например: не « t° нагрева», а «температура нагрева»; не «скорость = 5 м/с», а «скорость равна 5 м/с».

8. Нельзя применять разные сокращенные обозначения одних и тех же величин, например: «5 м/с на 1 км» и «5 м/с/км».

9. Знаки 0, №, %, ° (градус), lg, sin, cos и другие применяются только в сопровождении цифровых или буквенных обозначений. В тексте пишут словами: «нуль», «номер», «логарифм» и т. д.

Знаки «градуса», «минуты» и т. д., относящиеся к числу, содержащему десятичную дробь, ставятся после дробных чисел: 15,5°, 5° 18,3'.

10. Отвлеченные числа до девяти следует писать в тексте словами, свыше девяти – цифрами (например, «три кривые», «10 делений»); числа с размерностью пишутся цифрами, а без размерности – словами, например: «Зазор – не более 2 мм», «Катушку пропитать два раза».

11. Порядковые числительные следует писать цифрами в сопровождении сокращенных падежных окончаний: «9-й день», «2-я линия». При нескольких порядковых числительных падежное окончание согласуется с последним из них: «3, 4 и 5-й графики».

При римских цифрах падежные окончания не ставятся: «XI Генеральная конференция по мерам и весам».

Количественные числительные пишутся без падежных окончаний, например: «в 12 случаях», «на 20 листах». Не допускаются также падежные окончания в датах («21 апреля»).

Перечень допускаемых сокращений слов, применяемых в основных надписях, технических требованиях и таблицах, на чертежах и в спецификациях, установленный ГОСТ 2.316–68, приведен в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Перечень допускаемых сокращений

Полное наименование	Сокращение	Полное наименование	Сокращение
Без чертежа	БЧ	Конусность	конусн.
Ведущий	вед.*	Конусообразность	конусообр.
Верхнее отклонение	верхн. откл.	Лаборатория	лаб.*
Взамен	взам.	Левый	лев.
Внутренний	внутр.	Литера	лит.
Главный	гл.*	Металлический	металл.
Глубина	глуб.	Металлург	мет.*
Деталь	дет.	Механик	мех.*
Длина	дл.	Наибольший	наиб.
Документ	докум.	Наименьший	наим.
Дубликат	дубл.	Наружный	нар.
Заготовка	загот.	Начальник	нач.*
Зенковка, зенковать	зенк.	Нижнее отклонение	нижн. откл.
Извещение	изв.	Номинальный	номин.
Изменение	изм.	Нормоконтроль	н. контр.
Инвентарный	инв.	Обеспечить	обеспеч.
Инженер	инж.*	Обработка, обрабатывать	обраб.
Инструмент	инстр.	Отверстие	отв.
Исполнение	исполн.	Отверстие центровое	отв. центр.

Полное наименование	Сокращение	Полное наименование	Сокращение
Класс (точности, чистоты)	кл.	Отдел	отд.*
Количество	кол.	Отклонение	откл.
Конический	конич.	Относительно	относит.
Конструктор	констр.*	Первичная применяемость	перв. при- мен.*
Конструкторский отдел	КО*	Плоскость	плоск.
Конструкторское бюро	КБ*	По порядку	п/п
Поверхность	поверхн.	Старший	ст.*
Подлинник	подл.	Страница	стр.
Подпись	подп. *	Таблица	табл.
Позиция	поз.	Твердость	тв.
Покупка, покупной	покуп.	Теоретический	теор.
Правый	прав.	Технические требования	ТТ
Предельное отклонение	пред. откл	Технические условия	ТУ
Приложение	прилож.	Техническое задание	ТЗ
Примечание	примеч.	Технолог	техн.*
Проверил	пров.	Технологический контроль	т. контр. *
Пункт	п.	Ток высокой частоты	ТВЧ
Пункты	пп.	Толщина	толщ.
Разработал	разраб.*	Точность, точный	точн.
Рассчитал	рассч.*	Условное давление	усл. давл.
Регистрация, регистрационный	регрстр.	Условный проход	усл. прох.
Руководитель	рук.*	Утвердил	утв.
Сборочный чертеж	сб. черт.	Химический	хим.
Свыше	св.	Цементация, цементи- ровать	цемент.
Сечение	сеч.	Центр масс	ЦМ
Специальный	спец.	Цилиндрический	цилиндр.
Спецификация	специф.	Чертеж	черт.
Справочный	справ.	Шероховатость	шерох.
Стандарт, стандартный	станд.	Экземпляр	экз.

Примечание. Сокращения, отмеченные знаком «*», применяют только в основной надписи; сокращение «табл.» применяют в тексте только в случаях, если таблица имеет номер.

В тексте не допускается сокращение обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках таблиц и в расшифровках буквенных

обозначений, входящих в формулы. Не разрешается в тексте применять индексы стандартов (ГОСТ, РСТ, СТП) без регистрационного номера.

Если в документе принята особая система сокращений слов или наименований, то в нем должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

Условные графические обозначения и буквенные обозначения механических, химических, физических, математических и других величин должны соответствовать установленным государственными стандартами. В тексте документа, перед обозначением параметра дают его пояснение, например: «Временное сопротивление разрыву σ_b ».

Все формулы в документе нумеруют сквозной нумерацией арабскими цифрами в пределах всего документа. Одну формулу обозначают – (1). Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер будет состоять из номера раздела и порядкового номера формулы – (2.2). Номер формулы указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например:

$$I = U / R. \quad (2)$$

Ссылки в тексте на номер формулы дают в круглых скобках, например, в формуле (2).

Расстояние от формулы до текста должно быть не менее одной свободной строки (сверху и снизу).

Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Первая строка должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него. Значение каждого символа дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле

$$V = \pi R^2 H, \quad (2.2)$$

где V – объем цилиндра, см^3 ; π – 3,14; R – радиус цилиндра, см; H – высота цилиндра, см.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой

$$A = C + D, \quad (1)$$

$$B = A + C. \quad (2)$$

Знаки препинания в конце формулы, а также перед ней применяют в соответствии с общими правилами пунктуации.

Знак, на котором сделан перенос формулы, пишут в конце первой строки и в начале следующей. При переносе формулы на другую строку на знаке умножения применяют знак « \times ».

Не допускается перенос формулы на знаке деления, а также в случаях, когда это может вызвать разделение выражений в скобках, дробей, индексов, показателей степеней, выражений, относящихся к знакам корня, интеграла, суммы, тригонометрической функции и т. п.

При написании формул необходимо использовать стандартные знаки радикала, интеграла, суммы, бесконечности в соответствии с ГОСТ 2.304–81.

Обозначение и написание единиц физических величин, их предельные отклонения должны соответствовать ГОСТ 8.417–2002. Единица физической величины одного и того же параметра в пределах текстового документа должна быть постоянной.

Дробные числа надо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые записывают по типу: $1/2''$, $1/4''$.

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби допускается записывать в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, $5/32$, $(50\text{ А} - 4\text{ С})/(40\text{ В} + 20)$.

Для различия между несколькими величинами, обозначенными одной и той же буквой, следует применять индексы. В качестве буквенных обозначений используют:

- сокращения слов: $P_{\text{изб}}$ – избыточное давление;
- римские и арабские цифры: R_1 – внутренний радиус; C_3 – теплоемкость четвертого образца;
- буквы латинского и греческого алфавитов: m – масса i -го груза; Q_3 – реактивная мощность;
- условные знаки, т. е. графические символы, отличные от букв и цифр: F_{\perp} – перпендикулярная нагрузка;
- буквенное обозначение величин: U_j – емкостное напряжение;
- условные обозначения химических элементов и веществ: $C_{\text{H}_2\text{O}}$ – теплоемкость воды; Φ_{α} – поток альфа-частиц.

Индексы располагают преимущественно справа ниже линии основного знака. Допускается располагать индексы справа выше основного знака (с применением скобок для индексов), слева выше и ниже основного знака, а также над и под основным знаком. Размер индексов должен быть меньше размера основного знака буквенного обозначения величины.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Для ряда числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, ее указывают только после последнего числового значения, например: 10, 15, 18 мм.

В приложениях к тексту и таблицам указывают только справочные и поясняющие данные. Текст примечания должен начинаться с абзаца словом «Примечание» с точкой. Если примечаний несколько, то пишут слово «Примечания» с двоеточием. Примечания нумеруют арабскими цифрами с точкой.

Оформление иллюстраций. Иллюстрации в текстовом документе даются для пояснения излагаемого текста и должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Иллюстрации могут располагаться по тексту, в конце его или в приложении.

Иллюстрации, если их больше одной, нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например: «Рис. 1.1», «Рис. 1.2». Ссылки на иллюстрации дают по типу «рис. 1.1», а ссылки на ранее упомянутые иллюстрации дают с сокращенным словом «смотри», например: «см. рис. 2.1».

Допускается нумерация иллюстраций в пределах всего документа.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и подрисуночный текст. Если в тексте есть ссылки на составные части изделия, то на иллюстрации указывают их номера позиций в пределах данной иллюстрации в возрастающем порядке. Для электро- и радиоэлементов указывают позиционные обозначения, установленные в схеме данного изделия. Если названные элементы являются органами регулировки или настройки, то кроме номера позиции. В подрисуночном тексте дополнительно указывают назначение каждой регулировки и настройки, позиционное обозначение и надписи на соответствующей планке или панели.

При ссылке в тексте на отдельные элементы деталей (отверстия, пазы, канавки и др.) их обозначают прописными буквами русского алфавита.

Указанные данные наносят на иллюстрациях согласно ГОСТ 2.109–73.

На электрических схемах, приводимых в документе, для каждого элемента указывают его позиционное обозначение, установленное соответствующим стандартом, и при необходимости – номинальное значение величины.

Требования к оформлению приложений. Иллюстративный материал, таблицы, текст вспомогательного характера или самостоятельно выпущенные конструкторские документы, например, схемы, габаритные чертежи, могут быть оформлены в виде приложения.

Согласно ЕСКД, приложения оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде отдельного документа. Ссылку на приложение дают в основном тексте документа, а в содержании перечисляют все приложения.

Каждое приложение должно начинаться с нового листа с указанием в правом верхнем углу первого листа слова «Приложение» прописными буквами. В технически обоснованных случаях приложение может иметь заголовок, который записывают симметрично тексту прописными буквами.

Выполняют приложения на листах формата А4, но можно использовать форматы А3, А2, А1 и дополнительные форматы А4×3, А4×4.

Когда в документе больше одного приложения, то их нумеруют арабскими цифрами (без знака №), например: «ПРИЛОЖЕНИЕ 1», «ПРИЛОЖЕНИЕ 2» и т. д.

Нумерация листов документа и приложений, входящих в состав документа, должна быть сквозная.

Таблицы и иллюстрации в приложениях нумеруют в пределах каждого приложения.

Когда приложение выпускается в виде самостоятельного документа, то его оформляют по общим правилам: первый лист с основной надписью – по форме 2, последующие листы – по форме 2а согласно ГОСТ 2.104–68. Обозначения присваивают как части документа с указанием порядкового номера в шифре.

Иногда приложение может иметь раздел «Содержание». Документы, включая и документ, к которому выпускается приложение, комплектуют в альбом с составлением к нему описи альбома. Описи присваивают код ОП.

Требования к построению таблиц. Размеры таблиц выбираются произвольно, в зависимости от изложения материала. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Графу «№ п/п» в таблицу не включают. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера указывают в боковике таблицы перед их наименованием. Для облегчения ссылок в тексте документа допускается нумерация граф. Диагональное деление головки таблицы не допускается.

Заголовки и подзаголовки граф таблиц начинают с прописных букв. Когда подзаголовок составляет одно предложение с заголовком, то в этом случае его начинают со строчных букв. В конце заголовков и подзаголовков таблиц знаки препинания не ставят. Заголовки указывают в единственном числе.

В тех случаях, когда цифровые данные в графах таблицы выражены в различных единицах физических величин, то их указывают в заголовке каждой графы. Если все параметры, размещенные в таблице, выражены в одной и той же единице физической величины, то над таблицей, в тематическом заголовке, помещают ее сокращенное обозначение (м, мм и др.).

Когда в таблице большая часть граф содержат параметры, выраженные в одной единице физической величины, а несколько граф – параметры, выраженные в других единицах физических величин, то над таблицей, в тематическом заголовке, помещают надпись с преобладающей единицей физической величины, а сведения о других единицах физических величин дают в заголовках соответствующих граф (табл. 1.5).

В тех случаях, когда в строке таблицы все данные приведены для одной физической величины, то ее указывают в соответствующей строке боковика таблицы (табл. 1.6).

Применяющиеся слова «более», «не более», «менее», «не менее», «в пределах» нужно помещать рядом с наименованием соответствующего параметра или показателя (после единицы физической величины) в боковике (табл. 1.6) или заголовке графы таблицы.

Когда повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его можно заменять кавычками, если строки в таблице не разделены линиями. Если повторяющийся текст состоит из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками (табл. 1.7). Но ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, знаков, марок, математических и химических символов не допускается.

В случаях, когда цифровые или иные данные в графах таблицы не приводят, на месте пропуска данных необходимо ставить знак «тире».

Применяемые единицы измерения угловых величин (градусы, минуты, секунды) при отсутствии горизонтальных линий указывают только в первой строке таблицы. При наличии в таблице горизонтальных линий единицы измерения угловых величин проставляют во всех строках.

Таблица 1.5

Размеры деталей

Условный проход D_y	Размеры деталей, мм				
	D	L	L_1	L_2	Масса, кг
50	160	180	525	600	160
80	195	210			170
100	215	230	530	610	190

Таблица 1.6

Пропускная способность труб

Наименование параметра	Норма для типа			
	P-25	P-75	P-150	P-300
Максимальная пропускная способность, $\text{дм}^3/\text{с}$, не менее	25	75	150	300
Масса, кг, не более	10	30	60	200

Таблица 1.7

Пример замены повторяющихся словосочетаний в таблице

Наименование отливки	Положение оси вращения
Гильза цилиндрическая	Горизонтальное
То же	То же

Используемые цифры в графах таблиц нужно располагать так, чтобы классы чисел во всей графе были точно один под другим, за исключением случаев, аналогичных указанным в табл. 1.8.

Числовые величины в одной графе должны иметь одинаковое количество десятичных знаков.

Дробные числа приводят в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые записывают по типу: $1/2''$, $1/4''$.

С целью сокращения текста заголовков и подзаголовков граф таблицы отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например: D – диаметр, H – высота, L – длина.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно, в порядке возрастания индексов, например: L_1 , L_2 , L_3 и т. д.

При указании в таблицах последовательных интервалов значений величин, охватывающих все значения ряда, перед ними пишут «от», «св.» и «до», имея в виду «до... включительно» (табл. 1.9).

В интервалах, охватывающих любые значения величин, между величинами следует ставить тире (табл. 1.8).

В тексте интервалы значений величин записывают со словами «от» и «до», например: «...толщина слоя должна быть от 0,5 до 2 мм», или через тире, например: «черт. 10–15», «пп. 7–12».

Таблица 1.8

Пример расположения числовых данных в таблице

Наименование сплава	Температура плавления, °С
Латунь	858–900
Сталь	1300–1400
Чугун	1100–1200

Таблица 1.9

Пример указания интервалов значений величин в таблицах

Диаметр зенкера, мм	C	C_1	n	n_1	n_2
От 10 до 11	3,17	0,45	–	3,00	0,25
Св. 11, 12	4,85	1,30	0,44	3,84	–
12–14	5,00	2,30	4,2	7,45	1,45

Пределы размеров указывают от меньших к большим.

Для ограничения номенклатуры применяемых величин или изделий те значения, которые имеют ограниченное применение, заключают в скобки с соответствующим пояснением их под таблицей.

Если документ содержит одну таблицу, то слово «Таблица», порядковый номер таблицы и заголовок (при его наличии) указывают один раз над ее первой частью; над последующими частями таблицы пишут слово «Продолжение». В продолжении таблицы в этом случае указывают ее номер таблицы, например: «Продолжение табл. 2».

Если в документе более одной таблицы, то их нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами (без знака №). Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например: «таблица 2.1». Разрешается нумеровать таблицы в пределах всего документа, например: «Таблица 2.2».

Над правым верхним углом таблицы пишут слово «Таблица» с указанием порядкового номера таблицы, например «Таблица 2.1». Если в документе только одна таблица, то номер ей не присваивают и слово «Таблица» не пишут.

При необходимости таблица может иметь тематический заголовок. Слово «Таблица» при наличии заголовка следует писать выше заголовка.

Таблицы, имеющие большое количество строк или граф делят на части, которые переносят на другие листы или помещают на одном листе рядом (табл. 1.10) или одну под другой.

Таблица 1.10

Пример деления строк и граф таблицы на части

Показатель	Величина показателя, мм					
d	1,6	2	2,5	3	4	5
l	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8
d_1	0,6	2	2,5	3	4	5
S	3,2	4	5	5,5	7	8
H	1,1	1,4	1,7	2	2,8	3,5
D	3,4	4,4	5,5	6	7,7	8,8
r	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25
d_3	—	—	—	—	1	1,2
d_4	—	—	—	—	1	1,2
l_2	—	—	—	—	1,4	1,8

В случае переноса части таблицы на другой лист заголовки помещают только над первой частью. Если части таблицы помещают рядом, в каждой части повторяют головку; при размещении частей таблицы одну под другой – повторяют боковик.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При этом, если таблица не имеет номера, слово «Таблица» пишут полностью, если имеет номер – сокращенно, например: «...в табл. 1.1».

Требования к текстовым документам, содержащим текст, разбитый на графы. Текстовые документы, содержащие текст, разбитый на графы, при необходимости разделяют на разделы и подразделы, которые не нумеруют. Наименование разделов и подразделов записывают в виде заголовков строчными буквами (кроме первой прописной) и подчеркивают. Ниже заголовка оставляют одну свободную строку, а выше – не менее одной свободной строки.

Все записи производят на каждой строке в один ряд. Они не должны сливаться с линиями, разграничивающими строки и графы.

С целью облегчения внесения изменений оставляют свободные строки между разделами и подразделами, а при необходимости между ними.

Когда в графе документа записан текст в несколько строк, то записи в последующих графах начинают на уровне первой строки.

Если для документа составляется титульный лист, то на нем размещают утверждающие и согласующие подписи.

Обязательность и особенности выполнения титульных листов оговорены в стандартах на правила выполнения соответствующих документов.

Оформление титульного листа. Титульный лист является первым листом документа или описи альбома, если он составлен как альбом документов.

Титульный лист выполняют на листах формата А4 по форме, приведенной на рис. 1.12:

поле 1 – наименование министерств или ведомств; заполнение поля необязательно;

поле 2: в левой части (для технических условий, карты технического уровня и качества продукции, эксплуатационных и ремонтных документов) – код ОКП, в правой части – специальные отметки;

поле 3: в левой части – гриф согласования, в правой – гриф утверждения (по ГОСТ 6.38–72 «УСД. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов»);

поле 4 – наименование изделия (крупным шрифтом) и документа, на который составляют титульный лист. Для документов, разбитых на части, указывают номер части и ее наименование, для альбома документов – номер альбома и общее количество альбомов;

поле 5 – обозначение документа или описи альбома (крупным шрифтом);

поле 6 – подписи разработчиков документа (по ГОСТ 6.38–72). При большом количестве согласующих подписей поле 6 допускается увеличивать за счет выпуска второго листа, являющегося продолжением титульного листа. При этом в верхнем правом углу второго листа указывают «Продолжение титульного листа», наименование и обозначение документа. В конце первого листа пишут: «Продолжение на следующем листе».

1
2
3
4
5
6
7

Рис. 1.12. Оформление титульного листа

Если нет необходимости выпускать продолжение титульного листа, а подписи разработчиков не разместились на поле 6, то их помещают в конце текста титульного листа документа (перед продолжением). Подписи других должностных лиц можно размещать на поле для подшивки титульного и заглавного листов;

поле 7 – год издания документа (без указания слова «год» или «г.»).

Если титульный лист имеет продолжение, поле 7 переносится на второй лист.

Для документов, издаваемых типографским способом, данные на полях 3 и 6 титульного листа не приводят.

Требования к выполнению диаграмм, изображающих функциональную зависимость двух или более переменных величин в системе координат, установлены в рекомендациях Р 50-77–88 «ЕСКД. Правила выполнения диаграмм».

Диаграммы выполняют в прямоугольной или полярной системе координат.

Диаграмма может иметь наименование, поясняющее изображенную функциональную зависимость.

Значение величин, связанных изображаемой функциональной зависимостью, откладывают на осях координат в виде шкал.

Иногда диаграммы, предназначенные для информационного изображения функциональных зависимостей можно выполнять без шкал на осях координат (рис. 1.13). При этом оси координат следует заканчивать стрелками, указывающими направление возрастания значений величин. Разрешается применять стрелки и в диаграммах со шкалами – за пределами шкал или параллельно оси координат (рис. 1.14).

При использовании прямоугольной системы координат независимую переменную следует откладывать на горизонтальной оси (оси абсцисс). Положительные значения величин откладывают на осях, как правило, вправо и вверх от точки начала отсчета.

В случаях применения полярной системы координат начало отсчета углов (угол 0°) должно находиться на горизонтальной или вертикальной оси (рис. 1.15). Положительное направление угловых координат должно соответствовать направлению вращения против часовой стрелки.

При выполнении же диаграмм в прямоугольной (пространственной) системе трех координат функциональные зависимости следует изображать в аксонометрической проекции по ГОСТ 2.317–69 «ЕСКД. Аксонометрические проекции» (рис. 1.14).

Значения переменных величин откладывают на осях координат в линейном (рис. 1.14, 1.15) или нелинейном (например, логарифмическом – рис. 1.16) масштабах изображения. Масштаб для каждого направления координат может быть разным. Диаграммы без шкал следует выполнять во всех направлениях координат в линейном масштабе изображения.

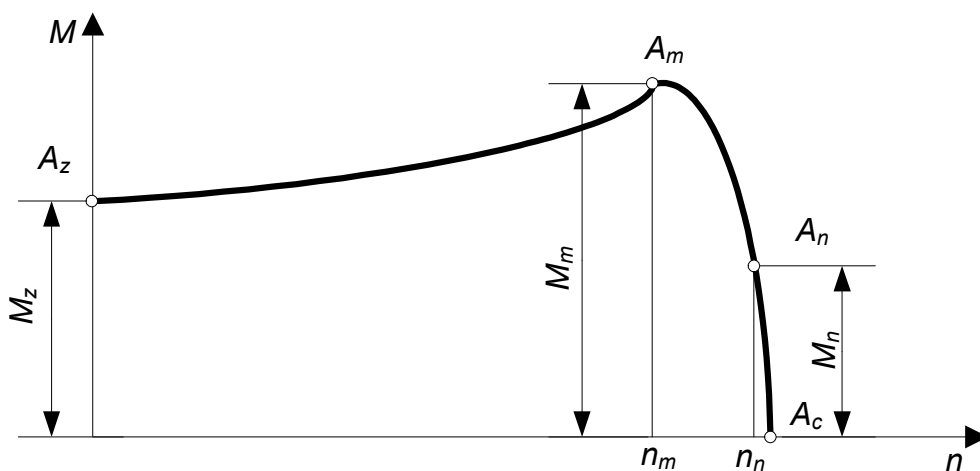


Рис. 1.13. Пример выполнения диаграмм функциональных зависимостей

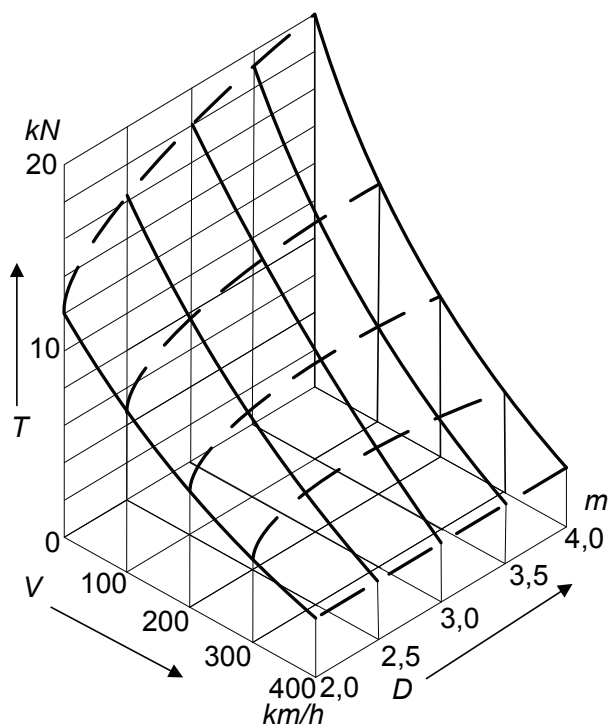


Рис. 1.14. Пример выполнения диаграмм в прямоугольной системе координат

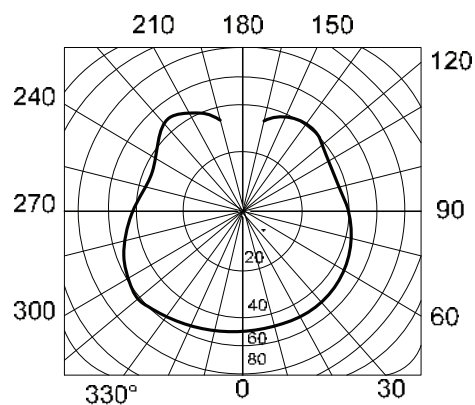


Рис. 1.15. Пример выполнения диаграммы в полярной системе координат

В качестве шкалы используют координатную ось или линию координатной сетки, которая ограничивает поле диаграммы.

При выполнении диаграмм, изображающих несколько функций различных переменных, а также диаграмм, в которых одна и та же переменная должна быть выражена одновременно в различных единицах измерения, можно использовать в качестве шкал как координатные оси, так и линии координатной сетки, ограничивающие поле диаграммы (рис. 1.16), или (и) прямые, расположенные параллельно координатным осям (рис. 1.17).

Координатные оси как шкалы значений изображаемых величин должны быть разделены на графические интервалы одним из способов: координатной сеткой (рис. 1.14–1.16), делительными штрихами или сочетанием координатной сетки и делительных штрихов (рис. 1.17).

Шкалы, расположенные параллельно координатной оси, следует разделять только делительными штрихами (рис. 1.17). Расстояние между делительными штрихами или (и) линиями координатной сетки выбирают с учетом назначения диаграммы и удобства отсчета с интерполяцией.

Всегда рядом с делениями сетки или делительными штрихами, соответствующими началу и концу шкалы, должны быть указаны значения величин. Нуль следует указывать один раз у точки пересечения шкал, если он является началом отсчета шкал. Частоту нанесения чи-

словых значений и промежуточных делений шкал выбирают с учетом удобства пользования диаграммой. Делительные штрихи, соответствующие кратным графическим интервалам, допускается удлинять (рис. 1.17).

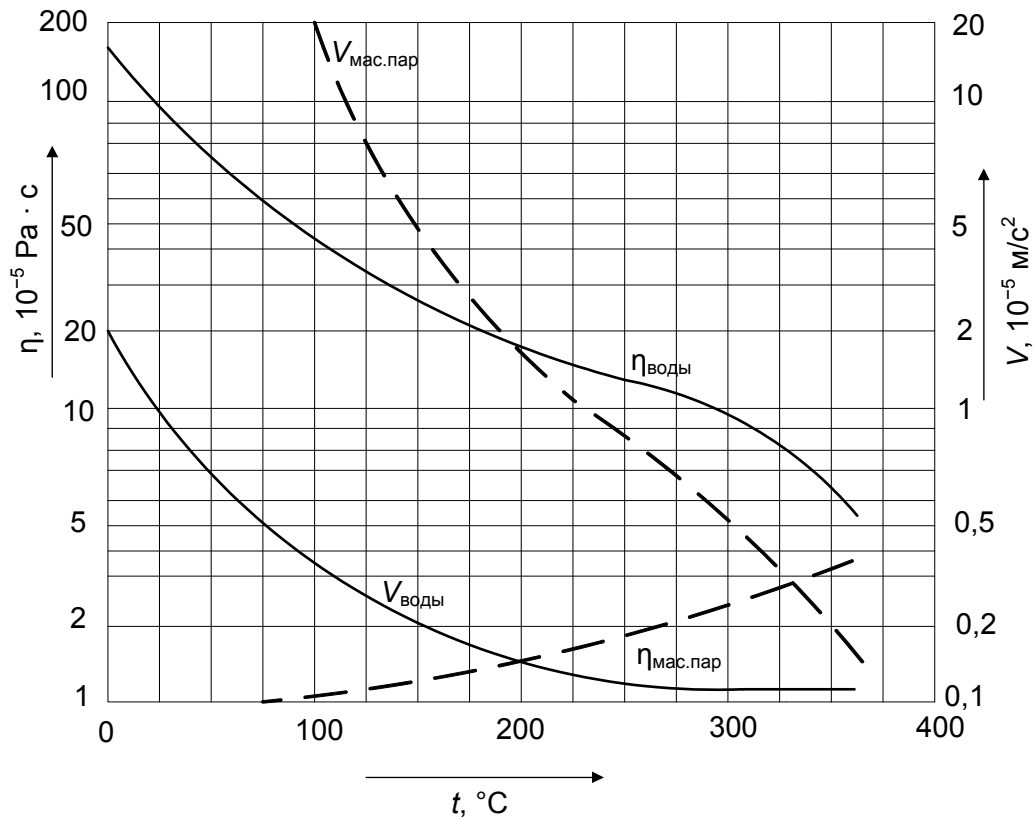


Рис. 1.16. Пример использования осей координат в логарифмическом масштабе

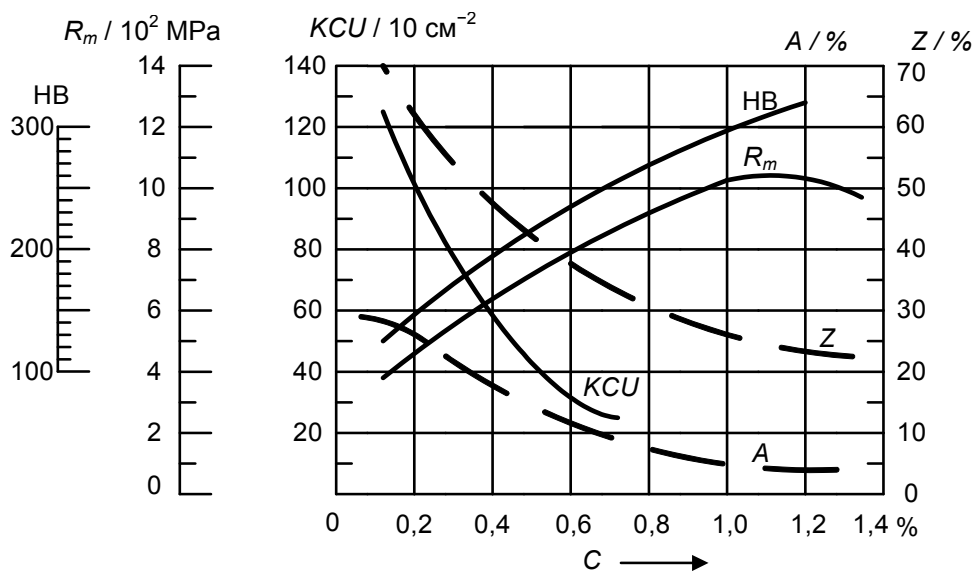


Рис. 1.17. Пример использования линий, параллельных осям координат, в качестве шкал

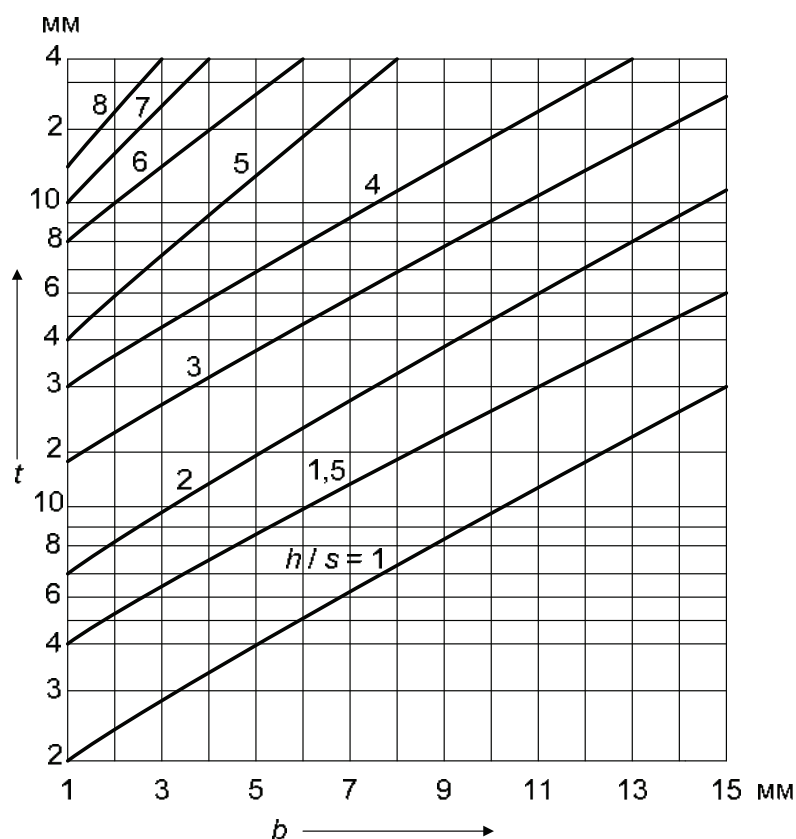


Рис. 1.18. Пример выражения многозначных чисел для определенного диапазона шкал

Числа у шкал следует размещать вне поля диаграммы и располагать горизонтально, при необходимости допускается наносить их у шкал внутри поля диаграммы (рис. 1.15). Многозначные числа выражают как кратные «10» (и целое число) для данного диапазона шкалы (рис. 1.18).

Диаграммы следует выполнять линиями согласно ГОСТ 2.303–68. Группу линий необходимо выбирать с учетом размера, сложности и назначения диаграммы, а также с учетом требований репрографии.

Оси координат, оси шкал, ограничивающие поле диаграммы, следует выполнять сплошными основными линиями. Линии координатной сетки и делительные штрихи – сплошной тонкой линией. Допускается выполнять линии сетки, соответствующие кратным графическим интервалам, сплошной линией толщиной $2s$.

На диаграмме одной функциональной зависимости ее изображение следует выполнять сплошной линией толщиной $2s$. Допускается изображать функциональную зависимость сплошной линией меньшей толщины (толстой или тонкой) в случае необходимости обеспечения требуемой точности отсчета.

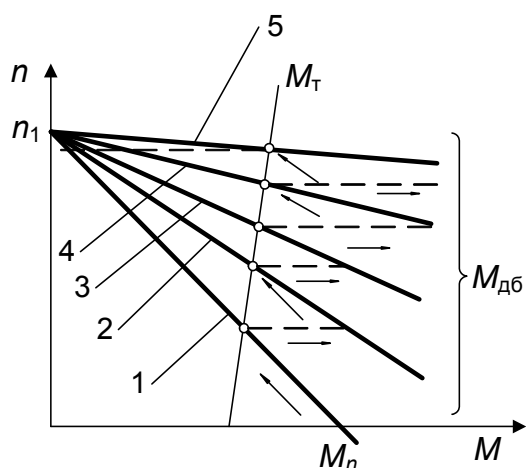


Рис. 1.19. Пример изображения пучка линий, выходящих из одной точки или пересекающихся в одной точке под небольшими углами

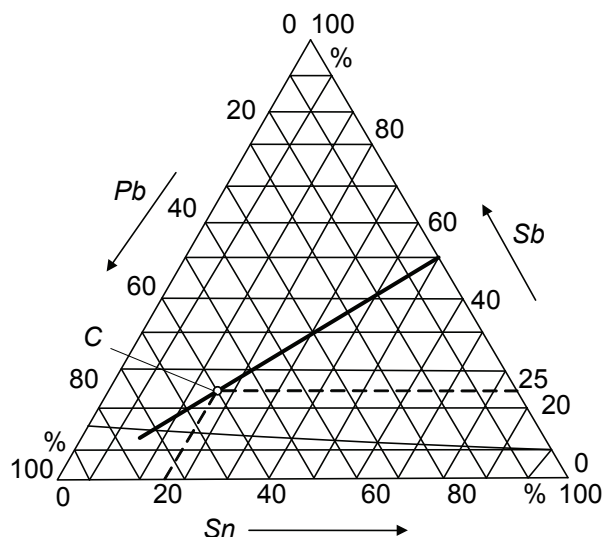


Рис. 1.20. Пример нанесения числовых значений величин для характерных точек

При необходимости изображения на одной диаграмме нескольких зависимостей допускается изображать их линиями различных типов, например сплошной и штриховой (рис. 1.14 и 1.16). При наличии на диаграмме пучков или серий линий разрешается применять в пучках или сериях линии различной толщины и различных типов.

Пучок линий, выходящих из одной точки или пересекающихся в одной точке под небольшими углами, вычерчивают, не доводя до точки пересечения, за исключением крайних (рис. 1.19).

Если в определенной области совпадают две и более линий, следует вычерчивать одну из них. При совпадении линии функциональной зависимости с осью координат или линией сетки вычерчивают линию функциональной зависимости.

Характерные точки линий функциональной зависимости (т. е. обозначение числами, буквами, символами и т. п.) допускается изображать кружком (рис. 1.19 и 1.20).

Необходимые соединения характерных точек функциональной зависимости со шкалой или соединения характерных точек нескольких функциональных зависимостей между собой следует выполнять сплошными тонкими линиями, а при наличии на диаграмме координатной сетки — штриховыми тонкими линиями (рис. 1.20). Размеры, координирующие положение характерных точек, наносят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307–68 «ЕСКД. Нанесение размеров и предельных от-

клонений» (рис. 1.13). На шкалах допускается наносить числовые значения величин для характерных точек (рис. 1.20).

Точки диаграммы, полученные измерением или расчетом, обозначают графически (кружком, крестиком и т. п.), разъясняют в пояснительной части диаграммы (текстовой или графической), размещаемой после наименования диаграммы или на свободном поле диаграммы.

Допускается выделять зону между линиями функциональных зависимостей штриховкой.

Пересечение надписей и линий не допускается. При недостатке места следует прерывать линию (кроме диаграмм, выполненных на бумагах с напечатанной координатной сеткой).

Переменные величины следует указывать одним из следующих способов:

- 1) символом (рис. 1.13, 1.14, 1.17, 1.20);
- 2) наименованием;
- 3) наименование и символы – математическим выражением функциональной зависимости.

В диаграмме без шкал обозначения величин следует размещать вблизи стрелки, которой заканчивается ось (рис. 1.13).

В диаграмме со шкалами обозначения величин следует размещать у середины шкалы с ее внешней стороны, а при объединении символа с обозначением единицы измерения в виде дроби – в конце шкалы после последнего числа (рис. 1.17).

В случаях, если в диаграмме системой линий изображается функциональная зависимость трех переменных, то соответствующие параметры переменной величины указывают у отдельных линий системы на поле диаграммы (рис. 1.18) или вне поля диаграммы – там, где не нанесена шкала.

Единицы физических величин наносят одним из следующих способов:

- 1) в конце шкалы между последним и предпоследним числами шкалы (рис. 1.14, 1.16, 1.20); при недостатке места допускается не наносить предпоследнее число (рис. 1.15, 1.18);
- 2) вместе с наименованием переменной величины после запятой;
- 3) в конце шкалы после последнего числа в виде дроби, в числителе которой наносят обозначение переменной величины, в знаменателе – обозначение ее единицы измерения (рис. 1.17).

Единицы измерения углов (градусы, минуты, секунды) следует наносить один раз – у последнего числа шкалы (рис. 1.15). При необходимости их наносят у каждого числа шкалы.

1.5. Объем и содержание проектных материалов для электрического освещения

Проекты электрического освещения, как правило, разрабатываются в две стадии: технический проект и рабочие чертежи, что ускоряет проектные работы и снижает их стоимость.

Технический проект имеет целью наметить принципиальные решения по светотехнической и электрической частям осветительных установок, выявить установленную мощность, ориентировочную потребность в электрооборудовании и определить стоимость установки.

Стоимость сооружения осветительной установки выявляется в техническом проекте путем составления подробной сметы, которая является окончательной и корректировке при разработке рабочих чертежей не подлежит. В связи с этим при выполнении технического проекта необходимо определять количество и тип светильников, а также установленную мощность, которые являются основными факторами, определяющими стоимость осветительной установки. Исходя из этого, в техническом проекте для основных помещений необходимо выполнять светотехнические расчеты. Определение количества и мощности светильников для вспомогательных помещений производится на основании укрупненных показателей или опыта проектирования аналогичных объектов.

Основными исходными данными для составления технического проекта являются генплан объекта, строительные и технологические чертежи зданий, сведения об особенностях технологического процесса (для промышленного предприятия), данные об источниках питания.

Технический проект должен включать пояснительную записку, таблицу основных технических показателей, заявочные спецификации на светильники, электрооборудование, кабельную продукцию, основные материалы и смету стоимости установки.

Рабочие чертежи, разрабатываемые на основании утвержденного технического проекта, рабочих технологических и строительных чертежей, служат для производства по ним электромонтажных работ и должны содержать:

- поэтажные планы (и характерные разрезы) с нанесенными на них величинами нормируемой освещенности от общего освещения, светильниками, питающей и групповой сетями, монтажными узлами и пр.;

- схему питающей сети, если нельзя изобразить всю сеть на поэтажных планах (многоэтажные здания);
- конструктивные чертежи на нестандартные изделия; пояснительную записку или пояснения к чертежам;
- спецификацию на материалы и оборудование и смету;
- спецификацию на изделия монтажно-заготовительного участка;
- ведомость объемов электромонтажных работ.

Основными рабочими чертежами являются поэтажные планы всех помещений в масштабе 1:100 или 1:200 (реже 1:50), а для наружного освещения – генплан территории в масштабе 1:1 000 или 1:500.

Строительная часть здания, а также основное оборудование наносятся тонкими линиями без излишних подробностей. На чертеже плана для каждого помещения указывается его название и с использованием условных обозначений, приведенных в табл. 1. 11, наносятся светильники с привязкой строительным деталям и другие элементы установки – щитки, штепсельные розетки, выключатели, питающие и групповые сети и пр. (рис. 1.21).

На рис. 1.21 показана только часть здания. Ряд надписей на рис. 1.20 и позиций в таблице щитков (табл. 1.12) и спецификации (табл. 1.13) опущен. Цифры 000 в табл. 1.13 заменяют номер чертежа.

Пояснения к рис. 1.21:

1. Условные обозначения – см. табл. 1.11.
2. Напряжение сети освещения: общего – 380/220 В, местного (на верстаках) и переносного – 36 В.
3. При прокладке проводов для светильников с люминесцентными лампами в магистральных коробах сети рабочего и аварийного освещения следует прокладывать в разных отсеках короба.
4. Монтаж во взрывоопасных помещениях следует выполнять в соответствии с инструкцией МСН-84-65 РФ.
5. Для групповых линий, питающих светильники во взрывоопасных помещениях класса В-I, предусмотрена защита в фазном и нулевом проводах.
6. Для заземления элементов электрооборудования используется рабочий нулевой провод, кроме цеха № 12 (взрывоопасное помещение класса В-I), где для заземления прокладывается специальный провод.
7. Светильники аварийного освещения должны иметь знак, отличающий их от светильников рабочего освещения.
8. Порядок фазировки светильников, питаемых тремя однофазными группами с общим нулевым проводом: *A, B, C, A, B, C*.

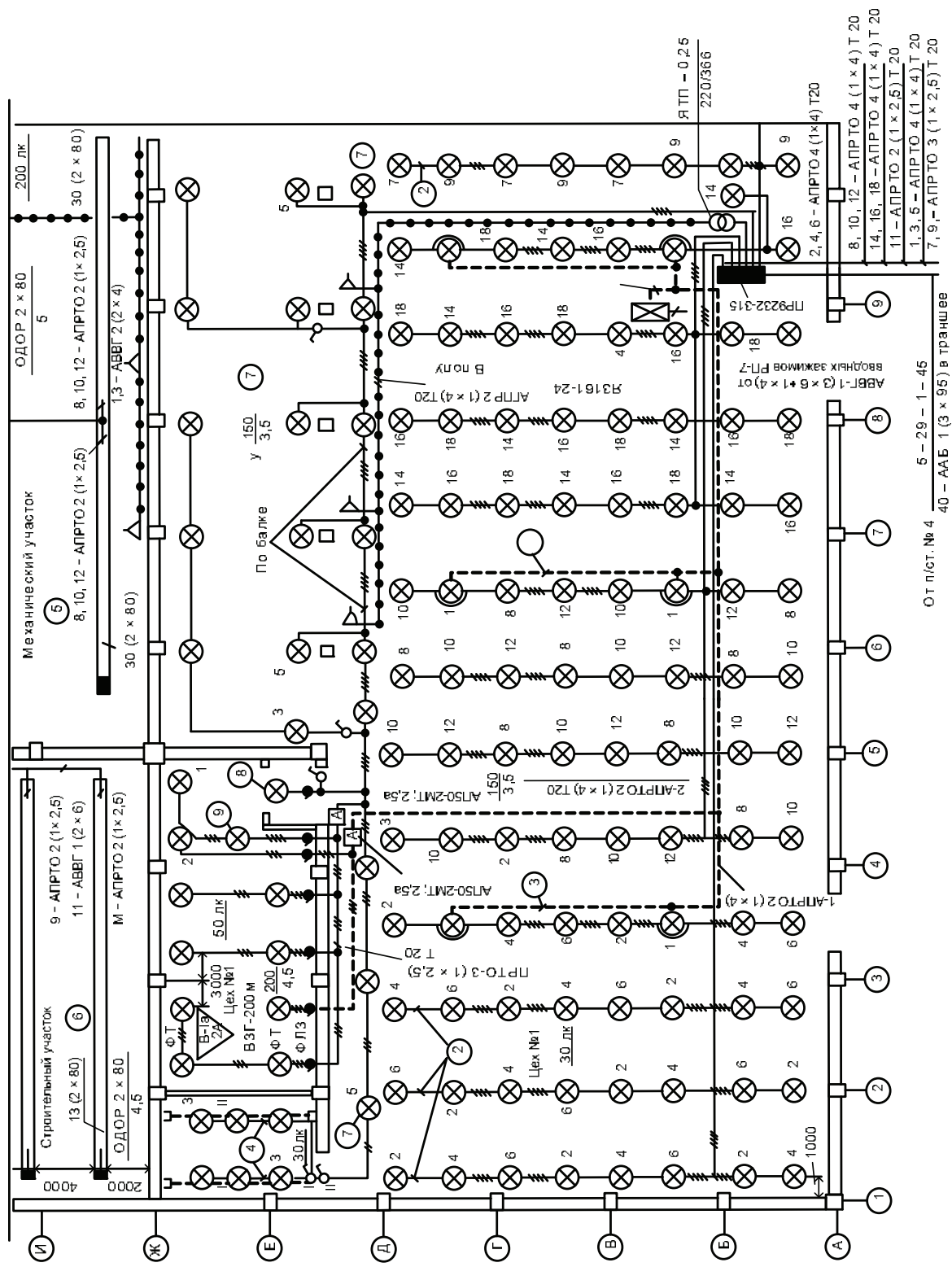


Рис. 1.21. Пример рабочего чертежа электрического освещения цеха

9. Во всех помещениях, где проводка выполняется в стальных трубах, должны использоваться тонкостенные водогазопроводные трубы печной сварки, за исключением цеха № 12, где должны прокладываться обыкновенные водогазопроводные трубы (ГОСТ 3262–62).

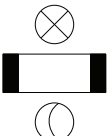



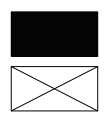


Ниже приводятся таблицы щитков и спецификация.

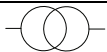
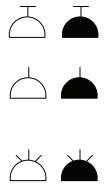
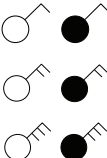
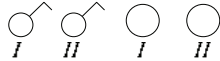
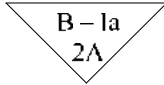

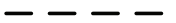

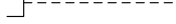


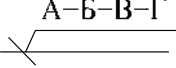
На планах для каждого помещения указываются также величина нормируемой освещенности от общего освещения, тип и высота установки светильников, мощность ламп, обозначаются номера монтажных узлов и другие требования.

Питающие и групповые сети наносятся на планах более толстыми, чем контуры здания, линиями. Число проводов (более двух) на участке линии обозначается числом засечек, наносимых под углом 45° к линии. Марка провода указывается в соответствии с ее заводским обозначением.

Таблица 1.11

Условные обозначения на планах

Название оборудования	Обозначение
Лампа накаливания без светильника	×
Светильник (тип указывается на плане, например: «у» – «Универсаль»): с лампой накаливания с люминесцентными лампами с лампой ДРЛ	
Линия из люминесцентных светильников (на плане указывается число светильников в линии и их тип, например: 4 (2×80) – четыре светильника, в каждом две лампы по 80 Вт)	
Прожектор	
Магистральный щиток (пункт)	
Щиток групповой: рабочего освещения аварийного освещения	
Маркировка щитков: при отсутствии схемы питающей сети: А – маркировка щитка по плану; Б – установленная мощность, кВт; В – потеря напряжения до щитка, %; Г – тип щитка при наличии схемы питающей сети: А – маркировка щитка по плану	$\begin{matrix} \text{Б} \\ \text{А} \frac{\text{Б}}{\text{В}} \text{Г} \\ \text{А} \end{matrix}$
Ящик с автоматом	
Шкаф со статическими конденсаторами	

Название оборудования	Обозначение
Трансформатор	
Розетка штепсельная: двухполюсная с заземляющим контактом защищенная, брызгозащищенная двухполюсная защищенная, брызгозащищенная трехполюсная с заземляющим контактом, защищенная, брызгозащищенная	
Выключатель: однополюсный защищенный, брызгозащищенный двухполюсный защищенный, брызгозащищенный трехполюсный защищенный, брызгозащищенный	
Соответствие выключателей управляемым ими светильникам	
Нормируемая минимальная освещенность от общего освещения	100 лк
Количество ламп × Мощность ламп в светильнике (а × б) Высота подвеса от пола до низа светильника (в)	$\frac{a \times b}{b}$
Класс взрывоопасного помещения (В-Ia), категория среды и группа взрывоопасной смеси (2А)	
Класс пожароопасного помещения	П 1
Линия сети рабочего освещения	
Линия сети аварийного освещения	
Линия сети 36 В и ниже	
Трос и концевое крепление троса	
Разделительное уплотнение проводки во взрывоопасных помещениях	
Число проводов линии указывается числом черточек; на двухпроводных линиях черточки не показывают	
Маркировка фаз (А, В, С) и нуля (N)	A, B, C, N
Надписи на линиях питающей сети: при отсутствии схемы питающей сети: а – маркировка (№) линии; б – расчетная нагрузка, кВт; в – коэффициент мощности; г – расчетный ток, А; д – длина участка, м; е – марка проводника; ж – сечение проводника, мм ² ; и – способ проводки при наличии схемы питающей сети: а – маркировка (№) линии	$\frac{a - б - в - г}{д - ж - е - и}$ а
Надписи на линиях групповой сети: А – номер группы, соответствующей номеру автомата на групповом щитке; Б – марка проводника; В – сечение проводника; Г – способ проводки	
Изменение сечения и способа прокладки	3×10 × 3×16

Название оборудования	Обозначение
Обозначения стояков:	
<i>a</i> – линия уходит вниз	
<i>б</i> – линия приходит снизу	
<i>в</i> – линия уходит вверх	
<i>г</i> – линия приходит сверху	
<i>д</i> – линия приходит сверху и уходит вниз	
<i>е</i> – линия приходит снизу и уходит вверх	
<i>ж</i> – линия разветвляется и уходит вверх и вниз	

На каждом участке групповой сети должны быть указаны ее номер и сечение. Сечение указывается множителем. Так, например, если участок состоит из четырех одножильных проводов сечением 4 мм^2 , то на чертеже будет указано 4 (1×4); если же проложен один четырехжильный провод того же сечения, то 1 (4×4). Место прокладки указывается дополнительными надписями на чертеже, если оно неясно из самого чертежа.

Групповые щитки, светильники, штепсельные розетки, выключатели изображаются в соответствии с условными обозначениями, приведенными в табл. 1. 11. Все щитки должны быть пронумерованы с указанием типа и снабжены надписями в виде дроби, определяющей присоединенную мощность в киловаттах (числитель) и потери напряжения от подстанции до щитка в процентах (знаменатель).

Если места установки светильников неясны из чертежа (например, при локализованном размещении светильников), указываются две координаты относительно стен, колонн или других строительных деталей.

В случаях когда на планах групповой сети указываются номера монтажных узлов установки светильников и другого осветительного оборудования, на чертеже помещается спецификация этих узлов для определения их количества и номеров конструктивных чертежей, по которым эти узлы должны быть изготовлены.

При использовании в качестве групповых осветительных щитков распределительных пунктов с однополюсными и трехполюсными

автоматами групповым линиям присваиваются номера автоматов, установленных на щитках. Для обеспечения правильности присоединения групповых линий к щиткам на чертежах групповой сети приводятся таблицы щитков с необходимыми для этого данными.

Таблица 1.12

Таблица групповых щитков

Распределительный пункт			Номер автоматов				Рас- цепи- тель авто- мата, А
Номер пункта	Тип	Установ- ленная мощ- ность, кВт	занятых		резервных		
			однопо- люсных	трех- полюс- ных	однопо- люсных	трех- полюс- ных	
1	ПР9232-315	32	1–12, 14, 16, 18	–	13, 15, 17	–	20
1а	ЯЗ161-24	1,9	1, 2	–	3	–	20

Таблица 1.13

Спецификация комплектующих изделий

Коли- чество единиц	Номер пози- ции	Наименование	Обозначение, материал	Номер черте- жа, техниче- ские данные
1	1	Конструкция для уста- новки трансформатора ТС-1,5	–	000
22	2	Линия с восемью све- тильниками У-200 (про- вода в трубе)	СП 14-8-3 с кре- плением по черт. 000	Альбом М3068, листы 7, 9
5	3	Линия с двумя светиль- никами У-200 (провода в трубе)	СП 14-2-12 с креплением по черт. 000	
2	4	Линия с тремя светиль- никами УЗ-200 (кабель в тросе)	СП 11-3-4 с под- весом СК-53-18	
3	5	Линия с 30 светильника- ми ОДОР 2×80 на коробе	СЛ1-8-55 с под- весом СК-13-3	Альбом М3066, лист 14
5	6	Линия с 13 светильника- ми ОДОР 2×80 на коробе	СЛ-8-22 с подве- сом СК-13-4	
22	7	Светильники У-200 на кронштейне У-114	–	Альбом А25А, чертеж А25.0.1

Чертежи планов помещений снабжаются условными обозначениями и пояснениями. В пояснениях указываются напряжение сети, преобладающие марки проводов, род проводки и сечения; исключения, имеющие место для отдельных помещений, оговариваются дополнительными надписями на чертежах.

Для объектов, характеризующихся сложной строительной частью или большим количеством помещений, расположенных на различных отметках, одновременно с чертежами планов помещений прилагаются наиболее характерные разрезы с указанием мест крепления светильников и прокладки сети.

Если изобразить питающую сеть на планах помещений трудно, составляется план-схема питающей сети в масштабе не крупнее 1:200, на котором наносятся трассы питающей сети с указанием мест расположения источников питания, питающие пункты и щитки, нумеруемые в соответствии с поэтажными планами. На отдельных участках сети указываются установленная мощность присоединенных электроприемников, расчетный ток, коэффициент мощности, длина участка, а также марка, сечение и способ прокладки кабеля (провода).

Для осветительных установок, питающихся от нескольких трансформаторных подстанций, при большом количестве питающих линий и для многоэтажных зданий взамен плана-схемы выполняется однолинейная принципиальная схема питающей сети, в которой для каждой линии указываются тип и технические данные установленных на ней аппаратов и расчетные данные, указанные выше для плана-схемы питающей сети.

Наряду с перечисленными документами в состав рабочих чертежей входят конструктивные чертежи отдельных элементов осветительного электрооборудования, чертежи комплектных монтажных узлов и нестандартных крепежных деталей, а также чертежи-задания на выполнение строительных работ, связанных с установкой электрооборудования.

При оформлении рабочих чертежей освещения территории на генплане предприятия должны быть обозначены все здания, строения и дороги, а также очерчена граница территории.

На генплане наносится сеть наружного освещения и управления освещением, питающие пункты или подстанции, светильники, мачты (вышки) для прожекторов, направления проекций оптических осей прожекторов с указанием углов поворота и наклона по отношению к горизонту.

Все прожекторные мачты, опоры и питающие линии должны быть пронумерованы. Мачты и опоры должны быть привязаны к местным

предметам. На линиях указывается число проводов и фазы, к которым подключаются отдельные светильники и прожекторы, марки проводов и кабелей, их сечения и способы прокладки.

Пояснительная записка к рабочим чертежам состоит обычно из трех частей: общей, светотехнической и электрической.

В общей части приводятся основные исходные данные для разработки проекта, краткая характеристика освещаемого объекта, его специфика и основные данные (общая площадь, установленная мощность и пр.).

В светотехнической части излагаются основные технические решения по устройству электрического освещения и приводится их обоснование. При этом может быть рекомендован следующий порядок рассмотрения вопросов светотехнической части проекта:

- выбор источников света;
- выбор системы освещения;
- выбор освещенности и коэффициентов запаса;
- выбор осветительных приборов;
- размещение осветительных приборов в освещаемом пространстве;
- расчет установленной мощности.

В проектной практике вопросы выбора системы освещения и освещенности решаются совместно, так как решения их взаимосвязаны. Выбор системы освещения, как будет показано далее, в значительной мере зависит от величины освещенности, а освещенность нормируется в зависимости от выбранной системы освещения. Также взаимосвязаны вопросы выбора и размещения осветительных приборов, поскольку светораспределение светильников определяет выбор их размещения в освещаемом пространстве.

Электрическая часть проекта включает решение следующих вопросов:

- выбор схемы питания осветительной установки;
- выбор напряжения;
- определение мест расположения групповых щитков и трассы сети;
- выбор марки проводов и способов прокладки сети;
- определение мер защиты от поражения электрическим током;
- расчет электрической сети.

Пояснительная записка должна быть краткой, содержать четкое обоснование принятых решений и пояснения к рабочим чертежам. Если объект проектирования несложный, то пояснительная записка может не составляться, а пояснения и основные данные приводятся на чертежах.

Спецификация к проекту осветительной установки должна содержать перечень электрооборудования и основных материалов с указанием их количества. К электрооборудованию относятся осветительные приборы, источники света, распределительные пункты и групповые щитки, понизительные трансформаторы, аппараты, электроустановочные изделия (выключатели, штепсельные розетки) и пр. К основным материалам относятся кабельная продукция (кабели и провода), монтажные конструкции, металлические изделия, изоляционные и прочие материалы.

Спецификация должна содержать исчерпывающую характеристику каждого изделия и материала. Рекомендуется составлять спецификации по группам: распределительные пункты и щитки, трансформаторы и аппараты, электроустановочные изделия, осветительные приборы, источники света, кабельная продукция, монтажные конструкции, металлы и металлические изделия.

2. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

2.1. Геометрические образы в условных графических обозначениях на электрических схемах

Средствами отображения конструктивных и схемных решений различных цепей устройств и установок, а также сообщения данных об их монтаже и эксплуатации являются специальные чертежи, которые называются *схемами*. На разработанных схемах условными графическими обозначениями и буквенно-числовыми кодами (рис. 2.1) показывают все элементы устройства или установки со всеми связями между ними.

Таковыми элементами в электрических цепях являются электрические машины, аппараты, приборы, а также некоторые их части, как то: обмотки, контакты, резисторы, конденсаторы и т. д., а связями между ними – проводники электрического тока: это провода, кабели, шинопроводы.

При построении условных графических обозначений используют простейшие геометрические образы (точку, отрезок прямой, окружность и ее части, прямоугольник, треугольник и др.), которые применяются самостоятельно или в сочетании с другими.

Рассмотрим примеры использования некоторых геометрических образов в условных графических обозначениях.

○● *Точка*, зачерненная или контурная (рис. 2.1, а), означает электрическое соединение проводников (рис. 2.1, а, поз. 1). При необходимости отличия неразборных и разборных соединений, используют соответственно зачерненную и контурную точки. В полупроводниках, например, в транзисторе (рис. 2.1, а, поз. 4), точка указывает на соединение вывода с корпусом. Точкой также обозначают начало обмотки (рис. 2.1, а, поз. 2), отсутствие самовозврата контакта (рис. 2.1, а, поз. 3), газовое заполнение (зачерненная точка) и холодный катод (контурная точка) в электровакуумных приборах, в стабилитроне (рис. 2.1, а, поз. 5) и лампе тлеющего разряда (рис. 2.1, а, поз. 6), а также позиции замкнутого состояния контактов в переключателе (рис. 2.1, а, поз. 8).

Контурной точкой, соприкасающейся с отрезком прямой (рис. 2.1, а, поз. 6), обозначают комбинированный электрод (анод – холодный катод), а также выключатель-разъединитель (рис. 2.1, а, поз. 7). При нанесении проводок на планы контурной точкой обозначают заземлители

(рис. 2.1, *a*, поз. 9). Ряд зачерненных точек на прямой указывает линию малого напряжения (рис. 2.1, *a*, поз. 10), а одна зачерненная точка на прямой – закрытый шинопровод на опорах (рис. 2.1, *a*, поз. 11). При изображении двоичных логических элементов контурной точкой обозначают статическую инверсию, например статический инверсионный вход (рис. 2.1, *a*, поз. 12).

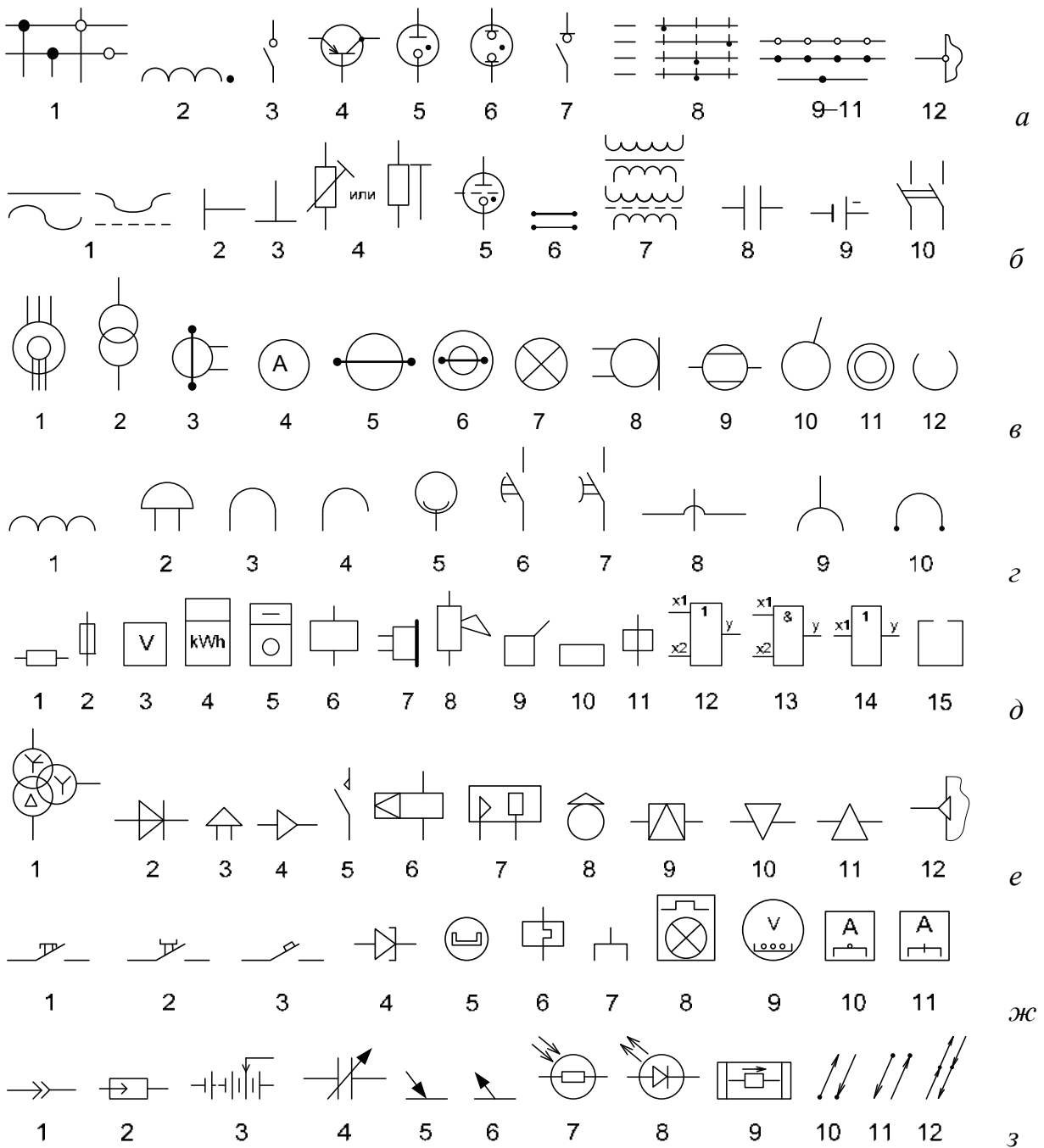


Рис. 2.1. Геометрические образы, применяемые в условных обозначениях на электрических схемах

== Прямая линия применяется как сплошная, так и штриховая, их отрезки используют для образования различных условных обозначений (рис. 2.1, б). Сплошными линиями изображают электрические связи, штриховыми – механические. На электрических схемах линии аварийного и дежурного освещения показывают штриховыми линиями. Горизонтальным отрезком сплошной линии на схемах обозначают отрицательный полюс (минус) источника тока, так же обозначают и род тока (постоянный ток). На рис. 2.1, б, поз. 1 отрезок сплошной линии применен в обозначении «ток постоянный и переменный», а отрезок штриховой линии – «ток пульсирующий». Вертикальный отрезок сплошной линии (черточку) применяют для обозначения различных видов обмоток: одна черточка – однофазная обмотка с двумя выводами, три черточки – три электрически не соединенные обмотки и т. д.


Отрезками сплошной прямой линии обозначают также и обмотки электроизмерительных приборов (рис. 2.1, б, поз. 6: вверху – токовая обмотка, внизу – обмотка напряжения), первичную обмотку измерительных трансформаторов тока (рис. 2.1, в, поз. 3), ферродинамический сердечник трансформатора (рис. 2.1, б, поз. 7 – вверху), конденсаторы (рис. 2.1, б, поз. 8), химические источники тока (рис. 2.1, б, поз. 9), контакты коммутационных аппаратов (в частности, рубильника – рис. 2.1, б, поз. 10, где два параллельных отрезка, соединяющие его контакты, указывают на механическую связь между ними). Отрезок штриховой линии на рис. 2.1, б, поз. 7 означает магнитодиэлектрический сердечник трансформатора, а на рис. 2.1, б, поз. 5 – сетку тиратрона.


Фигура Т-образной формы может иметь различный смысл. Так обозначают обмотки с выводом от средней точки (рис. 2.1, б, поз. 2), электрическое соединение устройства с корпусом (рис. 2.1, б, поз. 3), подстроечное регулирование (например, резистора – рис. 2.1, б, поз. 4), анод электровакуумных приборов (например, тиратрона – рис. 2.1, б, поз. 5), а также базу транзисторов (рис. 2.1, а, поз. 4).

○ Окружность (рис. 2.1, в) применяют для обозначения корпусов полупроводников и баллонов электровакуумных приборов (рис. 2.1, а, поз. 4–6 и рис. 2.1, б, поз. 5), а также для обозначения электрических машин и электрических трансформаторов на схемах электроснабжения. Окружностью обозначают и обмотки электрических машин (рис. 2.1, в): большая – статора, меньшая – ротора (обмотки ротора с явно выраженными полюсами показывают окружностью в виде штриховой линии); обмотки силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения (рис. 2.1, в, поз. 2); вторичные обмотки трансформаторов тока (рис. 2.1, в); показывающие приборы – общее обозначение (например, амперметр –

рис. 2.1, в, поз. 4, его измерительный механизм – рис. 2.1, в, поз. 5, сам прибор с указанием его измерительного механизма – рис. 2.1, в, поз. 6).

Окружность используют в обозначениях электрических ламп накаливания (рис. 2.1, в, поз. 7), микрофонов (рис. 2.1, в, поз. 8), индикаторов с падающим флажком (рис. 2.1, е, поз. 9) на схемах сигнальной техники и выключателей (рис. 2.1, в, поз. 10), в том числе кнопочных (рис. 2.1, в, поз. 11), при нанесении проводок на планах. Разомкнутой окружностью обозначают открытую подстанцию в схемах электроснабжения (рис. 2.1, в, поз. 2).

 *Полуокружность* (рис. 2.1, г) используют для построения различных условных обозначений. Цепочкой полуокружностей (рис. 2.1, г, поз. 1) обозначают обмотки электрических машин и трансформаторов при развернутой форме изображения, а также катушки индуктивностей, дросселей, магнитных усилителей и измерительных приборов при разнесенном способе выполнения схем. Полуокружность используют и при построении условных обозначений электроакустических приборов (например, звонка – рис. 2.1, г, поз. 2), электровакуумных приборов (например, катода прямого и косвенного накала – рис. 2.1, г, поз. 3, 4), фотоэлементов (рис. 2.1, г, поз. 5), коммутационных аппаратов (действующих с замедлением при срабатывании и возврате – рис. 2.1, г, поз. 6, 7). Полуокружностью обозначают и пересечение проводов (при необходимости показать их взаимное расположение, например: горизонтальный проходит над вертикальным – рис. 2.1, г, поз. 8), штепсельные розетки (рис. 2.1, г, поз. 9) при нанесении проводок на планы, осциллографические гальванометры тока или напряжения (рис. 2.1, г, поз. 10).

 *Прямоугольник* (рис. 2.1, д), как правило, используется для изображения функциональных элементов на структурных и функциональных схемах, для обозначения электростанций и высоковольтных выключателей в схемах электроснабжения, а также для обозначения резисторов (рис. 2.1, д, поз. 1), предохранителей (рис. 2.1, д, поз. 2), обозначения регистрирующих (например, вольтметра – рис. 2.1, д, поз. 3) и интегрирующих (например, электросчетчика – рис. 2.1, д, поз. 4) приборов, устройств телемеханики (например, телеизмерения с сигналом передачи – приема постоянным током – рис. 2.1, д, поз. 5), катушек электромеханических устройств (рис. 2.1, д, поз. 6), акустических аппаратов (телефона – рис. 2.1, д, поз. 7 и гудка – рис. 2.1, д, поз. 8), контакторов (рис. 2.1, д, поз. 9), щитов (рис. 2.1, д, поз. 10) и коробок ввода (рис. 2.1, д, поз. 11) при нанесении проводок на планы, двоичных логических элементов ИЛИ, И, НЕ (рис. 2.1, д, поз. 12–14). Разомкнутым

прямоугольником (рис. 2.1, д, поз. 15) обозначают открытую электростанцию на схемах электроснабжения.

\triangle *Треугольник* (рис. 2.1, е) применяется в обозначениях электрических машин и трансформаторов для указания соответствующего соединения их обмоток (например, обмотки низшего напряжения трехобмоточного трансформатора – рис. 2.1, е, поз. 1). Треугольник также применяется в обозначениях полупроводниковых диодов (рис. 2.1, е, поз. 2), электрических сирен (рис. 2.1, е, поз. 3), усилителей (рис. 2.1, е, поз. 4), контактов с самовозвратом (рис. 2.1, е, поз. 5), катушек электро-механических устройств, имеющих механическую блокировку (рис. 2.1, е, поз. 6), электродов электронно-лучевых приборов с фотоэмиссией (например, в электронно-оптическом преобразователе – рис. 2.1, е, поз. 7), закрытых подстанций (рис. 2.1, е, поз. 8), устройств контроля (защиты объекта) в схемах сигнальной техники (рис. 2.1, е, поз. 10) и для общего обозначения модуляторов (рис. 2.1, е, поз. 9). Треугольник применяют для обозначения постоянной неоднородности в линиях сверхвысокой частоты (рис. 2.1, е, поз. 11), при изображении двоичных логических элементов (например, инверсный динамический вход – рис. 2.1, е, поз. 12).

\sqcap *Квадратная скобка* (рис. 2.1, ж) обозначает на схемах коммутационных аппаратов кнопочное управление (например, кнопочный нажимной и вытяжной выключатели с замыкающим контактом – рис. 2.1, ж, поз. 1, 2), автоматический возврат (выключатель с автоматическим возвратом – автомат – рис. 2.1, ж, поз. 3), на схемах полупроводниковых приборов – туннельный эффект (выключатель с автоматическим возвратом – рис. 2.1, ж, поз. 4). Так же обозначают и постоянный магнит (например, явнополюсный ротор с постоянным магнитом – рис. 2.1, ж, поз. 5), воспринимающую часть электротеплового реле (рис. 2.1, ж, поз. 6), штепсельную розетку слабого тока при нанесении проводок на планы (рис. 2.1, ж, поз. 7), импульсный характер действия приборов на схемах сигнальной техники (например, прибор с импульсной световой сигнализацией – рис. 2.1, ж, поз. 8). В общих обозначениях измерительных приборов этот геометрический образ используют для указания цифрового отсчета показывающих приборов (например, вольтметр цифровой – рис. 2.1, ж, поз. 9), а также некоторых способов записи в регистрирующих приборах (например, амперметры регистрирующие печатающие и с перфорированием – рис. 2.1, ж, поз. 10, 11).

\Rightarrow *Стрелки*, зачерненные и незачерненные (рис. 2.1, з), применяют в различных условных обозначениях: для изображения разъемных контактов (рис. 2.1, з, поз. 1) и разрядников (рис. 2.1, з, поз. 2) применяют незачерненные стрелки, для изображения аккумуляторных бата-

рей с элементным коммутатором (рис. 2.1, з, поз. 3), конденсаторов переменной емкости (рис. 2.1, з, поз. 4), переходов «эмиттер – база транзисторов» (рис. 2.1, з, поз. 5, 6) – зачерненные. В обозначениях фоторезисторов (рис. 2.1, з, поз. 7) и светодиодов (рис. 2.1, з, поз. 8) стрелки указывают направление светового потока, а в обозначениях электронагревателей (рис. 2.1, з, поз. 9) – непрерывный режим работы.

На монтажных планах стрелками указывают направление их от одной строительной отметки к другой. Например, проводка уходит на более высокую отметку или приходит с нее (рис. 2.1, з, поз. 10), уходит на более низкую отметку или приходит с нее (рис. 2.1, з, поз. 11), пересекает отметку, нанесенную на плане, проходя сверху вниз или снизу вверх, не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана (рис. 2.1, з, поз. 12).

При изображении схем нужно иметь в виду не только сочетание различных геометрических образов и их взаимное расположение в одном условном обозначении, но и количество использованных в этом обозначении одинаковых геометрических образов. Так, низкое, высокое и сверхвысокое давление в газоразрядных лампах обозначают соответственно одной, двумя или тремя зачерненными точками. Цепочки из двух или трех полуокружностей обозначают соответственно: в приборах – токовую обмотку и обмотку напряжения; в магнитных усилителях – рабочую обмотку и обмотку управления; в электрических машинах – обмотку добавочных полюсов, статора и последовательного возбуждения.

2.2. Обозначение устройств и частей электроустановок

2.2.1. Общие сведения

Наиболее часто на электрических схемах встречаются условные графические обозначения электротехнических устройств: электрических машин, трансформаторов, коммутационных аппаратов и приборов и их отдельных частей (обмотки, контакты), реле.

Графические обозначения общего применения. Такими обозначениями считаются квалификационные символы: вида соединения обмоток в изделиях с обмотками (рис. 2.2, поз. 1–5), регулирования (рис. 2.2, поз. 6, 7), формы импульса (прямоугольная, остроугольная), вида модуляции (фазовая, частотная, амплитудная). К ним также относятся обозначения электрических связей (рис. 2.2, поз. 8–17) и др. (рис. 2.2, поз. 18–21).

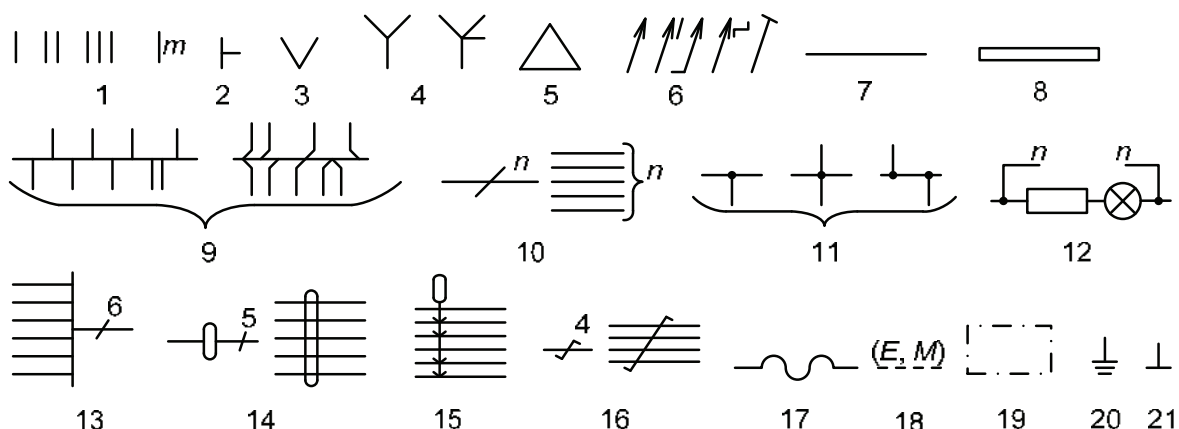


Рис. 2.2. Условные графические обозначения общего применения

Символы одной, двух, трех и m электрически не соединенных обмоток показаны на рис. 2.2, поз. 1, а символы одной обмотки с выводом от средней точки, двух обмоток, соединенных в открытый треугольник, трех обмоток, соединенных в звезду (без вывода от нулевой точки и с выводом от нее) и в треугольник – на рис. 2.2, поз. 2–5. Символы, изображенные на рис. 2.2, поз. 6, указывают на необходимость регулирования: первый – общее обозначение, остальные – плавное, нелинейное, ступенчатое (например, пять ступеней) и подстроечное. Отсутствие стрелки вверх показывает, что обеспечено саморегулирование.

Провода, кабели, шины и линии групповой связи выполняют сплошной линией (рис. 2.2, поз. 7). При необходимости линии групповой связи допускается изображать утолщенными линиями, а шины – двойными (рис. 2.2, поз. 8). Графическое слияние линий электрической связи в линию групповой связи показано на рис. 2.2, поз. 9, а группа из n линий, имеющих общее функциональное назначение, в одно- и многолинейном изображении представлена на рис. 2.2, поз. 10. Линии с одним и двумя ответвлениями показаны на рис. 2.2, поз. 11. Линии с разветвлениями на несколько аналогичных цепей с одинаковыми элементами (например, n цепей с последовательно соединенными резистором и лампой накаливания) изображают упрощенно (рис. 2.2, поз. 12).

На рис. 2.2 также показаны: переход от многолинейного к однолинейному изображению группы, например из шести линий (поз. 13); кабельная линия в одно- и многолинейном изображении (цифра 5 указывает число жил в кабеле) (поз. 14); группа линий электрической связи, четыре из которых выполнены многожильным кабелем (поз. 15); линия электрической связи, выполненная четырьмя скрученными проводами в одно- и многолинейном изображении (поз. 16); линия электрической связи, выполненная гибким проводом (поз. 17).

Штриховой линией (рис. 2.2, поз. 18) изображают экранирование, при этом, если необходимо указать электрическое или магнитное экранирование, проставляют соответственно букву *Е* или *М*. Комплект элементов, составляющих устройство или функциональную группу, выделяют штрих-пунктирной линией (рис. 2.2, поз. 19), заземление и корпус (машины, аппарата, прибора) – пунктирной (рис. 2.2, поз. 20, 21).

Для условного обозначения рода тока и напряжения применяют символы, изображенные на рис. 2.3. Их помещают над линиями электрической связи, если необходимо дать характеристику входного, выходного или управляющего сигналов, а также используют в качестве составной части отдельных УГО для принципиальных, структурных и функциональных схем электроустановок.

Постоянные ток и напряжение обозначают короткой горизонтальной черточкой (рис. 2.3, а) или двумя параллельными, одна из которых штриховая, переменные – отрезком синусоиды (рис. 2.3, б). Рядом с последним знаком можно поместить параметры переменного тока: число фаз, частоту, напряжение (рис. 2.3, в).

Если на схеме нужно указать различные диапазоны или полосы частот, то знаком «~» (рис. 2.3, б) также обозначают и ток низкой частоты, а для токов средних (например, звуковых) и высоких (ультразвуковых и радиочастот) частот используют символы, составленные соответственно из двух (рис. 2.3, г) и трех (рис. 2.3, д) синусоид. Действующий ГОСТ 2.721–74 позволяет применять общее УГО (рис. 2.3, б) для обозначения любых частот, но с указанием их конкретного значения (рис. 2.3, е).

Условные знаки в виде двух и трех синусоид используют в УГО для структурных и функциональных схем. Если в символе, состоящем из двух синусоид, коротким штрихом перечеркнута верхняя (рис. 2.3, ж), это означает, что полоса частот ограничена сверху (фильтрация нижних частот, ФНЧ), а если перечеркнута нижняя (рис. 2.3, з) – полоса частот ограничена снизу (фильтрация верхних частот, ФВЧ). Одновременно зачеркнутые верхняя и нижняя синусоиды в символе высоких частот (рис. 2.3, и) обозначают пропускание полосы частот, ограниченной как сверху, так и снизу, а перечеркнутая средняя (рис. 2.3, к) – подавление сигнала в полосе частот.

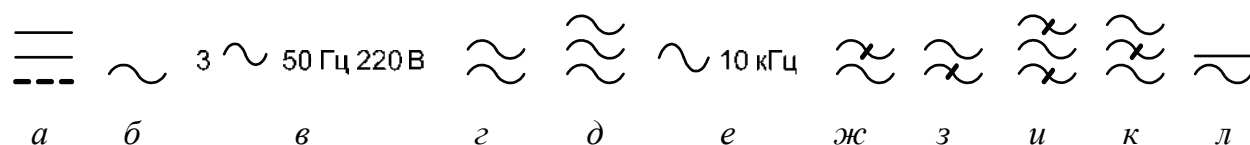


Рис. 2.3. Условные графические обозначения рода тока и напряжения

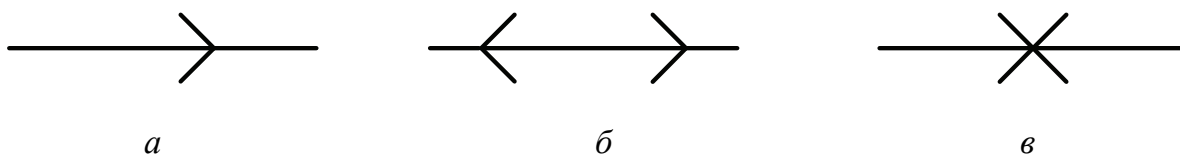


Рис. 2.4. Знаки, обозначающие направление передачи электрической энергии

Иногда на схемах встречается знак, изображенный на рис. 2.3, *к*, *л*. Им пользуются тогда, когда нужно показать, что данный прибор или аппарат может работать как на постоянном, так и на переменном токе.

В схемах часто применяют знаки в виде различных стрелок. Стрелками с углом при вершине 60° обозначают направление передачи электромагнитной энергии (например, в символах антенн), направление преобразования в символах измерительных датчиков, а также в УГО различных устройств на структурных схемах. Одна такая стрелка (рис. 2.4, *а*) указывает на передачу энергии в одном направлении; две разнонаправленные (рис. 2.4, *б*) – в обоих направлениях одновременно; две встречные (рис. 2.4, *в*) – в обоих направлениях одновременно. Такой же смысл имеют острые стрелки в символах звукозаписывающей головки, громкоговорителя-микрофона и т. п.

Совсем другой смысл имеет наклонная стрелка, пересекающая УГО какого-либо элемента под углом 45° . Этот знак показывает регулирование. С его помощью строят общие УГО регулируемых (переменных) резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности и т. д. Располагают его во всех случаях одинаково. Для того чтобы подчеркнуть характеристику или способ регулирования, справа от стрелки помещают дополнительные знаки, например; параллельную черточку, обозначающую плавное регулирование; символическое изображение ступеньки, указывающее на ступенчатое регулирование (можно указывать число ступеней регулировки); математическую запись условий, при которых допускается регулирование.

Некоторые УГО элементов привода и управляющих устройств изображены на рис. 2.5.

Символами на рис. 2.5, *а*, *б* представляют ручной привод, осуществляемый нажатием на кнопку. В случае когда управляемый элемент приводится в действие вытягиванием или поворотом кнопки, используют знаки, изображенные соответственно на рис. 2.5, *в* и *г* (линию механической связи можно обозначать штриховой или двумя сплошными линиями). Символом, показанным на рис. 2.5, *д* обозначают ножной привод (педаль), знаком на рис. 2.5, *е* – фиксацию привода в нажатом (вытянутом или повернутом) положении.

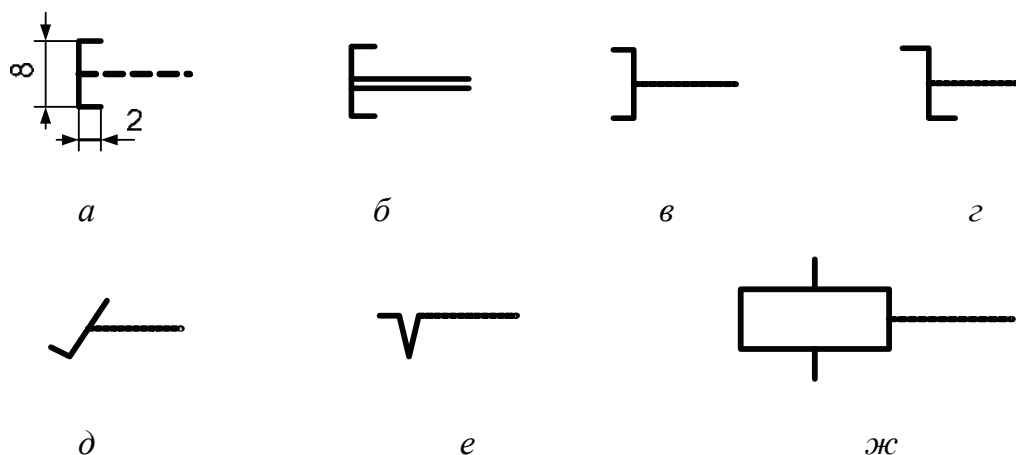


Рис. 2.5. Элементы управляющих устройств

В условных графических обозначениях других видов привода использованы элементы соответствующих базовых символов или запоминающиеся знаки. Так, если в приводе применен электромагнит, то линию механической связи присоединяют к символу электромагнита (рис. 2.5, ж).

Условные обозначения электрических машин. Существует три способа построения условных графических обозначений электрических машин: упрощенный однолинейный, упрощенный многолинейный (форма I) и развернутый (форма II).

В *упрощенных однолинейных обозначениях* обмотки статора и ротора выполняют одной линией, их выводы – также одной линией, но с указанием на ней наклонными штрихами их количества. Общее обозначение электрической машины – окружность, внутри нее можно указывать вид машины (Г – генератор, М – двигатель, В – возбудитель, ГТ – газотурбогенератор, ГТГ – гидротурбогенератор, ДГ – дизель-генератор), род тока, число фаз (рис. 2.6, поз. 1) или вид соединения обмоток (рис. 2.6, поз. 2).

В *упрощенных многолинейных обозначениях* формат обмотки статора и ротора выполняют в виде двух концентрических окружностей, но при этом показывают все их выводы. Так, на рис. 2.6, поз. 3 приведено условное графическое обозначение трехфазного асинхронного электродвигателя с фазным ротором, обмотка которого соединена звездой с обмоткой статора, соединенной звездой с выведенной нейтральной (средней) точкой.

В *развернутых обозначениях* (форма II) обмотку статора выполняют в виде цепочек полуокружностей, а обмотку ротора – в виде окружности

(или наоборот). Взаимное расположение обмоток в виде цепочек полуокружностей показывают с учетом сдвига фаз (например, на 120 эл. град. — рис. 2.6, поз. 4) и без него (рис. 2.6, поз. 5). При изображении обмоток электрических машин в виде цепочек полуокружностей принято двумя полуокружностями показывать обмотки добавочных полюсов и компенсационные обмотки, тремя — обмотки статора машин переменного тока и последовательного возбуждения машин постоянного тока, четырьмя — обмотки параллельного и независимого возбуждения машин постоянного тока.

Построения условных графических обозначений электрических машин показаны на рис. 2.6, поз. 6–15, где обозначения машин постоянного тока с последовательным, параллельным и смешанным возбуждением приведены соответственно на рис. 2.6, поз. 6–8. Изображенная окружность с соприкасающимися с ней прямоугольниками символизирует якорь с коллекторами и щетками.

Условные обозначения (форма II) машин переменного тока показаны на рис. 2.6, поз. 9–11. На них соответственно даны: синхронная трехфазная машина, с обмоткой возбуждения на явнополюсном роторе и обмоткой статора, соединенной звездой; асинхронная трехфазная машина; с короткозамкнутым ротором и обмоткой статора, соединенной в треугольник; синхронная трехфазная машина с возбуждением от постоянных магнитов и обмоткой статора, соединенной в звезду.

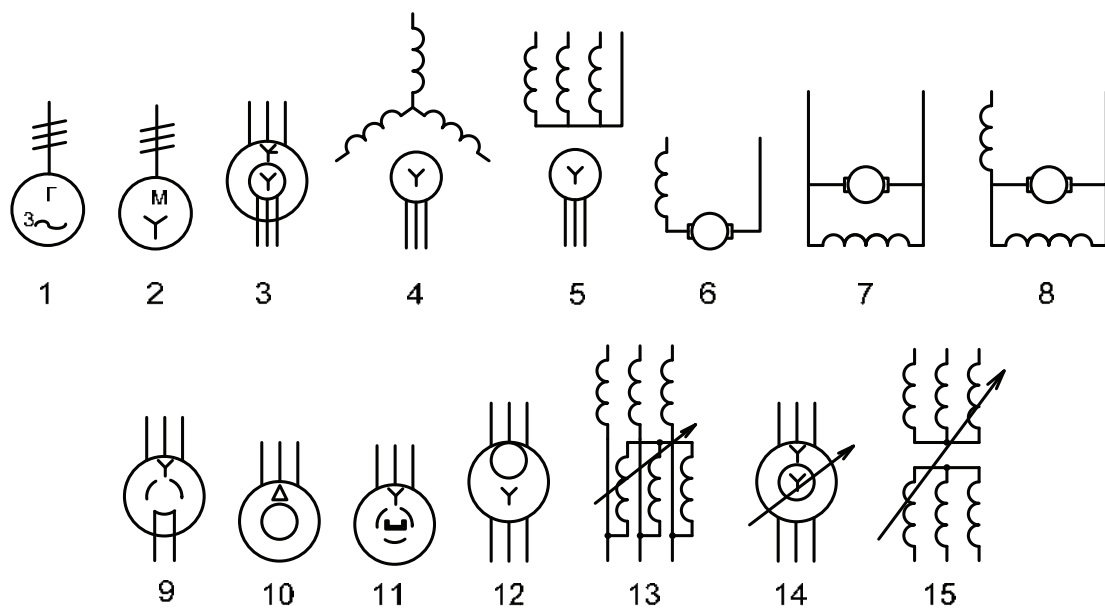



Рис. 2.6. Условные графические обозначения электрических машин

На рис. 2.6, поз. 12, 13 упрощенным многолинейным (форма I) и развернутым (форма II) способами показан трехфазный поворотный автотрансформатор (потенциал-регулятор). Касание двух окружностей, изображающих обмотки статора и ротора, указывает на их электрическое соединение. На рис. 2.6, поз. 14, упрощенным многолинейным (форма I) и развернутым (рис. 2.6, поз. 15) (форма II) способами показан трехфазный поворотный трансформатор (фазорегулятор). Стрелки на рис. 2.3, 12–15 указывают на возможность регулирования напряжения потенциал-регулятором и фазы фазорегулятором.


Условные обозначения трансформаторов, автотрансформаторов, магнитных усилителей. Для трансформаторов и автотрансформаторов установлено три способа построения условных графических обозначений. На рис. 2.7, поз. 1, 2 – трехфазный двухобмоточный трансформатор и автотрансформатор (в автотрансформаторе обмотка высшего напряжения дана в виде дуги) показаны упрощенным однолинейным способом.

На рис. 2.7, поз. 3 упрощенным многолинейным (форма I) и развернутым (II) способами показан однофазный двухобмоточный трансформатор. При изображении обмоток трансформаторов развернутым способом число полуокружностей не устанавливается. Рабочие обмотки управления изображают в виде цепочек соответственно из двух и трех полуокружностей.

На рис. 2.7, поз. 7–9 упрощенным многолинейным и развернутым способами показаны также измерительные трансформаторы тока: с одной вторичной обмоткой (поз. 7), с двумя вторичными обмотками на одном сердечнике (поз. 8) и быстронасыщающийся (поз. 9), на что указывает знак , пересекающий обозначение обмоток.

Однофазный трансформатор с подмагничивающей обмоткой (на это указывает ее пересечение ферромагнитным сердечником) показан на рис. 2.7, поз. 10.

Условные обозначения магнитных усилителей с двумя рабочими обмотками и общей управляющей обмоткой и с двумя последовательно включенными рабочими обмотками и двумя встречно включенными секциями управляющей обмотки показаны на рис. 2.7, поз. 11, 12 (начала обмоток показаны точками – поз. 12).

Условное обозначение ферромагнитного элемента памяти (запоминающего трансформатора) показано на рис. 2.7, поз. 13. Допускается применять развернутое изображение ферромагнитного элемента (рис. 2.7, поз. 14); значок  вверху показывает, что сердечник имеет прямоугольную форму кривой намагничивания.

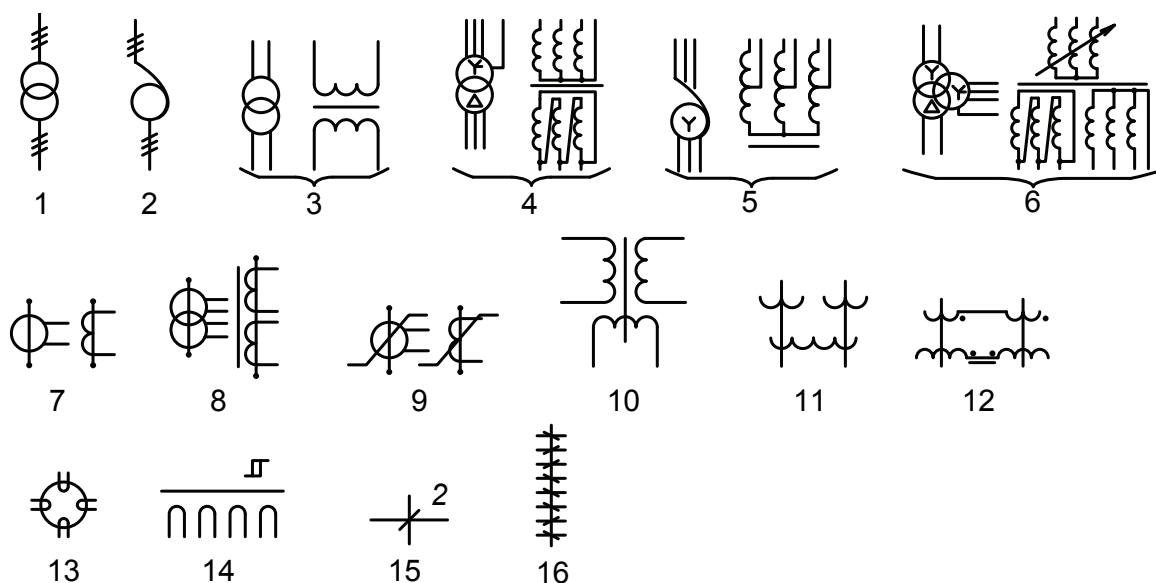


Рис. 2.7. Графические обозначения трансформаторов, автотрансформаторов, магнитных усилителей

При значительном числе обмоток на сердечнике и большом количестве сердечников возможно применение на схемах обозначения, показанного на рис. 2.7, поз. 15, где вертикальная линия означает сердечник, горизонтальная — линию электрической связи между обмотками, а наклонная — наличие обмотки на данном сердечнике. Конец наклонной линии под линией электрической связи указывает, что соединение выполнено с началом обмотки. При прохождении положительного импульса тока слева направо и справа налево сердечник соответственно перемагничивается в состояние 1 и 0. Допускается около обозначения обмотки указывать число витков, например 2.

На рис. 2.7, поз. 16 в качестве примера приведено обозначение запоминающего трансформатора с восемью обмотками, из которых 2-я, 3-я и 7-я перемагничивают сердечник в состояние 1, а 1-я, 4-я, 5-я, 6-я и 8-я — в состояние 0.

Условные обозначения резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности. Условные обозначения постоянных резисторов: общее, с одним и двумя дополнительными отводами и измерительного шунта — представлены соответственно на рис. 2.8, поз. 1–4. Применяя знаки регулирования, получают обозначения переменных резисторов: общее (рис. 2.8, поз. 5, 6), с плавным (рис. 2.8, поз. 7), ступенчатым (рис. 2.8, поз. 8), нелинейным (рис. 2.8, поз. 9) и подстроечным (рис. 2.8, поз. 10, 11) регулированием с саморегулированием линейным (например, тензорезисторов — рис. 2.8, поз. 12) и нелинейным (например, варисторов — рис. 2.8, поз. 13), а также терморезисторов (рис. 2.8, поз. 14).

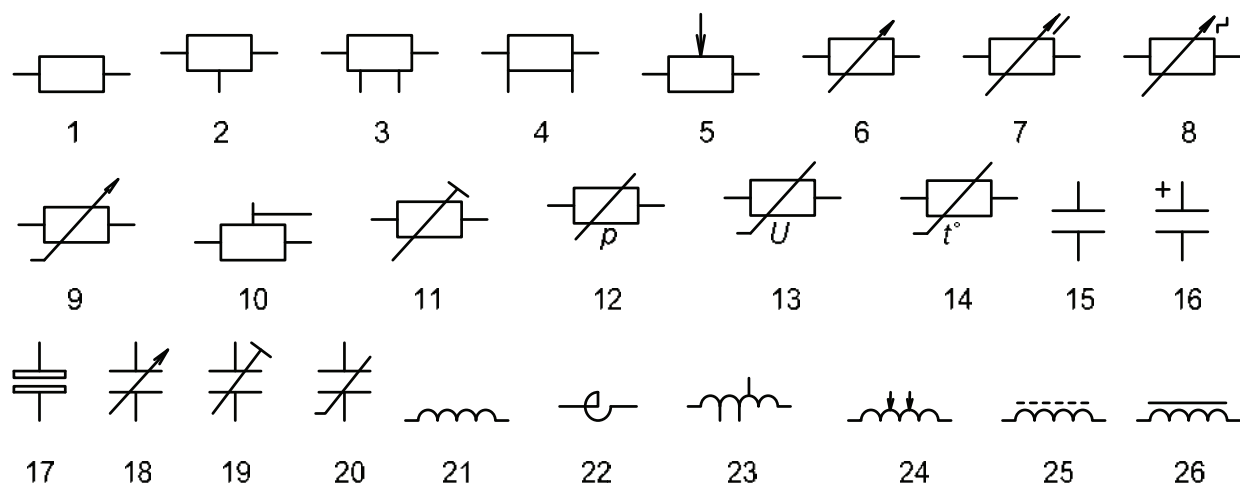


Рис. 2.8. Графические обозначения резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности

На рис. 2.8 представлены так же условные обозначения: конденсаторов – общее (поз. 15), электролитических (полярного и неполярного – поз. 16–17), переменной емкости (поз. 18), подстроечного варикапа (поз. 19–20); катушек индуктивности (поз. 21), реактора (поз. 22), катушек индуктивности с дополнительными (например, тремя) отводами (поз. 23) со скользящими (например, двумя) контактами (поз. 24) и магнитодиэлектрическим сердечником (поз. 25), дросселя с ферромагнитным сердечником (поз. 26).

Условные обозначения электронагревателей, электротермических устройств и установок. Условные обозначения электронагревателей: общее, прямого и косвенного нагрева, электротермического устройства (электропечи) и установки – соответственно представлены на рис. 2.9, поз. 1–5. Для характеристики способа нагрева, режима и назначения электронагревателей и электротермических устройств и установок применяются специальные знаки. Показанные на рис. 2.9, поз. 6–11 знаки обозначают способы нагрева: дуговой (поз. 6), плазменный (поз. 7), электронный (поз. 8), сопротивления (поз. 9), индукционный (током промышленной частоты – поз. 10), в высокочастотном поле конденсатора (диэлектрический – поз. 11).

На рис. 2.9, поз. 12 стрелка указывает на непрерывный режим, а знак, показанный на рис. 2.9, поз. 13 – признак устройства (установки) для плавки. Условные обозначения электронагревателя сопротивления, трехфазной печи сопротивления для непрерывного режима работы и правильной установки с индукционным нагревом током промышленной частоты в однолинейном изображении представлены на рис. 2.6, поз. 14–16.

Условные обозначения устройств защиты электроустановок от сверхтоков и перенапряжений. На рис. 2.10 показаны обозначения: пробивного (поз. 1) и плавкого (поз. 2) предохранителей, выключателя-предохранителя (поз. 3) и разъединители-предохранители (поз. 4).

На рис. 2.10 также показаны обозначения разрядников: общее (поз. 5), трубчатого (поз. 6), вентильного (поз. 7), шарового (поз. 8) и рогового (поз. 9); защитного искрового промежутка (поз. 10).

Условные обозначения электроизмерительных приборов. Условные обозначения показывающего, регистрирующего, интегрирующего (например, электросчетчика) и комбинированного (например, показывающего и регистрирующего) приборов показаны соответственно на рис. 2.11, поз. 1–4.

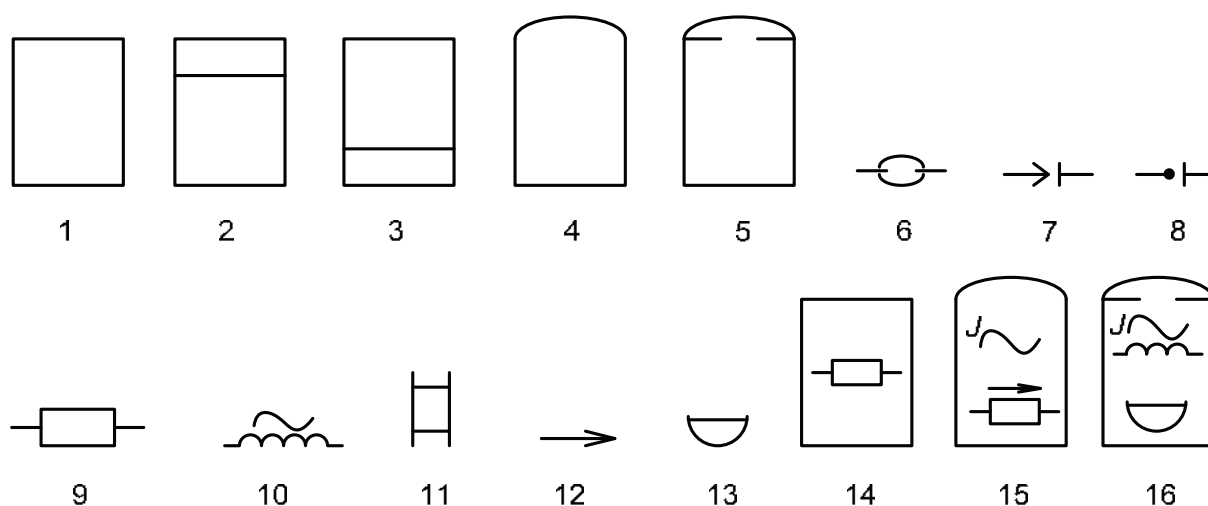


Рис. 2.9. Графические обозначения электронагревателей и электротермических устройств

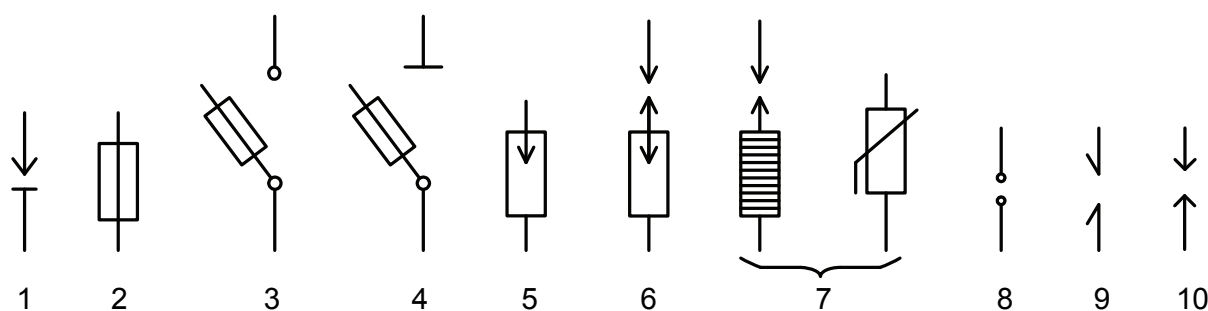


Рис. 2.10. Графические обозначения устройств защиты электроустановок от сверхтоков и перенапряжений

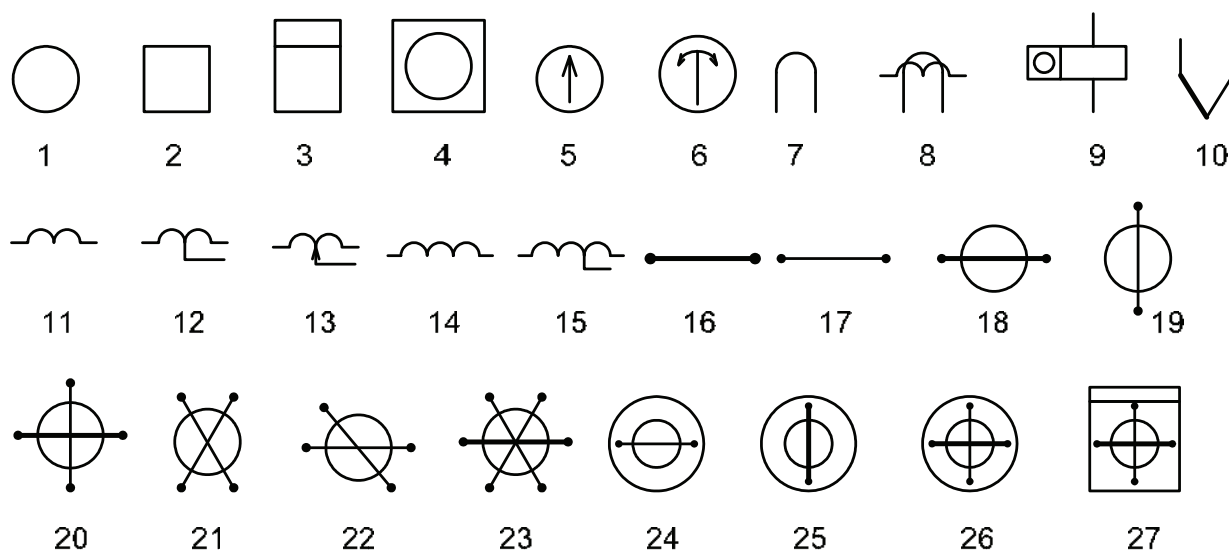


Рис. 2.11. Графические обозначения электроизмерительных приборов

При указании назначения приборов в их обозначения вписывают буквенное обозначение единицы измерения (или измеряемой величины): А – амперметр (рис. 2.1, в, поз. 4), mA – миллиамперметр, μ A – микроамперметр, V – вольтметр, kV – киловольтметр, W – ваттметр, Ω – омметр, Hz – частотомер, φ или $\cos \varphi$ – фазометр, Wh – электрический счетчик и др.

Условные обозначения гальванометра, синхроноскопа, гальванометров тока (напряжения) и мощности, счетчика импульсов и терморелы соответственно показаны на рис. 2.11, поз. 5–10.

При выполнении схем разнесенным способом, обмотки приборов – токовую, токовую секционированную с отводом и переключаемую, а также напряжения без отвода и с отводом – изображают, как показано на рис. 2.11, поз. 11–15. При необходимости отразить взаимное расположение токовых обмоток и обмоток напряжения в измерительных механизмах, используют обозначения, приведенные на рис. 2.11, поз. 16, 17.

На рис. 2.11 показаны примеры обозначения измерительных механизмов амперметра (поз. 18), вольтметра (поз. 19), ваттметра (поз. 20), двухрамочного (например, омметра – поз. 21) и однорабочного ферродинамического лагометра (например, частотомера – поз. 22), а также двухрамочного электродинамического (например, однофазного – поз. 23) фазометра, и самих приборов – амперметра (поз. 24), вольтметра (поз. 25) и счетчика (поз. 25, 26). При этом выводные контакты обмоток в виде точек (рис. 2.11, поз. 16–27) можно не показывать.

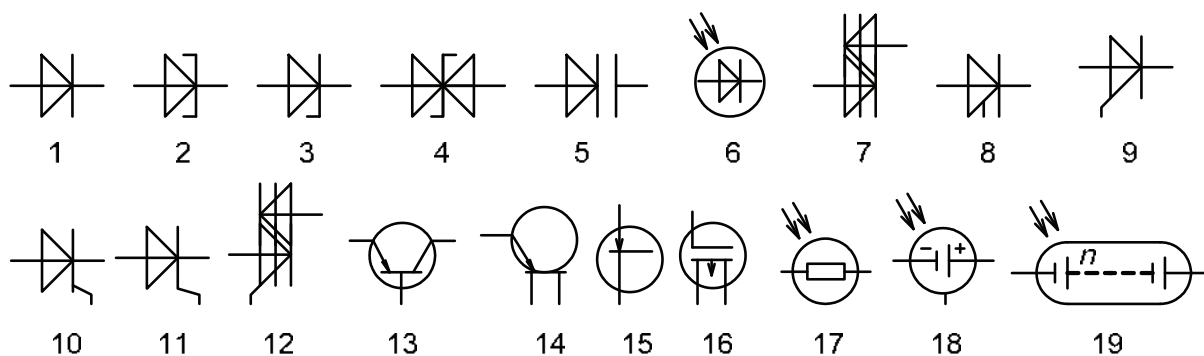


Рис. 2.12. Графические обозначения полупроводниковых приборов

Условные обозначения полупроводниковых приборов. На рис. 2.12 изображены условные обозначения: диода – общего (поз. 1) и туннельного (поз. 2), одностороннего (поз. 3) и двустороннего (поз. 4) стабилитронов, варикапа (поз. 5) и фотодиода (поз. 6); тиристоров – диодного (поз. 7), запираемого в обратном направлении (поз. 8), симметричного (поз. 9) и триодных (общее обозначение) – запираемого в обратном направлении (поз. 10), управляемого по аноду (поз. 11), по катоду и симметричного (поз. 12); транзисторов – *p-n-p*-типа (поз. 13), однопереходного с *n*-базой (поз. 14), полевых с каналом *n*-типа (поз. 15) и с изолированным затвором обедненного типа с *p*-каналом (поз. 16); фоторезистора (поз. 17), солнечного фотоэлемента (поз. 18 – знаки полярности допускаются не указывать) и солнечной фотобатареи с *n* солнечных элементов.

Условные обозначения электровакуумных приборов. На рис. 2.13 представлены условные обозначения электронных ламп: диодов прямого (поз. 1) и косвенного накала (поз. 2), двойного диода с общим катодом (поз. 3), триода (поз. 4), тетрода (поз. 5), пентода с выводом от каждой сетки и катодом прямого накала (поз. 6) и пентода с внутренним соединением между катодом и антидинаatronной сеткой, с катодом косвенного накала (поз. 7), гептода с катодом прямого накала (поз. 8).

На рис. 2.13 также показано, как обозначают ионные приборы: газотрон (поз. 9), тиратроны с термокатодом косвенного накала (поз. 10) и с холодным накалом (тиратрон тлеющего разряда – поз. 11), лампы тлеющего разряда (например, неоновая – поз. 12), стабилитрон (поз. 13) и ртутные неуправляемый (поз. 14) и управляемый (поз. 15) вентили; электронный фотоэлемент (поз. 16), фотоэлектронные умножители с одним анодом вторичной эмиссии (поз. 17), а также с пятью анодами и управляющим электродом (поз. 18); двуханодная электронно-лучевая трубка с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением луча (поз. 19); ее упрощенное обозначение показано на рис. 2.13, поз. 20.

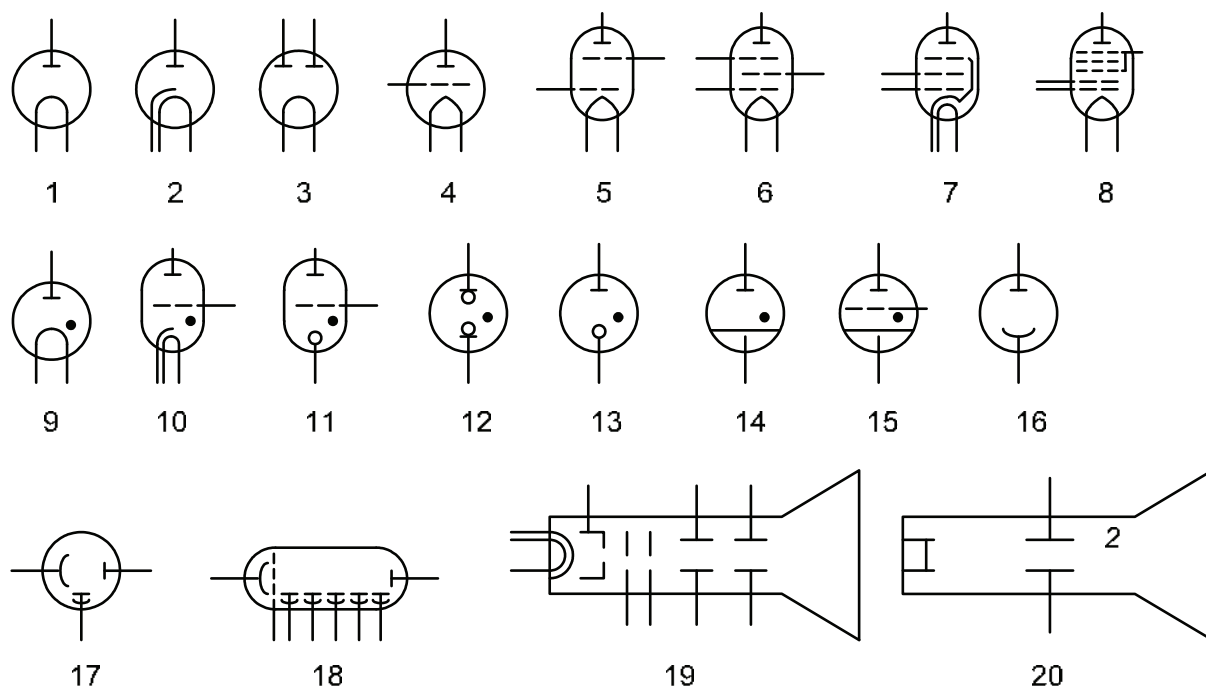


Рис. 2.13. Графические обозначения электровакуумных приборов

Условные обозначения источников света и акустических приборов. Условное обозначение осветительных и сигнальных ламп накаливания представлено соответственно на рис. 2.14, поз. 1. При изображении сигнальных ламп два сектора можно зачернять (рис. 2.14, поз. 2, 4). Обозначение газоразрядных осветительных и сигнальных ламп с двумя и четырьмя выводами приведено на рис. 2.14, поз. 3.

На рис. 2.14 также показаны условные обозначения следующих типов газоразрядных ламп: безэлектродной (поз. 5), с простыми и комбинированными (анод – холодный катод, поз. 6) электродами, с комбинированными электродами и подогревателем (поз. 7, 8).

Условный знак X внутри обозначения баллона люминесцентной лампы указывает на видимое излучение. Обозначения ламп ультрафиолетового, инфракрасного излучения и с восстановительным йодным циклом дополняются соответственно буквами *UV*, *IR* или *I*. Одна зачерненная точка внутри символа «баллона» указывает на низкое давление, а две и три – соответственно высокое и сверхвысокое.

На рис. 2.14, поз. 9 приведено обозначение пускателя люминесцентных ламп. На рис. 2.14, поз. 10–17 также даны обозначения акустических приборов – телефона, микрофона, микротелефона, громкоговорителя (репродуктора), электрического звонка (общее), гонга, сирены и гудка.

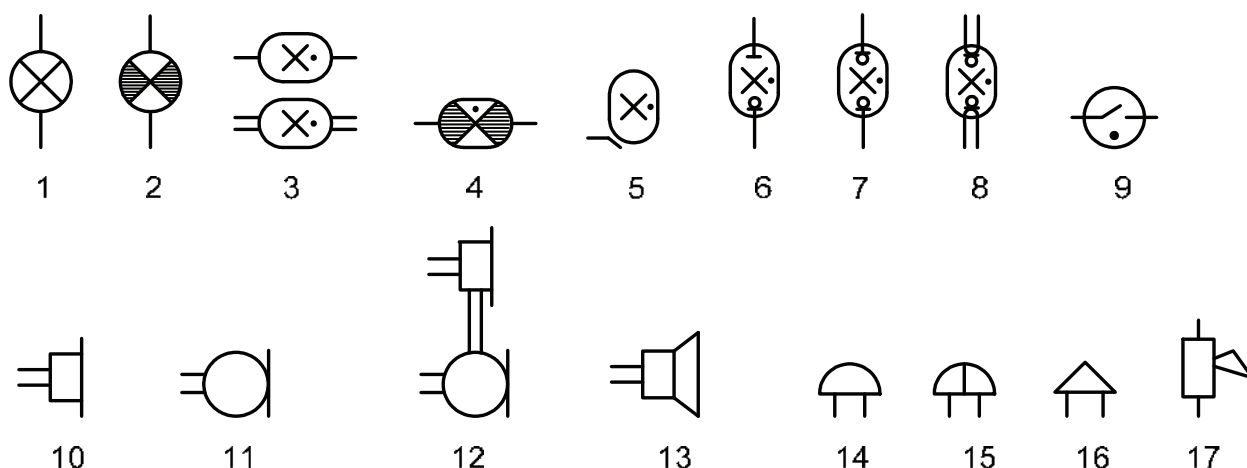


Рис. 2.14. Графические обозначения источников света и акустических приборов

Условные обозначения коммутационных устройств и контактных соединений. Все коммутационные устройства нужно изображать в положении, принятом за исходное. При этом направление движения подвижных контактов из начального положения в конечное не устанавливается. Условные обозначения замыкающего, размыкающего и переключающего контактов представлены на рис. 2.15, поз. 1–3.

Можно показывать коммутационные устройства в зеркальном изображении (рис. 2.15, поз. 4), а подвижные контакты – с добавлением точки (рис. 2.15, поз. 5). Разработано множество вариантов стандартных условных обозначений коммутационных устройств и их элементов, некоторые из них будут рассмотрены далее.

На рис. 2.15, поз. 6, 7 показаны условные обозначения переключающих контактов без разрыва цепи и со средним положением. Условные обозначения замыкающих и размыкающих контактов, работающих с задержкой по времени при срабатывании и возврате, представлены на рис. 2.15, поз. 8, 9. На рис. 2.15, поз. 10, 11 показаны условные обозначения замыкающих контактов без самовозврата и с самовозвратом. Самовозврат или его отсутствие нужно указывать только тогда, когда нужно отразить эту особенность в контактном узле, как правило, не обладающем им. Замыкающие контакты: для коммутации в силовой цепи и дугогасительный условно обозначены на рис. 2.15, поз. 12, 13.

На рис. 2.15, поз. 14–16 показаны условные обозначения контактов разъединителя, выключателя-разъединителя и выключателя с автоматическим возвратом при перегрузке или других нарушениях.

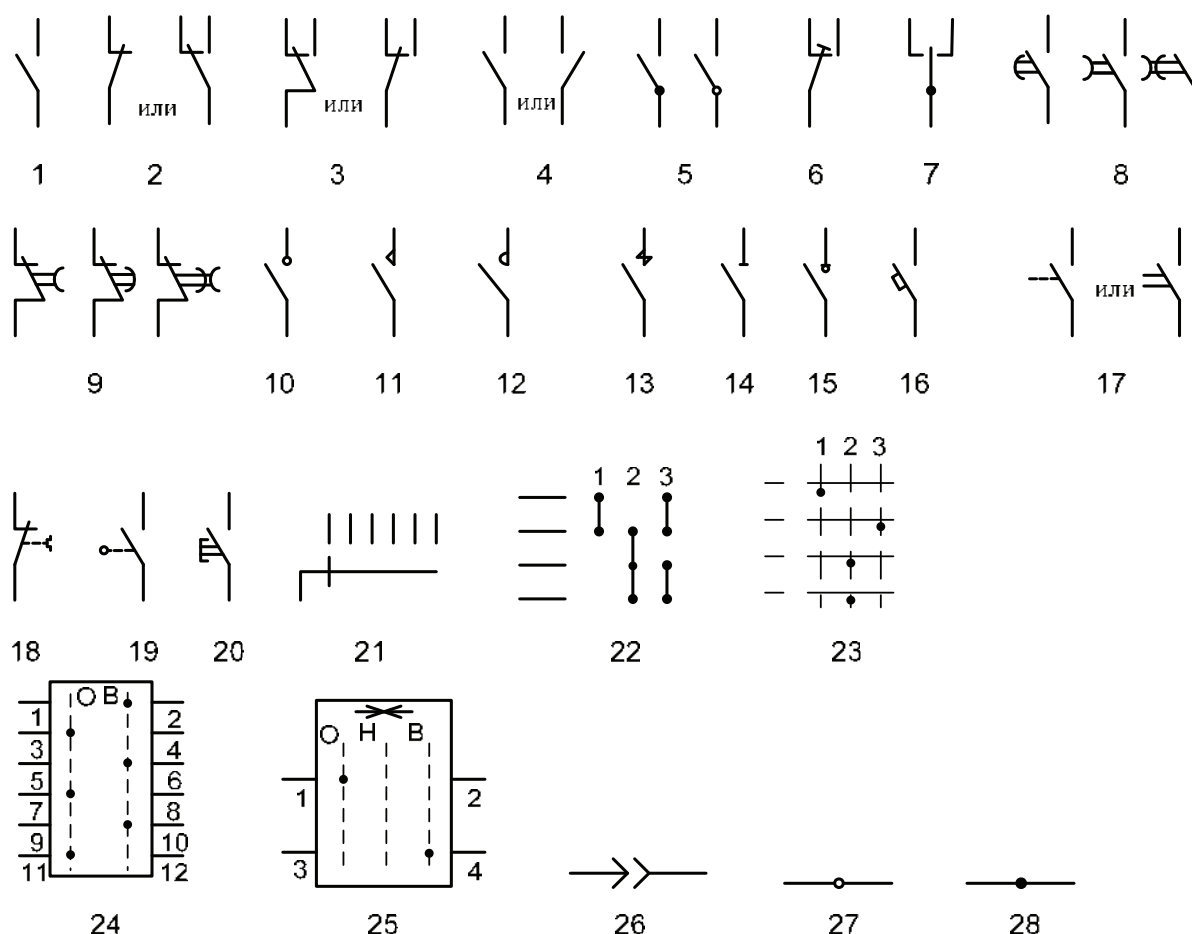


Рис. 2.15. Графические обозначения коммутационных устройств и контактных соединений

При необходимости рядом с обозначением автомата можно про- ставлять знаки, указывающие величину, при изменении которой проис- ходит возврат: максимальный $I >$, минимальный $I <$ и обратный $I -$ то- ки; максимальное $U >$ и минимальное $U <$ напряжения; максимальная температура T .

На рис. 2.15, поз. 17–20 показаны контакты: с механической свя- зью (замыкающий), электротеплового реле (размыкающий), путевого выключателя и кнопочный.

Условное обозначение однополюсного многопозиционного (на- пример, на шесть позиций) переключателя приведено на рис. 2.15, поз. 21. На рис. 2.15, поз. 22, 23 приведены два варианта изображения переключателей, работающих по следующей схеме. При первом вари- анте (рис. 2.15, поз. 22) осуществляется замыкание следующих цепей: первой со второй в поз. 1; второй, третьей и четвертой в поз. 2; первой со второй и третьей с четвертой в поз. 3. При втором варианте

(рис. 2.15, поз. 23) происходит включение следующих цепей: первой в поз. 1; второй – в поз. 3; третьей и четвертой – в поз. 2.

На рис. 2.15, поз. 24 аналогично второму варианту построены обозначения переключателей на две позиции *O* и *B* и шесть цепей (рис. 2.15, поз. 24) и на три позиции *O*, *B*, и *H* с самовозвратом в позицию *H* (на это указывают стрелки) и две цепи (рис. 2.15, поз. 25). На рис. 2.15, поз. 26, 27 показаны условные обозначения разъёмного (со штырем слева и гнездом справа), разборного и неразборного контактных соединений.

Условные обозначения воспринимающих частей электромеханических устройств. На рис. 2.16 приведены условные обозначения катушек электромеханических устройств (реле, пускателей, контакторов – поз. 1), а также катушек с двумя обмотками (поз. 2), с двумя встречными обмотками (поз. 3), с одним отводом (поз. 4) и трехфазного тока (поз. 5). Дополнительное поле (рис. 2.16, поз. 6) в обозначении катушек электромеханических устройств предусмотрено для помещения в нем уточняющих данных, например знаков \sim , I , U , $I >$, $U <$, соответственно указывающих, что это электромагнит переменного тока обмотка тока, напряжения, максимального тока или минимального напряжения. Их же можно помещать в основном поле при отсутствии в нем другой информации. Катушки поляризованных электромеханических устройств, обозначаемые в дополнительном поле буквой *P*, допускается также обозначать, как показано на рис. 2.16, поз. 7.

Приведенные на рис. 2.16 условные обозначения применяют к катушкам устройств, имеющих механическую блокировку (поз. 8) и работающих с ускорением при срабатывании (поз. 9), при срабатывании и отпуске (поз. 10), с замедлением при срабатывании (поз. 11), при отпуске (поз. 12), при срабатывании и отпуске (поз. 13), а также не чувствительных к переменному току (поз. 14).

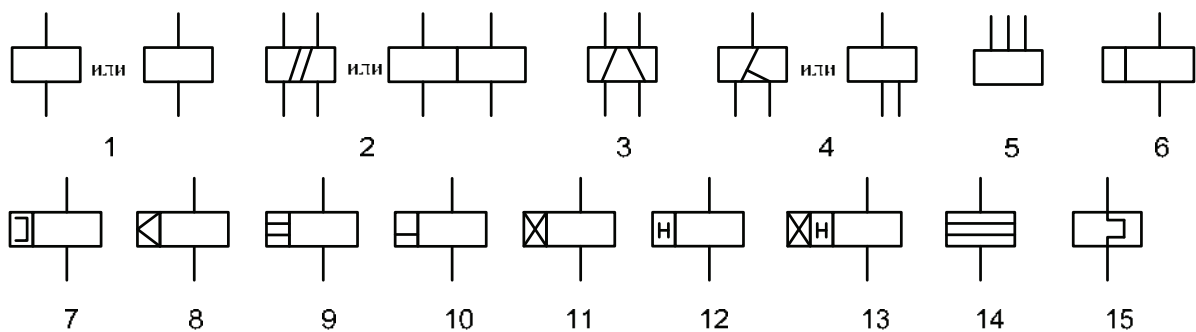


Рис. 2.16. Условные обозначения коммутационных устройств и контактных соединений

Условное обозначение воспринимающей части электротеплового реле показано на рис. 2.16, поз. 15.

2.2.2. Размеры условных графических обозначений

Как правило, по внешнему виду условного графического обозначения, независимо от его размеров, уже можно определить, что оно изображает. Однако маленькие размеры условных обозначений доставляют трудность при чтении схем, а слишком большие приводят к излишнему увеличению площади чертежей. При изображении, геометрических элементов следует выдерживать определенные соотношения между отдельными геометрическими образами, составляющими данное условное обозначение. Это требует некоторых ограничений при выборе размеров условных обозначений. Так, например, диаметр окружности статора электрической машины – 20 мм, а диаметр ротора – 10 мм, диаметр баллона электровакуумного прибора – 14 мм, диаметр показывающего прибора и обмотки трансформатора – 10 мм, диаметр корпуса полупроводникового прибора – от 10 до 14 мм, диаметр лампы накаливания – от 6 до 8 мм.

При обозначении регистрирующих приборов установлены следующие размеры прямоугольников: 10×10 мм, интегрирующих (счетчик) – 14×10 мм, катушек электромеханического устройства – 12×6 мм, предохранителей и резисторов – 10×4 мм, телефонов – 5×4 мм, громкоговорителей – 4×3 мм, электронагревателей, электротермических устройств и установок – 16×16 мм.

Элемент, обозначающий корпус и заземление, должен быть отрезком прямой длиной 5–10 мм (в заземлении – больший отрезок). Подвижный контакт коммутационного аппарата должен быть высотой 6 мм, а угол наклона – 30°. Толщина линий устанавливается стандартом, причем в схемах линии электрической связи допускается выполнять такой же толщины, как линии, связывающие элементы.

При чрезмерной плотности наносимых на планы элементов их размеры максимально уменьшают. Так, диаметр окружности при обозначении выключателя составляет 2 мм (кнопочного – 3 мм), светильника с лампами накаливания – 4 мм; размеры прямоугольника при обозначении щита (шкафа) – 10×3 мм, контактора – 5×5 мм, светильника с люминесцентными лампами – 10×2 мм, установки (общее обозначение, а также с генераторами, трансформаторами и др.) – 12×6 мм, выпрямителя – 5×5 мм. Для условных обозначений электростанций и подстанций определены минимальные размеры: сторона квадрата (диаметр

окружности) должна быть не менее 8 мм, причем размеры общих обозначений разрешается уменьшать до 4 мм.

Далее рассмотрим условные графические обозначения перечисленных элементов и их размеры на конкретных примерах.

Резисторы бывают постоянные и переменные. Широко применяются постоянные резисторы, реже – переменные, подстроечные, а также резисторы с изменяющимся сопротивлением. Нетрудно заметить, что даже простой резистор имеет несколько вариантов функционального применения, и все их необходимо отразить в условном графическом отображении. Попробуем все это осуществить практически.

Постоянные резисторы бывают проволочные и непроволочные. На электрических схемах их обозначают одинаково – в виде прямоугольника с линиями электрической связи, обозначающими выводы резистора (рис. 2.17). Это условное графическое обозначение – основа, согласно которой строятся УГО всех разновидностей резисторов.

На выполненных схемах рядом с УГО резистора сверху или справа указывают его условное буквенно-цифровое позиционное обозначение и номинальное сопротивление. Позиционное обозначение состоит из латинской буквы *R* и порядкового номера резистора по схеме. Сопротивления от 0 до 999 Ом указывают числом без обозначения единицы измерения (51 Ом – 51), сопротивления от 1 до 999 кОм – числом со строчной буквой «к» (100 кОм – 100к), сопротивления от 1 до 999 МОм – числом с прописной буквой «М» (150 МОм – 150М).

Позиционное обозначение резистора звездочкой (резистор *R2** на рис. 2.17), означает, что сопротивление указано ориентировочно и при налаживании устройства его величину определяют путем подбора по определённой методике.

Номинальную рассеиваемую мощность указывают специальными значками внутри условного графического обозначения (рис. 2.18).

Постоянные резисторы могут иметь отводы от основного элемента (рис. 2.19, *а*), в случае необходимости символ резистора вытягивают в длину (рис. 2.19, *б*).

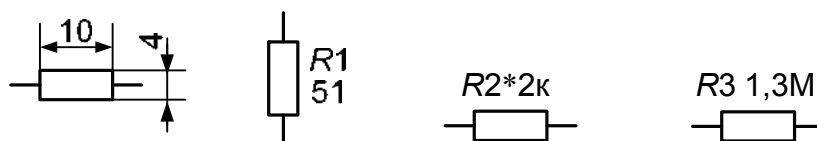


Рис. 2.17. Постоянные резисторы с указанным сопротивлением

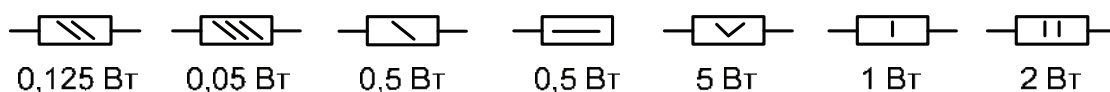


Рис. 2.18. Постоянные резисторы с указанной мощностью

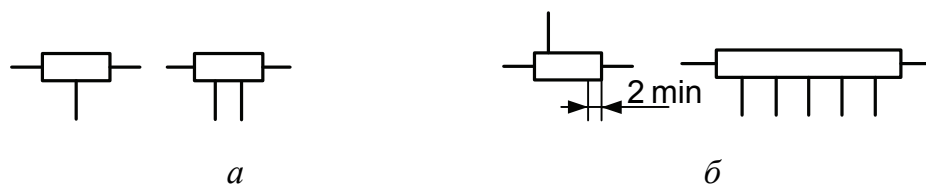


Рис. 2.19. Постоянные резисторы с отводами от основного элемента

Переменные резисторы применяют для различных регулировок. У этих резисторов имеется, как минимум три вывода: два – от главного элемента, имеющего номинальное, т. е. максимальное, сопротивление, и один – от перемещающегося по нему токосъемника – *движка*, который изображают в виде стрелки, перпендикулярной длинной стороне основного изображения (рис. 2.20, *а*).

Для переменных резисторов в реостатном включении возможно использование изображения, показанное на рис. 2.20, *б*. Переменные резисторы с дополнительными отводами обозначаются, как показано на рис. 2.20, *в*. Отводы у переменных резисторов показывают так же, как и у постоянных (рис. 2.19).

С целью регулирования громкости, тембра и других величин применяют *сдвоенные переменные резисторы*. На схемах условных изображений входящие в них резисторы располагают как можно ближе друг к другу, а механическую связь показывают или двумя сплошными линиями, или одной штриховой (рис. 2.21, *а*).

При отсутствии такой возможности (т. е. символы резисторов оказываются на значительном удалении один от другого), механическую связь изображают отрезками штриховой линии (рис. 2.21, *б*). Принадлежность резисторов к сдвоенному блоку указывают в позиционном обозначении: *R2.1* – первый резистор сдвоенного переменного резистора *R2*; *R2.2* – второй.

В бытовой аппаратуре часто применяют переменные резисторы, объединенные с одним или двумя выключателями. Их контакты размещают рядом с условным графическим изображением переменного резистора и соединяют штриховой линией с жирной точкой с той стороны УГО, при перемещении к которой движок воздействует на выключатель (рис. 2.22, *а*). При этом подразумевается, что контакты замыкаются при движении от точки, а размыкаются при движении к ней.

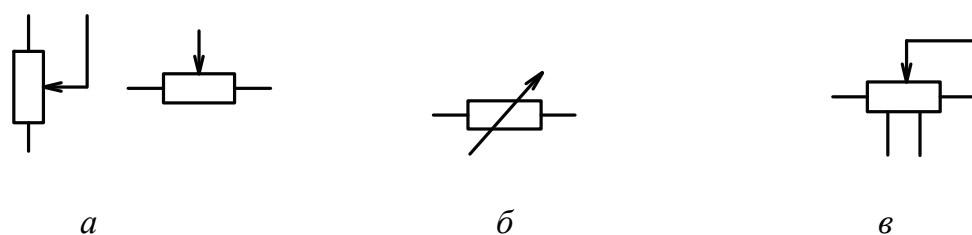


Рис. 2.20. Переменные резисторы

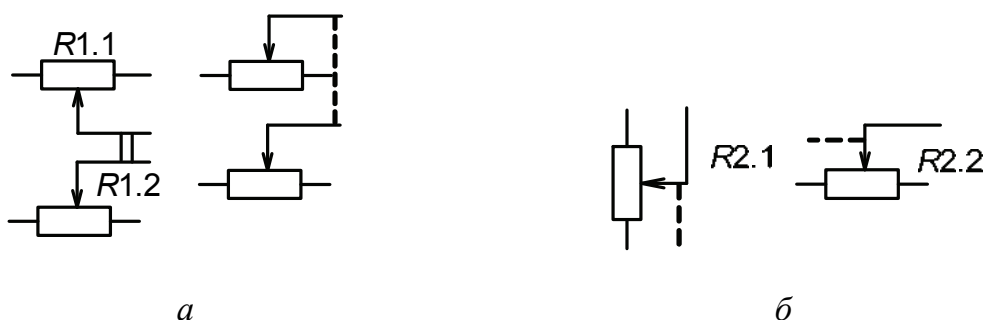


Рис. 2.21. Переменные резисторы сдвоенные

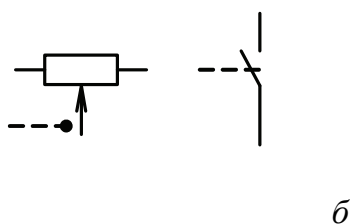


Рис. 2.22. Переменные резисторы, объединенные с выключателем

Если УГО резистора и выключателя на схеме значительно удалены один от другого, то механическую связь показывают отрезками штриховых линий (рис. 2.22, б).

Подстроечные резисторы – являются разновидностью переменных резисторов. Узел перемещения движка в них приспособлен для управления отверткой и не рассчитан на частые регулировки. Условное графическое обозначение подстроечного резистора (рис. 2.23) наглядно отражает его назначение: по существу это постоянный резистор с отводом, положение которого можно изменять.

Резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием внешних факторов, сравнительно часто применяют терморезисторы (RK) и варисторы (RU). Общим для условного графического изображения резисторов данной группы является знак нелинейного саморегулирования в виде наклонной линии с изломом вниз (рис. 2.24).

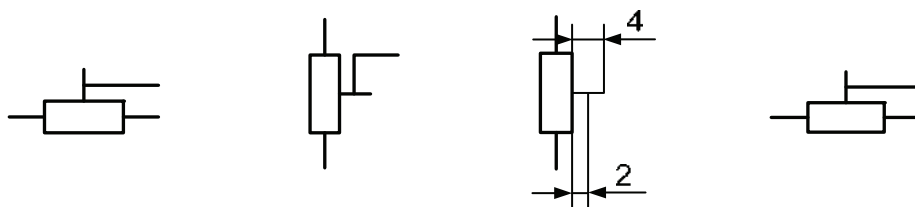


Рис. 2.23. Подстроечные резисторы

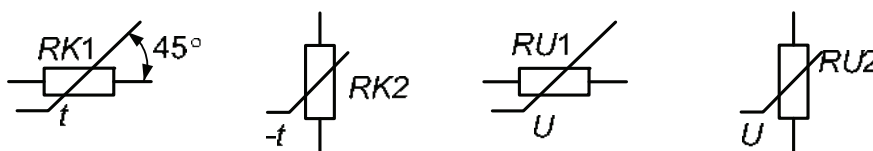


Рис. 2.24. Резисторы с изменяющимся сопротивлением

При воздействии на резистор внешних факторов для их указания используют общепринятые буквенные обозначения: t° (температура), U (напряжение) и т. д. Знак температурного коэффициента сопротивления терморезисторов указывают, только, если он отрицательный (рис. 2.24, резистор $RK2$).

Конденсаторы. Как и резисторы, конденсаторы являются наиболее широко используемыми элементами электрических цепей. Главные характеристики конденсатора – это номинальные емкость и напряжение. Чаще на схемах применяются постоянные конденсаторы, и реже переменные и подстроечные. Отдельной группой стоят конденсаторы, изменяющие свою емкость под воздействием внешних факторов.

Конденсаторы постоянной емкости представлены на рис. 2.25. Условные графические обозначения таких конденсаторов регламентированы ГОСТ 28896–91.

Напряжение, на которое рассчитаны конденсаторы (кроме оксидных), на схемах указывать не принято. Лишь в некоторых случаях на схемах цепей высокого напряжения рядом с обозначением номинальной емкости можно указывать и номинальное напряжение ($C4$ на рис. 2.25).

При использовании оксидных конденсаторов (прежнее название электролитические) на принципиальных схемах бытовых электронных устройств напряжение указывают обязательно (рис. 2.26). Большинство оксидных конденсаторов полярные, при включении их в электрическую цепь обязательно соблюдение полярности. Для этого на схеме, у положительной обкладки такого конденсатора, ставят знак «+».

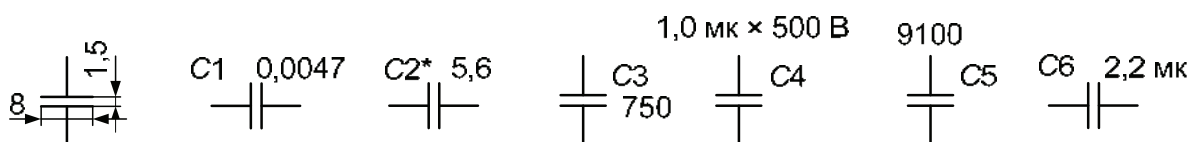


Рис. 2.25. Конденсаторы постоянной емкости

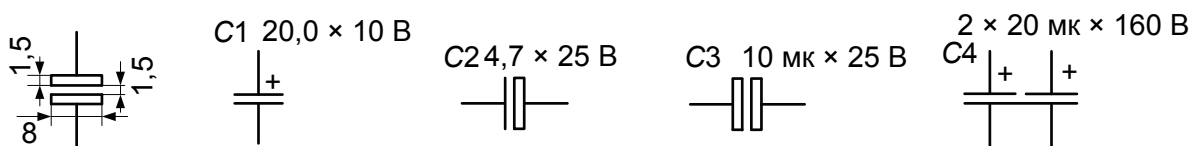


Рис. 2.26. Конденсаторы оксидные

Обозначение $C1$ на рис. 2.26 – это общее обозначение поляризованного конденсатора. Возможно применение и другого изображения обкладок конденсатора ($C2$ и $C3$ на рис. 2.26).

При необходимости уменьшения габаритов в некоторых случаях в один корпус помещают два конденсатора, но выводов делают только три (один из них – общий). Графическое обозначение сдвоенного конденсатора показано на рис. 2.26 ($C4$).

Проходные конденсаторы применяют с целью развязки цепей питания высокочастотных устройств по переменному току (рис. 2.27). У них тоже имеется три вывода: два – от одной обкладки («вход» и «выход»), а третий (чаще в виде винта) – от другой, наружной, которую соединяют с экраном или заземляют в шасси.

Такую особенность конструкции проходных конденсаторов отражает УГО на рис. 2.27 ($C1$). Наружную обкладку обозначают короткой дугой, а также одним ($C2$) или двумя ($C3$) отрезками прямых линий с выводами от середины. Условные графические обозначения с позиционным обозначением $C3$ применяют при изображении проходного конденсатора в стенке экрана. Аналогично, что и проходные, применяют опорные конденсаторы. Обкладку, соединяемую с корпусом (шасси), выделяют в обозначении такого конденсатора тремя наклонными линиями, указывающими «заземление» на рис. 2.27 ($C4$).

Конденсаторы переменной емкости (КПЕ) применяют для оперативной регулировки. Они имеют статор и ротор. Такие конденсаторы ранее широко применялись для изменения частоты настройки радиовещательных приемников. Они допускают многократную регулировку емкости в заданном диапазоне. Данную особенность показывают на схемах знаком регулирования, т. е. наклонной стрелкой, пересекающей

базовый символ под углом 45° , а рядом указывают минимальную и максимальную емкость конденсатора (рис. 2.28).

При необходимости обозначения ротора КПЕ, поступают так же, как и в случае проходного конденсатора (см. C2 на рис. 2.27).

С целью одновременного изменения емкости в ряде цепей применяют блоки, состоящие из двух, трех и даже большего числа КПЕ. Принадлежность КПЕ к одному блоку показывают на схемах штриховой линией механической связи, соединяющей знаки регулирования, и нумерацией секций (через точку в позиционном обозначении, рис. 2.29).

При УГО блока КПЕ в разных, далеко отстоящих друг от друга частях схемы механическую связь можно не показывать и ограничиваться только соответствующей нумерацией секций (C2.1, C2.2, C2.3 на рис. 2.29).

Подстроечные конденсаторы – это разновидность КПЕ. Конструктивное выполнение таково, что их емкость можно изменять только с помощью отвертки. В условных графических обозначениях это показывают знаком подстроечного регулирования – наклонной линией со штрихом на конце (рис. 2.30).

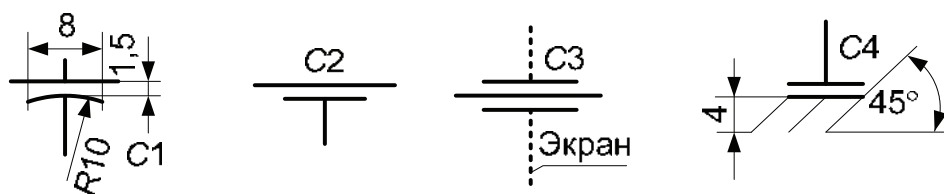


Рис. 2.27. Конденсаторы проходные

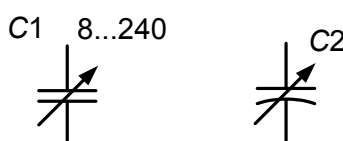


Рис. 2.28. Конденсаторы переменной емкости

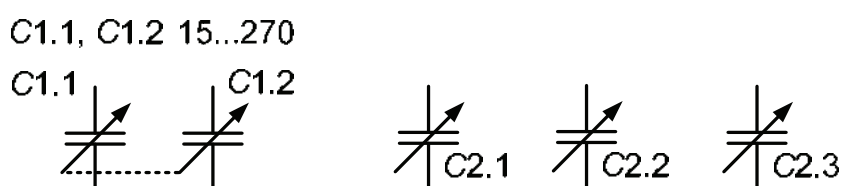


Рис. 2.29. Блоки конденсаторов переменной емкости



Рис. 2.30. Конденсаторы подстроечные

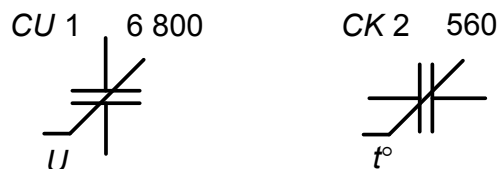


Рис. 2.31. Конденсаторы саморегулируемые

Ротор подстроечного конденсатора обозначают, если необходимо, дугой (C3, C4 на рис. 2.30).

Саморегулируемые нелинейные конденсаторы обладают способностью изменять емкость под действием внешних факторов. В радиоэлектронных устройствах часто применяют *вариконды* – сегнетокерамические конденсаторы с резко выраженной нелинейной зависимостью емкости от приложенного к нему напряжения. Буквенный код варикондов – *CU*. Условное графическое обозначение в этом случае – базовый символ конденсатора, перечеркнутый знаком нелинейного саморегулирования с латинской буквой *U* (рис. 2.31, конденсатор *CU1*).

Термоконденсаторы имеют аналогичное УГО. Буквенный код этой разновидности конденсаторов – *CK* (рис. 2.31, конденсатор *CK2*). Температура воздействующей среды обозначается значком t° .

Диоды – полупроводниковые приборы, основанные на явлении электронно-дырочного перехода (*p-n*-переход). Диод обладает односторонней проводимостью от области *p* (анод) к области *n* (катод). Это показывает и УГО полупроводникового диода: треугольник (символ анода) вместе с пересекающей его линией электрической связи, образующие вид стрелки, которая указывает направление проводимости. Перпендикулярная этой стрелке черта обозначает катод (рис. 2.32).

Буквенный код диодов – *VD*. Данным кодом обозначают как отдельные диоды, так и целые группы, например, выпрямительные мосты (рис. 2.33, *VD1–VD4*). Исключением является однофазный выпрямительный мост, который изображают в виде квадрата с четырьмя выво-

дами и символом диода внутри (рис. 2.33, $VD1$). Полярность выпрямительного моста напряжения на схемах не указывают, ее определяет символ диода. Конструктивно однофазные мосты, объединенные в одном корпусе, изображают отдельно, показывая принадлежность к одному изделию в позиционном обозначении (рис. 2.33, $VD2.1$, $VD2.2$).

Графические обозначения полупроводниковых диодов с особыми свойствами построены на основе базового символа диода. Для обозначения на схеме *стабилитрона*, катод дополняют коротким штрихом, направленным в сторону символа анода (рис. 2.34, $VD1$). Расположение штриха относительно символа анода является постоянным, независимо от положения УГО стабилитрона на схеме ($VD2$ – $VD4$). Это требование относится и к символу двуханодного (двустороннего) стабилитрона ($VD5$).



Рис. 2.32. Диоды

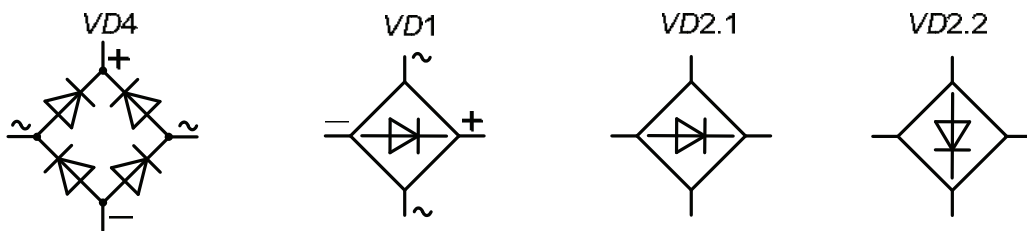


Рис. 2.33. Выпрямительные мосты

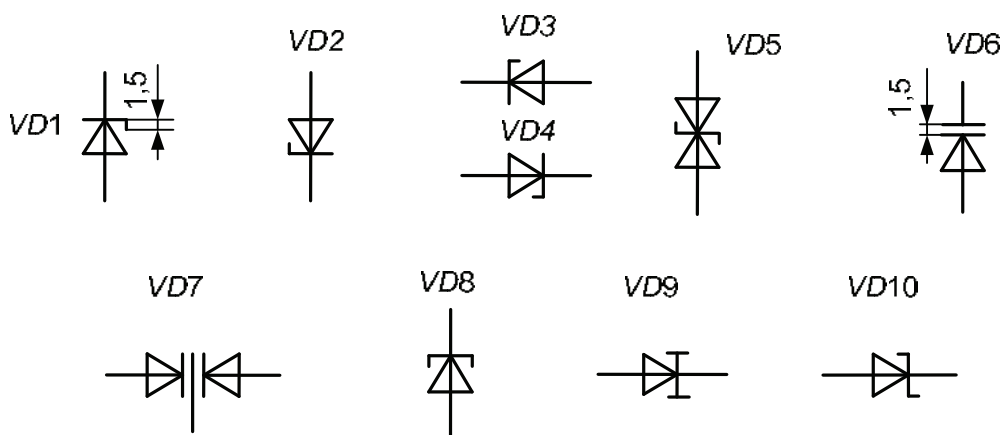


Рис. 2.34. Стабилитроны

Графические обозначения *туннельных диодов* (как обращенных, так и диодов Шоттки – полупроводниковых приборов, применяемых для обработки сигналов в области СВЧ) построены аналогично. В символе туннельного диода (рис. 2.34, *VD 8*) катод дополнен двумя штрихами, направленными в одну сторону (к аноду), в УГО диода Шоттки (*VD10*) – в разные стороны; в УГО обращенного диода (*VD9*) – оба штриха касаются катода своей серединой.

В специальных диодах – *варикапах* – использовано свойство $p-n$ -перехода изменять свою емкость в зависимости от приложенного к нему напряжения смещение. Условные графические обозначения этих приборов наглядно подчеркивает их назначение (рис. 2.34, *VD6*): две параллельные линии воспринимаются как символ конденсатора. Варикапы часто изготавливают в виде блоков (их называют *матрицами*) с общим катодом и отдельными анодами, как и конденсаторы переменной емкости. На рис. 2.34 показан пример УГО матрицы из двух варикапов (*VD7*).

Тиристоры. Символ диода использован и в УГО *тириستоров* – полупроводниковых приборов с тремя $p-n$ -переходами (структура $p-n-p-n$), используемых в качестве переключающих диодов. Буквенный код этих приборов – *VS*.

Тиристоры, имеющие выводы только от крайних слоев структуры, называют *динисторами* и обозначают символом диода, перечеркнутым отрезком линии, параллельным катоду (рис. 2.35, *VS1*).

Так же поступают и при построении УГО симметричного динистора (*VS2*), проводящего ток (после его включения) в обоих направлениях. Тиристоры с дополнительным, третьим, выводом (от одного из внутренних слоев структуры) называют *тринисторами*. Управление по катоду в УГО этих приборов показывают ломаной линией, присоединенной к катоду (*VS3*), по аноду – линией, продолжающей одну из сторон треугольника, символизирующего анод (*VS4*). Условные графические обозначения симметричного (двунаправленного) тринистора получают из символа симметричного динистора добавлением третьего вывода (рис. 2.35, *VS5*).

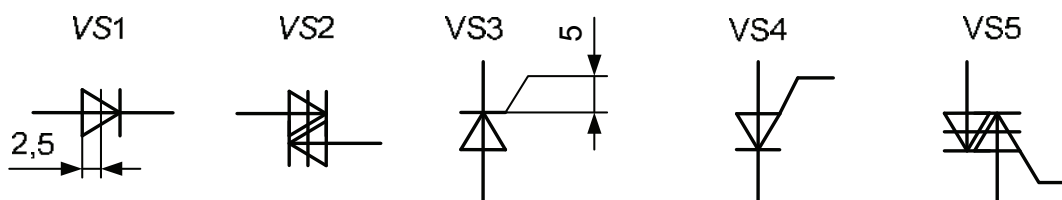


Рис. 2.35. Динисторы

Оптоэлектронные приборы. *Фотодиоды* – это диоды, изменяющие свои параметры под действием внешних факторов. Чтобы показать такой полупроводниковый прибор на схеме, базовый символ диода помещают в кружок, а рядом с ним (слева сверху, независимо от положения УГО) помещают знак фотозлектрического эффекта – две наклонные параллельные стрелки, направленные в сторону символа (рис. 2.36, *VD1–VD3*).

Так же строятся УГО любого другого полупроводникового диода, управляемого оптическим излучением. На рис. 2.36 так, например, показано условное графическое обозначение фотодиода *VD4*.

Подобным образом строятся УГО светоизлучающих диодов, но стрелки, обозначающие оптическое излучение, помещают справа сверху, независимо от положения УГО, и направляют в противоположную сторону (рис. 2.37). Так как светодиоды, излучающие видимый свет, применяют обычно в качестве индикаторов, на схемах их обозначают латинскими буквами *HL*. Стандартный буквенный код *VD* используют только для инфракрасных (ИК) светодиодов.

Светоизлучающие кристаллы широко используют в *оптронах* – специальных приборах, применяемых для связи отдельных частей электронных устройств, если необходима их гальваническая развязка. На принципиальных схемах оптроны обозначают буквой *U*, как показано на рис. 2.38.

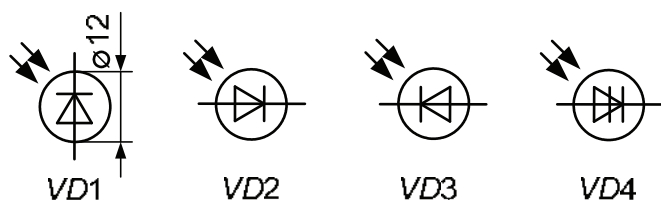


Рис. 2.36. Фотодиоды

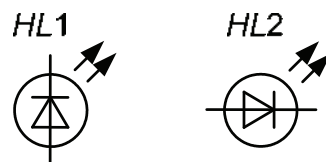


Рис. 2.37. Светоизлучающие диоды

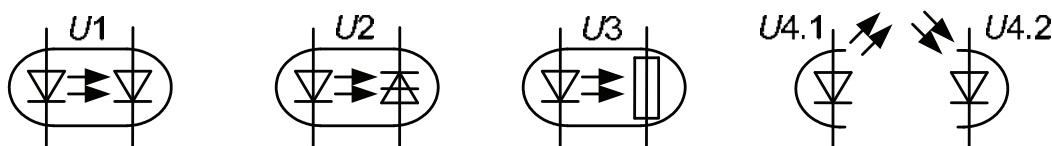


Рис. 2.38. Оптоны

Оптическую связь излучателя (светодиода) и фотоприемника показывают двумя стрелками, перпендикулярными к линиям электрической связи – выводам оптрона. Фотоприемником в оптроне могут быть фотодиод (рис. 2.38, $U1$), фототиристор $U2$, фоторезистор $U3$ и т. д. Взаимная ориентация символов излучателя и фотоприемника может быть любой. При необходимости составные части оптрона можно изображать отдельно. В этом случае знак оптической связи заменяют знаками оптического излучения и фотоэффекта, а принадлежность частей к одному изделию показывают в позиционном обозначении (рис. 2.38, $U4.1$, $U4.2$).

Транзистор – это полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний. Наибольшее распространение получили биполярные транзисторы. Электропроводность эмиттера и коллектора всегда одинаковая (p или n), базы – противоположная (n или p). Биполярный транзистор содержит два p – n -перехода: один из них соединяет базу с эмиттером (эмиттерный переход), другой – с коллектором (коллекторный переход).

Код транзисторов в буквенном выражении имеет две латинские буквы VT . Обозначение этих приборов на схемах показано на рис. 2.39. Короткая черточка с линией от середины обозначает базу, две наклонные линии, проведенные к ее краям под углом 60° , – эмиттер и коллектор. Об электропроводности базы судят по символу эмиттера: если его стрелка направлена к базе (рис. 2.39, $VT1$), это означает, что эмиттер имеет электропроводность типа p , а база – типа n ; если же стрелка направлена в противоположную сторону (рис. 2.39, $VT2$), электропроводность эмиттера и базы обратная – n – p – n .

Знание электропроводности эмиттера базы и коллектора позволяет правильно подключить транзистор к источнику питания. В справочниках эту информацию приводят в виде структурной формулы. Транзистор, база которого имеет электропроводимость типа n , обозначают формулой p – n – p , а транзистор с базой, имеющей электропроводность типа p – n – p . В первом случае на базу и коллектор подают отрицательное по отношению к эмиттеру напряжение, во втором – положительное.

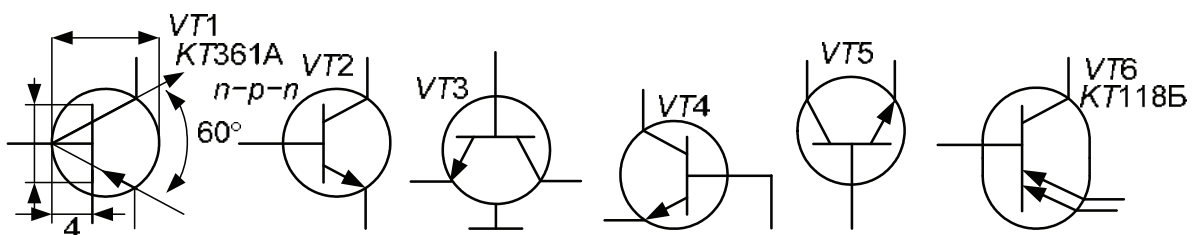


Рис. 2.39. Транзисторы

Для наглядности УГО дискретного транзистора помещают в кружок, символизирующий его корпус. Иногда металлический корпус соединяют с одним из выводов транзистора. Этот вариант показывается точкой в месте пересечения соответствующего вывода с символом корпуса. При снабжении корпуса отдельным выводом линию-вывод можно присоединять к кружку без точки (*VT3* на рис. 2.39). Для повышения информативности схем рядом с позиционным обозначением транзистора указывают его тип (*VT6 KT118Б* на рис. 2.39).

Линии электрической связи от эмиттера и коллектора проводят в одном из двух направлений: перпендикулярно или параллельно выводу базы (*VT3–VT5*). Излом вывода базы допустим лишь на некотором расстоянии от символа корпуса (*VT4*).

Транзистор может иметь несколько эмиттеров. В этом случае символы эмиттеров изображают с одной стороны символа базы, а окружность обозначения корпуса заменяют овалом (рис. 2.39, *VT6*).

Существующий стандарт допускает изображение транзисторов и без символа корпуса, например, при изображении бескорпусных транзисторов или при необходимости показать на схеме транзисторы, входящие в состав сборки транзисторов или интегральной схемы.

Так как буквенный код *VT* предусмотрен для обозначения транзисторов, выполненных в виде самостоятельного прибора, то транзисторные сборки обозначают иначе: либо используют код *VT* и присваивают им порядковые номера наряду с другими транзисторами (в этом случае на схеме помещают следующую запись: *VT1–VT4 K159HT1*), либо применяют код аналоговых микросхем (*DA*) и указывают принадлежность транзисторов в сборке в позиционном обозначении (рис. 2.40, *DA1.1*, *DA1.2*). У выводов таких транзисторов обычно приводят условную нумерацию, присвоенную выводам корпуса, в котором выполнена матрица (*DA1 K159HT1A* на рис. 2.40).

С отсутствием символа корпуса на схемах изображают транзисторы аналоговых и цифровых микросхем (на рис. 2.40 показаны транзисторы структуры *n–p–n* с тремя и четырьмя эмиттерами).

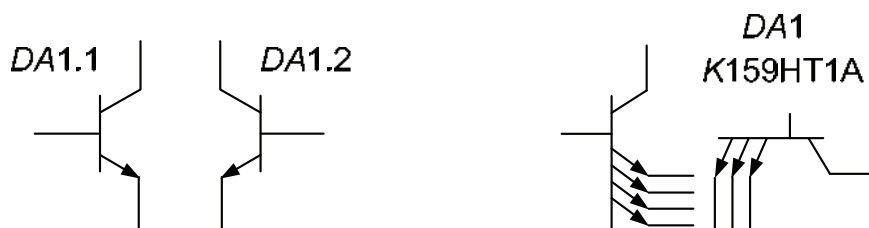


Рис. 2.40. Транзисторные сборки

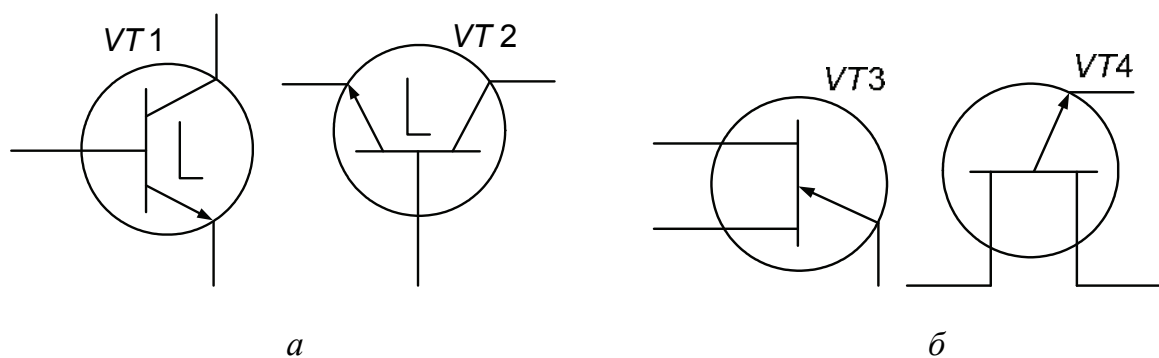


Рис. 2.41. Биполярные транзисторы: *а* – лавинный транзистор;
б – однопереходный транзистор

Для некоторых разновидностей биполярных транзисторов УГО получают введением в основной символ специальных знаков. Так, чтобы изобразить лавинный транзистор, между символами эмиттера и коллектора помещают знак эффекта лавинного пробоя (рис. 2.41, *VT1*, *VT2*). При повороте УГО положение этого знака должно оставаться неизменным.

По другому построено условное графическое обозначение однопереходного транзистора: у него один p – n -переход, но два вывода базы. Символ эмиттера в УГО этого транзистора проводят к середине символа базы (рис. 2.41, *VT3*, *VT4*). Электропроводность базы в этом случае определяют по символу эмиттера (направлению стрелки). На символ однопереходного транзистора похоже УГО транзисторов с p – n -переходом, называемых *полевыми*. Основой такого транзистора является созданный в полупроводнике и снабженный двумя выводами (исток и сток) канал с электропроводностью n - или p -типа. Сопротивлением канала управляет третий электрод – *затвор*. Канал изображают так же, как и базу биполярного транзистора, но помещают в середине кружка-корпуса (рис. 2.42, *VT1*), символ истока и стока присоединяют к нему с одной стороны, символ затвора – с другой стороны, на продолжении линии истока. Электропроводность канала указывают стрелкой на символе затвора (рис. 2.42, *VT1*, *VT2*).

В условных графических обозначениях полевых транзисторов с изолированным затвором (его изображают черточкой, параллельной символу канала с выводом на продолжении линии истока) электропроводность канала показывают стрелкой, помещенной между символами истока и стока. Направлением стрелки к каналу изображают транзистор с каналом n -типа (рис. 2.42, *VT4*), в противоположную сторону – с каналом p -типа (рис. 2.42, *VT3*). Так же поступают при наличии вывода от подложки (*VT4*) и при изображении полевого транзистора с так называемым индуцированным каналом, символ которого – три коротких штриха

(рис. 2.42, *VT5*, *VT6*). Если подложка соединена с одним из электродов (обычно с истоком), это показывают внутри УГО без точки (*VT7*, *VT8*).

В полевом транзисторе может быть несколько затворов. Изображают их более короткими черточками, причем линию-вывод первого затвора обязательно помещают на продолжении линии истока (*VT7*, *VT8*).

Линии-выводы полевого транзистора допускается изгибать лишь на некотором расстоянии от символа корпуса (рис. 2.42, *VT2*). В некоторых типах полевых транзисторов корпус может быть соединен с одним из электродов или иметь самостоятельный вывод (например, транзисторы типа КП303).

Из транзисторов, управляемых внешними факторами, широкое применение нашли фототранзисторы.

Условные графические обозначения фототранзисторов с выводом базы (*VT1*, *VT2*) и без него (*VT3*) показаны на рис. 2.43. Действие этих приборов основано на фотоэлектрическом эффекте, фототранзисторы могут входить в состав оптронов.

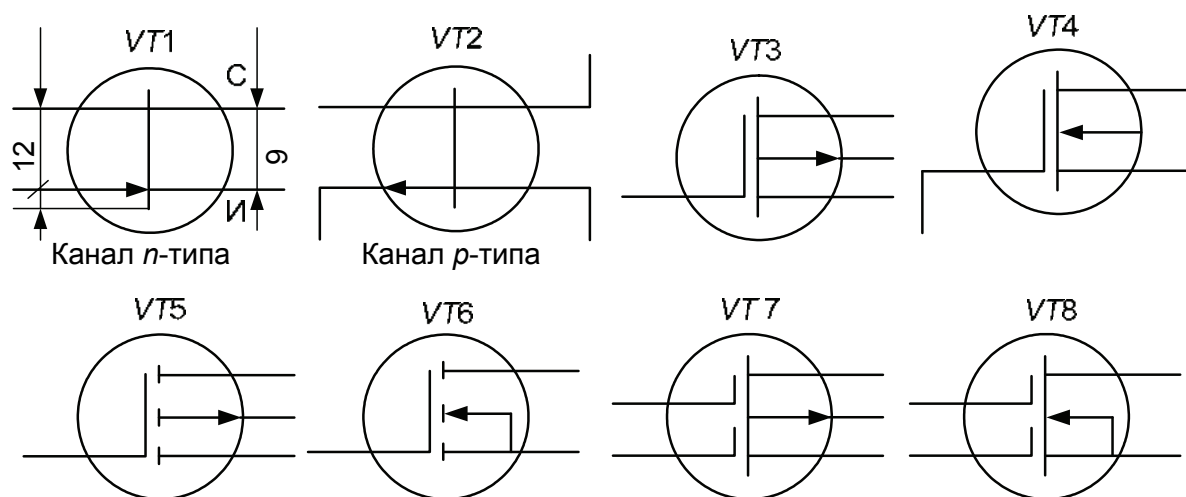


Рис. 2.42. Транзисторы полевые

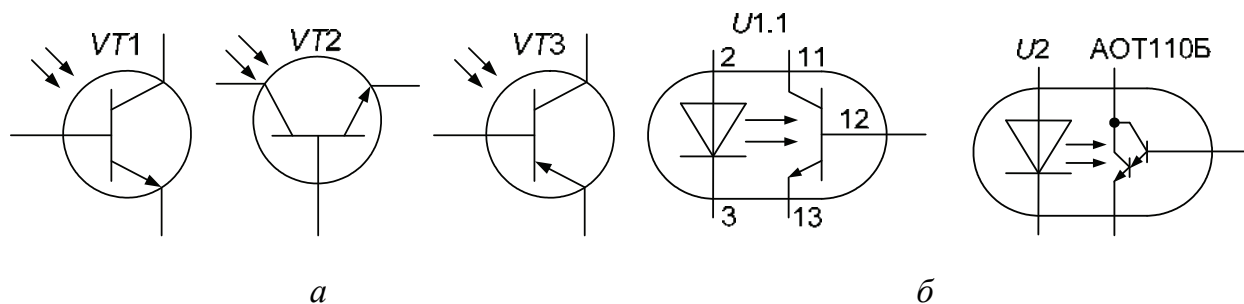


Рис. 2.43. Фототранзисторы (а), оптроны (б)

Условное графическое обозначение фототранзистора в этом случае вместе с УГО излучателя (обычно светодиода) заключают в объединяющий их символ корпуса, а знак фотоэффекта – две наклонные стрелки заменяют стрелками, перпендикулярными символу базы.

На рис. 2.43 изображена оптопара сдвоенного оптрона (об этом свидетельствует позиционное обозначение $U1.1$). Подобным образом строится УГО оптрона с составным транзистором ($U2$).

Электронные лампы. Электронные лампы – группа приборов, действие которых основано на электрических явлениях в вакууме. Буквенный код электровакуумных приборов имеет сочетание двух букв – VL . Рядом с позиционным обозначением прибора указывают и его тип.

Неотъемлемой частью электровакуумных приборов является баллон, как правило, стеклянный. Но он может быть и металлическим, керамическим, металлокерамическим и др. На принципиальных схемах баллон изображают в виде окружности или овала (рис. 2.44).

В наиболее простой лампе – диоде – имеется всего два электрода: катод и анод. Первый нужен для эмиссии электронов, второй – для их сбора.

Катоды бывают прямого накала (электроны испускает сама раскаленная током нить накала) и косвенного (электроны эмитирует подогреваемый нитью накала и изолированный от нее специальный электрод). В условных графических обозначениях электронных ламп катод прямого накала и подогреватель катода косвенного накала изображают одинаково – маленькой дужкой с параллельными линиями-выводами от концов (рис. 2.44, $VL1$, $VL2$), катод косвенного накала – дужкой несколько большего радиуса с одним выводом, анод – короткой черточкой с линией-выводом от середины.

В лампах, предназначенных для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний, кроме катода и анода имеются электроды, которые называют *сетками*. Первая ближайшая к катоду сетка обычно называется *управляющей*: изменяя ее потенциал по отношению к катоду, можно управлять потоком электронов, летящих к аноду. Вторая – *экранирующая*: она выполняет функции электростатического экрана, уменьшающего проходную емкость. Третья – *защитная*: она собирает «вторичные» электроны, выбитые из анода. На схемах сетки изображают штриховыми линиями, перпендикулярными оси, проходящей через символы катода и анода (рис. 2.44, $VL2-VL4$).

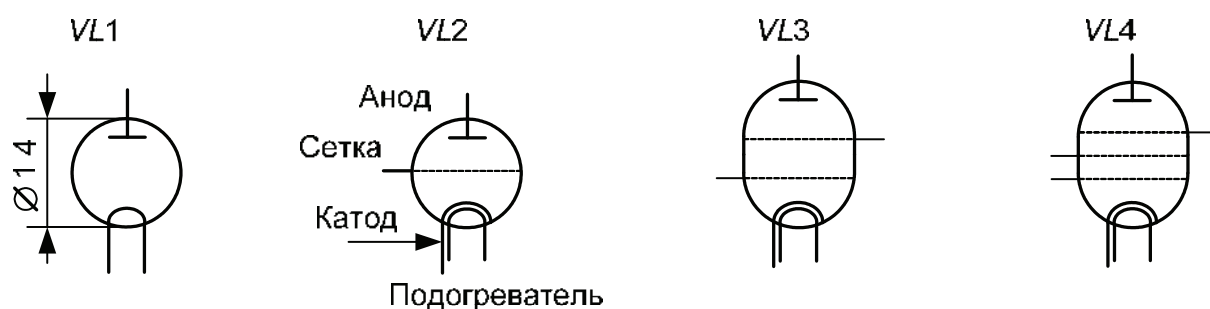


Рис. 2.44. Электровакuumные лампы

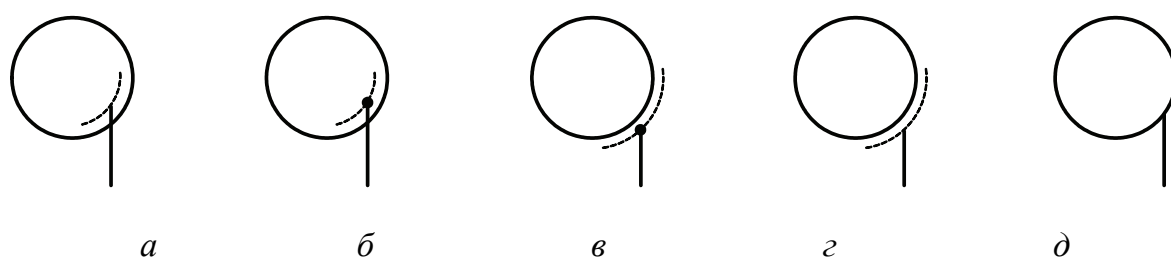


Рис. 2.45. Баллоны ламп с проводящим слоем

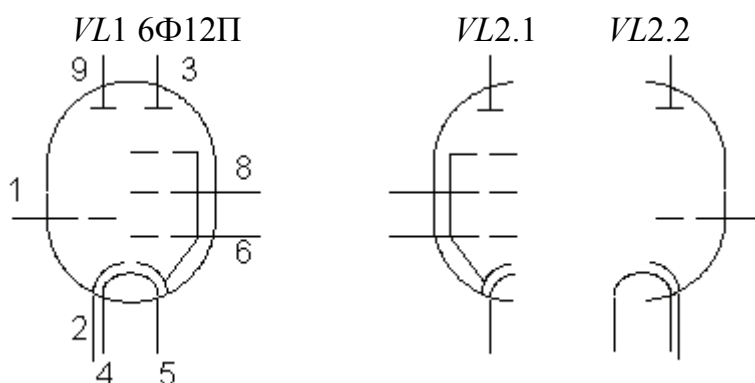


Рис. 2.46. Комбинированные электронные лампы

В некоторых случаях внутреннюю часть баллона покрывают электропроводящим слоем, защищающим лампу от внешних электрических полей или экранирующим ее собственное поле. На схемах такой экран обычно изображают штриховой дугой с линией-выводом без точки (рис. 2.45, а) или с точкой (рис. 2.45, б). Наружный экран, как правило, обозначают так же, но за пределами символа баллона (рис. 2.45, в, г). Если экраном служит сам металлический баллон, то его изображают так, как показано на рис. 2.45, д.

Нередко в одном баллоне размещают несколько электронных ламп (рис. 2.46, VL1). Приборы, входящие в такую комбинированную лампу,

порой используют в разных каскадах радиоэлектронного устройства, поэтому и на схемах их изображают отдельно и в разных местах. Чтобы не спутать УГО частей такой лампы с символами самостоятельных приборов, их баллоны вычерчивают не полностью, а принадлежность к электронному прибору показывают в позиционном обозначении (рис. 2.46, *VL2.1*, *VL2.2*). Общий подогреватель изображают в этом случае в одной из частей.

Для удобства монтажа, возле символов электродов на схемах обычно указывают цифры, обозначающие условные номера выводов на цоколе лампы.

Ионные приборы. Баллоны ионных приборов, в отличие от электровакуумных, заполнены каким-либо газом, наличие которого показывают жирной точкой, помещаемой обычно в правой части символа баллона.

В ионных приборах, как правило, применяют так называемые холодные катоды (эмиссия электронов из них происходит под действием ионов газа), изображаемые на схемах небольшим кружком с линией-выводом. Такие катоды применяют в газоразрядных индикаторах (буквенный код – *HG*). Условные графические обозначения газоразрядного индикатора (рис. 2.47, *а*) состоят из символов баллона, анода и определенного числа холодных катодов, рядом с которыми указаны соответствующие цифры. Иногда допускается изображать не все катоды, а только первые два и последний, заменяя отсутствующие штриховой линией (рис. 2.47, *а*).

Электроды неоновых ламп (их чаще всего используют в качестве световых индикаторов) при работе в цепях переменного тока попеременно выполняют функции холодного катода и анода (в зависимости от направления тока). Такие комбинированные электроды обозначают символом, указывающим на функции как одного, так и другого (рис. 2.47, *HL1*).

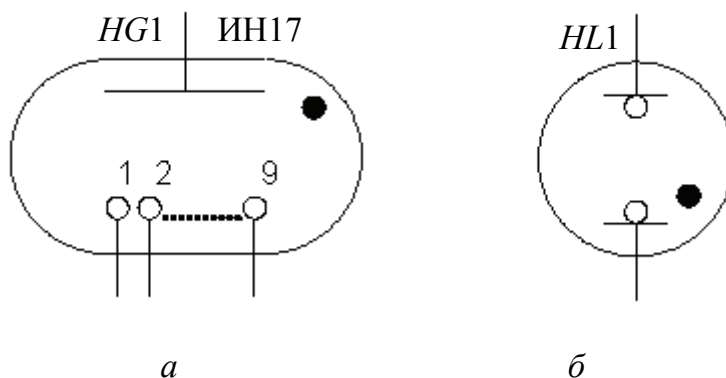


Рис. 2.47. Ионные лампы: *а* – газоразрядный индикатор; *б* – световой индикатор

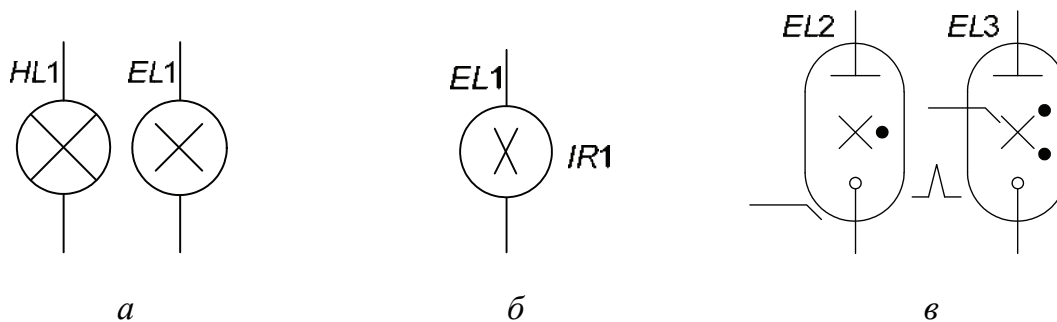


Рис. 2.48. Газоразрядные лампы: *а* – излучатель лампы накаливания; *б* – инфракрасный излучатель; *в* – газоразрядные импульсные лампы

Другими источниками света, с которыми часто приходится работать, являются лампы накаливания и газоразрядные импульсные лампы (их часто применяют в фотовспышках, устройствах иллюминации и т. п.). Лампы накаливания изображают на схемах в виде перечеркнутого крест-накрест кружка с двумя выводами (рис. 2.48). В зависимости от выполняемой функции лампу обозначают или *HL* (индикаторная) или *EL* (осветительная лампа).

С введением знаков спектрального состава излучения лампы накаливания, ее стали изображать иначе (рис. 2.48, *EL1*). Прямой крестик в центре символа баллона обозначает источник видимого излучения. Инфракрасное невидимое излучение обозначают косым крестом и латинскими буквами *IR*. Такой источник изображен на рис. 2.48 под обозначением *EL1*.

Условные графические обозначения газоразрядных импульсных ламп составляют из символов баллона, анода, холодного катода (или комбинированного электрода) и поджигающего электрода (линия с изломом на конце). В центре баллона помещают знак спектра излучения, а справа от него – одну-три точки, обозначающие в данном случае не только газовое наполнение, но и давление (одна точка – низкое, две – высокое, три – сверхвысокое). Вид излучения обозначают знаком, копирующим осциллограмму импульса. На рис. 2.48 изображено УГО импульсной газоразрядной лампы низкого давления с простыми электродами и внешним поджигом (*EL2*) и аналогичного прибора высокого давления с комбинированными электродами и внутренним поджигом (*EL3*).

Акустические приборы. Приборы, преобразующие энергию электрических колебаний в энергию звуковых или механических колебаний и наоборот, называют *электроакустическими*. Условные графические

обозначения этих приборов выполнены на основе общих символов, установленных стандартом для каждого их вида. Их основной буквенный код – буква *В*, за исключением приборов звуковой сигнализации.

Для обозначения микрофона применяют код *ВМ*. В настоящее время символ (рис. 2.49, *ВМ1*) используют в качестве базового УГО микрофона. Линии выводов направляют либо в разные стороны (*ВМ1*), либо в одну сторону (*ВМ2*).

Принцип действия и другие особенности микрофонов указывают специальными знаками. Так, угольный микрофон выделяют на схемах небольшим кружком в средней части символа (рис. 2.49, *ВМ2*), электродинамический – символом катушки из двух полуокружностей (*ВМ3*), электромагнитный – таким же значком, дополненным символом магнитопровода (*ВМ5*), электростатический (конденсаторный) – символом конденсатора (*ВМ4*). Чтобы изобразить на схеме стереофонический микрофон, в УГО вводят знак стереофонического прибора – две взаимно перпендикулярные стрелки (*ВМ6*). Такие микрофоны показывают с необходимым числом выводов, увеличивая, если нужно размеры символа.

Условные графические обозначения акустических приборов, преобразующих электрические колебания в звук: телефонов и головок громкоговорителей – строят на основе базовых символов, воспроизводящих их боковую проекцию (соответственно рис. 2.50 и 2.51).

Код телефонов – *ВФ*, головок громкоговорителей – *ВА*. Как и в случае с микрофонами, выводы этих акустических приборов можно направлять как в одну, так и в разные стороны (рис. 2.50, *ВФ1*, *ВФ2*; рис. 2.51, *ВА1*, *ВА2*). Для указания принципа действия и других особенностей применяют те же знаки (размеры символов тогда увеличивают вдвое). Чтобы обозначить телефон с оголовьем, к основному УГО добавляют дужку (рис. 2.51, *ВФ3*). Стереофонический телефон изображают с необходимым числом выводов (*ВФ6*).

Непосредственно с позиционным обозначением динамической головки указывают ее тип (рис. 2.51, *ВА2*).

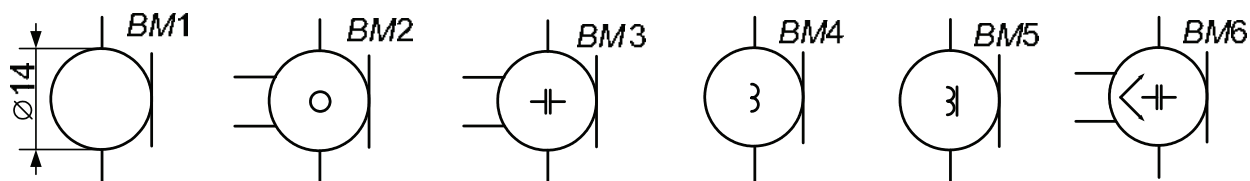


Рис. 2.49. Микрофоны

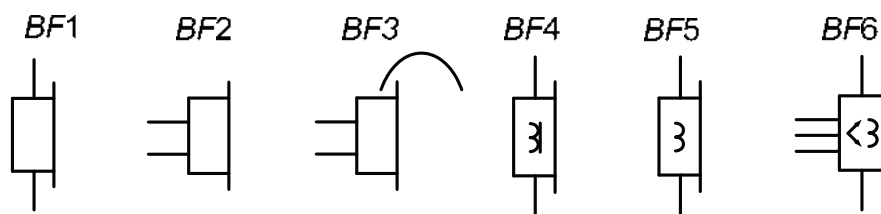


Рис. 2.50. Телефоны

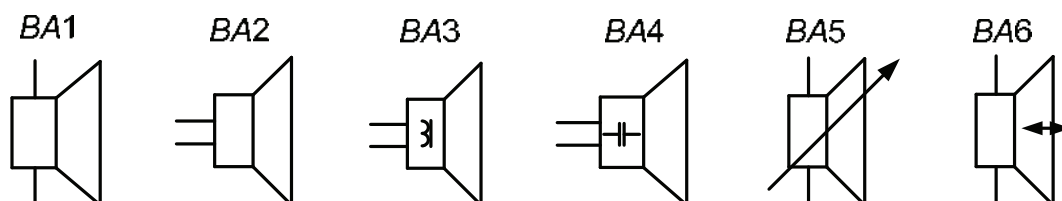


Рис. 2.51. Громкоговорители

Для обозначения абонентских громкоговорителей используют общий символ головки громкоговорителя. Возможность регулирования громкости звучания показывают стрелкой, пересекающей символ под углом 45° (рис. 2.51, BA5). Головку, выполняющую поочередно функции громкоговорителя и микрофона (так ее нередко используют в малогабаритной аппаратуре симплексной связи), изображают на схемах со знаком обратимости преобразования – двухсторонней стрелкой на оси симметрии (рис. 2.51, BA1).

Условные графические обозначения головок, используемых в звукозаписи, строятся с использованием общего символа. Способ записи (механический, магнитный, оптический) и назначение головки (запись, воспроизведение, стирание) обозначают в символах этой группы приборов специальными условными знаками. Так, например, головки для магнитной записи (код – B) – то же УГО с символом магнитного прибора – незамкнутым кольцом (рис. 2.53, B1). Назначение головки показывают стрелкой: если она служит для воспроизведения, стрелку направляют в сторону выводов (рис. 2.52, B4, B5; рис. 2.53, BS1–BS4), а если для записи – в сторону суженной части символа (рис. 2.52, B2). Головку, используемую как для записи, так и для воспроизведения, обозначают двунаправленной стрелкой (рис. 2.52, B5), а головку, предназначенную для стирания – знаком в виде крестика внутри УГО (рис. 2.52, B6).

Так же поступают и с УГО стереофонической магнитной головки, но, учитывая, что она состоит из двух самостоятельных головок, ее изображают двумя аналогичными символами, заключенными в контур из

штриховых (экран) или штрих-пунктирных линий. Число записываемых или воспроизводимых дорожек показывают соответствующей цифрой с выносной линией, касающейся знака магнитного прибора (рис. 2.52, B4).

О назначении *оптических головок* (обозначение – B) судят по параллельным стрелкам, помещенным вблизи суженной части УГО. Если они направлены к нему, значит, эта головка воспроизводящая (рис. 2.52, B5), а если от него – записывающая (B6).

Головки для механической записи и воспроизведения звука (буквенный код – BS) изображают стандартным УГО, но с коротким штрихом, символизирующим иглу звукоснимателя или рекордера (рис. 2.53).

Принцип действия механической головки (звукоснимателя, рекордера) показывают теми же знаками, что и в рассмотренных выше УГО. Для примера на рис. 2.53 изображены УГО электродинамической (BS2) и пьезоэлектрической (BS3) головок звукоснимателя. При необходимости (например, если головка стереофоническая и число ее выводов – больше двух) размеры символа допускается увеличить до нужных размеров.

К акустическим приборам относятся и различные электрические звонки, гонги, сирены, гудки, зуммеры – устройства звуковой сигнализации (буквенный код – HA), а также ультразвуковые гидрофоны (головки приборов для работы под водой).

Общее условное графическое обозначение электрического звонка – стилизованный профильный рисунок его звучащего элемента (колокольчика) с обозначением HA1 (рис. 2.54). Звонок постоянного тока выделяют символом постоянного тока – отрезком прямой линии (рис. 2.54, HA2), переменного – отрезком синусоиды (HA3). Электрический одноударный звонок (гонг) изображают основным символом, перечеркнутым линией, параллельной выводам (HA4).

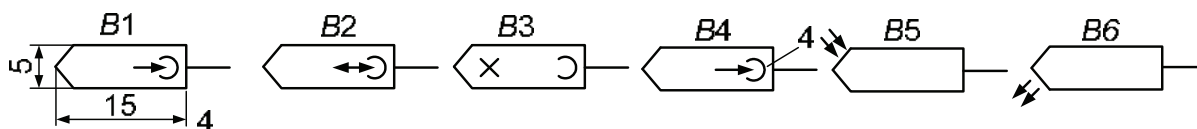


Рис. 2.52. Головки, используемые в звукозаписи

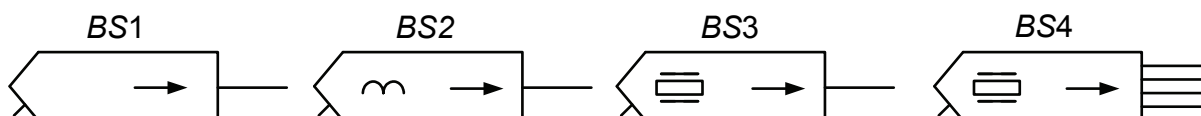


Рис. 2.53. Головки для механической записи и воспроизведения звука

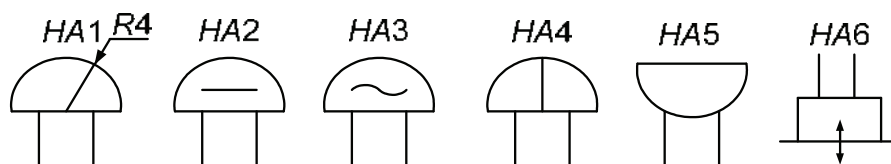


Рис. 2.54. Электрические звонки

Маломощные источники звука – зуммеры используют для вызова абонентов в полевых телефонах. На схемах их обозначают полукругом с линиями-выводами от круглой части (HA5).

В основу УГО ультразвукового гидрофона положен несколько увеличенный символ телефона. Возможность излучения и приема ультразвуковых колебаний указывают двухсторонней стрелкой, пересекающей противоположную выводам сторону символа гидрофона (HA6).

Измерительная техника. Для контроля как электрических, так и неэлектрических величин в технике применяют различные измерительные приборы. Их общий код – латинская буква *P*, общее УГО – окружность с двумя разнонаправленными выводами (рис. 2.55). Назначение измерительного прибора показывают вписанным в символ международным обозначением единицы измеряемой величины с введением в позиционное обозначение второй буквы. Аналогично, чтобы показать прибор для измерения физической величины в кратных или дольных единицах, в кружок вписывают их международное обозначение (*mA* – миллиамперметр, μA – микроамперметр, *mV* – милливольтметр, Ω – омметр и т. д.). Для обозначения приборов, измеряющих силу тока, в код вводят букву *A* (рис. 2.55, *PA1–PA5*), напряжение – *V*, сопротивление – *R*, мощность – *W*, частоту – *F*, число импульсов – *C*, время – *T*. При необходимости рядом с выводами указывают полярность включения прибора, а рядом с позиционным обозначением указывают его тип.

Общепринятые обозначения физических величин используют при построении условных графических обозначений таких приборов, как фазометр – ϕ , волномер – λ , термометр – t° , тахометр – *n*. Специального кода для этих приборов не установлено, поэтому в их позиционном обозначении указывают только одну букву *P* (рис. 2.55, *P1–P4*).

Знаком двояковыпуклой линзы обозначают на схемах уровнемер (рис. 2.55, *P5*), знаком « \pm » – индикатор полярности (*P6*), зигзагообразной линией – осциллоскоп (*P7*), знаком в виде прямого уголка – вторичные электрические часы *PT1* (первичные часы выделяют вторым кружком, концентричным с основным).

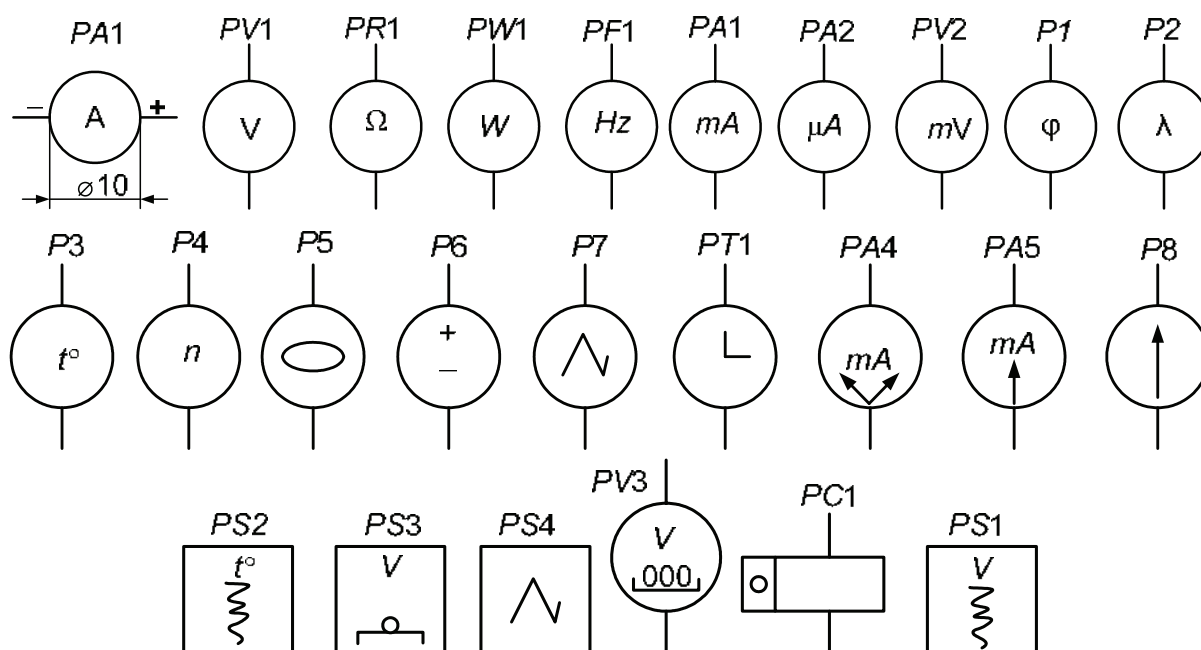


Рис. 2.55. Измерительные приборы различных величин

Особенности измерительного прибора показывают значками, которые помещают в нижней части кружка. Одной стрелкой, не касающейся кружка, обозначают гальванометр ($P8$). Прибор с цифровым отсчетом выделяют знаком в виде трех нулей, охваченных снизу прямой скобкой, а чтобы этот знак уместился в кружке, диаметр последнего увеличивают до нужного размера (рис. 2.55, $PV3$).

Электромеханический счетчик импульсов изображают на схемах символом, похожим на УГО поляризованного реле, в дополнительное поле которого помещен маленький кружок ($PC1$ на рис. 2.55).

За основу УГО измерительных регистрирующих приборов (буквенный код – PS) взят квадрат 12×12 мм. Регистрируемую величину и в этом случае указывают одним из рассмотренных выше способов. В нижней части квадрата обычно помещают знак, характеризующий вид записи измеряемой величины: извилистой линией – непрерывную запись (рис. 2.55, $PS1$), такой же линией с пробелами – запись с точечной регистрацией ($PS2$), кружком со скобкой – печать с цифровой регистрацией ($PS3$), осциллограф – зигзагообразной линией, аналогичной осциллоскопу ($PS4$).

Квадрат, но чуть меньших размеров (10×10 мм), используют и для УГО преобразователей неэлектрических величин в электрические. Принадлежность к этому виду устройств показывают точка и стрелка на нижней стороне квадрата, с указанием направления преобразования (рис. 2.56), их код в позиционном обозначении, начинающийся с буквы B .

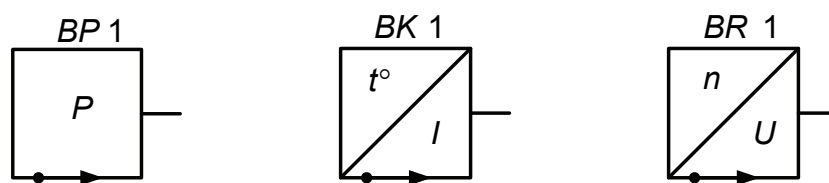


Рис. 2.56. Преобразователи неэлектрических величин в электрические

При этом в общем случае внутри символа указывают только измеряемую величину или единицу ее измерения (*BP1* – датчик давления; вместо буквы *P* можно указать *Pa*). При указании конкретной величины, в которую преобразуется контролируемая, квадрат делят диагональю на две части, и в ту из них, которая граничит с линией-выводом, вписывают обозначение выходного параметра. Например, на рис. 2.56 *BK1* – преобразователь температуры в электрический ток, а *BR1* – датчик, преобразующий частоту вращения в пропорциональное ей напряжение.

Источники питания. Для обособленного питания радиоэлектронной аппаратуры широко применяют электрохимические источники тока – *гальванические элементы и аккумуляторы*. Буквенным кодом элементов питания является латинская буква – *G*. Условное графическое обозначение напоминает символ конденсатора постоянной емкости – только параллельные линии имеют разную длину: короткая обозначает отрицательный полюс, длинная – положительный (рис. 2.57, *GI*). Знаки полярности на схемах можно не ставить.

Так как для питания приборов, как правило, требуется напряжение большее того, что дает один элемент или аккумулятор, то их соединяют последовательно в *батарею*. Буквенный код в этом случае – *GB*. В обозначении батареи изображают только крайние элементы, а наличие остальных заменяют штриховой линией (рис. 2.57, *GB1*). ГОСТ 13109–97 допускает изображать батарею и совсем просто – символом одного элемента (*GB2* на рис. 2.57). Рядом с позиционным обозначением обязательно указывают напряжение батареи.

Отводы от части элементов показывают линиями электрической связи, продолжающими черточки, которые обозначают их положительные полюсы (рис. 2.57, *GS3*). В местах присоединения линий-отводов к символам положительных полюсов ставят точки.

На базе символа электрохимического элемента выполняют УГО солнечных фотоэлементов и батарей. Отличительные признаки УГО этих источников тока – корпус в виде кружка или овала и знак фотоэлектрического эффекта (рис. 2.57, *G2*, *GB4*). На месте буквы *n* в УГО солнечной батареи можно указывать число образующих ее элементов.

Для защиты от перегрузок по току или коротких замыканий в нагрузке в электронных устройствах часто используют *плавкие предохранители*. Код этих устройств – латинская буква *F*. Условное графическое обозначение напоминает постоянный резистор (имеет те же размеры 4×10 мм) и отличается проходящей через весь прямоугольник линией, символизирующей сгорающую при перегрузке металлическую нить (рис. 2.58, *FU1*). Рядом с УГО предохранителя указывают ток, на который он рассчитан, а иногда и его тип.

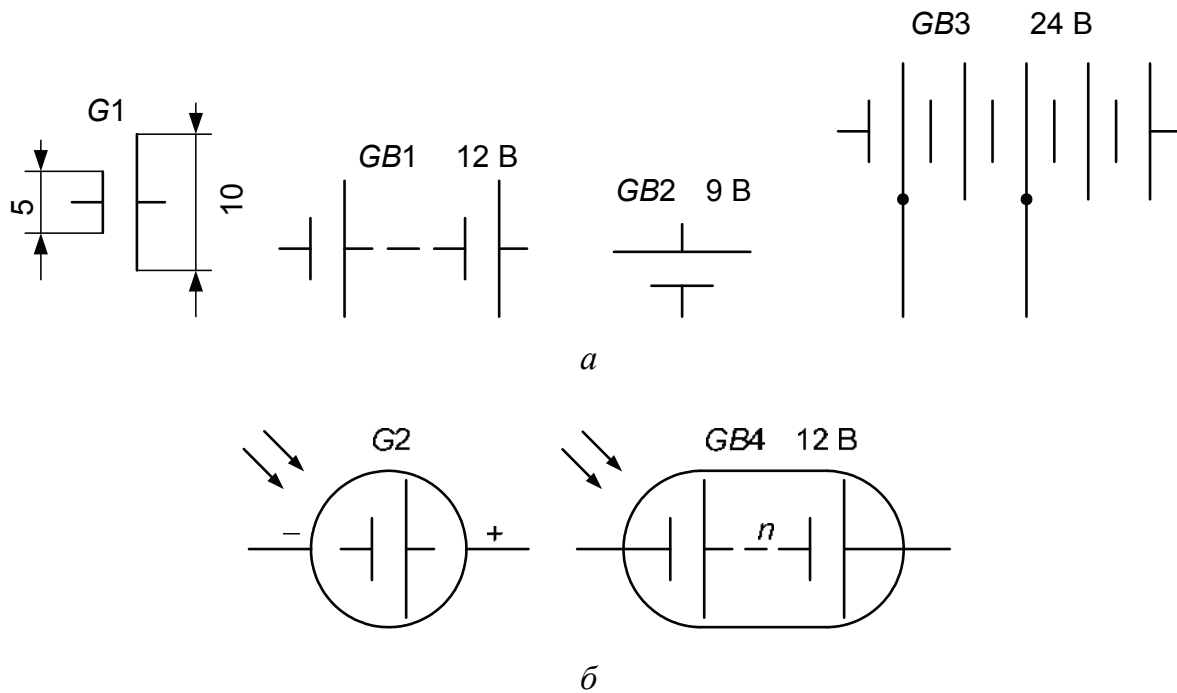


Рис. 2.57. Источники питания: *а* – электрохимические; *б* – солнечные

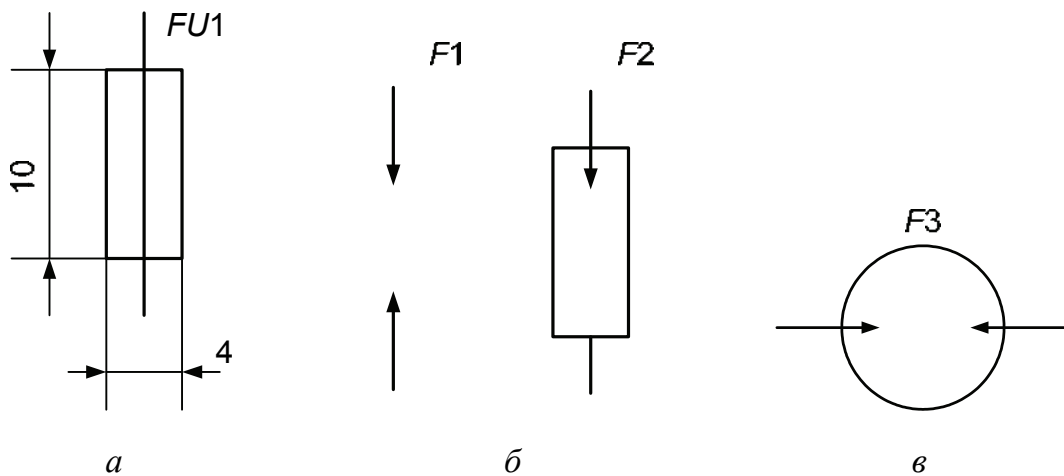


Рис. 2.58. Приборы защиты: *а* – предохранитель; *б* – разрядники воздушные; *в* – разрядник вакуумный

Для защиты в аппаратуре с высоковольтным питанием некоторых элементов от опасных для них перенапряжений применяют *разрядники* (код – буква *F*). Это два электрода, установленных на изолированном основании и на определенном расстоянии друг от друга. Символом искрового промежутка являются две встречно направленные стрелки (рис. 2.58, *F1*). Если же такое устройство выполнено в виде самостоятельного изделия, используют УГО, показанное на рис. 2.58, *F2*. Условное графическое обозначение вакуумного разрядника получают, заключая символ искрового промежутка в символ баллона электровакуумного прибора (*F3*).

Электродвигатели. В устройствах автоматики и телемеханики, а также в бытовой радиоаппаратуре для привода различных механизмов применяют электродвигатели. В бытовых магнитофонах и проигрывателях это чаще всего асинхронные двигатели переменного тока и коллекторные двигатели постоянного тока. Первые из них обычно имеют короткозамкнутый ротор в виде так называемой «беличьей клетки» и статор с двумя обмотками: рабочей (или основной) и фазосдвигающей (последовательно с ней включают конденсатор, создающий вращающееся магнитное поле). Условное графическое обозначение такого двигателя состоит из окружности (ротор) и двух статорных обмоток (рис. 2.59, *M1*). Символ основной обмотки помещают над ротором, а фазосдвигающей – справа от него, под углом 90° к символу основной обмотки. Рядом с УГО обычно указывают тип двигателя.

При сдвиге фазы короткозамкнутым витком на полюсе статора, его изображают в виде замкнутой накоротко обмотки, развернутой по отношению к символу основной обмотки на угол 45° (рис. 2.59, *M2*).

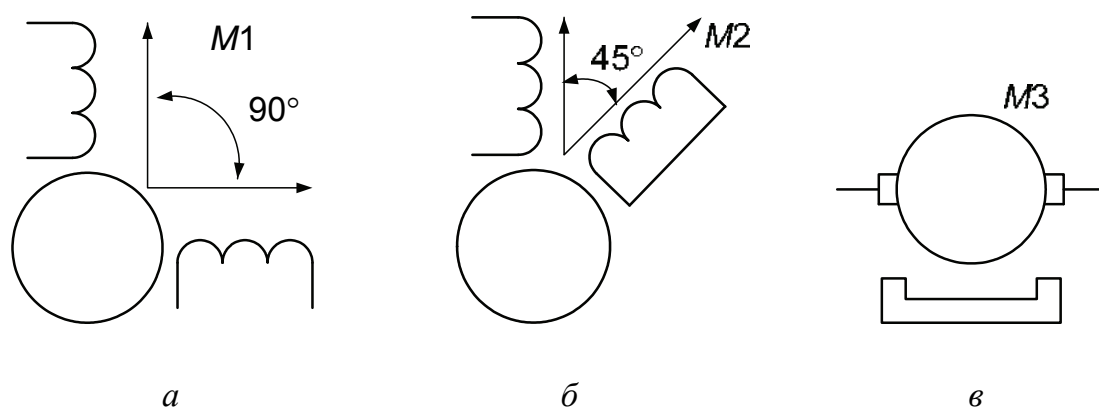


Рис. 2.59. Электродвигатели: *а, б* – асинхронные; *в* – постоянного тока

В электродвигателях постоянного тока на статоре устанавливают постоянные магниты, а обмотку укладывают на роторе. Для автоматической коммутации ее секций при вращении ротора используют узел, состоящий из двух щеток и нескольких пластин, все эти особенности конструкции показаны на рис. 2.59 (МЗ): здесь окружность символизирует ротор, касающиеся его узкие прямоугольники – щетки, а светлая П-образная контурная скобка – постоянные магниты на статоре.

Линии электрической связи (ЛЭС) символизируют на схемах реальные электрические соединения между радиокомпонентами и узлами. Для удобства прослеживания этих соединений на схемах ЛЭС чертят, как правило, только в горизонтальном и вертикальном направлениях. Исключение составляют лишь схемы некоторых функциональных узлов, начертание которых давно стало традиционным (измерительные и выпрямительные мосты, мультивибраторы и т. п.).

Для удобства чтения схем символы элементов располагают таким образом, чтобы ЛЭС имели как можно меньшее число изломов и пересечений. Если обойтись без пересечения не удастся, его делают под углом 90° (рис. 2.60, а), изменяя при необходимости направление одной из ЛЭС. В местах пересечений, обозначающих электрическое соединение в виде пайки, сварки, скрутки, ставят жирные точки (рис. 2.60, б). Так же поступают и в тех случаях, когда необходимо показать ответвления от той или иной ЛЭС (рис. 2.60, в). Ответвляющиеся ЛЭС допускается проводить на чертеже под углами, кратными 15° . Нельзя использовать в качестве точек присоединения ЛЭС элементы УГО, имеющие вид точки (например, переключатели с нейтральным средним положением), излома линий (контакты кнопок и переключателей) и их пересечений (выводы эмиттера и коллектора в местах пересечения с окружностью корпуса и т. п.),

При изображении ЛЭС с ответвлениями, включающими несколько параллельных идентичных цепей (рис. 2.60, г), можно показать на схеме лишь одну цепь, а наличие остальных указать Г-образными ответвлениями, рядом с которыми указать общее число параллельных цепей, включая изображенную (рис. 2.60, д).

При необходимости экранирование того или иного соединения показывают штриховыми линиями по обе стороны от ЛЭС (рис. 2.60, е, ж) или небольшим штриховым кружком (рис. 2.60, з). Ответвление от линии, символизирующей экранирующую оплетку, допускается изображать как с точкой, так и без нее. Соединение с общим проводом (корпусом) устройства показывают отрезком утолщенной линии на конце ответвления (рис. 2.60, з).

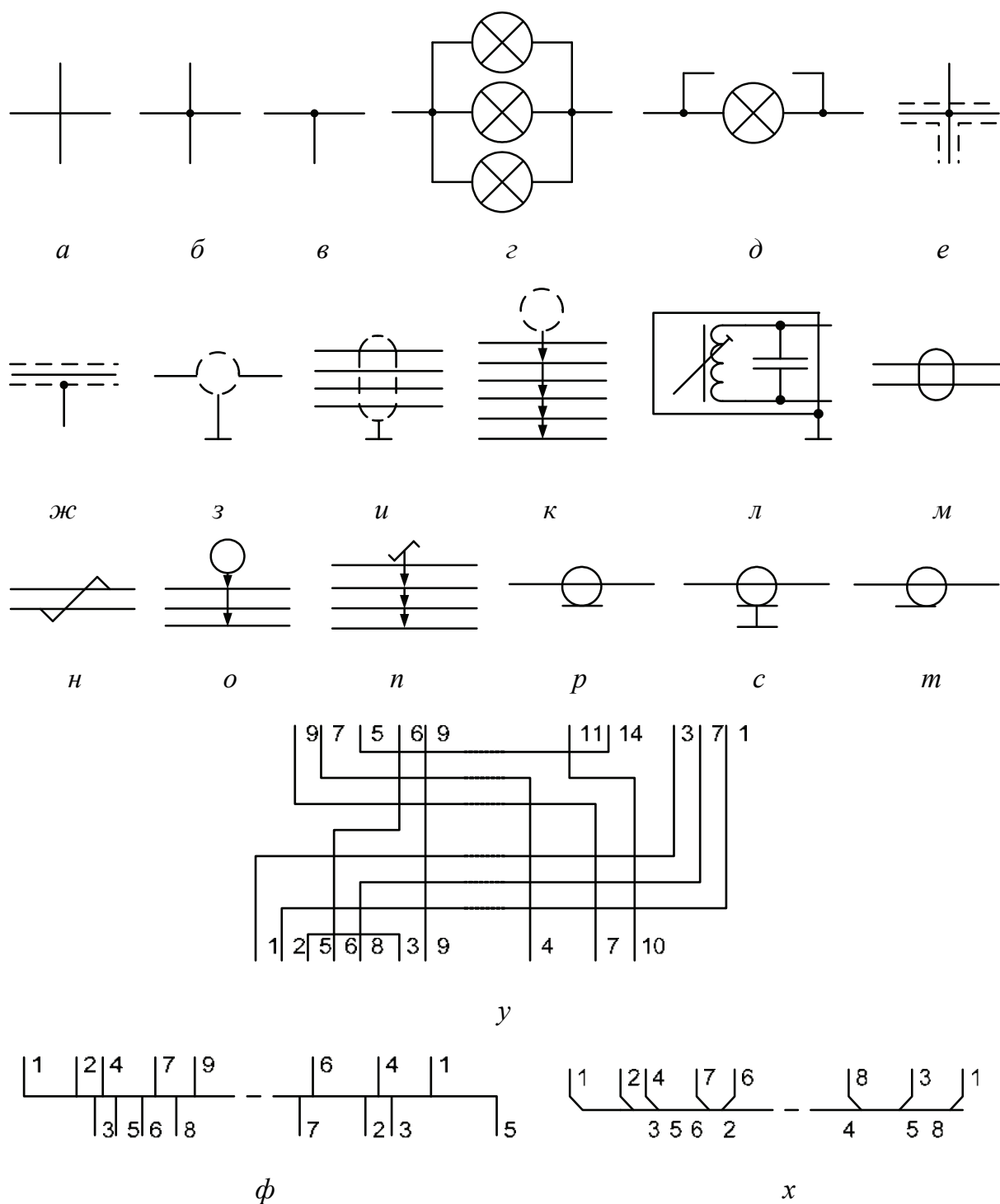


Рис. 2.60. Линии электрической связи

При помещении в общий экран нескольких проводов, соответствующие ЛЭС объединяют знаком, изображенным на рис. 2.60, *и*. Если же разместить эти ЛЭС рядом не получается, то поступают, как показано на рис. 2.60, *к*: от символа экрана проводят линию со стрелками, указывающими на те из них, которые находятся в общем экране. Экран,

в который помещены детали имеющегося устройства, изображают в виде замкнутого контура, охватывающего их символы (рис. 2.60, л).

Такие же приемы используют и тогда, когда группа ЛЭС символизирует соединение многопроводным кабелем или скрученными проводами. Знак кабеля в виде овала применяют для объединения идущих рядом ЛЭС (рис. 2.60, м), кружок со стрелками – для объединения ЛЭС, перемежающихся с другими (рис. 2.60, о). Точно так же применяют знак скрутки – наклонную линию с засечками на концах (рис. 2.60, н, п).

При передаче сигналов на высоких частотах применяют коаксиальные кабели (рис. 2.60, р). Так как знак коаксиальной структуры похож на внешний проводник, от него, как и от символа экранирования, при необходимости делают ответвление (рис. 2.60, с). В обозначении ЛЭС, выполненной коаксиальным кабелем лишь частично, знак видоизменяют: касательную к кружку направляют только в его сторону (рис. 2.60, т). Это означает, что коаксиальная структура находится левее знака.

Число ЛЭС на принципиальных схемах сложных электронных устройств бывает очень большим. Если они идут параллельно одна другой и неоднократно меняют направление, то проследить связь между элементами становится очень трудно. Для облегчения чтения схем ГОСТ 2.721–74 рекомендует разбивать параллельно идущие ЛЭС на подгруппы из трех линий (считая сверху) и отделять их увеличенными интервалами (рис. 2.60, у).

Порой и этого бывает недостаточно, если к тому же большое число параллельных ЛЭС сильно загромождает схему и увеличивают ее размеры. В таком случае можно объединить параллельные ЛЭС в одну утолщенную линию групповой связи (ЛГС). При выполнении принципиальных схем автоматизированным способом можно линию групповой связи не утолщать. У входа и выхода из ЛГС каждой ЛЭС присваивается порядковый номер (рис. 2.60, ф). Чтобы не спутать эти линии с ЛЭС, пересекающей ЛГС, расстояние между соседними линиями, отходящими в разные стороны, должно быть не менее 2 мм.

Для облегчения поиска отдельных ЛЭС разрешается показывать их направление с помощью излома под углом 45° (рис. 2.60, х). При этом точка излома должна быть удалена от ЛГС не менее чем на 3 мм, а наклонные участки соседних ЛЭС, изображенных по одну сторону от нее, не должны иметь пересечений и общих точек с другими.

Катушки, дроссели. Катушки индуктивности и дроссели изображают на схемах, как показано на рис. 2.61, независимо от конструкции устройства.

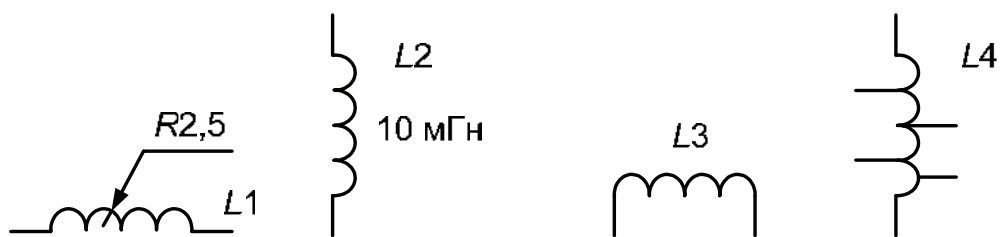


Рис. 2.61. Катушки и дроссели

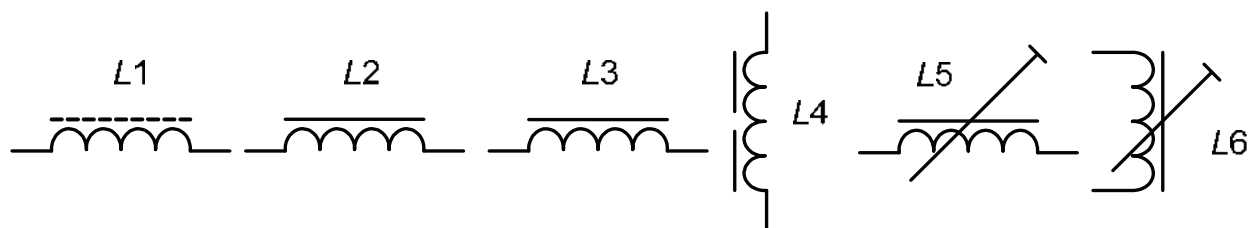


Рис. 2.62. Катушки и дроссели при наличии магнитопровода

В условных графических обозначениях катушек и дросселей число полуокружностей может быть любым, хотя чаще выбирают равным четырем или же в зависимости от удобства их сопряжения на принципиальных схемах с символами других элементов. В зависимости от сложности конструкции принципиальной схемы выводы обмоток направляют либо в одну сторону (рис. 2.61, $L3$), либо в разные ($L1$, $L2$, $L4$). В случае если необходимо показать отвод, то линию электрической связи присоединяют в месте сочленения полуокружностей или в середине одной из них ($L4$).

Буквенно-цифровое позиционное обозначение катушек и дросселей состоит из буквы L и порядкового номера по схеме, рядом (сверху или справа) можно указывать величину индуктивности, обычно в миллигенри или микрогенри.

При наличии катушки или дросселя магнитопровода, УГО дополняют его символом – отрезком сплошной или прерывистой линии, располагаемым с «наружной» стороны полуокружностей (рис. 2.62). Магнитопроводы из карбонильного железа, альсифера или других магнитодиэлектриков показывают штриховой линией ($L1$), из феррита или ферромагнитного сплава (электротехническая сталь, пермаллой) – сплошной линией ($L2$). Магнитопроводы из немагнитных материалов (медь, алюминий и др.) обозначают, как и ферромагнитные, но рядом с УГО указывают химический символ металла (Cu, Al).

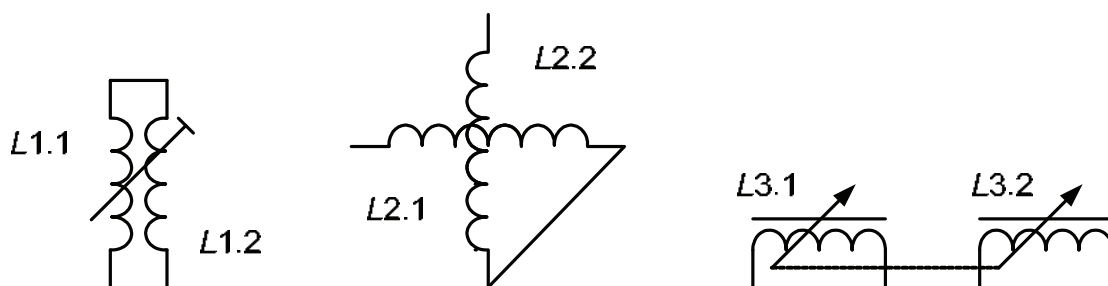


Рис. 2.63. Катушки переменной индуктивности

Возможность регулировки или подстройки индуктивности изменением положения магнитопровода показывают на схемах знаком подстроечного регулирования, пересекающим УГО катушки под углом 45° (рис. 2.62, $L5$, $L6$). При необходимости обратить внимание на наличие зазора в ферромагнитном магнитопроводе катушки или дросселя (обычно зазор делают для увеличения магнитного сопротивления, чтобы предотвратить насыщение магнитопровода), символ последнего разрезают посередине (рис. 2.62, дроссель $L4$).

При необходимости перестройки колебательных контуров иногда используют катушки переменной индуктивности – так называемые *вариометры*. Вариометр состоит из двух соединенных последовательно и помещенных одна в другую катушек, одна из которых может изменять свое положение относительно другой (например, при вращении). Символы катушек, составляющих вариометр, располагают на схемах либо параллельно (рис. 2.63, $L1.1$, $L1.2$), либо перпендикулярно друг другу ($L2.1$, $L2.2$) и пересекают знаком регулирования. В качестве вариометров применяют также катушки с подвижными магнитопроводами.

Объединение таких катушек в блок показывают штриховой линией механической связи, соединяющей знаки регулирования (рис. 2.63, $L3.1$, $L3.2$).

Трансформаторы. Условные графические обозначения катушек используют и в построении условных графических обозначений различных трансформаторов. Любой трансформатор содержит минимум две индуктивно связанные катушки (обмотки). Эту конструктивную особенность показывают, располагая символы обмоток рядом и параллельно друг другу (рис. 2.64). На схемах же им присваивают буквенное обозначение катушек – L . Для обеспечения работоспособности некоторых устройств фазирование обмоток (т. е. порядок подключения выводов) показывают точками, обозначающими их начало (рис. 2.64, $L1$ – $L2$, $L7$ – $L8$).

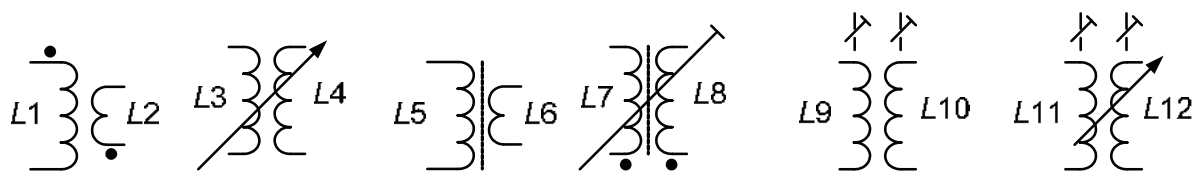


Рис. 2.64. Радиочастотные трансформаторы

Радиочастотные трансформаторы могут быть как с магнитопроводами, так и без них. Если магнитопровод общий для всех обмоток, его изображают между их символами (рис. 2.64, $L5-L6$, $L7-L8$), а если каждая из них имеет свой магнитопровод – над ними ($L9-L10$, $L11-L12$). Возможность подстройки индуктивности изменением положения сердечника показывают знаком подстроечного регулирования, пересекая им либо только УГО магнитопровода ($L9-L10$, $L11-L12$), либо УГО магнитопровода и символов обмоток одновременно ($L7-L8$). Если же необходимо показать регулируемую индуктивную связь между обмотками, их символы пересекают знаком регулирования ($L3-L4$, $L11-L12$).

Лишь трансформаторы, работающие в широкой полосе частот, обозначают буквой T , а их обмотки – римскими цифрами (рис. 2.65). Иногда для обозначения обмоток используют условную нумерацию их выводов. Число полуокружностей в символах обмоток трансформаторов не регламентируется.

Иногда, с целью уменьшения помех, вызванных питающей сетью, между первичной и вторичными обмотками трансформаторов помещают электростатический экран. Он представляет собой незамкнутый виток медной или алюминиевой фольги или один слой тонкого провода, соединяемый с общим проводом устройства. На схемах такой экран изображают штриховой линией (рис. 2.65, $T1$), а соединение с общим проводом – поперечной черточкой на конце вывода экрана. Условные графические обозначения трансформаторов можно показывать повернутыми не только на 90° .

Автотрансформаторы изображают на схемах, как и катушки с отводами. Возможность плавного регулирования снимаемого с них напряжения показывают знаком регулирования (рис. 2.65, $T2$), который представляет собой стрелку, пересекающую магнитопровод и обмотку под углом 45° .

За основу построения обозначений трансформаторов и автотрансформаторов принимаются обозначения обмоток, магнитопроводов (сердечников), корпусов, экранов регулирования, а также обозначения видов соединения обмоток.

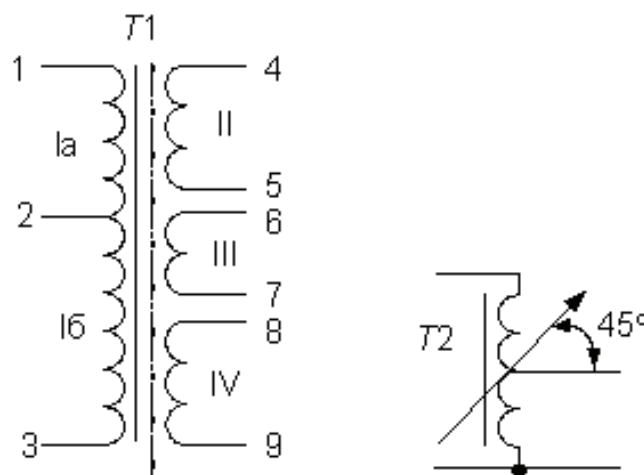


Рис. 2.65. Трансформаторы, работающие в широкой полосе частот

В схемах электроснабжения обмотки обычно обозначают в виде окружности *1* (рис. 2.66, *а*). В других случаях обмотки изображают полуокружностями 2–5, причем их количество и направление выводов не устанавливается (2 и 4). Точка (3) указывает начало обмотки.

При изображении обмоток окружностями, в них, если нужно, вписывают обозначения 13–23 вида соединения, приведенные на рис. 2.66, *б*, *в*, где под обозначениями, состоящими из черточек, помещены поясняющие схемы. Здесь 13 – обмотка однофазная с двумя выводами; 14 – обмотка однофазная с двумя выводами и выведенной нейтральной (средней) точкой; 15 – соединение обмоток двух фаз в открытый треугольник (питание от сети трехфазного тока); 16 – три однофазные обмотки, каждая с двумя выводами; 17 – обмотка трехфазная, соединенная в звезду; 18 – то же, с выведенной нейтральной (средней) точкой; 19 – обмотка трехфазная, соединенная в треугольник; 20 – обмотка трехфазная, три фазы соединены в разомкнутый треугольник; 21 – обмотка трехфазная, соединенная в зигзаг; 22 – обмотка шестифазная, соединенная в две обратные звезды; 23 – то же, с выведенными отдельными нейтральными (средними) точками.

В схемах электроснабжения магнитопроводы допускается не указывать, если в этом нет необходимости. В других случаях магнитопроводы изображают, пользуясь обозначениями 7–10 на рис. 2.66, *б*. Здесь 7 – магнитопровод ферромагнитный (следует отметить, что раньше было другое обозначение: три тонкие черты, как бы представляющие листы стали, из которых набран магнитопровод; затем магнитопровод изображали жирной чертой; в настоящее время толщина линий, обозначающих магнитопровод и обмотку, одинакова); 8 – ферромагнитный магнитопровод с воздушным зазором (небольшой воздушный зазор, величина которого фиксируется прослойкой из немагнитного материала,

нужен в том случае, когда по обмотке проходит не только переменный, но и постоянный ток, который при отсутствии зазора мог бы насытить магнитопровод); 9 – магнитодиэлектрический магнитопровод применяется при радиочастотах для уменьшения потерь на вихревые токи; в сердечниках таких магнитопроводов ферромагнитные частицы разделены массой изоляционного материала; 10 – магнитопровод из немагнитного материала, например из меди или алюминия. Для немагнитного магнитопровода указывают химический символ металла. Например, буквы Cu указывают на то, что магнитопровод медный.

Магнитопровод из немагнитного материала играет такую же роль, как множество короткозамкнутых витков, введенных в магнитное поле обмотки. В немагнитном магнитопроводе наводятся вихревые токи, магнитное поле которых противодействует основному полю, чем достигается уменьшение индуктивности.

Корпус трансформатора или автотрансформатора изображают, как на рис. 2.66, б, поз. 12, если нужно показать, что к нему что-нибудь присоединено. Например, на рис. 2.66, в показано, что с корпусом соединен экран. Корпус трансформатора приходится показывать и в некоторых схемах релейной защиты.

Обозначение регулирования 11 (рис. 2.66, б) используют в изображениях трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой.

Примеры обозначений трансформаторов даны на рис. 2.67. На рис. 2.67, а показаны однолинейное 1 и многолинейное 2 обозначения однофазного трансформатора с ферромагнитным сердечником (форма I). Магнитопровод подразумевается, и потому он не показан; 7 – изображение этого же трансформатора в форме II.

На рис. 2.67, б изображены трансформаторы: 3 – с ферромагнитным магнитопроводом, имеющим воздушный зазор; 4 – с немагнитным (медным) магнитопроводом; 8 – с магнитодиэлектрическим магнитопроводом; 9 – без магнитопровода.

На рис. 2.67, в: 5 – трансформатор без магнитопровода с общим экраном (форма II); 6 – с экраном между обмотками (форма I); 10 – с ферромагнитным магнитопроводом и экраном между обмотками. Экран присоединен к корпусу трансформатора.

Однофазный дифференциальный трансформатор 11 (в форме I сверху и в форме II снизу) показан на рис. 2.67, г. Вторичная обмотка имеет отвод от средней точки. Трансформатор питает двухполупериодный выпрямитель, состоящий из полупроводниковых диодов (вентилей) V_1 и V_2 . Минусом выпрямителя служит средняя точка трансформатора. Жирные точки обозначают начала полуобмоток.

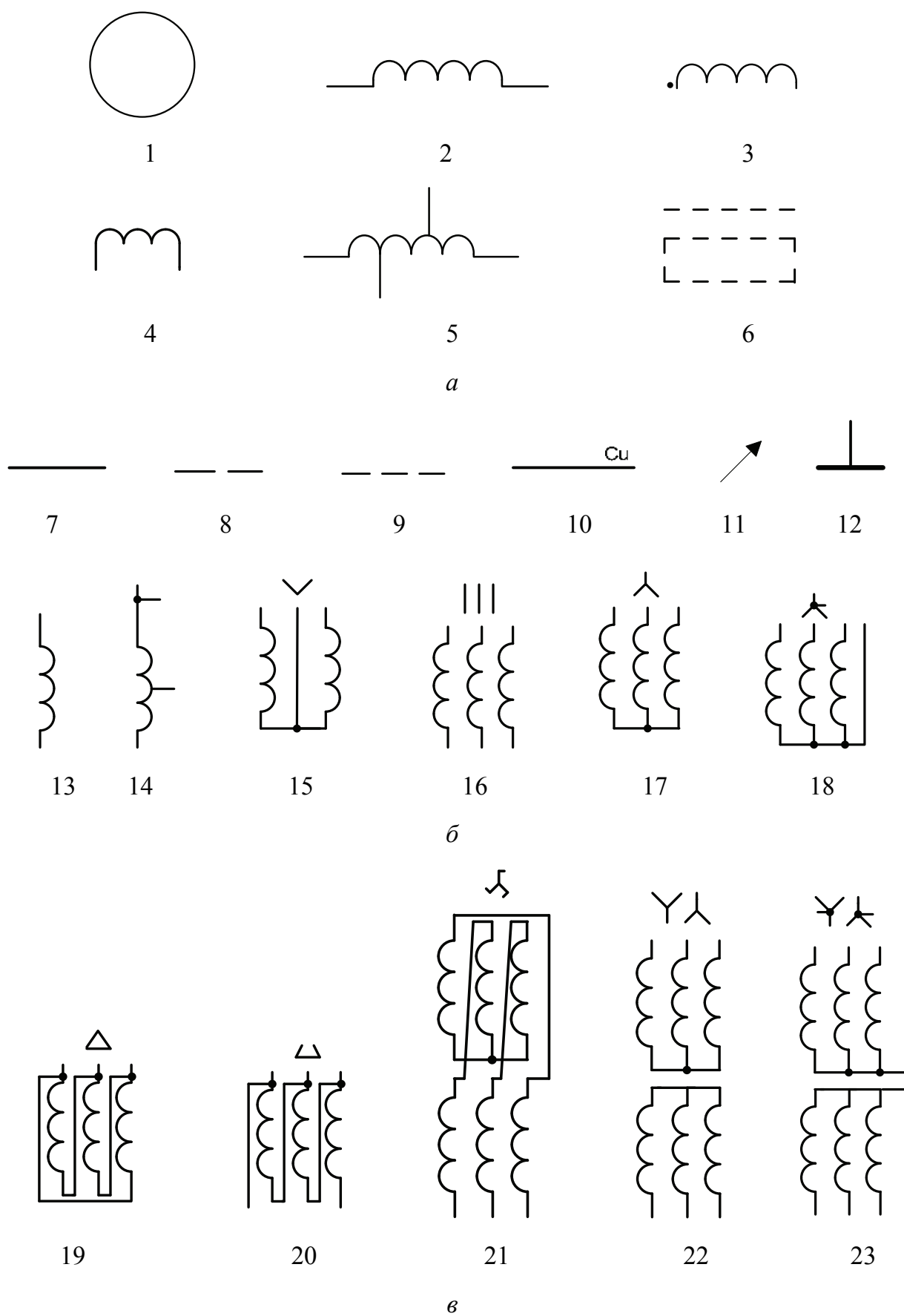


Рис. 2.66. Обозначения, сочетание которых положено в основу схематического обозначения трансформаторов и автотрансформаторов

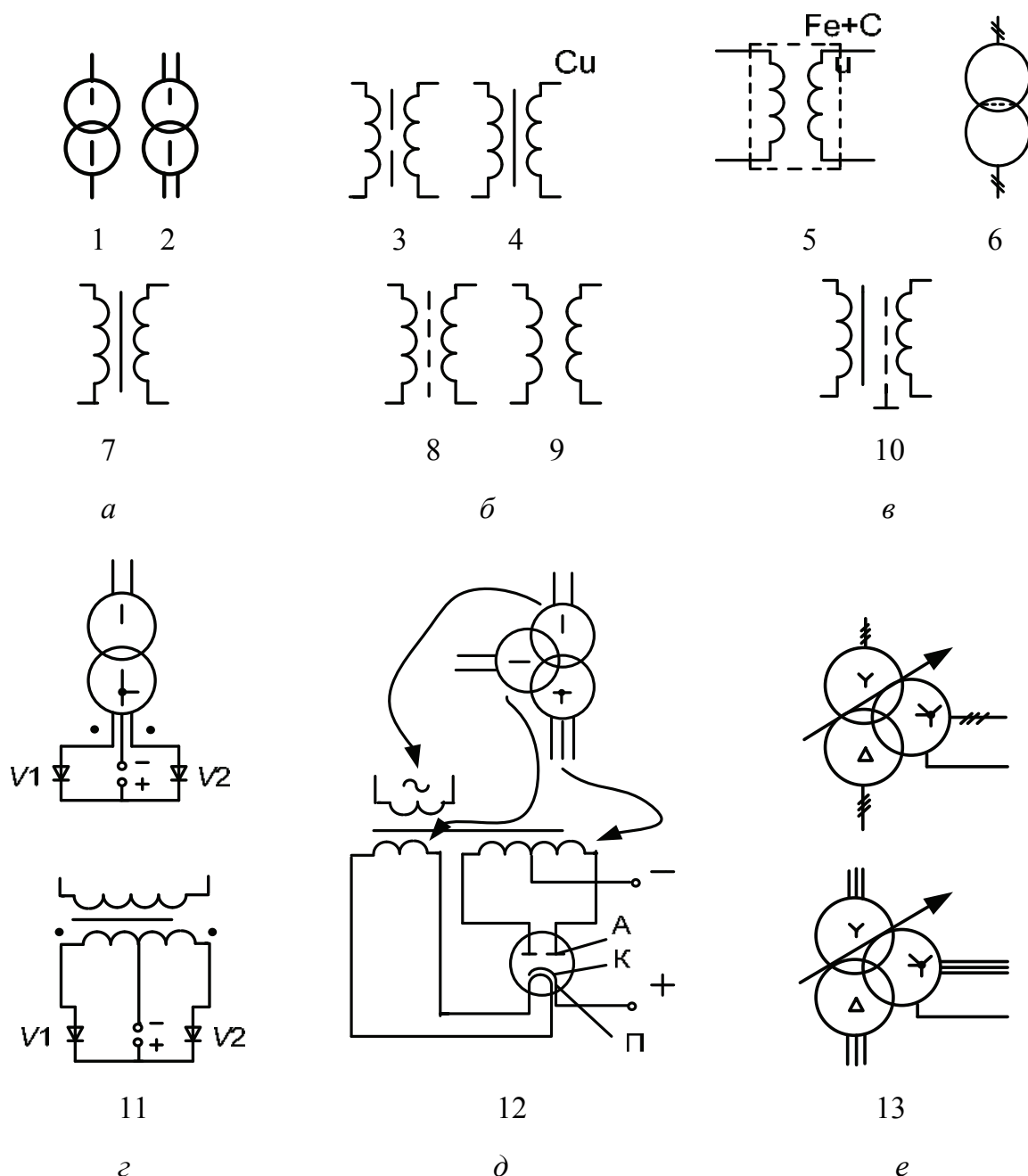


Рис. 2.67. Трансформаторы

Однофазный трехобмоточный трансформатор 12 показан на рис. 2.67, д на схеме двухполупериодного выпрямителя с помощью кенотрона – двойного диода косвенного накала. Одна из вторичных обмоток трансформатора имеет средний вывод – он является минусом выпрямителя. К другим выводам присоединены аноды А (точки, обозначающие начала полуобмоток, опущены, так как и без них всё ясно). Другая вторичная обмотка питает подогреватель П катода К. Трехобмоточный силовой трансформатор 13 показан на рис. 2.67, е в однолинейном (сверху) и многолинейном (снизу) изображениях.

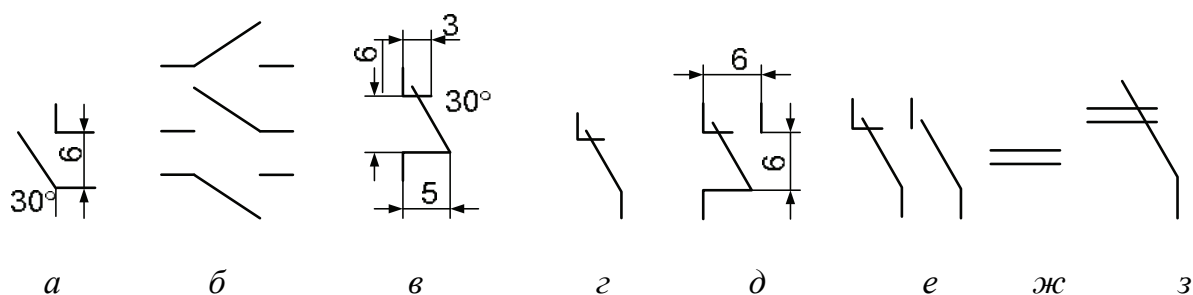


Рис. 2.68. Замыкающие и размыкающие контакты

Первичная, регулируемая, обмотка соединена в звезду. Одна из вторичных обмоток соединена в звезду с выведенной нейтралью, другая – в треугольник.

Выключатели и переключатели. Условные графические обозначения коммутационных устройств – выключателей, переключателей и электромагнитных пускателей приведены на рис. 2.68. Они выполнены с использованием символов контактов: замыкающих (рис. 2.68, а, б), размыкающих (рис. 2.68, в, г) и переключающих (рис. 2.68, д, е). Контакты, одновременно замыкающие или размыкающие две цепи, имеют обозначение, показанное на рис. 2.68, ж, з.

Исходное положение замыкающих контактов – разомкнутое состояние коммутируемой электрической цепи, размыкающих – замкнутое, переключающих – положение, в котором одна из цепей замкнута, другая разомкнута (исключение составляет контакт с нейтральным положением). Условные графические обозначения всех контактов принято изображать только в зеркальном или повернутом на 90° положениях.

ЕСКД предусматривает отражение таких конструктивных особенностей контактов, как неодновременность срабатывания одного или нескольких контактов в группе, отсутствие или наличие фиксации их в одном из положений. Так, например, если необходимо показать, что данный контакт замыкается или размыкается раньше других, символ элемента его подвижной части дополняют коротким штрихом, направленным в сторону срабатывания (рис. 2.69, а, б), а если позже – штрихом, направленным в обратную сторону (рис. 2.69, в, г). Отсутствие фиксации данного контакта в замкнутом или разомкнутом положениях (самовозврат) обозначают треугольником, вершина которого направлена в сторону исходного положения подвижной части контакта (рис. 2.69, д, е), а фиксацию – кружком на символе его неподвижной части (рис. 2.69, ж, з). Условное графическое обозначение таких контактов применяют в тех случаях, когда необходимо показать разновидность коммутирующего устройства, контакты которого этими свойствами не обладают.

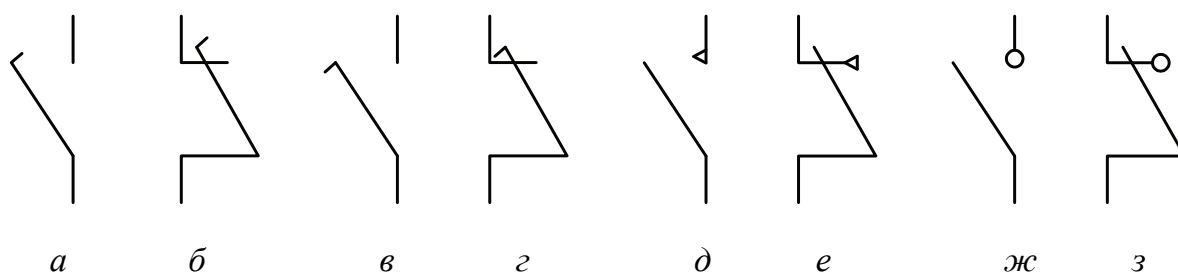


Рис. 2.69. Контакты, имеющие конструктивные особенности

Условное графическое обозначение выключателей (рис. 2.69) выполняют, используя символы замыкающих и размыкающих контактов. При этом уточняется, что контакты фиксируются в обоих положениях, т. е. не имеют самовозврата.

Код буквенного обозначения устройств этой группы определяется коммутируемой цепью и конструктивным исполнением выключателя. Если выключатель помещен в цепь управления, сигнализации, измерения, то его обозначают латинской буквой *S*, а если в цепь питания, то буквой *Q*. Способ управления указывается во второй букве кода: кнопочные выключатели и переключатели обозначают буквой *B* (*SB*), автоматические – буквой *F* (*SF*), все остальные – буквой *A* (*SA*).

При наличии в выключателе нескольких контактов, символы их подвижных частей располагают параллельно и соединяют линией механической связи. Так, например, на рис. 2.70 изображено УГО выключателя *SA2*, имеющего один размыкающий и два замыкающих контакта, и *SA3*, состоящего из двух замыкающих контактов, при этом один из них (на рисунке – правый) замыкается позже другого. Выключатели *Q1* и *Q2* предназначены для коммутации цепей питания. Контакты *Q2* механически связаны с каким-либо органом управления, на что указывает отрезок штриховой линии. При изображении контактов в разных участках схемы принадлежность их к одному коммутационному устройству, как правило, отражают в буквенно-цифровом позиционном обозначении (рис. 2.70, *SA4.1*, *SA4.2*, *SA4.3*).

На основе символа переключающего контакта строят УГО двухпозиционных переключателей (рис. 2.71, *SA1*, *SA4*). Если же переключатель фиксируется как в крайних, так и в среднем положениях, символ подвижной части контакта помещают между символами неподвижных частей, возможность поворота его в обе стороны показывают точкой (*SA2* на рис. 2.71). Подобным образом поступают и в том случае, когда необходимо показать на схеме переключатель, фиксируемый только в среднем положении (см. рис. 2.71, *SA3*).

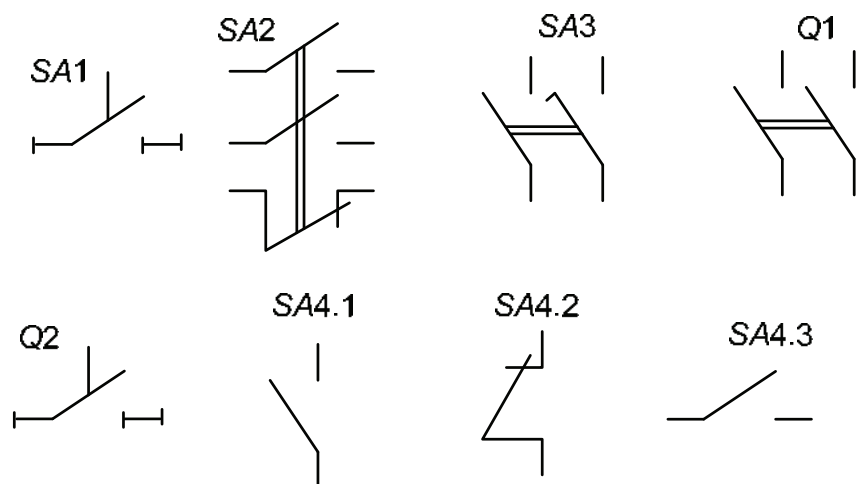


Рис. 2.70. Выключатели

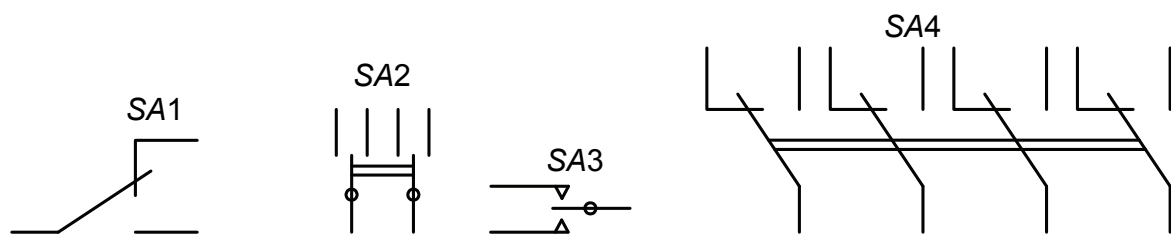


Рис. 2.71. Двухпозиционные выключатели

Отличительным признаком в УГО кнопочных выключателей и переключателей является символ кнопки, соединенный с обозначением подвижной части контакта линией механической связи (рис. 2.72, *SB1*, *SB2*, *SB3*, *SB4*).

При этом нужно учесть, что если условное графическое обозначение построено с использованием основного символа контакта (рис. 2.68), это означает, что выключатель (переключатель) не фиксируется в нажатом положении, а при отпускании кнопки возвращается в исходное положение. Если необходимо показать фиксацию, применяют специальные символы контактов с фиксацией (рис. 2.73). Возврат в исходное положение при нажатии специальной кнопки переключателя показывают в этом случае знаком фиксирующего механизма, присоединяя его к символу подвижной части контакта со стороны, противоположной символу кнопки (рис. 2.73, *SB1.1*, *SB1.2*). В случае осуществления возврата при повторном нажатии кнопки, знак фиксирующего механизма изображают взамен линии механической связи (рис. 2.69, *SB2*).

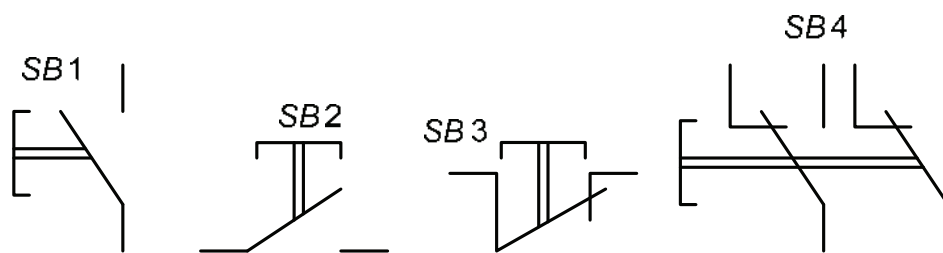


Рис. 2.72. Кнопочные выключатели

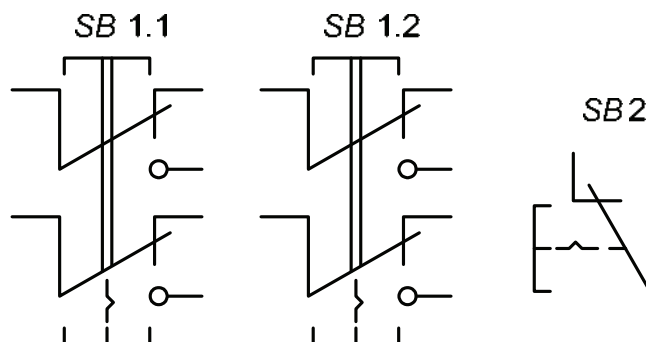


Рис. 2.73. Кнопочные выключатели с фиксацией

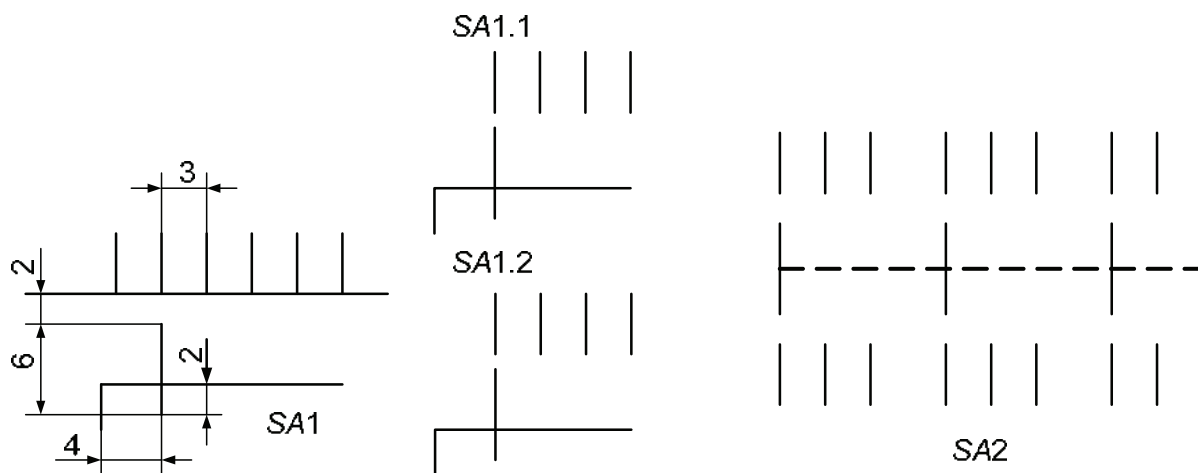


Рис. 2.74. Многопозиционные переключатели

Многопозиционные (галетные) переключатели обозначают, как показано на рис. 2.74. Здесь *SA1* (на шесть положений и одно направление) и *SA2* (на три положения и три направления) – без выводов от подвижных контактов. Условные графические обозначения отдельных контактных групп изображают на схемах в одинаковом положении, принадлежность к одному переключателю показывают в позиционном обозначении (рис. 2.74, *SA1.1*, *SA 1.2*).

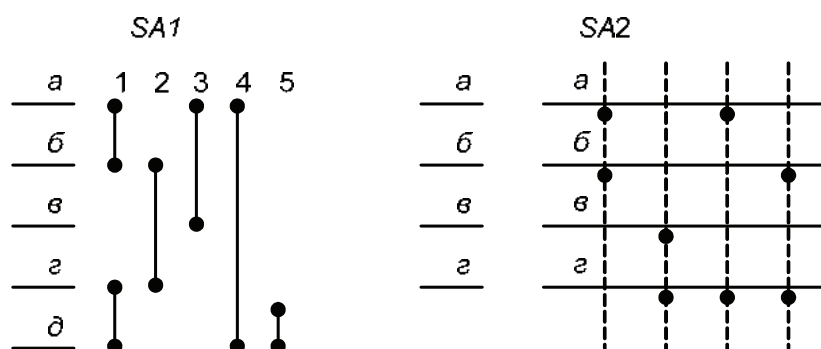


Рис. 2.75. Многопозиционные переключатели со сложной коммутацией

Для условного графического обозначения многопозиционных переключателей со сложной коммутацией можно использовать несколько способов. Два из них показаны на рис. 2.75. Переключатель *SA1* – на пять положений (они обозначены цифрами; буквы *a–д* введены для пояснения). В положении *1* соединяются одна с другой цепи *a* и *б*, *г* и *д*, в положениях *2, 3, 4* – соответственно цепи *б* и *г*, *a* и *в*, *a* и *д*, в положении *5* – цепи *a* и *б*, *в* и *г*.

Переключатель *SA2* – на четыре положения. В первом из них замыкаются цепи *a* и *б* (на что указывают расположенные под ними точки), во втором – цепи *в* и *г*, в третьем – *a* и *г*, в четвертом – *б* и *г*.

Реле и соединители. Кроме выключателей и переключателей в электротехнике, радиотехнике, электронике, электроснабжении для дистанционного управления электроустановками широко применяют электромагнитные реле. Электромагнитное реле состоит из электромагнита и одной или нескольких контактных групп. Символы этих элементов, входящих в конструкции реле, и образуют его УГО.

Обмотку (точнее, электромагнит реле) изображают на схемах в виде прямоугольника с присоединенными к нему линиями электрической связи, обозначающими выводы. Условное графическое обозначение контактов располагают напротив одной из узких сторон прямоугольника и соединяют с ним линией механической связи (пунктирной линией). Буквенный код реле – буква *K* (*K1* на рис. 2.76).

Выводы обмотки реле допускается изображать с одной стороны (рис. 2.76, *K2*), а символы контактов – в разных частях схемы (рядом с УГО коммутируемых элементов). В этом случае принадлежность контактов к тому или иному реле указывают обычным образом в позиционном обозначении условным номером контактной группы (рис. 2.76, *K2.1, K2.2, K2.3*).

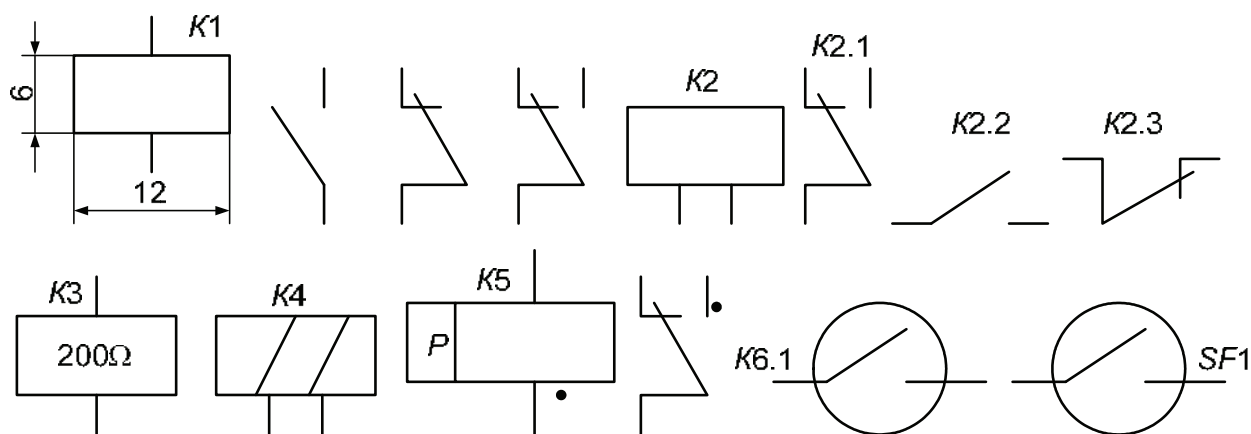


Рис. 2.76. Электромагнитное реле

Внутри условного графического обозначения обмотки допускается указывать ее параметры (рис. 2.76, *K3*) или конструктивные особенности. Так, например, две наклонные линии в символе обмотки реле *K4* на рис. 2.76 указывают на наличие двух обмоток.

Поляризованные реле (они обычно управляются изменением направления тока в одной или двух обмотках) выделяют на схемах латинской буквой *P*, вписываемой в дополнительное графическое поле УГО, и двумя жирными точками (рис. 2.76, *K5*). Эти точки возле одного из выводов обмотки и одного из контактов такого реле означают следующее: контакт, отмеченный точкой, замыкается при подаче напряжения, положительный полюс которого приложен к выделенному таким же образом выводу обмотки. При необходимости показать, что контакты поляризованного реле остаются замкнутыми и после снятия управляющего напряжения, поступают так же, как и в случае с кнопочными переключателями: на символе замыкающего (или размыкающего) контакта изображают небольшой кружок.

Существуют также реле, в которых магнитное поле, создаваемое управляющим током обмотки, воздействует непосредственно на чувствительные к нему (магнитоуправляемые) контакты, заключенные в герметичный корпус (отсюда и название «геркон»). Чтобы отличить контакты геркона от других коммутационных изделий, в его УГО иногда вводят символ герметичного корпуса – окружность. Принадлежность к конкретному реле указывают в позиционном обозначении (рис. 2.76, *K6.1*). Если же геркон не является частью реле, а управляется постоянным магнитом, его обозначают кодом автоматического выключателя – буквами *SF* (рис. 2.76, *SF1*).

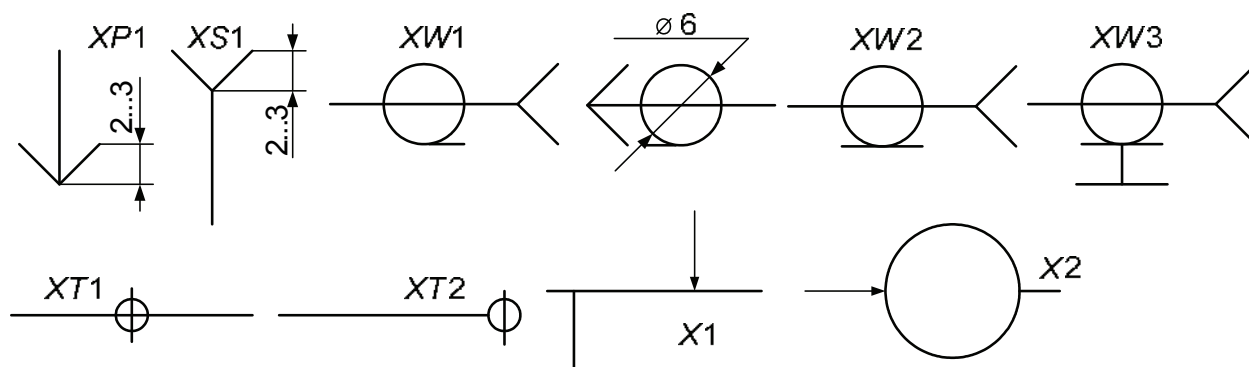


Рис. 2.77. Соединители

Отдельную группу коммутирующих устройств составляют различные соединители. Широкое применение нашли разъемные соединители – штепсельные разъемы (рис. 2.77). Код разъемного соединителя – латинская буква *X*. При изображении штырей и гнезд в разных частях схемы в позиционное обозначение первых вводят букву *P* (рис. 2.77, *XP1*), вторых – *S* (рис. 2.77, *XS1*).

Высокочастотные (коаксиальные) соединители и их элементы обозначают буквами *XW* (рис. 2.77, соединитель *XW1*, гнезда *XW2*, *XW3*). Отличительным признаком УГО высокочастотного соединителя является окружность с отрезком касательной линии, параллельной линии электрической связи и направленной в сторону соединения (*XW1*). Если же с другими элементами устройства штырь или гнездо соединены коаксиальным кабелем, касательную продляют и в другую сторону (*XW2*, *XW3*). Соединение корпуса соединителя и оплетки коаксиального кабеля с общим проводом (корпусом) устройства показывают присоединением к касательной (без точки!) линии электрической связи со знаком корпуса на конце (*XW3*).

Соединения с помощью винта или шпильки с гайкой и т. п. (т. е. разборные) обозначают на схемах буквами *XT*, а изображают окружностью (рис. 2.77; *XT1*, *XT2*, диаметр окружности – 2 мм). Такое же УГО используют, когда необходимо показать контрольную точку.

Передача сигналов на подвижные узлы деталей часто осуществляется с помощью соединения, состоящего из подвижного контакта (его изображают в виде стрелки) и токопроводящей поверхности, по которой он скользит. Если эта поверхность линейная, то ее показывают отрезком прямой линии с выводом в виде ответвления у одного из концов (рис. 2.77, *X1*), а если кольцевая или цилиндрическая – окружностью (*X2*).

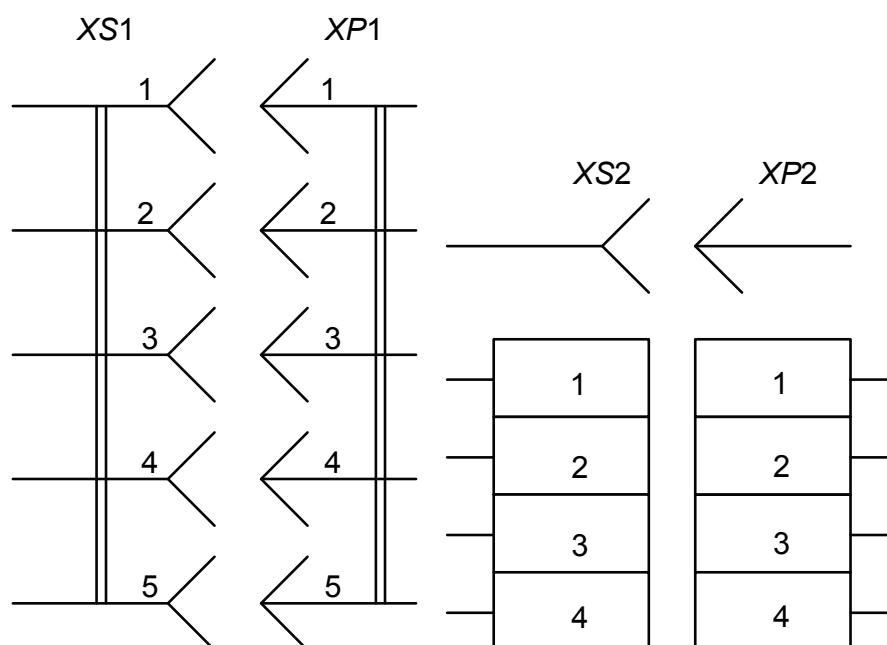


Рис. 2.78. Многоконтактный соединитель

Принадлежность штырей или гнезд к одному многоконтактному соединителю изображают на схемах линией механической связи и нумерацией в соответствии с нумерацией на самих соединителях (рис. 2.78, *XS1*, *XP1*). При выполнении изображения разнесенным способом условное буквенно-цифровое позиционное обозначение контакта составляют из обозначения, присвоенного соответствующей части соединителя и его номера.

С целью упрощения графических работ допускается заменять условное графическое обозначение контактов розеток и вилок многоконтактных соединителей небольшими пронумерованными прямоугольниками с соответствующими символами (гнезда или штыря) над ними (рис. 2.78, *XS2*, *XP2*). Расположение контактов в символах разъемных соединителей может быть любым – всё определяется начертанием схемы; неиспользуемые контакты на схемах, как правило, не показывают.

Подобным образом строятся условные графические обозначения многоконтактных разъемных соединителей. Их показывают в состыкованном виде (рис. 2.79.). На схемах разъемные соединители в таком виде, независимо от числа контактов, обозначают одной буквой *X* (исключение – высокочастотные соединители). В целях еще большего упрощения графики стандарт допускает обозначать многоконтактный соединитель одним прямоугольником с соответствующими числом линий электрической связи и нумерацией (рис. 2.79, *X4*).

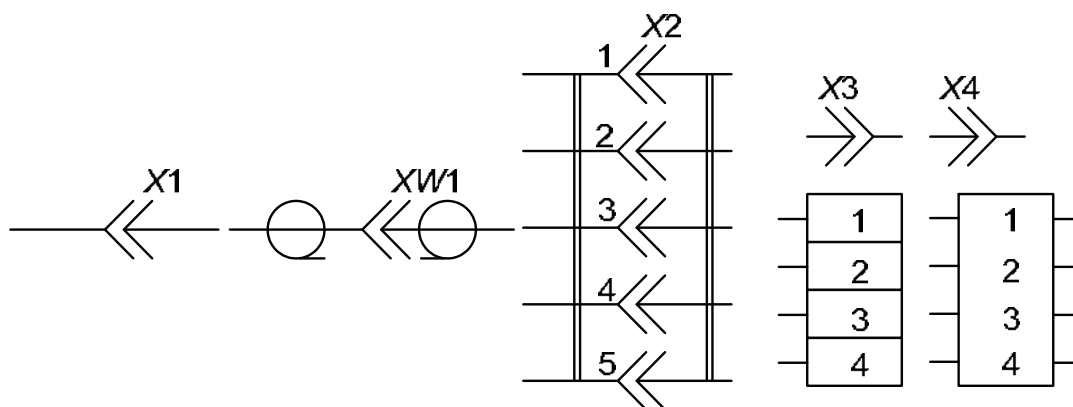


Рис. 2.79. Многоконтактный разъёмный соединитель

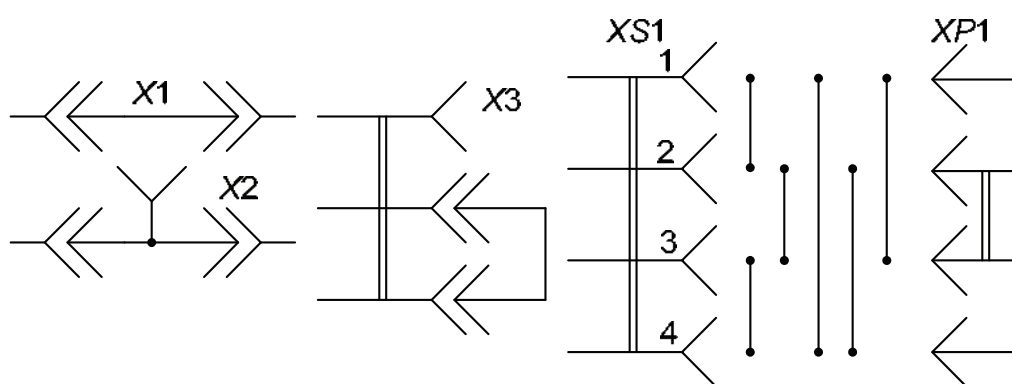


Рис. 2.80. Многоконтактные соединители с перемычками и вставками

Для коммутации редко переключаемых цепей (делителей напряжения с подобранными элементами, первичных обмоток трансформаторов сетевого питания и т. п.) в электронных устройствах применяют перемычки и вставки. Перемычку, предназначенную для замыкания или размыкания цепи, обозначают отрезком линии электрической связи с символами разъёмного соединения на концах (рис. 2.80, X1), для переключения – П-образной скобой (X3). Наличие на перемычке контрольного гнезда (или штыря) показывают соответствующим символом (X2).

При обозначении вставок-переключателей, обеспечивающих более сложную коммутацию, применяют способ для изображения переключателей. Например, вставка на рис. 2.80, состоящая из розетки XS1 и вилки XP1, работает следующим образом: в положении 1 замыкатели вилки соединяют гнезда 1 и 2, 3 и 4, в положении 2 – гнезда 2 и 3, 1 и 4, в положении 3 – гнезда 2 и 4, в положении 4 – гнезда 2 и 4 и в положении 5 – гнезда 1 и 3.

2.3. Обозначения в монтажных схемах

ГОСТ 2.701–84 устанавливает типы схем и общие требования к их выполнению. Что же касается детализации способов выполнения схем, то они конкретизируются отраслевыми нормативными документами, которые в разных отраслях имеют свои отличия.

Однако, несмотря на возможные различия, во всех без исключения случаях любая отрасль использует и свои стандартные условные обозначения, причем их применение в монтажных схемах имеет особенности.

Обозначения электрооборудования. Отметим, что обозначения, установленные ГОСТ 2.754–72, значительно упростились по сравнению с обозначениями по отмененному с введением ЕСКД ГОСТ 7621–55. Поскольку старые обозначения были конкретнее и их было значительно больше (широко распространены в исполнительной документации), они также приведены в книге, но обведены пунктирной линией.

Проектные организации пользуются временными строительными нормами (ВСН), содержащими дополнительные обозначения, не предусмотренные стандартами ЕСКД, а также обозначениями, предусмотренными Системой проектной документации для строительства (СПДС). Но, поскольку они не предусмотрены ГОСТ, их значение должно быть объяснено, как того требуют правила выполнения схем.

Электрооборудование. Общее обозначение электрического устройства показано на рис. 2.81, поз. 1. Его вид и тип определяют либо по номеру позиции, приведенному в спецификации, либо по ссылке на пояснения на плане. Так, например, в обозначение 2 вписана цифра 8 – номер позиции в спецификации к технологическому плану. Если под этим номером в спецификации значится одноякорный преобразователь, следовательно, изображен именно он. Если под номером 8 в спецификации значится сварочный агрегат, то это он.

На рис. 2.81 показано устройство с генератором: общее обозначение – 3, синхронный генератор – 4, генератор постоянного тока – 5.

Общее обозначение устройства с электродвигателем (рис. 2.81) – 6, синхронный двигатель – 7, двигатель постоянного тока – 8. Устройство с многодвигательным приводом – это 9 и 10.

Двигатель-генератор обозначен как 11 и 12 на рис. 2.81.

Общее обозначение выпрямителя (рис. 2.81) – 13, полупроводниковый выпрямитель – 14, ртутный – 15.

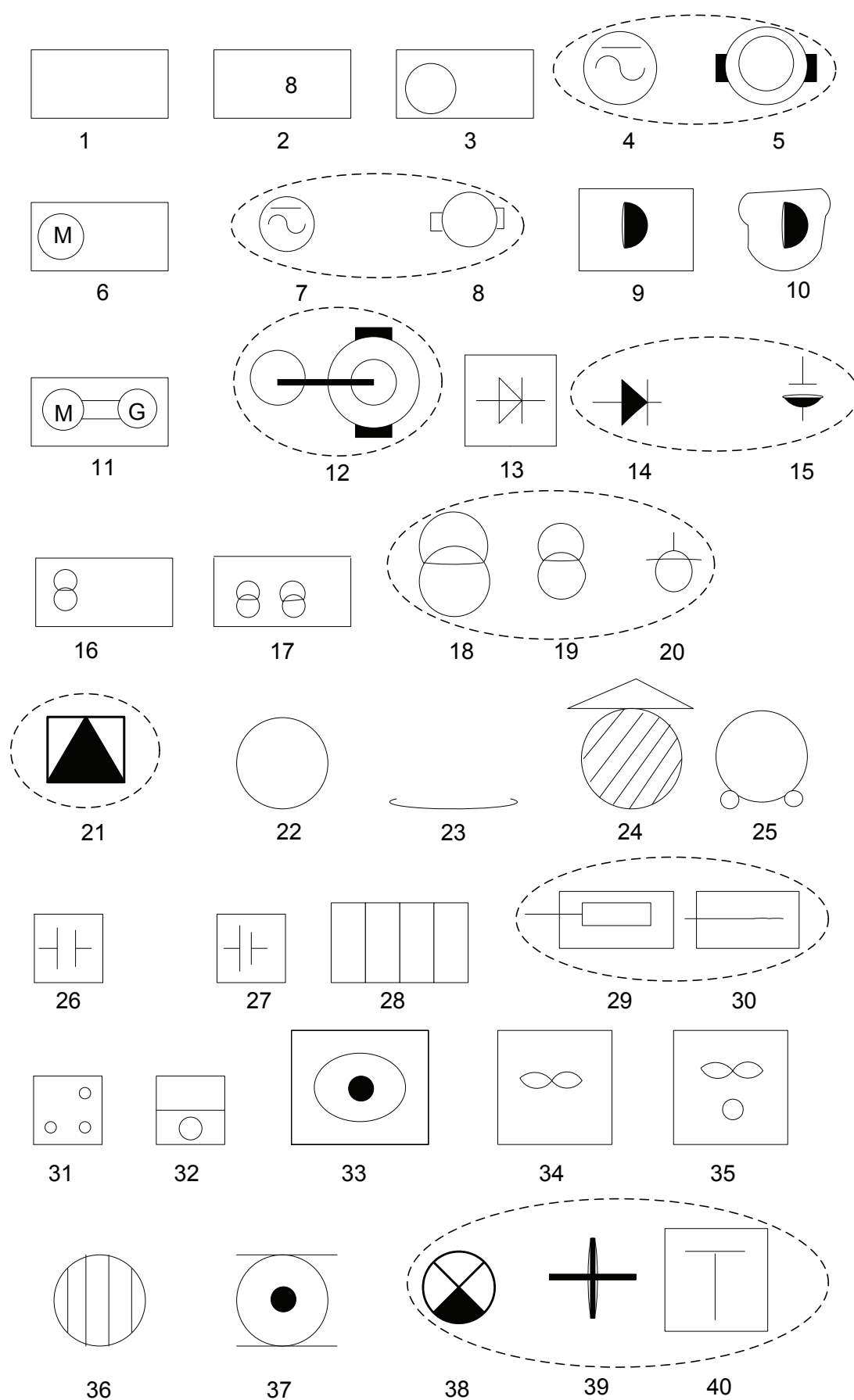


Рис. 2.81. Обозначения на планах электрооборудования и электроприемников

На рис. 2.81 общее обозначение устройства с трансформатором (автотрансформатором) – 16; устройство с двумя трансформаторами – 17; трансформатор – 18; трансформатор комплектно с предохранителями и выключателем – 19; автотрансформатор – 20.

Старое, еще встречающееся в схемах обозначение трансформаторной подстанции – 21 (рис. 2.81). Новые обозначения: 22 – общее; 23 – открытая подстанция; 24 – закрытая; 25 – передвижная. Отметим, что обозначения 22–25 предназначены для применения в схемах электроснабжения или на картах местности. Но если нужно подчеркнуть различие между проектируемыми и действующими подстанциями, то изображение действующей подстанции штрихуют. Из этого следует, что 24 – это закрытая действующая подстанция. Если же не требуется различать действующие подстанции от проектируемых, то штриховка не нужна.

Батарея конденсаторная обозначается, как 26 на рис. 2.81, а батарея аккумуляторная или гальваническая – как 27.

Существует большое количество разных электроприемников, которые на схемах обозначаются так: 28 – устройство электронагревательное, общее обозначение; 29 – печь сопротивления; 30 – индукционная печь; 31 – плита электрическая; 32 – холодильник электрический; 33 – стиральная машина; 34 – вентилятор; 35 – сушилка; 36 – водонагреватель электрический; 37 – посудомоечная машина; 38 – электромагнит пневматического или гидравлического вентиля; 39 – магнитный сепаратор; 40 – тормозной электромагнит.

Светильник – источник света (лампа, лампы), заключенный в осветительную арматуру. Примеры светильников: люстра, торшер, плафон (потолочный светильник), бра (настенный светильник). Рассматривая обозначения светильников, следует заметить, что число их обозначений значительно уменьшилось, а обозначения несколько раз упрощались. Старые обозначения (их можно встретить как в книгах, так и в исполнительной документации) на рис. 2.82 приведены в поз. 1–12. Обозначения по ГОСТ 2.754–72 до внесения в него изменений обведены волнистой линией – поз. 13–21.

Рассмотрим примеры обозначений. На рис. 2.82 изображены: бра с шаром 1, чашей 2, цилиндром 3; светильники «Глубокоизлучатель» эмалированный 4 и зеркальный 5, «Альфа» 6; люстры с лампами накаливания 7 и с люминесцентными лампами 8; «Плафон» 9, светильники пылеводонепроницаемый 10, рудничный нормальный с прозрачным стеклом 11, с люминесцентными лампами 12.

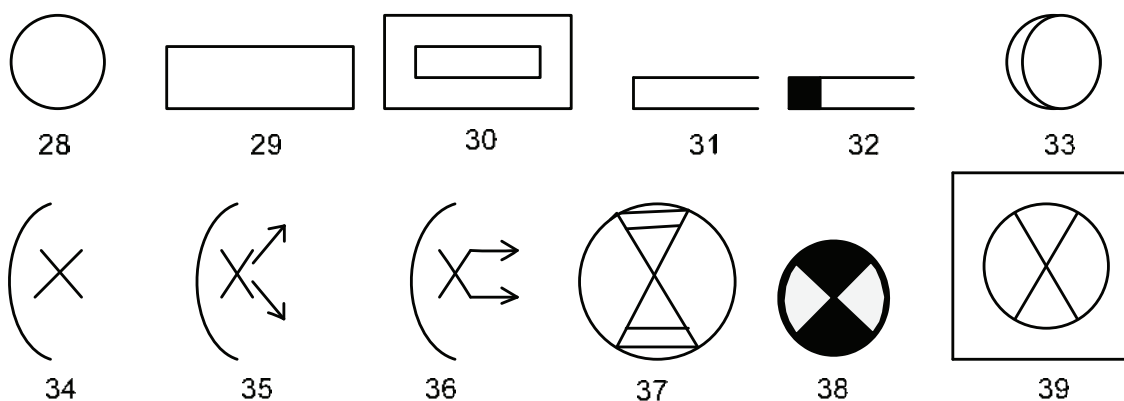
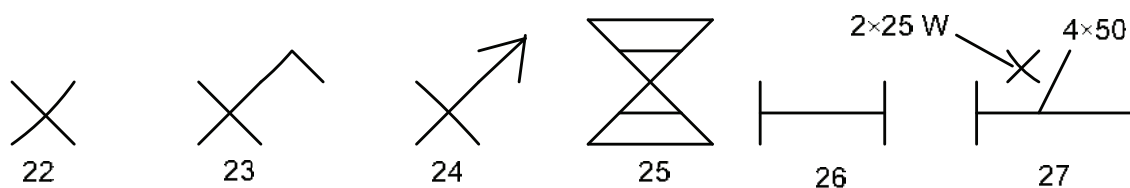
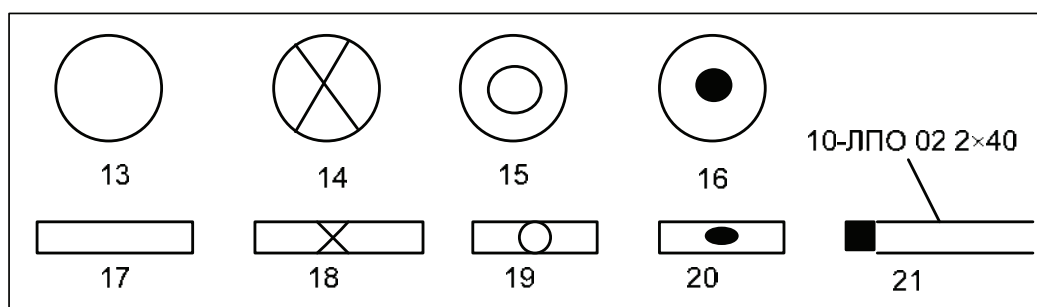
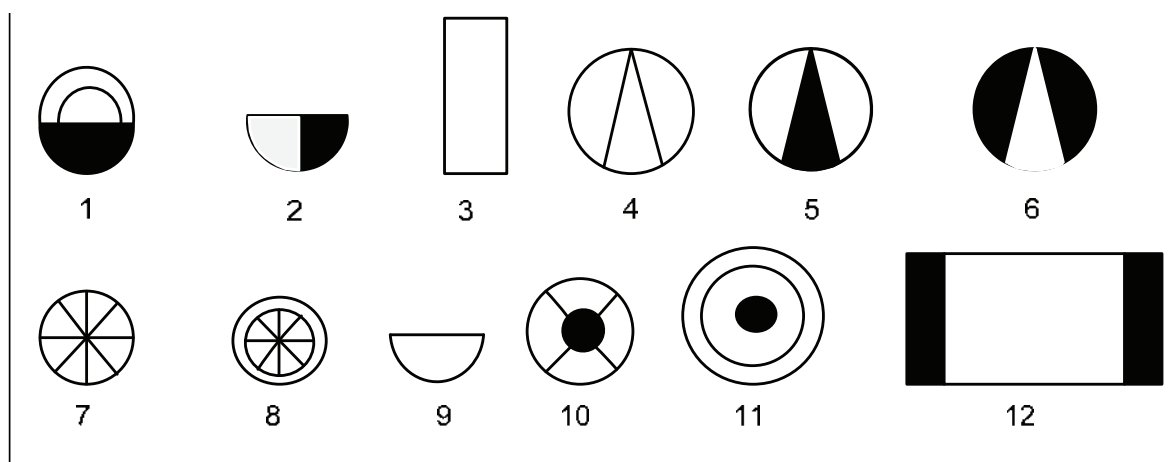


Рис. 2.82. Обозначения светильников на планах

Вблизи графического обозначения указывают тип светильника, что позволило упростить и уменьшить количество графических обозначений. Светильники с лампами накаливания стали обозначать следующим образом (рис. 2.82): потолочный – 13, подвесной – 14 (крест),

настенный – 15 (кружок), встроенный – 16 (жирная точка). По этой же системе обозначают светильники с люминесцентными лампами: потолочный – 17, подвесной – 18 (крест), настенный – 19 (кружок), встроенный – 20 (жирная точка). Линию из люминесцентных светильников обозначали по 21, а на выноске писали, например, 10-ЛПО 02 2×40, что обозначает: «В линии десять (10) светильников типа ЛПО 02, в каждом из которых две лампы (2) мощностью 40 Вт».

Спустя несколько лет ввели дальнейшие упрощения. Так, появились общие обозначения светильников с лампами накаливания 22 и с люминесцентными лампами 26. Сочетание этих обозначений дало возможность изобразить комбинированный светильник 27. В нашем примере в нем две лампы накаливания по 25 Вт (2×25) и четыре люминесцентные лампы по 50 Вт (4×50).

Следующие обозначения: 23 – светильники с лампами накаливания и однополюсным выключателем, 24 – с регулированием напряжения, 25 – для аварийного освещения.

При необходимости одновременного изображения светильников на плане оборудования и проводок разрешается использовать другие обозначения, а именно: светильники с лампами накаливания 28, с люминесцентными лампами 29. Если пусковое устройство для люминесцентных ламп надо изобразить отдельно (т. е. если оно установлено вне светильника), то применяют обозначение 30.

Прежнее обозначение 21 (светильники, установленные в линию) заменено на 31, а 32 – это световод (щелевой светильник). Здесь залитый торец обозначает вводное устройство с источником света. На планах обозначения 31 и 32, понятно, «не обрываются», как показано на рис. 2.82, а «замыкаются» справа, т. е. представляют собой прямоугольник (аналогично 17), однако его длина соответствует длине линии (световода).

Прежнее обозначение лампы ДРЛ – 33. Прожекторы: общее обозначение – 34, прожектор заливающего света – 35, направленного – 36.

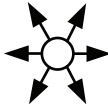

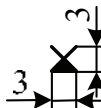
Изменен также ряд обозначений сигнальных светильников, табло, световых извещателей специального назначения. Например, светильник, сигнализирующий о начале работы, – 37 и 38. Обозначение 38 устарело. На рис. 2.82, поз. 39 приведено обозначение табло для вызова персонала на один сигнал.

Обозначения светильников и прожекторов при совмещенном изображении на плане оборудования и электрических сетей – табл. 2.1; коробок, щитков, ящиков с аппаратурой, шкафов, щитов, пультов – табл. 2.2; выключателей, переключателей и штепсельных розеток – табл. 2.3; аппаратов контроля и управления – табл. 2.4.

Таблица 2.1

Обозначения светильников и прожекторов при совмещенном изображении на плане оборудования и электрических сетей

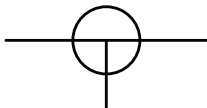
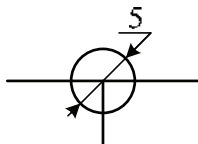
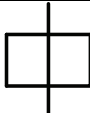
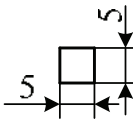


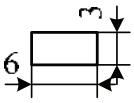


Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Светильник с лампой накаливания. Общее изображение		
2. Светильник с лампой накаливания на тресе		То же
3. То же, на кронштейне, на стене здания, сооружения для наружного освещения		
4. Светильник с люминесцентными лампами <i>Примечание:</i> Допускается светильник с люминесцентными лампами изображать в масштабе чертежа		
5. Светильник с люминесцентными лампами, установленными в линию		
6. Светильники с люминесцентными лампами на кронштейне для наружного освещения		
7. Светильник с разрядной лампой высокого давления на кронштейне для наружного освещения		
8. Светильник с разрядной лампой высокого давления на опоре для наружного освещения		
9. Люстра		
10. Светильник – световод щелевой		
11. Прожектор		—
12. Группа прожекторов с направлением оптической оси в одну сторону*		

Наименование	Изображение	Размер, мм
13. Группа прожекторов с направлением оптической оси во все стороны*		
14. Светофор сигнальный (на три лампы)		
15. Патрон ламповый: 15.1. Стенной 15.2. Подвесной	 	 

*Направление проекций осевых лучей прожекторов указывают при конкретном проектировании.

Таблица 2.2

**Обозначения коробок, щитков, ящиков с аппаратурой,
шкафов, щитов, пультов**

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Коробка ответвительная		
2. Коробка вводная		
3. Коробка протяжная, ящик протяжной		
4. Коробка, ящик с зажимами		
5. Щиток магистральный рабочего освещения		
6. Щиток групповой рабочего освещения		


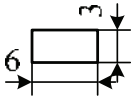



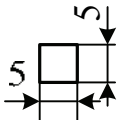




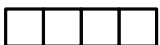








Наименование	Изображение	Размер, мм
7. То же, при выполнении на графопо- строителе		
8. Щиток групповой аварийного освеще- ния		
9. Ящик лабораторный		
10. Ящик с аппаратурой		
11. Шкаф, панель, пульт из нескольких панелей одностороннего обслуживания		
12. Шкаф, панель двустороннего об- служивания		
13. Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей одностороннего обслуживания <i>Пример: щит из четырех шкафов</i>		
14. Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей двухстороннего обслуживания <i>Пример: щит из пяти шкафов</i>		
15. Щит открытый <i>Пример: щит из четырех панелей</i>		

Таблица 2.3

Обозначения выключателей, переключателей и штепсельных розеток

Наименование	Изображение	Размер, мм
<i>1. Выключатель</i>		
Общее положение		
<i>2. Выключатель для наружной установки со степенью защиты от IP20 до IP23</i>		
2.1. Однополюсный		
2.2. Однополюсный сдвоенный		
2.3. Однополюсный строенный		
2.4. Двухполюсный		
2.5. Трехполюсный		


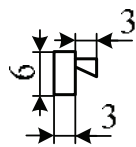




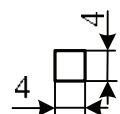






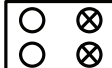
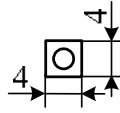
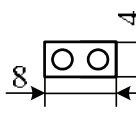
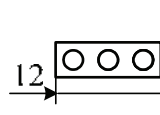
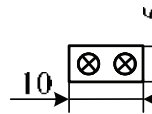
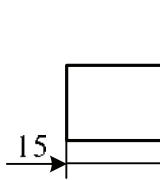

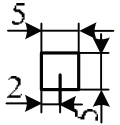

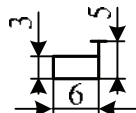
Наименование	Изображение	Размер, мм
3. Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
3.1. Однополюсный		
3.2. Однополюсный сдвоенный		
3.3. Однополюсный строенный		
3.4. Двухполюсный		
4. Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP44 до IP55		
4.1. Однополюсный		
4.2. Двухполюсный		
4.3. Трехполюсный		
5. Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP20 до IP23		
5.1. Однополюсный		
5.2. Двухполюсный		
5.3. Трехполюсный		
6. Переключатель на два положения без нулевого положения со степенью защиты от IP44 до IP55		
6.1. Однополюсный		
6.2. Двухполюсный		
6.3. Трехполюсный		
7. Штепсельная розетка		
Общее положение		
8. Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
8.1. Двухполюсная		

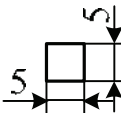
Наименование	Изображение	Размер, мм
8. Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
8.2. Двухполюсная сдвоенная		
8.3. Двухполюсная с защитным контактом		
8.4. Трехполюсная с защитным контактом		
9. Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
9.1. Двухполюсная		
9.2. Двухполюсная сдвоенная		
9.3. Двухполюсная с защитным контактом		
9.4. Трехполюсная с защитным контактом		
10. Штепсельная розетка со степенью защиты от IP44 до IP55		
10.1. Двухполюсная		
10.2. Двухполюсная с защитным контактом		
10.3. Трехполюсная с защитным контактом		
11. Блоки с выключателем и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
11.1. Один выключатель и штепсельная розетка		
11.2. Два выключателя и штепсельная розетка		
11.3. Три выключателя и штепсельная розетка		
12. Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23		
12.1. Один выключатель и штепсельная розетка		
12.2. Два выключателя и штепсельная розетка		
12.3. Три выключателя и штепсельная розетка		

Таблица 2.4

Обозначения аппаратов контроля и управления

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Звонок		

Наименование	Изображение	Размер, мм
2. Сирена, гудок, ревун		
3. Табло для вызова персонала:	 	
3.1. На один сигнал		
3.2. На несколько сигналов		
4. Надписи и знаки рекламные		
5. Устройство пусковое для электродвигателей. Общее обозначение		
6. Магнитный пускатель		
7. Автоматический выключатель		
8. Пост кнопочный:	    	
8.1. На одну кнопку		
8.2. На две кнопки		
8.3. На три кнопки		
8.4. С двумя светящимися кнопками		
8.5. На две кнопки с двумя сигнальными лампами		
9. Переключатель управления		
10. Выключатель путевой		

Наименование	Изображение	Размер, мм
11. Командоаппарат, командоконтроллер: 11.1. С ручным приводом		
11.2. С ножным приводом		
12. Тормоз		

Условные обозначения линий электропередач. Общее обозначение линий проводки показано на рис. 2.83, поз. 1. Над ним допускается указывать данные проводки. Например: 2 – это цепь постоянного тока (–) напряжением 110 В; 3 – цепь трехфазного (3) переменного тока (~) частотой 50 Гц, напряжением 380 В; 4 – цепь переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 6 кВ, выполненная трехжильным кабелем (3) марки ААБ, сечения жил – 120 мм², кабель проложен по стене; 7 – линия постоянного тока (–), выполненная двумя (2) одножильными (1) проводами марки АПР сечением 50 мм², проложенная в полу в пластмассовой трубе (П) диаметром 40 мм.

Следует обратить внимание на то, что раньше были другие обозначения, а именно: 5 – линия переменного тока напряжением до 500 В; 8 – то же, свыше 500 В. Штриховой линией 6 обозначали линию постоянного тока.

Современное обозначение линий заземления и зануления – рис. 2.83, поз 9, устаревшее – 12. Заземлители, например трубы, забитые в грунт, – 10, металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления или зануления, – 11.

Современное обозначение линий цепей управления, контроля и измерения – 13, устаревшее – 14 (рис. 2.83).

Обозначение линии сетей освещения аварийного и охранного – 15, линии напряжением 36 В (по новым ПУЭ – 42 В) и ниже – 16. По ранее действовавшему стандарту применялись и другие обозначения, а именно: 17 – линия рабочего, 18 – линия аварийного освещения, причем обозначения 17 и 18 были предназначены только для схем электроосвещения. Если же на одном и том же чертеже показаны и силовые сети, и сети ос-

вещания, то пользовались другими обозначениями: 19 – охранное, 20 – рабочее и 21 – аварийное освещение (рис. 2.83).

Линия радиовещания – 22, линия телевидения – 23, линии, выполняемые неизолированными шинами, лентами или проводами, – 24 (рис. 2.83).

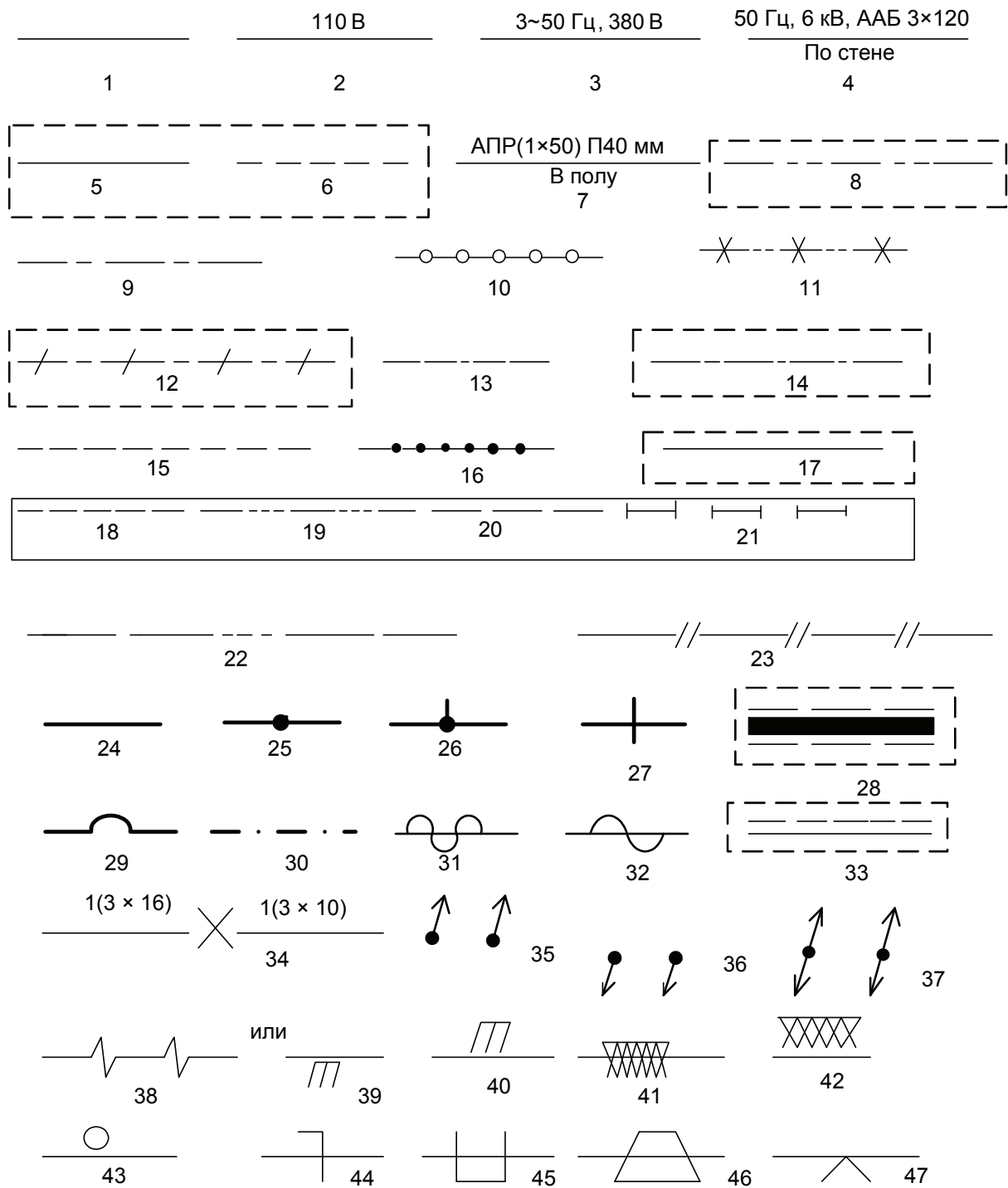


Рис. 2.83. Обозначения линий, проводок и токопроводов на планах

Шинопроводы, закрытые на стойках – 25, подвесах – 26, кронштейнах – 27, прокладываемые под полом – 28. Для предотвращения поломок из-за расширения шин при нагревании применяют шинные компенсаторы – 29 (рис. 2.83).

Троллейные линии – 30, гибкие проводки – 31, самонесущие провода (кабели) – 32 (рис. 2.83). Заметим, что эти обозначения заимствованы из стандарта СЭВ.

Тросовые проводки обозначают по 33, где штриховая линия изображает трос, а сплошная линия – провод.

Если нужно показать, что сечение изменяется, то линию рассекают, в рассечке ставят крестик, а слева и справа от него указывают сечения. Так, в обозначении 34 линия сечением 1 (3×16) изменила сечение на 1 (3×10). Надпись 1 (3×16) расшифровывается следующим образом: «Один (1) трехжильный (3) кабель или провод сечением каждой жилы 16 мм² (16)». Если бы было написано иначе, например 3 (1×16), это следовало бы читать так: «Три (3) одножильных (1) провода сечением 16 мм² (16)».

При изменении уровня прокладки (рис. 2.83): 35 – линия уходит на более высокую отметку (вверх) или приходит с более высокой отметки (сверху); 36 – линия уходит на более низкую отметку (вниз) или проходит с более низкой отметки (снизу); 37 – проводка пересекает отметку, изображенную на плане сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков.

Когда необходимо указать способ прокладки, то графически изображают: открытую прокладку (над штукатуркой) – 38 или 39, скрытую (под штукатуркой или внутри ее) – 40, в полу – 41, под полом – 42, в трубах – 43, под плинтусом – 44, в лотке – 45, на изоляторах – 46, на опорах (консолях) – 47 (рис. 2.83).

Кабель в любом случае изображают чертой (рис. 2.83, поз. 1), над которой пишут марку кабеля, рабочее напряжение, а под чертой – способ прокладки (пример дан на рис. 2.83, поз. 4). Раньше для кабелей, проложенных открыто, было обозначение 2 на рис. 2.84, а.

Обозначения кабельного канала – 3, траншеи – 4, блока – 5, тоннеля – 6, колодца – 7 и люка тоннеля – 8 (рис. 2.84, а).

Следует иметь в виду, что на планах реконструкции сетей существующие каналы, траншеи, блоки изображают штриховыми линиями (не показано), а если разводка сетей показана на чертеже генерального плана, то траншеи (как и другие коммуникации) обозначают не по стандартам ЕСКД, а иначе, например чертой с буквой W1 (не показано).

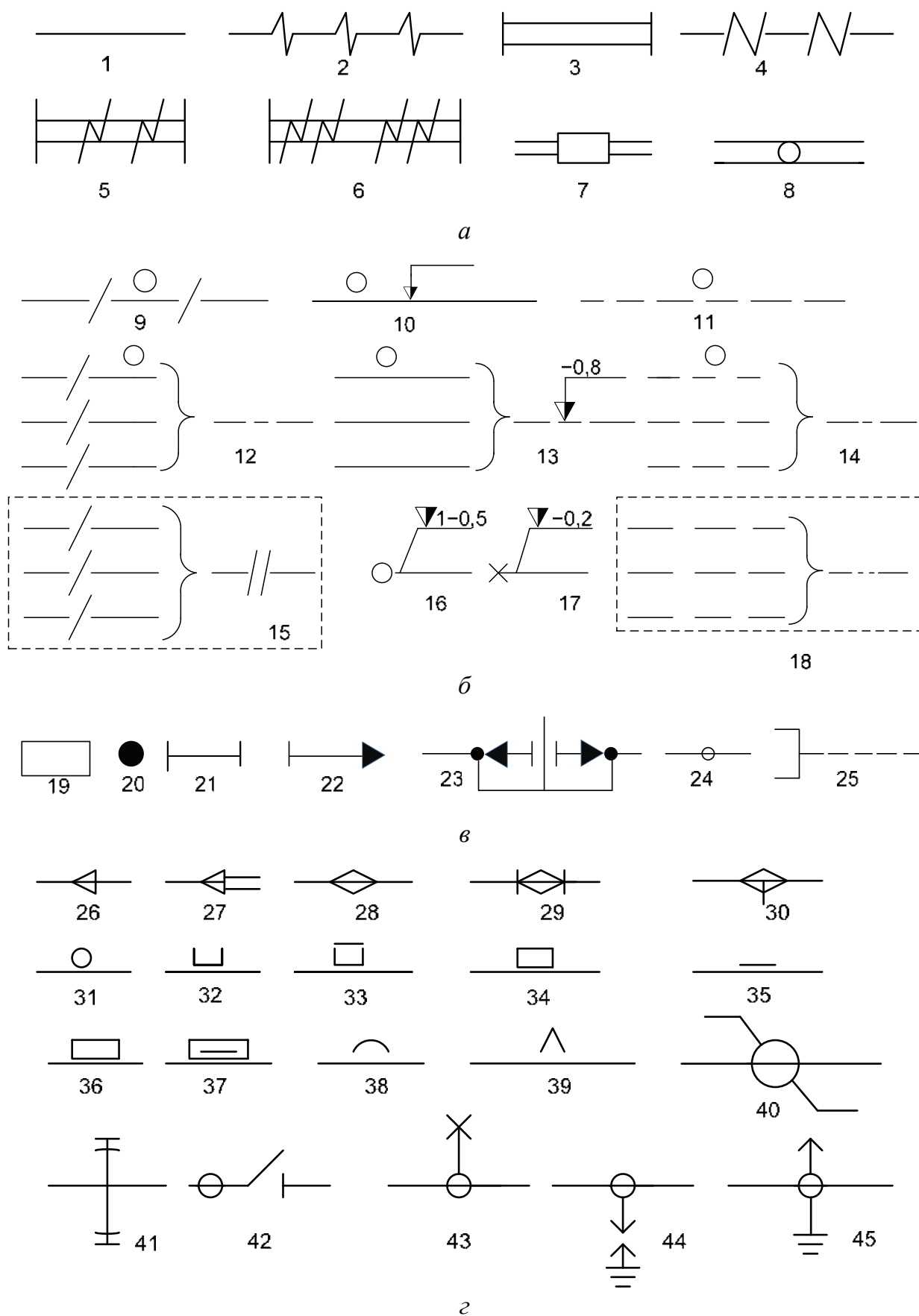
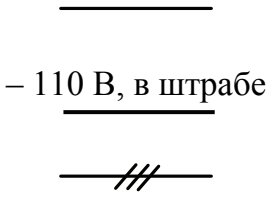
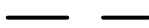





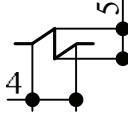
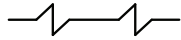
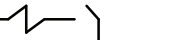
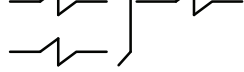
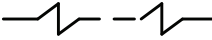
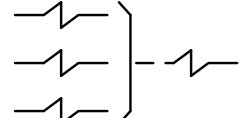
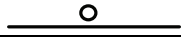


Рис. 2.84. Обозначения проводов в трубах и конструктивных элементов для электропроводок

Проводки в трубах (рис. 2.84, б). Труба, проложенная открыто, – 9; поток труб – 12 или 15. Обозначение 15 устарело. Трубу, проложенную скрыто (в бетоне, полу, грунте) с указанием отметки заложения, обозначают по 10, а поток труб – по 13. Здесь треугольник с надписью «–0,8» указывает глубину заложения, в данном примере 0,8 м.

Таблица 2.5

Обозначение линий проводок и токопроводов

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Линия проводки. Общее изображение Допускается указывать над изображением линий данные проводки (род тока, напряжение, материал, способ прокладки, отметка проводки и т. п.) Допускается количество проводников в линии указывать засечками		Толщина 1,0
1.1. Линия цепей управления		
1.2. Линия сетей аварийного эвакуационного и охранного освещения		
1.3. Линия напряжения 35 В и ниже		
1.4. Линия заземления и зануления		
1.5. Заземлители		
1.6. Металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления		
2. Открытая прокладка проводов и кабелей		
2.1. Открытая прокладка одного проводника		
2.2. Открытая прокладка нескольких проводников		
2.3. Открытая прокладка одного проводника под перекрытием		
2.4. Открытая прокладка нескольких проводников под перекрытием		
3. Проводка в трубах. Общее изображение		
3.1. Проводка в трубе, прокладываемой открыто		

Наименование	Изображение	Размер, мм
3.2. Прокладка в трубах, прокладываемых открыто		
3.3. То же, при необходимости показа габаритов труб		
3.4. Проводка в трубе, прокладываемой под перекрытием площадкой с указанием отметки заложения		
3.5. Проводка в трубах, прокладываемых под перекрытием		
3.6. То же, при необходимости показа габаритов труб		
3.7. Проводка в трубе, прокладываемой открыто (в бетоне, грунте и т.п.), с указанием отметки заложения		
3.8. Проводка в трубах, прокладываемых открыто		
3.9. То же, при необходимости показа габаритов группы труб		
3.10. Проводка в трубе, прокладываемой от отметки троса вверх		
3.11. То же, вниз		
3.12. Конец проводки в трубе		
3.13. Проводка в трубе через стену		
3.14. То же, сквозь перекрытие		
3.15. Различные уплотнения в трубах для взрывоопасных помещений		
3.16. Проводка гибкая в металлорукаве, гибком вводе		
4. Прокладка шин и шинопроводов. Общее положение		
4.1. Шина, проложенная на изоляторах		

Наименование	Изображение	Размер, мм
4.2. Пакет шин, проложенных в изоляторах		
4.3. Шины и шинопровод на стойках		
4.4. То же, в подвесах		
4.5. То же, на кронштейнах		
4.6. Троллейная линия		
4.7. Секционирование троллейной защиты		
4.8. Компенсатор шинный, троллейный		

Для того чтобы показать проложенные под перекрытием трубу и поток труб, применяют обозначения 11 и 14 соответственно. Старое обозначение – 18.

Следует обратить внимание на кружки в обозначениях 9–14. Они подчеркивают, что изображены трубы. Труба, направленная вверх, – 16 (в нашем примере на отметку +0,5); вниз – 17 (в нашем примере на отметку (–0,2)). Отсчет ведется от отметки 0,00, принятой за базовую. Обозначений 16 и 17 в действующем стандарте нет. Однако они совершенно необходимы и всегда применяются.

Для изображения конструктивных элементов (рис. 2.84, в), таких как фундаментная плита, агрегат, распределительный шкаф, щит управления, применяют общее обозначение 19. Патрубок для прохода через перекрытие – 20.

Конструкция для крепления кабеля, трубы, провода – 21. Концевое одностороннее крепление магистрали – 22, двустороннее с перемычкой – 23. Промежуточное крепление на изоляторах изображают по 24, крепление троса – по 25.

Обозначения, установленные стандартами СЭВ, приведены на рис. 2.84, г. Здесь муфты концевые: прямая – 26 и ответвительная – 27; муфты линейные: соединительная – 28, повышенной надежности – 29, ответвительная – 30.

Провод, проложенный в трубе, – 31, в кабельных каналах: открытым – 32 и закрытым – 33, в кабельном тоннеле – 34.

Прикрытия проводки: 35 – фольгой из пластмассы, 36 – кирпичом, 37 – железобетонными плитами, 38 – коньковой черепицей, 39 – профилированной сталью.

Транспозиция на опоре – 40, гаситель вибраций – 41, разъединитель на опоре – 42, светильник на опоре – 43, искровой промежуток – 44, молниеотвод – 45.

Обозначения линий проводок и токопроводов приведены в табл. 2.5.

Условные сокращения и надписи на планах. Если возникает необходимость в пояснении, то рядом с графическим обозначением приводят надписи, придерживаясь определенной системы.

Целый ряд надписей и способ их расположения установлены стандартом. Так, например, вблизи изображения на плане устройств и электроприемников пишут их номера по плану и номинальные мощности, у линий указывают способ прокладки (в трубах, на тросе и т. п.), в сетях освещения приводят значения расчетных величин и др. В отдельных случаях надписи могут быть упрощены (если, например, в спецификации или в пояснениях на плане даны необходимые сведения), в других – они должны быть более подробными.

Приведем несколько примеров распространенных надписей, применяемых на схемах. На рис. 2.85 внутри обозначения устройства с электродвигателем 1 написаны: в числителе – номер по технологическому плану (20), в знаменателе – мощность, кВт (15).

На выноске к обозначению устройства с трансформатором (рис. 2.85, поз. 2) в числителе – номер по спецификации к данному чертежу (1), в знаменателе – позиционное обозначение сварочного трансформатора (СТ4). Две черточки и надпись АС обозначают, что трансформатор двумя проводами присоединен к фазам А и С.

На выноске к обозначению контактора для переключения со звезды на треугольник (рис. 2.85, поз. 3) написаны: 5 – номер позиции спецификации к плану, КМ2 – позиционное обозначение контактора.

У распределительного щита (рис. 2.85, поз. 4) на выноске: в числителе – номер по плану (7), в знаменателе – маркировка (ЩР12).

У щитка группового рабочего освещения (рис. 2.85, поз. 5): 14 – номер по плану расположения (или маркировка щитка ЩОЗ); 6,7 (в числителе) – установленная мощность, кВт; 2,46 (в знаменателе) – потеря напряжения до щитка, %.

У светильника с лампой накаливания (рис. 2.85, поз. 6): 100 (в числителе) – мощность, Вт; 4,5 (в знаменателе) – высота установки 4,5 м.

На рис. 2.85, поз. 7 линия состоит из трех (3) светильников типа ЛПО 02, в каждом из которых две лампы (2) мощностью по 40 Вт. Высота установки не указана.

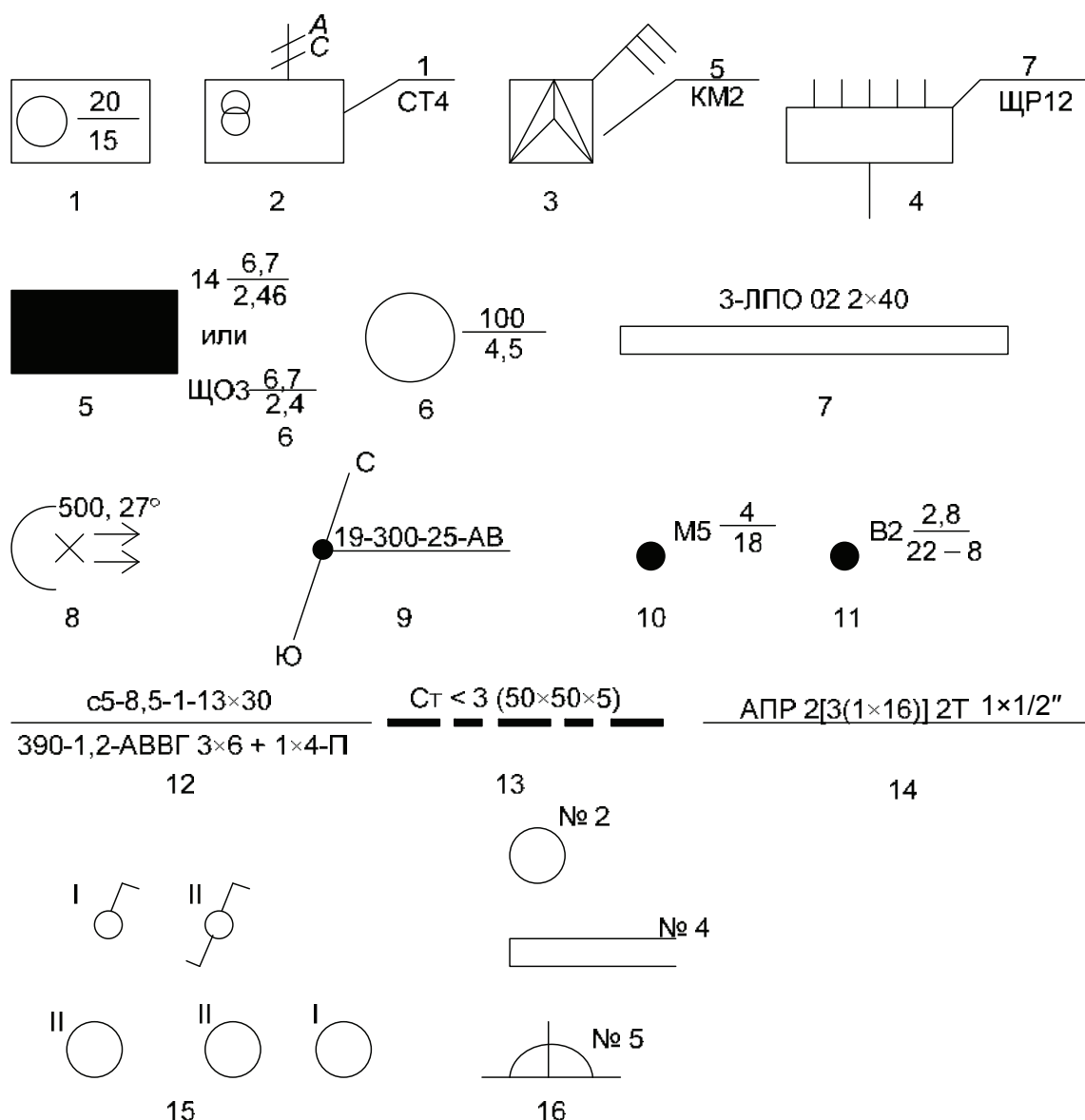


Рис. 2.85. Условные сокращения и надписи на планах зданий и сооружений

На рис. 2.85, поз. 8: мощность лампы в прожекторе – 500 Вт, угол наклона – 27°

На рис. 2.85, поз. 9 надписи: С – север; Ю – юг; 19 – номер прожектора по плану; мощность лампы – 300 Вт; угол наклона – 25° . Лампа присоединена к фазам А и В.

Надписи у прожекторной мачты № 5 (рис. 2.85, поз. 10): М5, установленная мощность (в числителе) – 4 кВт (4), высота мачты (в знаменателе) – 18 м (18).

Прожектор (рис. 2.85, поз. 11) установлен на высоте 22 м. Вышка № 2 (В2) стоит на опоре, например на крыше. Высота вышки – 8 м, высота крыши $22 - 8 = 14$ м (в знаменателе). Установленная мощность ламп (в числителе) – 2,8 кВт.

Способы прокладки линий обозначают буквами: Т – прокладка в металлических трубах, П – в пластмассовых трубах, Мр – в металлических рукавах, И – на изоляторах, К – на клипах, Тс – на тросе.

Следующие надписи используют на линии питающей сети электроосвещения (рис. 2.85, поз. 12). В числителе: с5 – маркировка линии; 8,5 – расчетная мощность, кВт; 1 – коэффициент мощности ($\cos < p$); 13 – расчетный ток, А; 30 – длина участка питающей сети, м. В знаменателе: 390 – момент ($13 \text{ А} \times 30 \text{ м} = 390 \text{ А} \cdot \text{м}$); 1,2 – потеря напряжения, %; АВВГ 3×6 + 1×4 – марка провода (АВВГ) и сечение провода (три жилы сечением 6 мм² и одна жила сечением 4 мм²); П – в пластмассовой трубе.

На рис. 2.85, поз. 13 приведено условное обозначение троллейной линии трехфазной (3), выполненной из угловой (<) стали (Ст) сечением 50×50×5.

Надпись АПР 2[3(1×16)] 2Т 1×1/2" на рис. 2.85, поз. 14 расшифровывается следующим образом: две параллельные цепи (цифра 2 перед прямыми скобками), каждая из которых состоит из трех (цифра 3 перед круглыми скобками) одножильных (цифра 1 в круглых скобках) проводов марки АПР сечением 16 мм. Каждая цепь проложена в отдельной стальной трубе (2Т – две трубы) диаметром 1×1/2" мм.

Выключатели и переключатели и управляемые ими светильники обозначают соответственно одинаковыми римскими цифрами (рис. 2.85, поз. 15).

Номер и цифра у светильников и штепсельных розеток указывают номера групп, к которым они присоединены (рис. 2.85, поз. 16).

Допущения:

а) в двухпроводных осветительных сетях количество проводов допускается не указывать, ограничиваясь указанием марки и сечения. Например, АПР-4 (два провода марки АПР сечением 4 мм²);

б) если из общего указания на чертеже ясны способ прокладки, марка проводов и кабелей, то у каждой линии их не указывают;

в) при наличии кабельного журнала (см. ниже) с маркировкой на плане сети никаких надписей, кроме маркировки, не делают;

г) данные линии надписывают либо непосредственно над ней, либо на выносах.

Кабельный (кабельно-трубный) журнал. Планы проводок и планы, на которых показывают разводку труб, дополняют кабельно-трубными журналами и спецификациями на провода, кабели, трубы, монтажные изделия и материалы. Журнал совместно со спецификацией

дает необходимые сведения для выполнения работы. В приведенном на рис. 2.86 примере, ввиду ограничений объема книги, надписи на выносах сокращены, а спецификация опущена.

Проведем анализ данного рисунка. Итак, от вводно-распределительного устройства ВРУ (рис. 2.86, *а*) к щиту Щ в стальной трубе Т5, проложенной открыто, идет линия № 1. Между щитом Щ и ящиком Я1 без зажимов протяжным способом в полу проходит труба Т1, в которой проложены линии № 2 и 3. Линия № 2 в пластмассовой трубе П5 идет к устройству М с электродвигателем. Линия № 3, пройдя через ящик Я1, направляется к ящику с зажимами Я2. Трубы Т3 и П5 проложены под перекрытием (площадкой), т. е. ниже уровня +0,4. Линия № 4 соединяет устройство М с контактором К, пройдя через ящик Я2 (рис. 2.86, *б*).

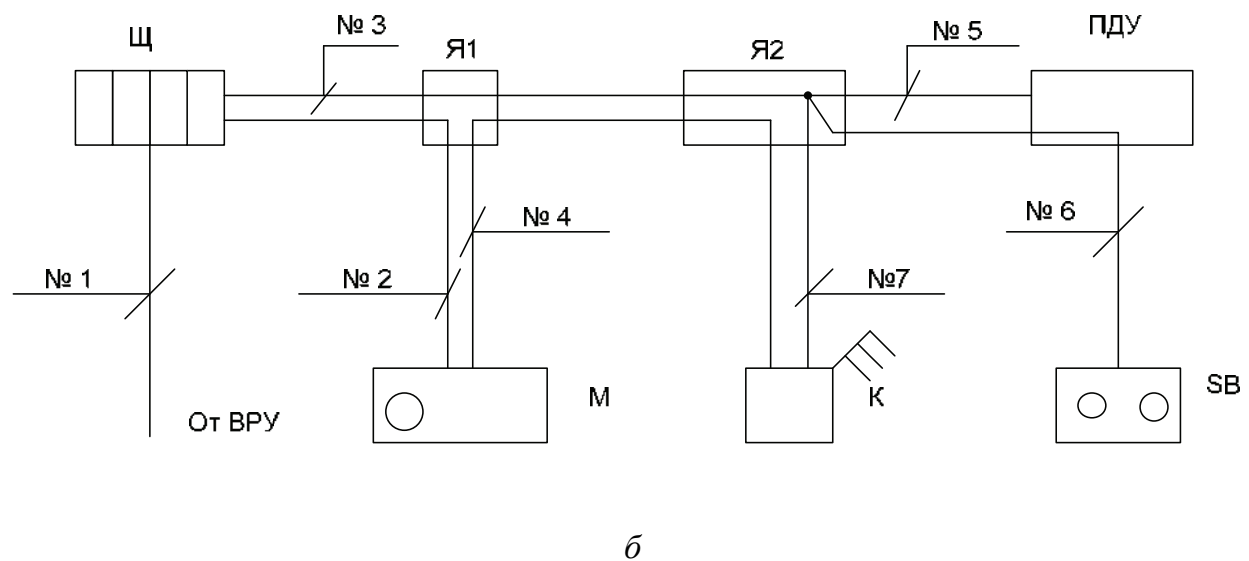
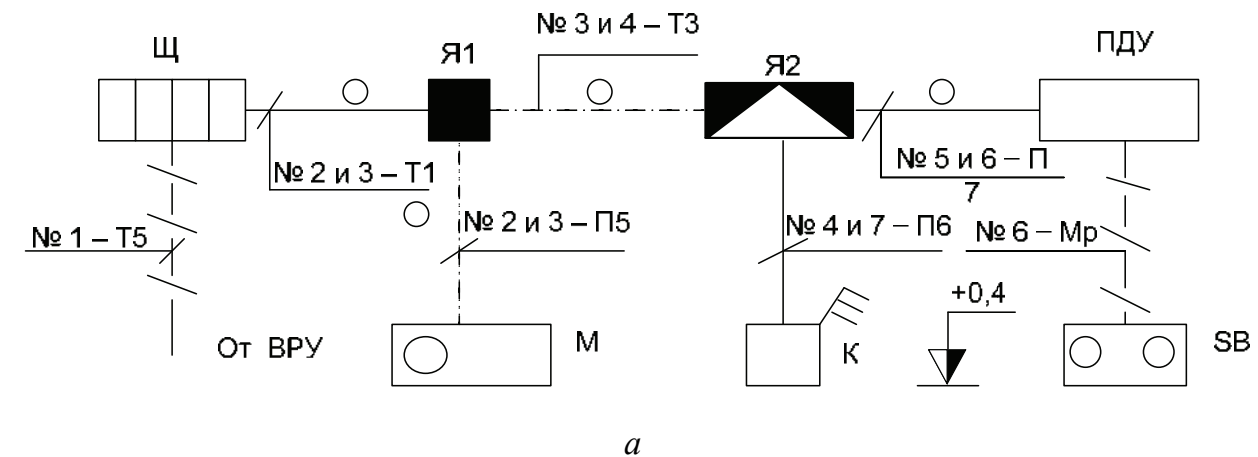


Рис. 2.86. Условные обозначения проводок на планах: *а* – схема питания потребителей; *б* – схематичная трасса линий

Линии № 5 и 6 проложены в трубе П7. Линия № 5 заканчивается в посту дистанционного управления ПДУ, а линия № 6, пройдя через ПДУ транзитом, идет к кнопчному посту SB. От ПДУ до SB она проложена в металлическом рукаве Mr.

Таблица 2.6

Принцип записей в кабельном журнале

Обозначение кабеля (группы проводов)	Начало	Конец	Трасса проходит через трассу						Кабель, провод, длина линии, м
			Обозначение	Условный проход, м	Длина, м	Протяжной ящик	Марка	Количество жил и сечений	
№ 1	ВРУ	Щ	T5	25	32	Я1	АВВГ	1 (4×10)	35
№ 2	Щ	М	T1, П5	25, 20	12, 17		АВВГ	1 (3×4)	31
№ 3	Щ	Я2	T1, T3	25	40	Я1	АВВГ	1 (4×6)	53
№ 4	М	К	П5, T3	20	17	Я1, Я2	АПВ	3 (1×2,5)	73
№ 5	Я	ПДУ	P6, P7	20, 20	14, 19		ПВ	4 (1×2,5)	20
№ 6	Я	SB	P7, Mr	18	6	ПДУ	ПВ	3 (1×2,5)	26
№ 7	Я	К	П6	—	—	—	ПВ	2 (1×2,5)	15

Изложенный анализ простейшей схемы потребовал многословного описания. Гораздо проще то же самое отражают в кабельном журнале, который для рис. 2.86 приведен в табл. 2.6.

Применение на практике условных обозначений. Рассмотрим для примера план силовой цепи и план сети электроосвещения.

План силовой сети (рис. 2.87) выполнен для части помещения, т. е. это упрощенный строительный чертеж, на котором показаны стены, простенок, окна, дверные проемы, очертания фундаментов машин и технологического оборудования. В кружках обозначены оси здания: в одном направлении они обозначены буквами А, Б; в другом – цифрами 1–3. Дана отметка пола (–1,3), которая показывает, что пол расположен на 1,3 м ниже уровня, принятого в данном сооружении за основу (за отметку 0,00).

От трансформаторной подстанции 1 идет кабельный тоннель 2 с люком 3 и колодцем 4. От колодца отходят две траншеи: существующая 5 (штриховые линии) и новая 6. В траншее 6 проложен один кабель ААБ1 (3×120 + 1×50): марка кабеля ААБ; число жил – четыре, три из них сечением 120 мм² и одна – 50 мм². Кабель питает распределительный щит 7 одностороннего обслуживания. Его номер по плану 5 (числитель), маркировка – ЩРЗ (знаменатель).

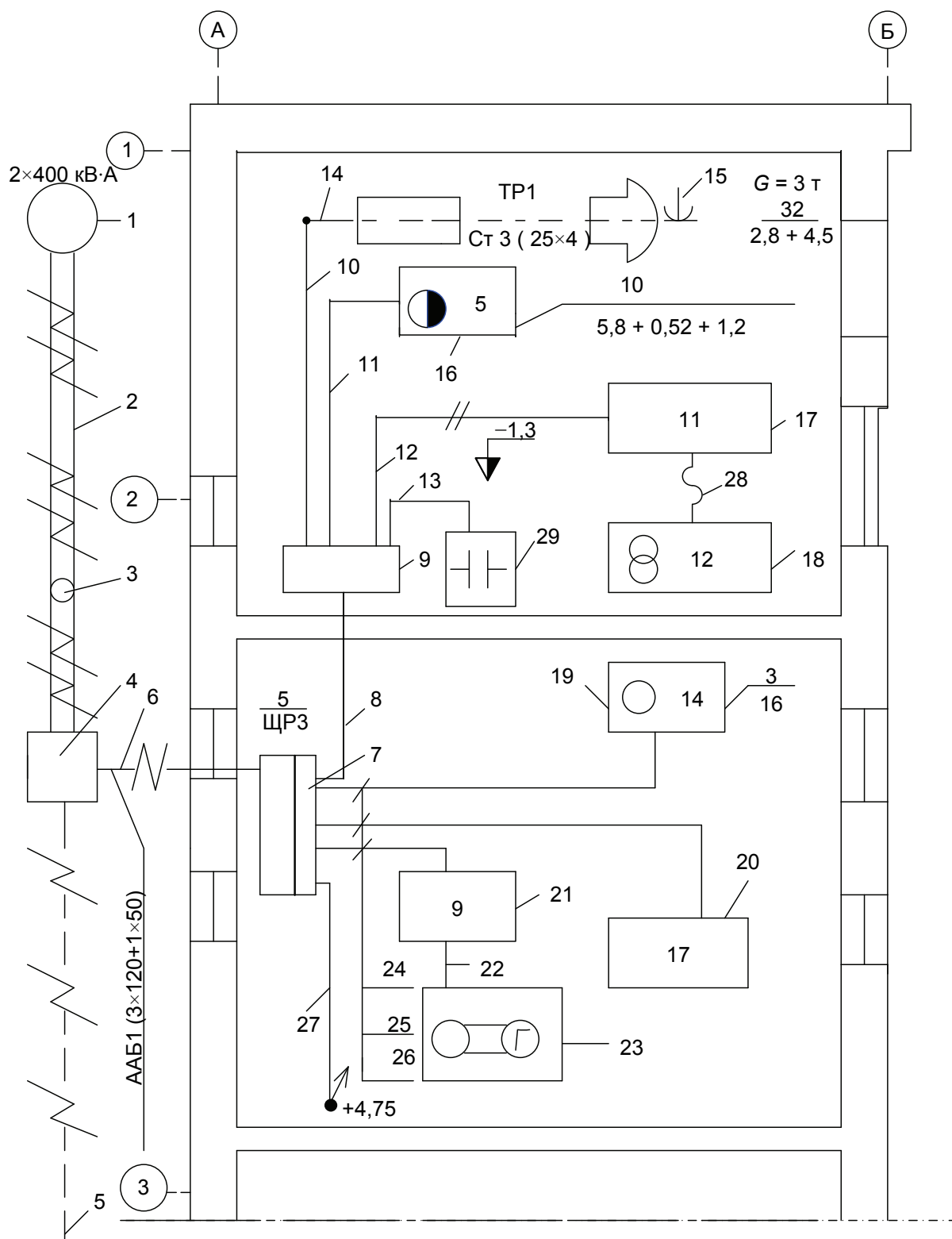


Рис. 2.87. Пример применения обозначений на плане силовой сети

От распределительного щита отходят пять линий:

- линия 8 – к распределительному пункту 9;
- линия 24 – к устройству 19 с электродвигателем. По спецификации к технологическому плану оно значится под номером 14 (надпись

внутри изображения устройства). На выноске: номер (3) по спецификации электрооборудования (числитель) и номинальная мощность 16 кВт (знаменатель);

в) линия 25 – к устройству 20. В спецификации к технологическому плану оно имеет номер 17, в данном случае это электрическая печь сопротивления мощностью 23 кВт;

г) линия 26 – к устройству 21. В спецификации к плану его номер 9 – это автотрансформатор. От него по линии 22 получает питание двигатель-генератор 23. Чтобы узнать, что представляет собой линия 22, следует обратиться к кабельному журналу, где сказано, что линия выполнена тремя проводами марки АПР, которые проложены в трубе диаметром $1 \times 1/2$ " в полу;

д) линия 27 уходит вверх на отметку + 4,75.

К распределительному пункту 9 присоединены:

1) линия 10, питающая три троллея ТР1 14, выполненных из трех (3) стальных полос 25×4 мм. У троллейной линии изображен токосъемник 15 крана грузоподъемностью $G = 3$ т. Номер крана по плану – 32 (в числителе). У крана – два двигателя мощностью 2,8 и 4,5 кВт (в знаменателе): один из них служит для передвижения крана, другой – для подъема и опускания крюка. Обозначение токоприемника заимствовано из стандарта для схем, так как в стандарте для обозначения проводок и электрооборудования на планах такого обозначения не предусмотрено. Следовательно, его обязательно нужно пояснить;

2) линия 11, питающая многодвигательный привод 16. Его номер по технологическому плану – 5. По спецификации электрооборудования он имеет номер 10 (числитель) и состоит из трех двигателей мощностью 5,8, 0,52 и 1,2 кВт (знаменатель). В данном примере отдельно указаны мощности двигателей, но иногда на плане ограничиваются указанием их суммарной мощности, т. е. в данном случае $5,8 + 0,52 + 1,2 = 7,52$ кВт.

3) линия 12 двухпроводная (на ее изображении – две черточки), присоединенная к устройству 17 – ящику с рубильником и предохранителями (см. спецификацию), от которого отходит гибкий кабель 28 к сварочному трансформатору 18;

4) линия 13, идущая к конденсаторной батарее 29.

Рассмотренный пример иллюстрирует практическое применение условных обозначений на реальном плане.

План сети освещения, приведенный на рис. 2.88, составлен для пяти помещений, имеющих номера 1–5; эти номера заключены в двойные окружности. На плане нанесены групповые щитки рабочего 8 и аварийного 7 освещения.

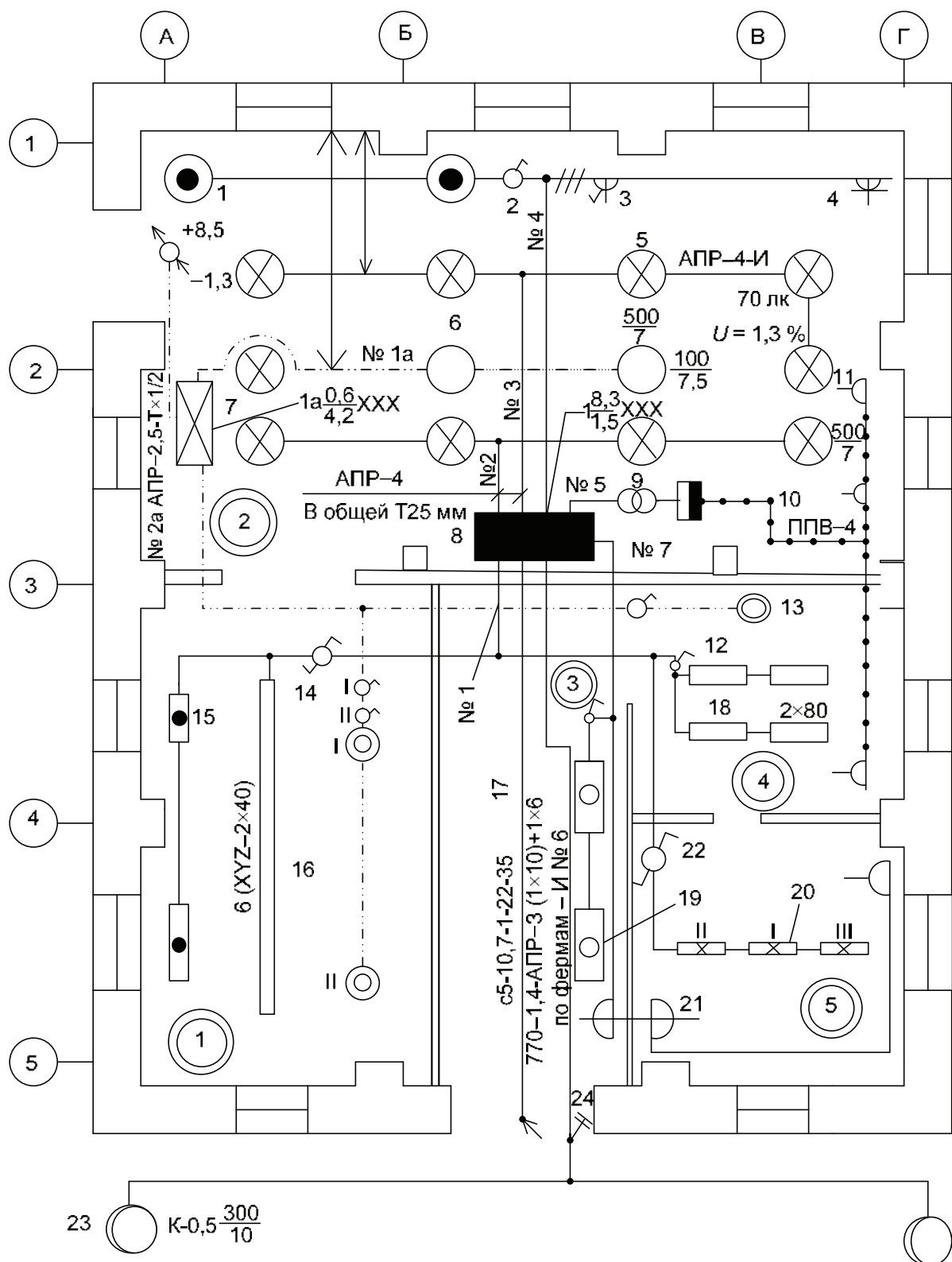


Рис. 2.88. Пример применения условных обозначений на плане сети электроосвещения

Надписи у щитков показывают их номера по плану (1 и 1a соответственно), установленные мощности (мощность питающихся от щит-

ков электроприемников – 8,3 и 0,6 кВт соответственно), потери напряжения (1,5 и 4,2 %) и типы щитков, условно обозначенные XXX.

Групповой щиток 8 питается по линии 17, которая приходит снизу, поднимается на уровень ферм и далее до щитка проложена на изоляторах по фермам. Надпись у линии расшифровывается следующим образом. В числителе: маркировка линии – с5, расчетная мощность – 10,7 кВт, коэффициент мощности – 1, расчетный ток – 22 А, длина участка – 35 м. В знаменателе: момент – 770 А · м, потеря напряжения – 1,4 %, провода АПР3(1×10) + 1×6 проложены по фермам на изоляторах (И).

От щитка 8 отходят групповые линии № 1–7. В группу № 1 входят светильники с люминесцентными лампами рабочего освещения помещений 1, 4 и 5, а именно: 15 – встроенные светильники; 16 – линия из шести (6) светильников типа XYZ, в каждом из которых две лампы (2) мощностью по 40 Вт; 18 – потолочные; 20 – подвесные светильники.

Светильники 15 и линия 16 управляются переключателем 14, с помощью которого можно включить либо оба светильника 15, либо линию 16, либо все светильники рабочего освещения. Четыре светильника 18 имеют общий однополюсный выключатель 12. Светильники 20 управляются переключателем 22, который дает возможность включить либо один средний (I), либо два крайних (II и III), либо все три светильника одновременно.

В группы № 2 и 3 входят по пять светильников 5 с лампами накаливания для рабочего освещения помещения 2. В каждом светильнике лампа мощностью 500 Вт (числитель), высота подвеса 7 м (знаменатель). У последнего в группе светильника указана потеря напряжения $U = 1,3 \%$.

Вначале (там, где линии идут рядом) провода АПР-4 (марка АПР, сечение 4 мм²) обеих линий проложены в общей стальной трубе Т диаметром 25 мм. Далее проводка выполнена на изоляторах (И).

Группа № 4 питает штепсельные розетки 4 с защитным (заземляющим или зануляющим) контактом и с выключателем 3, а также два встроенных светильника 1 с лампами накаливания и общим выключателем 2. Штепсельные розетки 3 и 4 предназначены для скрытой установки.

Группа № 5 питает штепсельные розетки 11 на напряжение 42 В (по старым нормам 36 В). Розетки включены в линию 10 через понижающий трансформатор 9, которая защищена автоматическим выключателем.

Группа № 6 питает наружное освещение, выполненное двумя светильниками 23 с лампами ДРЛ. Светильники установлены на крон-

штейнах с вылетом 0,5 м (К-0,5). Мощность лампы – 300 Вт (числитель), высота установки – 10 м (знаменатель). Выключатель 24 двухполюсный со степенью защиты IP44 для скрытой установки.

Группа № 7 предназначена для штепсельных розеток 21 в помещениях 3 и 5 и для питания встроенных светильников 19 с люминесцентными лампами в помещении 3.

Аварийное освещение разделено на две группы: № 1а и 2а. Группа № 1а предназначена для помещения 2. Она питает потолочные светильники 6. Мощность лампы в каждом из них – 100 Вт, расположены светильники на высоте 7,5 м. Группа № 2а предназначена для настенных светильников 13 в помещениях 1 и 4. Обратите внимание: светильники в помещении 1 имеют два выключателя.

Щиток 7 аварийного освещения питает линия, которая приходит снизу с отметки (–1,3) и уходит вверх на отметку +8,5.

3. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

3.1. Нормативные документы и стандарты для разработки электрических схем

Все электроустановки должны быть надежны, долговечны, безопасны, удобны в эксплуатации и экономичны. Как правило, это достигается благодаря тому, что при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации соблюдают требования нормативных и рекомендации руководящих документов.

Главными нормативными документами являются:

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
2. Строительные нормы и правила (СНиП);
3. Правила техники безопасности (ПТБ);
4. Правила технической эксплуатации (ПТЭ);
5. Государственные стандарты (ГОСТы) – они имеют силу закона;
6. Отраслевые стандарты (ОСТы), следование которым обязательно в соответствующих отраслях;
7. Другие, например правила противопожарные, охраны окружающей среды и т. п. [4].

Наряду с нормативными существуют руководящие указания и материалы, например:

- а) по расчету токов короткого замыкания (КЗ), выбору, проверке аппаратов и проводников по условиям КЗ;
- б) руководящие материалы по выполнению схем, в которых учтена специфика разных отраслей: станкостроения, автоматики, энергетики и др.;
- в) инструктивные указания по проектированию и монтажу. В них публикуются директивные технические указания, материалы для проектирования, монтажа и наладки, освещаются сметные вопросы, приводятся сведения об изделиях электротехнических заводов.

Руководящие и нормативные материалы имеют самое непосредственное отношение к вопросам, освещаемым в настоящем учебном пособии. Одной из главных задач чтения схем является установление соответствия их правилам. Например, обратившись к ПУЭ, можно проверить, верно ли спроектирована электрическая защита, правильно ли выбрана марка проводников, их сечение и т. п. Но правильно спроектировать – это лишь часть дела. Необходимо также осуществить проект. А проверить правильность выполнения работы можно, руководствуясь указаниями СНиП и другими строительными нормами.

Таким образом, ПУЭ и СНиП являются важнейшими и основными правилами. Правила устройства электроустановок определяют, что должно быть сделано, а СНиП – как это следует сделать. Нужно иметь в виду, что ни ПУЭ, ни СНиП, ни другие нормативные и руководящие материалы не заменяют учебников и не являются ими; они не поясняют, чем определено то или иное обязательное требование. Так, например, ПУЭ предписывает питать катушку магнитного пускателя от двух фаз, если электродвигатель, управляемый этим пускателем, защищен предохранителями. Поэтому, независимо от того, понятно это вовсе не очевидное требование исполнителю или нет, его нужно неукоснительно выполнять. Забегая вперед, отметим, что оно непосредственно относится к безопасности обслуживающего персонала.

Крайне важны указания заводов-изготовителей электротехнических изделий. Они приводятся в каталогах и инструкциях по эксплуатации. Но понять и оценить требования правил и инструкций по монтажу и эксплуатации можно, если известно, как влияют на электротехнические изделия нагрев и охлаждение, влага, вибрации, механические усилия и другие факторы.

3.1.1. Главные нормативные документы

Правила устройства электроустановок. Правила устройства электроустановок (седьмое издание) введены в действие 1 января 2003 г. Правила содержат семь разделов, каждый из которых состоит из глав, а главы – из пунктов и подпунктов. При ссылке на ПУЭ пишут, например, 1; 1.8; 1.8.14, что читается: «раздел 1», «глава 1.8», «пункт 1.8.14». Область действия глав ПУЭ приведена в текстах глав.

В общей части указано, что ПУЭ распространяются на все вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки. Лишь некоторые ПУЭ можно применять для действующих электроустановок, если это ее упрощает, и в тех случаях, если расходы на реконструкцию обоснованы технико-экономическим расчетом и реконструкция направлена на обеспечение тех требований безопасности, которые распространяются на действующие электроустановки. По отношению к реконструируемым электроустановкам требования ПУЭ распространяются только на реконструируемую часть электроустановок, например на аппараты, заменяемые по условиям короткого замыкания.

С целью обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на три категории: I, II и III. Первая категория – самая высокая.

Важно подчеркнуть, что ПУЭ разработаны с учетом обязательности проведения в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний, ремонтов электроустановок и их электрооборудования, а также систематического обучения и проверки обслуживающего персонала в объеме требований действующих правил технической эксплуатации и правил техники безопасности.

Строительные нормы и правила на электротехнические устройства распространяются на производство работ при строительстве новых, а также при реконструкции, расширении и техническом перевооружении действующих предприятий по монтажу и наладке электротехнических устройств, в том числе: электрических подстанций распределительных пунктов и воздушных линий электропередачи напряжением до 750 кВ, кабельных линий напряжением до 220 кВ, релейной защиты силового электрооборудования, внутреннего и наружного электрического освещения, заземляющих устройств.

Правила должны соблюдаться всеми организациями и предприятиями, участвующими в проектировании и строительстве новых, расширении реконструкции и техническом перевооружении действующих предприятий.

Общие положения. При организации и производстве работ по монтажу и наладке электротехнических устройств следует соблюдать требования СНиП 3.01.01–85, СНиГ III-4-80, государственных стандартов, технических условий, Правил устройства электроустановок и ведомственных нормативных документов, утвержденных в порядке, установленном СНиП 1.01.01–82.

Работы по монтажу и наладке электротехнических устройств следует производить в соответствии с рабочими чертежами основных комплектов чертежей электротехнических марок; по рабочей документации электроприводов; по рабочей документации нестандартизированного оборудования выполненной проектной организацией, по рабочей документации предприятий-изготовителей технологического оборудования, поставляющих вместе со шкафами питания и управления.

На каждом объекте строительства в процессе монтажа электротехнических устройств следует вести специальные журналы производств; электромонтажных работ согласно СНиП 3.01.01–85, а по завершении работ электромонтажная организация обязана передать генеральному подрядчику документацию, предъявляемую рабочей комиссии согласно СНиП III-3-81. Перечень актов и протоколов проверок и испытаний определяется ВСН, утвержденным в установленном СНиП 1.01.01–82 порядке.

Подготовка к производству электромонтажных работ. Монтажу электротехнических устройств должна предшествовать подготовка в соответствии со СНиП 3.01.01–85. До начала производства работ на объекте должны быть выполнены следующие мероприятия:

а) получена рабочая документация в количестве и в сроки, определенные Правилами о договорах подряда на капитальное строительство и Положением о взаимоотношениях организаций – генеральных подрядчиков с субподрядными организациями;

б) согласованы графики поставки оборудования, изделий и материалов с учетом технологической последовательности производства работ, перечнем электрооборудования, монтируемого с привлечением шефмонтажного персонала предприятий-поставщиков, условия транспортирования к месту монтажа тяжелого и крупногабаритного электрооборудования;

в) приняты необходимые помещения для размещения бригад рабочих, инженерно-технических работников, производственной базы, а также для складирования материалов и инструмента с обеспечением мероприятий по охране труда, противопожарной безопасности и охране окружающей среды в соответствии со СНиП 3.01.01–85;

г) разработан проект производства работ, проведено ознакомление инженерно-технических работников и бригадиров с рабочей документацией и сметами, организационными и техническими решениями проекта производства работ;

д) осуществлена приемка по акту строительной части объекта под монтаж электротехнических устройств в соответствии с требованиями настоящих правил и выполнены предусмотренные нормами и правилами мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности и охране окружающей среды при производстве работ;

е) выполнены генподрядчиком общестроительные и вспомогательные работы, предусмотренные Положением о взаимоотношениях организаций – генеральных подрядчиков с субподрядными организациями.

Электрическое освещение. Светильники с люминесцентными лампами должны быть переданы заказчиком в монтаж в исправном состоянии и проверенными на световой эффект.

Крепление светильника к опорной поверхности (конструкции) должно быть разборным.

Светильники, применяемые в установках, подверженных вибрации и сотрясениям, должны быть установлены с применением амортизирующих устройств.

Крюки и шпильки для подвеса светильников в жилых зданиях должны иметь устройства, изолирующие их от светильника.

Присоединение светильников к групповой сети должно быть выполнено с помощью клеммных колодок, обеспечивающих присоединение как медных, так и алюминиевых (алюмомедных) проводов сечением до 4 мм.

В жилых зданиях одиночные патроны (например, в кухнях и передних) должны быть присоединены к проводам групповой сети с помощью клеммных колодок.

Концы проводов, присоединяемых к светильникам, счетчикам, автоматам, щиткам и электроустановочным аппаратам, должны иметь запас по длине, достаточный для повторного подсоединения в случае их обрыва.

При подсоединении автоматов и предохранителей ввертного типа защитный (нулевой) провод должен быть присоединен к винтовой гильзе основания.

Вводы проводов и кабелей в светильники и электроустановочные аппараты при наружной их установке должны быть уплотнены для защиты от проникновения пыли и влаги.

Электроустановочные аппараты при открытой установке в производственных помещениях должны быть заключены в специальные короба.

Правила техники безопасности. Знание и соблюдение правил ТБ на электромонтажных и наладочных работах являются необходимым и главным условием не только грамотного выполнения требований разработчиков электрических схем, электроустановок, но и предупреждения производственного травматизма. Самые совершенные устройства и новейшие технические мероприятия по ТБ не всегда достигают своей цели, если электромонтер не понимает их назначения. Только сознательное отношение к рекомендациям проектировщиков, направленным на предупреждение ошибок при монтаже электрических схем, опасности в работе, полное знание производственных операций, оборудования.

В каждой электромонтажной организации и в каждом предприятии должны действовать постоянные курсы по изучению правил ТБ; должны быть оборудованы специальные кабинеты по ТБ, в которых надлежит проводить всю учебно-методическую информационно-выставочную работу. Возглавляет эти работы инженер по ТБ.

Обучение правилам ТБ всего личного состава электромонтажных организаций и предприятий проводится по программам, утвержденным

главным инженером для каждой специальности и категории рабочих и ИТР отдельно. Обучение должно сопровождаться демонстрацией кинофильмов, диапозитивов, наглядных пособий, средств индивидуальной защиты, макетов ограждений, креплений, приспособлений. После обучения на курсах слушатели сдают экзамен. Для чтения курса «Техника безопасности» и обучения грамотным безопасным приемам работы организация или предприятие приглашает квалифицированного преподавателя.

Для приема экзаменов у прошедших курс обучения в организации и предприятии создается постоянно действующая квалификационная комиссия, возглавляемая главным инженером. В состав комиссии входят ведущие специалисты, имеющие большой организаторский опыт по безопасным условиям труда, преподаватель, инженер по ТБ, представитель профсоюзной организации и представители государственных надзоров по специальности. Не допускается проведение экзаменов квалификационной комиссией в составе менее трех человек. Результаты экзаменов записываются в протокол проверки знаний правил ТБ у рабочих и ИТР.

Прошедшим проверку знаний и сдавшим экзамен выдается удостоверение по технике безопасности.

Периодическая проверка знаний правил ТБ, действующих инструкций и других нормативных документов по охране труда, ТБ, производственной санитарии и противопожарной технике производится:

- у рабочих всех специальностей и любой квалификации – ежегодно;
- у линейных ИТР монтажных и наладочных организаций, мастеров цехов – один раз в год;
- у руководящего состава монтажных и наладочных организаций – один раз в два года;
- у административного, технического и хозяйственного персонала – один раз в два года.

Главный инженер организации или предприятия имеет право в целях обеспечения высоких требований безопасного производства работ изменить периодичность проверки знаний правил ТБ, но только в сторону ужесточения.

Объем знаний правил для каждой категории электротехнического, электромонтажного, наладочного и другого персонала, а также отдельно для ИТР и рабочих устанавливает главный инженер организации или предприятия.

Правила технической эксплуатации электрооборудования представляет собой комплекс работ, проводимых для поддержания в ис-

правности электроустановок при использовании их по назначению. Они включают повседневный уход за электроустановками; контроль режимов их работы; наблюдение за исправным состоянием; проведение осмотров; инструкций заводов-изготовителей и местных инструкций.

Техническое обслуживание электроустановок является важным звеном системы планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта электрооборудования, предупреждающее аварийные ситуации. Его осуществляет оперативный и оперативно-ремонтный персонал и проводит в процессе работы электроустановок во время перерывов, нерабочих дней и смены.

В профессиональные обязанности электрика по обслуживанию электрооборудования в цехах промышленных предприятий входят:

- профилактический осмотр электрооборудования;
- осмотр защитных средств, креплений, пуско-регулирующих устройств;
- регулировка пускателей, реле, контрольно-измерительных приборов и другого электрооборудования;
- надзор за соблюдением правил технической эксплуатации электроустановок;
- работы по устранению неисправностей электрооборудования;
- работы по поддержанию в исправном состоянии искусственного общего и местного освещения;
- проверка и устранение неисправностей в устройстве заземления;
- оформление технической документации по учету работы электрооборудования, регистрация неисправностей.

При обслуживании электроустановок выполняют следующие работы:

- обнаружение неисправностей в электрических цепях;
- разборка и сборка электроаппаратуры и электрооборудования;
- замеры напряжения и тока в электрических цепях;
- замена сгоревших плавких вставок, электрических ламп и электродвигателей.

Работу в электроустановках производят по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.

Стандарты. Схемы выполняют, руководствуясь государственными стандартами РФ, которые имеют силу закона. Стандарты, относящиеся к схемам, входят в седьмую классификационную группу Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Обозначение этих стандартов строится по следующей системе:

ГОСТ 2.700–00 – государственный стандарт РФ; 2 – признак системы ЕСКД (другим системам документации присвоены другие цифры); 7 – признак седьмой классификационной группы схем, за которой следует номер стандарта (1–99) в пределах группы. После разделительного знака указан год регистрации (утверждения) стандарта.

Кроме года утверждения указан срок введения, а иногда и срок его действия. Промежуток между датами утверждения и введения – несколько месяцев. Столь большое время необходимо, чтобы успеть отпечатать, распространить и изучить стандарт, а также закончить проекты по тем же ГОСТ, в которых они были начаты. Каждый ГОСТ имеет название.

Например, ГОСТ 2.413–72 устанавливает правила выполнения сборочных чертежей и спецификаций в конструкторской документации изделий всех отраслей промышленности, изготавливаемых с применением электрического монтажа. Приведем его основные положения:

1. Конструкторская документация изделия, изготавливаемого с применением электрического монтажа, должна быть выполнена в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

2. Конструкторскую документацию изделия с электромонтажом выполняют в одном из четырех вариантов:

А – для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого целесообразно производить по одному и тому же чертежу, выпускают сборочный чертеж в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–73 и на спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106–96;

Б – для изготовления изделия, механическую сборку и электромонтаж которого производить по одному и тому же чертежу нецелесообразно, из состава изделия с электромонтажом выделяют в виде самостоятельной сборочной единицы изделие механической сборки или совокупность составных частей, устанавливаемых при электромонтаже.

На изделие с электромонтажом выпускают сборочный чертеж в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–73 и спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106–96. На сборочном чертеже изделия с электромонтажом составные части, устанавливаемые при электромонтаже, не изображают, если они выделены в самостоятельную сборочную единицу.

На сборочную единицу, представляющую собой совокупность составных частей, устанавливаемых при электромонтаже, выпускают спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106–96; в таких случаях допускается сборочный чертеж не выпускать;

В – для изготовления изделия, механическую сборку и электро-монтаж которого производить по одному и тому же чертежу нецелесообразно и чертеж для электромонтажа выполнять как сборочный нерационально, выпускают:

для механической сборки – сборочный чертеж в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–73 и спецификацию в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106–96;

для электромонтажа – электромонтажный чертеж в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–73; электромонтажному чертежу присваивают обозначение монтируемого изделия (с кодом МЭ). Составные части, устанавливаемые по электромонтажному чертежу, вносят в спецификацию монтируемого изделия в дополнительных разделах;

Г – для изготовления изделия, механическую сборку и электро-монтаж которого производить по одному и тому же чертежу нецелесообразно и выпуск чертежа для электромонтажа затруднителен или нерационален, выпускают сборочный чертеж для механической сборки в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–73. В технических требованиях чертежа приводят ссылку на документ, которым следует руководствоваться при электромонтаже:

на электрическую схему соединений или принципиальную – при выполнении документации изделия индивидуального производства или опытного образца;

на таблицу соединений – при выполнении документации изделия серийного производства, в котором при электромонтаже устанавливают только соединительные проводники, прокладка и крепление которых определены конструкцией изделия.

Составные части, устанавливаемые при электромонтаже, вносят в спецификацию монтируемого изделия в дополнительных разделах.

Стандарты с течением времени могут претерпевать изменения. Некоторые стандарты аннулируются и заменяются новыми. Новый ГОСТ сохраняет тот же номер, но последние цифры, указывающие год регистрации, естественно, изменяются. Замена одного ГОСТа другим оговаривается словами «Взамен ГОСТ». Иногда заменяется не весь стандарт, а только некоторые его разделы.

Текущая информация о вновь утвержденных стандартах и внесенных изменениях публикуется в ежемесячном «Информационном указателе стандартов». Если стандарт переиздан и при переиздании уже учтены изменения, то к обозначению стандарта добавляют звездочку.

Государственный стандарт, действующий на 1 января текущего года, публикуется в «Указателе государственных стандартов РФ».

Кроме государственных стандартов РФ (ГОСТ) существуют стандарты: отраслевые (ОСТ), стандарты предприятий (СТП), а также технические условия и нормы. Эти нормативные документы разрабатываются в необходимых случаях для отраслей народного хозяйства, предприятий и т. п., т. е. имеют ограниченное применение. Но они ни в коем случае не могут противоречить ГОСТам.

Принятие нового стандарта автоматически отменяет предыдущий стандарт. Однако оба стандарта некоторое время неизбежно сосуществуют. Этот очень важный вопрос требует пояснений. Дело в том, что независимо от введения нового стандарта действующие сооружения, разработанные по старому стандарту, фактически существуют. При их эксплуатации пользуются исполнительной документацией, а она выполнена по стандарту, который уже отменен. Переделывать исполнительную документацию нельзя не только по формальным причинам. Главное состоит в том, что малейшая ошибка при перечерчивании схемы может привести к очень тяжелым последствиям: нарушению электроснабжения, повреждению электрооборудования, человеческим жертвам.

Другое, не менее важное обстоятельство – текущее строительство. Совершенно ясно, что изъять у строителей документацию, по которой они уже работают, невозможно.

И наконец, третье – это книги, в том числе печатные руководящие материалы, которые уже изданы, но еще долго не утратят своего значения.

Одним словом, нужно знать и старые, и новые стандартные обозначения и уметь их сопоставлять. С этой целью в учебном пособии рядом помещены и новые и старые обозначения (если они различаются). Но старые обозначения обведены волнистой линией.

Совместное использование старых и новых стандартов на графические условные обозначения, буквенно-цифровые позиционные обозначения элементов, в ряде случаев стандарт на систему обозначений участков цепей в электрических установках как ранее применявшийся, так и вновь утвержденный. Дело в том, что катушки любых реле, магнитных пускателей и контакторов, рубильники, выключатели автоматические, все однотипные электрические машины, трансформаторы, приборы изображают соответственно одинаково. Следовательно, без позиционных обозначений нельзя ни различить разные аппараты, ни установить принадлежность деталей (катушек, контактов) тому или иному аппарату.

Необходимость в позиционных обозначениях элементов иллюстрирует рис. 3.1, а, на котором рубильники *SA1*, *SA2*, катушки реле *K1–K3* и их контакты, лампы *HL1* и *HL2* различаются с помощью пози-

ционных обозначений. Они же устанавливают связи между частями изделия, которые изображены в разных цепях. Например, в цепь лампы $K3$ введены контакты реле $K1$ и $K3$, в цепь лампы $HL2$ – контакты реле $K2$ и $K3$, в цепь катушки $K3$ – рубильник $SA2$ и контакт реле $K1$. Достаточно изменить позиционные обозначения, и эта же схема изобразит другую электроустановку.

Без обозначений участков цепей их нельзя различить. На рис. 3.1, *а* участки цепей обозначены цифрами, но не произвольно, а по определенной системе. Так, все однопотенциальные участки имеют одно и то же обозначение – одну и ту же марку (номер). Например, верхний питающий провод и ответвления от него имеют марку 1, марка нижнего питающего провода и ответвлений от него – 2.

При переходе через катушку (контакт, резистор, конденсатор), иными словами, в тех случаях, когда потенциал участка может принимать различные значения, марка меняется. Рассмотрим в качестве примера первую справа цепь на рис. 3.1, *а*. В ней к контакту $K2$ сверху (по схеме) подходит провод 1. После контакта марка меняется на 7. К контакту $K3$ подходят провода с марками 7 и 8. К лампе $HL2$ подходят провода 8 и 2.

Обозначения участков цепей дают возможность найти необходимую часть аппарата. Поясним это, обратившись в реле $K3$ (рис. 3.1, *б*). Это реле имеет два одинаковых контакта, но один из них введен в цепь лампы $HL1$, а другой – в цепь лампы $HL2$. Как же их различить на самом реле? При наличии маркировки жил нет ничего проще. В этом легко убедиться, сопоставив рис. 3.1, *а* и *б*. К одному контакту подходят провода 5 и 6, значит, именно этот контакт введен в цепь лампы $HL1$; к другому – провода 7 и 8, значит, этот контакт относится к цепи лампы $HL2$.

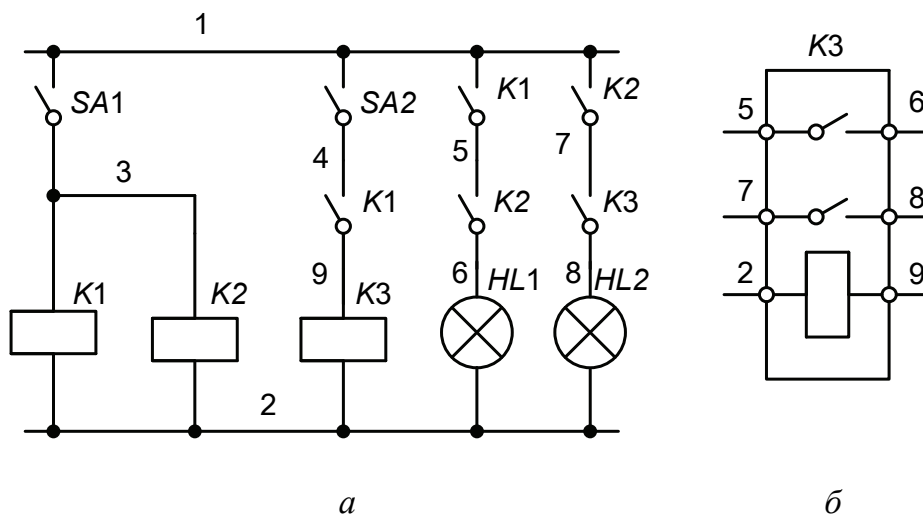


Рис. 3.1. Позиционные обозначения аппаратов

Есть стандарты, которые ни в коем случае нельзя применять совместно, так как одни и те же или очень похожие обозначения имеют разное содержание. Это относится, например, к стандартам на условные графические обозначения для схем и на обозначения электрооборудования и проводок на планах, в чем легко убедиться, обратившись к рис. 3.2, а. Так, на этом рисунке видно сходство обозначений на плане щита, пульта, шкафа управления с обозначением на схеме резистора, пускателя на плане и регистрирующего измерительного прибора на схеме, протяжной коробки на два направления на плане и плавкого предохранителя на схеме.

Особый случай представляют схемы электропитания. Применение на одном чертеже обозначений из стандартов, имеющих разное назначение, может привести к ошибкам (рис. 3.2, а). Но если граница между схемой и изображением электрооборудования на плане явно выражена, то применяют для одной части чертежа обозначения для схем, а для другой – для планов (рис. 3.2, б). На рис. 3.2, б в обозначениях для планов изображены: двигатель асинхронный *М1*, трансформатор *Т4* комплектно с выключателем и предохранителями, шкаф управления ШУ, шкаф со статическими конденсаторами *С*. В обозначениях для схем показаны двухобмоточный трансформатор *Т1* с выведенной нейтралью, выключатели автоматические *QF1–QF4*, четыре шины (на линии, изображающей шины, четыре черточки).

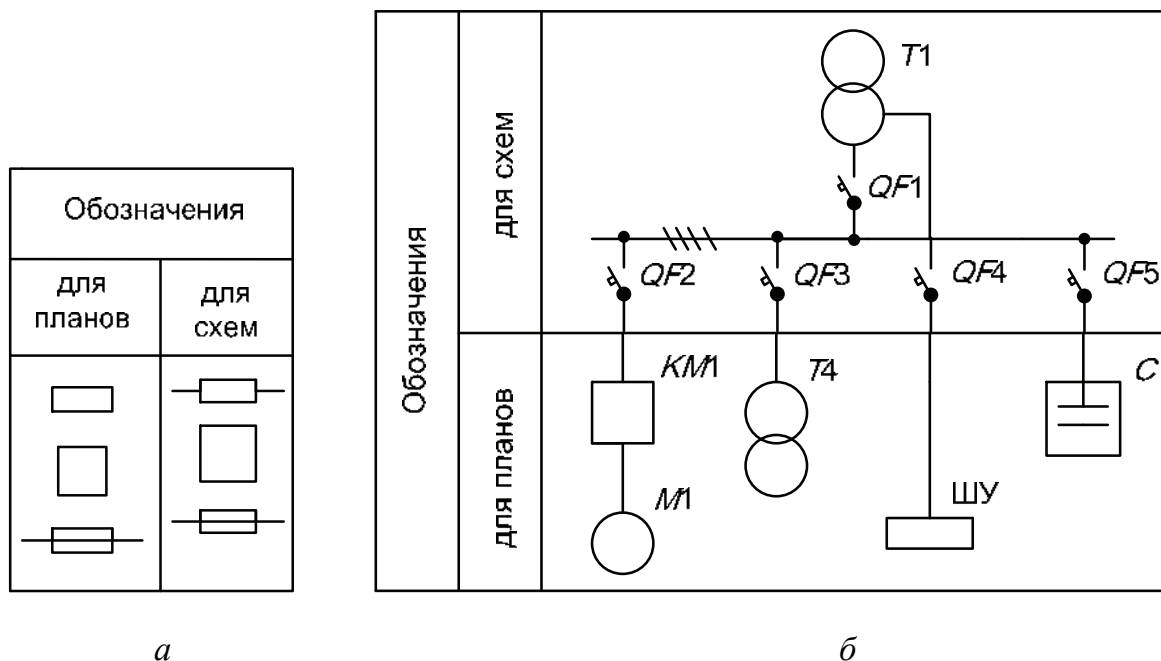


Рис. 3.2. Применение на одном чертеже обозначений из стандартов, имеющих разное назначение

Независимо от того, по какому ГОСТу изображен тот или иной элемент устройства, на всех чертежах и схемах он имеет одно и то же позиционное обозначение, иначе нарушится связь между чертежами. Например, если на плане трансформатор имеет позиционное обозначение *T4*, то точно так же его обозначают на всех схемах, относящихся к данной электроустановке.

Отраслевые стандарты (ОСТ) обязательны для всех предприятий организаций данной отрасли, а также для предприятий и организаций других отраслей (заказчиков), применяющих (потребляющих) продукцию этой отрасли. Под отраслью понимается совокупность предприятий и организаций независимо от их территориального расположения и ведомственной принадлежности, разрабатывающих и (или) изготавливающих определенные виды продукции, относящиеся к номенклатуре продукции, закрепленной за министерствами, являющимися ведущими в ее производстве.

Отраслевые стандарты утверждаются министерством (ведомством), являющимся ведущим в производстве данного вида продукции, в соответствии с отраслевой принадлежностью.

Стандарты предприятия. Для обеспечения организации производства, установления требований к технологическим процессам и оснастке, техническим нормам, применяемым на данном предприятии, разрабатывают стандарты предприятия (СТП). За последние годы на предприятиях получили широкое распространение стандарты предприятия, регламентирующие функции комплексных систем управления качеством. Стандарты предприятия не распространяются на поставляемую продукцию. Стандарты предприятия утверждаются руководством предприятия.

Стандарты всех категорий устанавливаются без ограничения срока их действия или на ограниченный срок.

Показатели, нормы, характеристики, требования, устанавливаемые стандартами, должны соответствовать передовому уровню науки, техники и производства, основываться на результатах научно-исследовательских, экспериментальных и опытно-конструкторских работ, которые, как правило, должны заканчиваться созданием нормативно-технической документации. Показатели, нормы, характеристики, требования должны соответствовать принятым в РФ рекомендациям и учитывать рекомендации международных организаций.

В стандартах должны предусматриваться объективные показатели качества, надежности и долговечности продукции и эстетики.

3.1.2. Руководящие указания и материалы

Каталоги, выпускаемые заводами-изготовителями, содержат основные характеристики электрооборудования, кабельной продукции, электромонтажных изделий и указывают условия применения, установочные размеры и, в необходимых случаях, схемы соединений, расположение выводов и т. п. Каталоги (за исключением сводных по отдельным видам оборудования) издаются отдельными выпусками, которые комплектуются в тома.

Инструкции по монтажу и эксплуатации поясняют особенности изделий, содержат указания заводов-изготовителей и обязательные требования к настройке, регулировке, монтажу и эксплуатации изделий.

Номинальные величины являются исходными для правильного проектирования, наладки и эксплуатации. При номинальных значениях величин электрические машины, аппараты, приборы и другие изделия не только достаточно хорошо работают, но и служат не менее установленного срока службы. Например, при номинальном напряжении 220 В лампа накаливания дает яркий свет и служит не менее 1 000 ч. Если же напряжение повысить примерно на 20 В, то яркость, конечно, увеличится, но срок службы сократится вдвое. И наоборот, при снижении напряжения примерно на 20 В срок службы удвоится, однако яркость заметно снизится.

Номинальными величинами могут быть: напряжение, ток, мощность, сопротивление, емкость, температура, индуктивность, частота вращения и вообще любой параметр, определяющий условия работы изделия, предусмотренные заводом-изготовителем. Значения номинальных величин указаны на табличках электродвигателей и трансформаторов, катушках реле, колбах ламп, конденсаторах, резисторах и других электротехнических изделиях. Они могут быть приведены в каталогах, технических паспортах, в инструкциях по эксплуатации.

Если значение какого-либо параметра, например тока электродвигателя, неизвестно, то его вычисляют исходя из известных нормальных мощности и напряжения.

Рассмотрим особенности некоторых номинальных величин. Различают:

а) номинальное напряжение электроприемников – оно же принимается за номинальное напряжение сети;

б) номинальное напряжение источников (генераторов, аккумуляторных батарей) и преобразователей тока (вторичных обмоток трансформаторов), но без нагрузки.

Номинальное напряжение источников и преобразователей всегда выше номинального напряжения сети. Например, напряжение вторичной обмотки трансформатора – 400/230 В, но лишь до тех пор, пока трансформатор не нагружен (400 В между фазами и 230 В между каждой фазой и нейтралью). А под нагрузкой из-за потерь в самом трансформаторе и сети напряжение несколько снижается, приближаясь к номинальному напряжению сети 380/220 В.

Номинальное напряжение конденсатора, например 100 В, указывает предельное напряжение сети, в которой может использоваться конденсатор. В нашем случае напряжение сети не должно превышать 100 В. Для сети любого меньшего напряжения этот конденсатор годится, но при обязательном учете рода тока: постоянный, переменный, пульсирующий. Необходимость указывать род тока объясняется тем, что при переменном (пульсирующем) токе через конденсатор проходит ток, который нагревает диэлектрик, что может привести к его пробое.

Номинальная мощность резисторов, например 10 Вт, – это предельная мощность, которую может рассеять поверхность резистора без недопустимого для него перегрева.

Номинальными величинами диодов являются:

а) номинальный прямой ток. Ток, проходящий через диод, не должен превышать номинального прямого тока, иначе диод перегреется и выйдет из строя;

б) наибольшая амплитуда обратного напряжения, которая должна быть не меньше максимального мгновенного значения напряжения сети. В противном случае диод будет пробит.

На электроустановочных устройствах (розетках, выключателях, патронах) указывают предельные значения токов, напряжений, мощности, а кроме того, на зажимах, разъемах и других изделиях нередко указывают наибольшие сечения присоединяемых проводников.

У автоматических выключателей различают номинальные напряжения и ток, определяющие соответственно предельное напряжение сети, в которой допустимо применять выключатель, и предельный ток, который может неограниченно долго проходить через его контактную схему. Весьма важны ток (напряжение) и тип расцепителя: тепловой, электромагнитный, комбинированный, минимального напряжения.

У предохранителей различают четыре номинальные величины:

- а) напряжение предохранителя – корпуса, патрона, контактных стоек;
- б) напряжение плавкой вставки;
- в) ток плавкой вставки;
- г) ток предохранителя.

В инструкциях могут приводиться и другие необходимые сведения. Так, если указаны пределы напряжений $(0,85-1,1)U$, то из этого ясно, что завод-изготовитель гарантирует устойчивую работу изделия в пределах от 85 до 110 % номинального напряжения. Но в каталогах и инструкциях есть и такие сведения, которые без дополнительных пояснений не могут быть использованы или, что значительно хуже, могут быть неправильно истолкованы. К ним относятся:

- а) время-токовые защитные характеристики;
- б) вольт-амперные характеристики;
- в) таблицы коммутационной способности контактов;
- г) указания по настройке и регулировке аппаратуры.

Подробно эти вопросы рассмотрены в литературе. Здесь кратко остановимся на последних двух.

Таблицы коммутационной способности контактов. Коммутационные контакты аппаратов – наиболее уязвимая часть электроустановки. Если не учитывать реальных условий их работы, то контакты могут преждевременно выйти из строя, сгореть и даже привариться.

Коммутационная способность контактов, т. е. условия, при которых они надежно работают в течение положенного срока службы, зависит:

а) от свойств коммутируемой цепи: безындуктивная нагрузка (лампы, печи) легче коммутируется, чем нагрузка индуктивная (катушки реле, контакторов, приводов выключателей, электродвигатели);

б) от длительности прохождения тока через контакт: контакты, рассчитанные на кратковременный режим, нельзя замыкать длительно, иначе они перегреваются;

в) от скорости переключения. Например, контакты электромагнитного реле переключаются быстро – это хорошо, а контакты тепловых реле (если не приняты специальные меры ускорения) переключаются медленно – это плохо.

Указания по настройке и регулировке аппаратуры. Очень важно при чтении и оценке работоспособности и устойчивости схемы тщательно проверять:

- а) выполнены ли требования инструкции по монтажу и эксплуатации;
- б) не выходят ли параметры аппаратуры, которые заданы составителем схемы, за пределы, указанные в паспорте, каталоге или другом руководящем документе.

Номенклатурные списки и справочники содержат перечень выпускаемых изделий и их цены. Там же указывается, какие изделия предполагается снять с производства и чем они будут заменены.

Прейскуранты – это официальные сборники цен по видам оборудования и материалов. Каждый прейскурант имеет шифр (номер). Например, в прейскуранте № 15-01 даны цены на электрические машины средней и малой мощности. Цены в прейскурантах сведены в таблицы.

Ценники на монтаж оборудования выпускаются по видам работ. Например, ценник № 8 дает расценки на монтаж электрических установок. В общей части ценника рассматриваются специфические условия работ по данному ценнику. В ценниках указан состав работы и перечислены материалы и конструкции, не учтенные в стоимости монтажных работ. Например, стоимость вспомогательных материалов входит в цену монтажа, но цены труб, кабелей, электродвигателей в ценнике не учтены.

3.2. Общие правила выполнения схем

3.2.1. Общие сведения об электрических схемах

Электрическая схема – это графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Электрические схемы применяют при изучении принципа действия механизмов, машин, приборов, аппаратов, при их наладке и ремонте, монтаже электрических сетей, для уяснения связи между отдельными составными частями изделия без уточнения особенностей их конструкции.

Электрические схемы входят в комплект конструкторской документации и содержат вместе с другими документами необходимые данные для проектирования, изготовления, сборки, регулировки и эксплуатации изделий.

Схемы предназначаются:

на этапе проектирования – для выявления структуры будущего изделия при дальнейшей конструкторской проработке;

на этапе производства – для ознакомления с конструкцией изделия, технологическим процессом изготовления и контроля узлов и элементов;

на этапе эксплуатации – для выявления неисправностей и использования при техническом обслуживании.

Правила выполнения и оформления схем регламентируют стандарты седьмой классификационной группы ЕСКД. Виды и типы схем, общие

требования к их выполнению должны соответствовать ГОСТ 2.701–84 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению», правила выполнения всех типов электрических схем – ГОСТ 2.702–75 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем». При выполнении электрических схем цифровой вычислительной техники руководствуются правилами ГОСТ 2.709-81 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники». Обозначение цепей в электросхемах выполняют по ГОСТ 2.709–72 «ЕСКД. Система обозначений цепей в электрических схемах», буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах – по ГОСТ 2.710–81 «ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

Общие требования к выполнению схем:

1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделия.

2. Достаточное количество типов схем, разрабатываемых на проектируемое изделие, а также количество схем каждого типа определяется разработчиком в зависимости от конструкции изделия. Комплект схем должен быть по возможности минимальным, но содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. Между схемами одного комплекта конструкторских документов на изделие должна быть установлена однозначная связь, обеспечивающая возможность быстрого получения необходимой информации об элементах, устройствах и соединениях на всех схемах данного комплекта.

3. На схемах, как правило, используют стандартные графические условные обозначения. Если необходимо использовать нестандартные обозначения отдельных элементов, то на схеме делают соответствующие пояснения.

4. Следует стремиться к наименьшему числу изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 мм.

5. На электрических схемах разрешается помещать технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения помещают либо около графических обозначений, либо на свободном поле схемы, как правило, над основной надписью.

6. Допускается выполнять схему на нескольких листах (объединенную или комбинированную схему). Наименование объединенной схемы определяется видом и объединенными типами схем (например, схема электрическая принципиальная и соединений), наименование комбинированной схемы – комбинированными видами и типом схемы (например, схема электрогидравлическая принципиальная).

ГОСТ 2.701–84 устанавливает классификацию, обозначение схем и общие требования к их выполнению для изделий всех отраслей промышленности, а также схем энергетических сооружений (электрических станций, электрооборудования промышленных предприятий и т. п.). Стандартом установлены также термины, используемые в конструкторской документации, и их определения.

Элемент схемы – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, конденсатор, интегральная микросхема, трансформатор, насос и т. п.).

Устройство – совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата). Может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

Функциональная группа – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию (усилитель, модулятор, генератор и т. п.).

Функциональная часть – элемент, устройство или функциональная группа, имеющие строго определенное функциональное назначение.

Функциональная цепь – линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал, тракт СВЧ и т. п.).

Линия взаимосвязи – отрезок линии на схеме, указывающей на наличие связи между функциональными частями изделия.

Линия электрической связи – линия на схеме, указывающая путь прохождения тока, сигнала и т. д.

Установка – условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема, например главные цепи.

При выполнении схем действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно. Расположение условных графических обозначений на схеме определяется удобством чтения схемы и должно обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимосвязи его составных частей. Для этого при построении схемы должны соблюдаться следующие условия:

а) элементы, совместно выполняющие определенные функции, должны быть сгруппированы и расположены соответственно развитию процесса слева направо;

б) расположение элементов внутри функциональных групп должно обеспечивать наиболее простую конфигурацию цепей (с минимальным количеством изломов и пересечений линий связи);

в) дополнительные и вспомогательные цепи (элементы и связи между ними) должны быть выведены из полосы, занятой основными цепями.

Допускается УГО располагать в таком же порядке, как они расположены в изделии, если это не нарушает удобочитаемости схемы. Для повышения наглядности схем допускается изображать графические обозначения элементов или функциональных групп разнесенным способом, т. е. располагать их составные части в разных местах схемы. В этом случае на поле схемы можно указывать полные условные графические обозначения функциональных частей или таблицы, разъясняющие их расположение.

Разрешается выполнять схемы в пределах условного контура, упрощенно изображающего конструкцию изделия. Условные контуры при этом выполняются сплошными линиями, равными по толщине линиям связи.

Линии связи изображают в виде горизонтальных и вертикальных отрезков, имеющих минимальное количество изломов и взаимных пересечений. Для упрощения рисунка схемы допускается применять наклонные линии, ограничивая, по возможности, их длину. Расстояние (просвет) между двумя соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм, между двумя соседними линиями графического обозначения – не менее 1 мм, между отдельными условными графическими обозначениями – не менее 2 мм.

Если в состав изделия входят устройства, которые могут быть применены самостоятельно или в других изделиях, то на каждое такое устройство рекомендуется выполнять самостоятельные принципиальные схемы.

Функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, изображают штрихпунктирной линией, равной по толщине линиям связи очертания. Фигура должна иметь прямоугольную форму (рис. 3.3). Допускается выделять части схемы фигурами непрямоугольной формы.

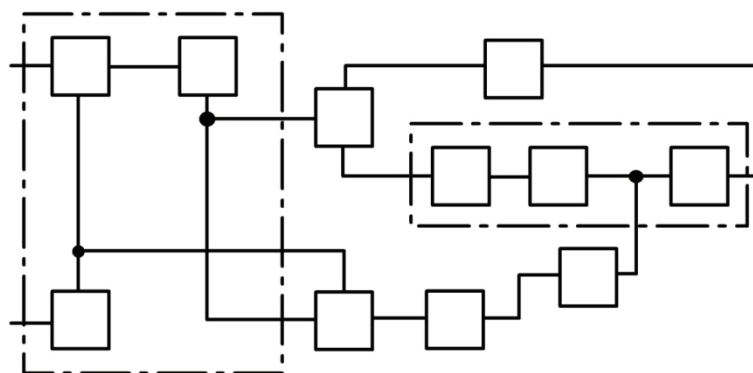


Рис. 3.3. Изображение одинаковых устройств изделия

Если изделие содержит одинаковые устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, то каждое из них рассматривают как элемент схемы и изображают на схеме в виде прямоугольника или УГО, присваивают ему позиционное обозначение и записывают в перечень элементов одной позицией.

При выполнении схемы на нескольких листах или в виде совокупности схем одного типа рекомендуется: для функциональной и принципиальной схем изображать на каждом листе или на каждой схеме определенную функциональную группу, функциональную цепь (линию, тракт и т. п.); для схем соединений – часть изделия (установки), расположенную в определенном месте конструкции изделия или в определенной функциональной цепи.

3.2.2. Размещение графических обозначений и надписей на схеме

Электрические элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД или построенных на их основе. При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения. Стандартизованные или строящиеся на основе стандартизованных графические обозначения на схемах не поясняют; нестандартизованные обозначения должны быть пояснены на свободном поле схемы.

Если на условные обозначения установлено несколько допустимых вариантов выполнения, различающихся геометрической формой и степенью детализации, то их применяют в зависимости от назначения и типа разрабатываемой схемы, а также количества информации, которую необходимо передать на схеме графическими средствами. При этом на всех схемах одного типа, входящих в комплект документации на изделие, применяют один выбранный вариант обозначения.

Кроме условных графических обозначений, на схемах соответствующих типов можно применять другие категории графических обозначений: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания, представляющие собой упрощенные конструктивные изображения изделий.

Разрешается на схеме увеличивать размеры обозначений отдельных элементов, если необходимо графически выделить особое значение элемента (устройства), а также помещать внутри обозначения предусмотренные стандартами квалифицирующие символы или необходимую дополнительную информацию. С целью повышения компактности схе-

мы допускается размеры графических обозначений пропорционально уменьшать, учитывая при этом возможности использования копировальной техники. Для обеспечения визуального восприятия схемы расстояние между двумя соседними линиями в любом графическом обозначении должно быть не менее 1 мм.

При выборе размеров условных графических обозначений схем руководствуются теми же рекомендациями, что и при выборе форматов. Выбранные размеры и толщина линий графических обозначений должны быть выдержаны постоянными во всех схемах одного типа на данное изделие.

Графические обозначения следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

Размещение условных графических обозначений на схеме должно обеспечивать наиболее простой рисунок схемы с минимальным количеством изломов и пересечений линий электрической связи.

Рекомендуется изображать условные графические обозначения в положении, указанном стандартами, или повернутыми в любом направлении на угол, кратный 90° (рис. 3.4, *а*), за исключением случаев, оговоренных в стандартах. Для упрощения начертания схем или более наглядного представления отдельных цепей допускается поворачивать условные графические обозначения на углы, кратные 45° по сравнению с их изображениями в стандарте (рис. 3.4, *б*). При этом квалифицирующие символы излучения (световой поток, рентгеновское излучение и т. п.) в обозначениях приборов не должны менять своей ориентации относительно основной надписи схемы (рис. 3.5). Если же повороты и зеркальные изображения условных графических обозначений приводят к искажению или потере их смысла (например, обозначения контактов), то такие обозначения выполняют в положениях, приведенных в стандартах.

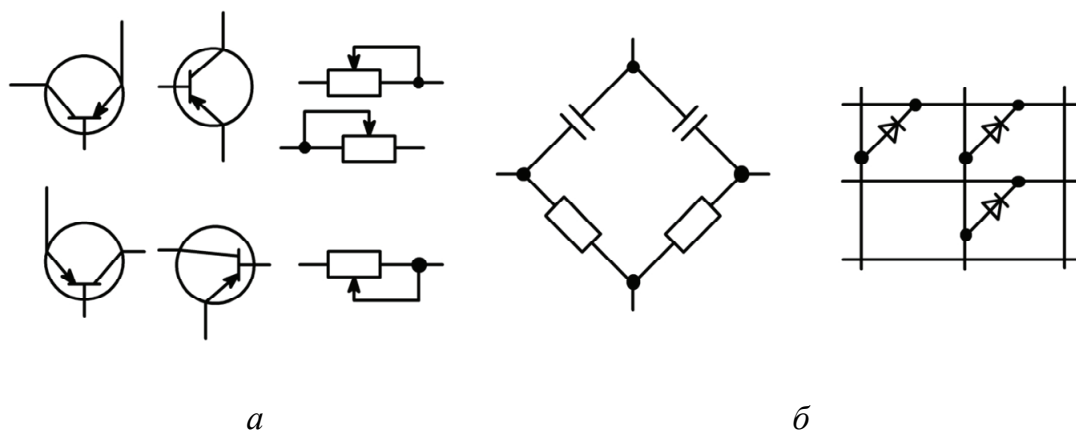


Рис. 3.4. Ориентация условных графических изображений на схемах

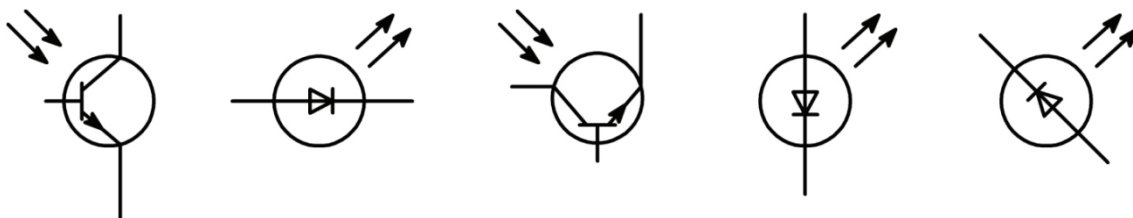


Рис. 3.5. Ориентация символов излучения в обозначениях приборов

Линии на схемах всех типов выполняют в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.701–84 и ГОСТ 2.721–74 «ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения».

Линии связи должны состоять из горизонтальных или вертикальных отрезков и иметь минимальное количество изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линии связи, длину которых следует по возможности ограничивать.

Электрические связи изображают, как правило, тонкими линиями. Для выделения наиболее важных цепей (например, цепей силового питания) можно использовать утолщенные и толстые линии. Условно графические обозначения и линии связи выполняют линиями одной и той же толщины.

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях выбирают в зависимости от размера схемы. Штрихи в линии, а также промежутки между штрихами должны быть приблизительно одинаковой длины.

Для уменьшения количества линий, изображаемых на схеме, рекомендуется применять условное графическое слияние отдельных линий в *групповые линии* по правилам, установленным ГОСТ 2.721–74. Обозначение электрических связей, проводов, кабелей, шин, примеры графического слияния линий электрической связи в групповые линии, а также пересечение линий приведены выше.

При использовании групповых линий должны выполняться следующие требования:

а) каждая сливаемая линия в месте слияния должна быть помечена условным порядковым номером (рис. 3.6, а); допускается помечать линии буквами или сочетанием букв и цифр;

б) сливаемые линии не должны иметь разветвлений, т. е. каждый условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза. При наличии разветвлений их количество указывают после порядкового номера линии через дробную черту (рис. 3.6, б);

в) условные порядковые номера не присваивают, если сливаемые линии уже имеют обозначения, например, номера проводов (рис. 3.6, в).

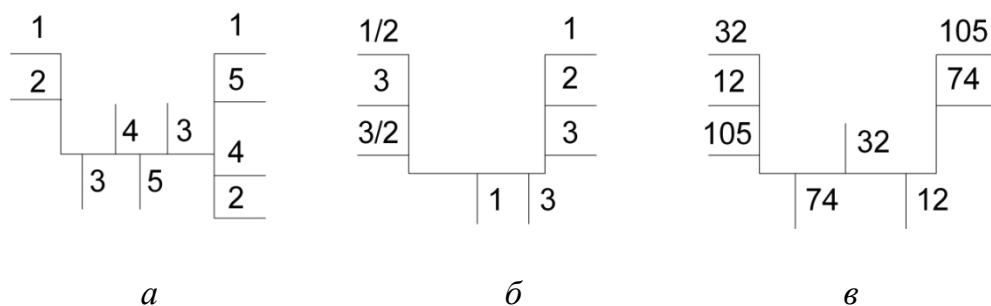


Рис. 3.6. Линии групповой связи

Линии, соединяющие графические обозначения на схемах, показывают, как правило, полностью. Допускается обрывать линии связи, если они затрудняют чтение схемы. Обрывы линий заканчивают стрелками. Около стрелок указывают места обозначений прерванных линий, например подключения, или необходимые характеристики цепей (полярность, потенциал и т. д.).

В случаях выполнения схемы на нескольких листах линии, переходящие из одного листа на другой, обрывают за пределами изображения схемы. Рядом с обрывом линий указывают обозначение или наименование, присвоенное данной линии (номер провода, наименование сигнала и т. д.), а в круглых скобках – номер листа, на который переходит линия связи, и номер зоны (при ее наличии) (например: (5, А6) – линия переходит на лист 5 в зону А6), или же обозначение документа при выполнении схем самостоятельными документами.

Текстовая информация. При необходимости на схеме помещают следующие данные: наименования или характеристики электрических сигналов; обозначения электрических цепей; технические характеристики изделия, приведенные в виде текста, таблиц, диаграмм и т. п. Расположение и форму записи текстовых данных на электрических схемах устанавливает ГОСТ 2.701–84, а содержание и назначение записи определяются типом схемы и устанавливаются в правилах выполнения схем соответствующих типов. Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях не должны применяться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовые данные могут располагаться: рядом с графическими обозначениями (по возможности справа или сверху) или внутри графиче-

ческих обозначений; рядом с линиями, в разрыве линий или в конце линий, на свободном поле схемы.

В зависимости от назначения текстовые данные на схеме имеют следующие формы записи:

- условные буквенно-цифровые обозначения (номера цепей, обозначения электрических контактов, элементов и т.п.);
- наименования (наименования сигналов, функциональных групп и т. п.);
- сплошной текст (технические требования, пояснения и т. п.);
- текст, разбитый на графы (например, таблицы коммутации многопозиционных переключателей);
- таблицы, в которых сочетаются текст и графические обозначения (например, таблицы использования контактов реле).

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно их горизонтальным участкам (рис. 3.7, *а*). При большой плотности схемы допускается вертикальная ориентация данных (рис. 3.7, *б*).

Таблицы, помещаемые на свободном поле схемы, должны иметь наименования, раскрывающие их содержание, например: «Таблица коммутации переключателей».

На схеме рядом с УГО элементов, требующих пояснения в условиях эксплуатации (переключатели, регуляторы и т. п.), помещают соответствующие надписи, знаки или графические обозначения.

Надписи, предназначенные для нанесения на самом изделии, помещают в кавычках возле соответствующего графического обозначения элемента.

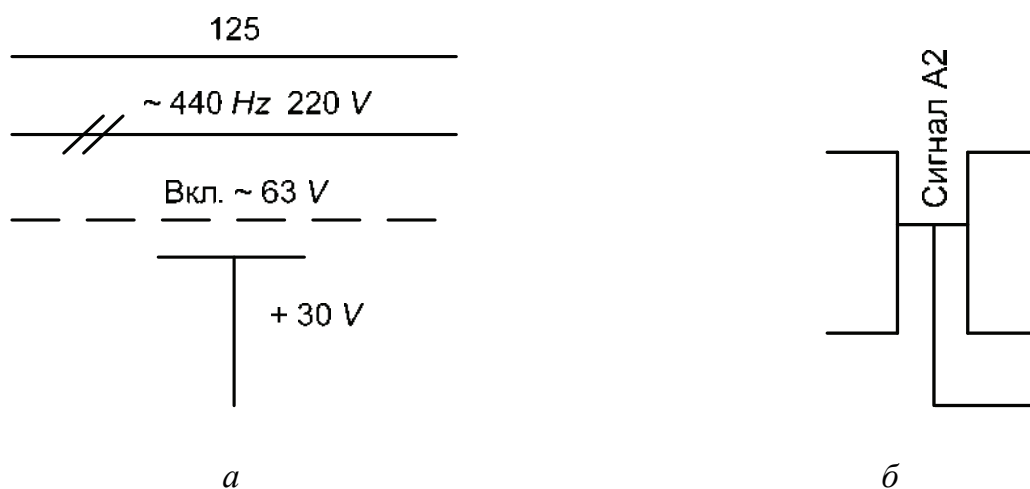


Рис. 3.7. Пример ориентации данных, относящихся к линиям

Все надписи на схемах выполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304–81. Допускается на одной схеме для выделения различных категорий данных применять шрифты разных размеров. Так, например, условные буквенно-цифровые обозначения, квалифицирующие символы графических обозначений, заголовки таблиц можно выполнять шрифтом большего размера в отличие от других текстовых данных.

Наиболее распространенным средством изображения различных устройств и установок, а также их частей является метод проекций, преимущественно на три взаимно перпендикулярные плоскости. При этом получают виды изображаемого устройства спереди, сбоку и сверху. Для отображения внутренних частей устройства используют разрезы и вырезы.

Метод проекций обеспечивает передачу на чертеже сведений о конструкции того или иного устройства, форме, взаимном расположении его частей, размерах, а также материалах, способах обработки и допусках при изготовлении. Однако этот метод не позволяет дать необходимые сведения по монтажу и эксплуатации, о принципах действия отдельных устройств и установок (например, о взаимодействии подвижных частей механизма, движении жидкости или газа в гидро- или пневматических установках, прохождении электрического тока в электроустановках). Поэтому выделяют соответствующие кинематические, гидравлические, пневматические и электрические цепи, каждая из которых имеет определенные признаки процессов, обеспечиваемых устройством или установкой. Так, электрическая цепь – это совокупность устройств и объектов, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий об ЭДС, токе и напряжении.

3.2.3. Правила разработки схемных решений

При проектировании релейно-контактных схем их необходимо составлять с учетом минимальной загрузки контактов реле, контакторов, путевых выключателей и т. д., применяя для снижения коммутлируемой ими мощности усилительные устройства: электромагнитные, полупроводниковые усилители и др.

С целью повышения надежности работы схемы необходимо выбрать наиболее простой вариант, имеющий наименьшее количество органов управления, аппаратов и контактов. Для этого следует, например, применять общие аппараты защиты для электродвигателей, не работающих одновременно, а также осуществлять управление вспомога-

тельными приводами от аппаратов главного привода, в случаях когда они работают одновременно.

Цепи управления в сложных схемах нужно присоединять к сети через трансформатор, понижающий напряжение до 110 В, что будет исключать электрическую связь силовых цепей с цепями управления и устранять возможность ложных срабатываний релейно-контактных аппаратов при замыканиях на землю в цепях их катушек. Простые же схемы электрического управления можно присоединять непосредственно к питающей сети.

Нужно иметь в виду, что подача напряжения на силовые цепи и цепи управления должна производиться посредством вводного пакетного выключателя или автоматического выключателя. При применении на металлорежущих станках или других машинах только двигателей постоянного тока в схеме управления желательно использовать также аппаратуру постоянного тока.

Различные контакты одного и того же электромагнитного аппарата (контактора, реле, командоконтроллера, путевого выключателя и др.) рекомендуется по возможности подключать к одному полюсу или фазе сети. Это обеспечит более надежную работу аппаратов (кроме того, будет исключена вероятность пробоя и замыкания по поверхности изоляции между контактами). Из этого правила следует, что один вывод катушки всех электрических аппаратов по возможности нужно подключать к одному полюсу цепи управления.

С целью обеспечения надежной работы электрооборудования должны быть предусмотрены средства электрической защиты и блокировки. Электрические машины и аппараты должны быть защищены от возможных КЗ и перегрузок. В схемах управления электроприводами станков, молотов, прессов, мостовых кранов обязательна нулевая защита для исключения самозапуска электродвигателей при снятии и последующей подаче напряжения питания.

Разрабатываемая электрическая схема должна быть составлена так, чтобы при перегорании предохранителей, обрыве цепей катушек, залипании контактов не возникало аварийных режимов работы электропривода. Более того, схемы управления должны иметь блокировочные связи для предотвращения аварийных режимов при ошибочных действиях оператора и обеспечения заданной последовательности операций.

В сложных схемах управления нужно обязательно предусмотреть сигнализацию и электроизмерительные приборы, позволяющие оператору (станочнику, крановщику) наблюдать за режимом работы электроприводов. Сигнальные лампы, как правило, включают на пониженное напряжение 6, 12, 24 или 36 В.

Следует учитывать, что для удобства эксплуатации и правильного монтажа электрооборудования зажимы всех элементов электроаппаратов, электрических машин (главные контакты, вспомогательные контакты, катушки, обмотки и др.), в том числе провода, на схемах обязательно маркируются.

Необходимо помнить, что участки (зажимы элементов схемы и соединяющие их провода) цепей постоянного тока положительной полярности – четными числами. В цепях управления переменного тока обозначаются все зажимы и провода, присоединяемые к одной фазе, маркируются нечетными числами, а к другой фазе – четными.

Принято, что общие точки соединений нескольких элементов на схеме имеют один и тот же номер. После прохождения цепи через катушку, контакт, сигнальную лампу, резистор и т. п. номер цепи изменяется. Для выделения отдельных видов цепей индексация производится так, чтобы цепи управления имели номера от 1 до 99, а цепи сигнализации – от 101 до 191 и т. д.

Правила выполнения чертежей для электромонтажа

1. Чертеж для электромонтажа рекомендуется выполнять в том же масштабе, что и чертеж для механической сборки.

2. При выполнении чертежа допускается применять аксонометрические проекции по ГОСТ 2.317–69.

3. На чертеже для электромонтажа, выполняемом по варианту Б или В, изображают:

составные части, устанавливаемые при электромонтаже, и места присоединения проводников – сплошными основными линиями;

составные части, устанавливаемые до электромонтажа (так называемую *обстановку*), упрощенно и сплошными тонкими линиями. Обстановку изображают непрозрачной.

На электромонтажном чертеже (по варианту В) изображают обстановку, необходимую только для определения мест установки и присоединения составных частей, устанавливаемых при электромонтаже.

На изображении составной части, являющейся предметом обстановки (или около него, или на полке линии-выноски, проведенной от этого изображения), наносят обозначение и (или) наименование составной части.

4. Если составная часть является элементом электрической принципиальной схемы изделия, то на ее изображении или около него (предпочтительно над ним или справа) наносят позиционное обозначение, присвоенное этому элементу в схеме (рис. 3.8).

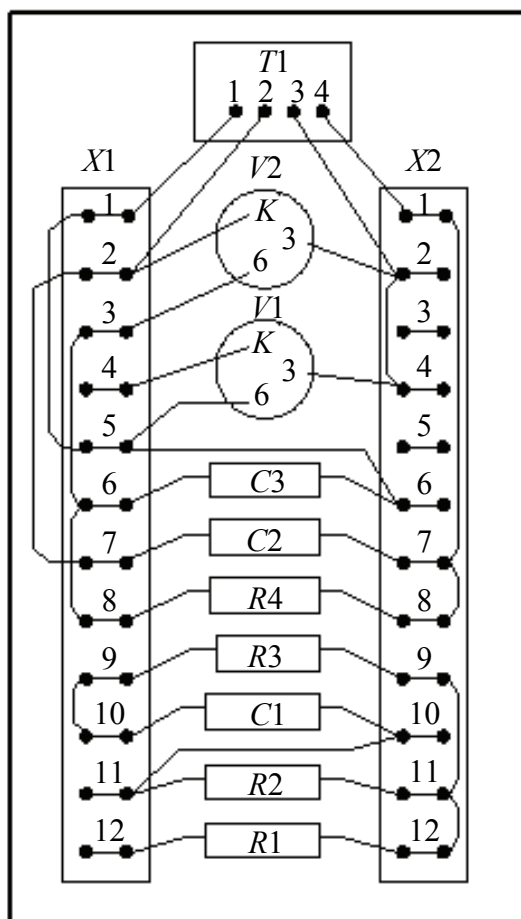


Рис. 3.8. Позиционное обозначение элементов схемы подключения

Элементам, не указанным в электрической принципиальной схеме или схеме соединений, но участвующим в электрических соединениях (например, переходным стойкам, лепесткам заземления и т. п.), для указания адресов присоединения проводников присваивают очередные позиционные обозначения после элементов того же функционального назначения, изображенных на схеме.

Допускается присваивать таким элементам обозначения, состоящие из прописной буквы *E* и порядкового номера.

5. Если составная часть, являющаяся элементом электрической принципиальной схемы изделия, должна быть подобрана при его регулировании, то на чертеже позиционное обозначение этого элемента наносят со знаком «звездочка» (*) (например, *R16**), а в технических требованиях чертежа помещают указание по типу: «* Подбирают при регулировании».

6. Допускается смещать изображения составных частей. При этом от смещенного изображения проводят линию-выноску, на полке которой наносят надпись: «Смещено», или указывают в технических требо-

ваниях чертежа: «Изображения ... (приводят наименования или обозначения изделий) смещены».

7. Допускается условно изменять (укорачивать, удлинять и т. п.) очертания составных частей, если их изображения закрывают друг друга (рис. 3.9). При этом искажения очертаний составных частей и линий, изображающих проводники, не должны нарушать ясность чертежа.

8. Если составные части изделия расположены на стенках, находящихся в разных плоскостях, то при выполнении чертежа по варианту Б или В допускается изображать стенки развернутыми в плоскости чертежа; при этом на чертеже у соответствующего места изображения помещают надпись: «Стенка развернута».

9. При выполнении чертежа по варианту Б или В для показа невидимых мест присоединения проводников к составным частям допускается эти составные части изображать повернутыми. Около таких изображений наносят надписи, определяющие направление и угол поворота относительно истинного положения составной части (рис. 3.10).

10. Проводник (провод, кабель, жгут, шину) изображают в соответствии с требованиями ГОСТ 2.414–75.

11. При условном изображении проводников допускается слияние линий, изображающих одиночные провода, идущие рядом, в одну линию, а также слияние линии, изображающей группу одиночных проводов, с другими линиями, изображающими одиночные провода и группы проводов.

Не допускается слияние линий, изображающих жгут или кабель и входящие в его состав проводники, с линиями, изображающими другие жгуты и кабели и их проводники.

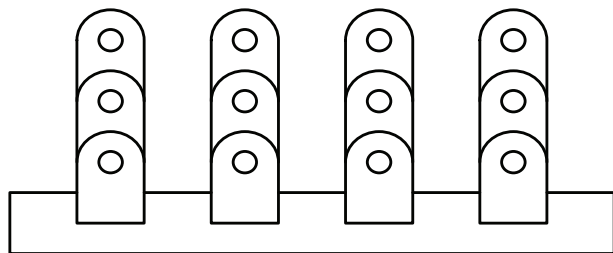


Рис. 3.9. Составные части проводников

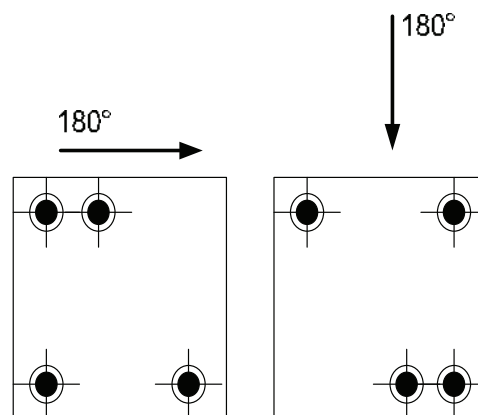


Рис. 3.10. Места присоединения проводников

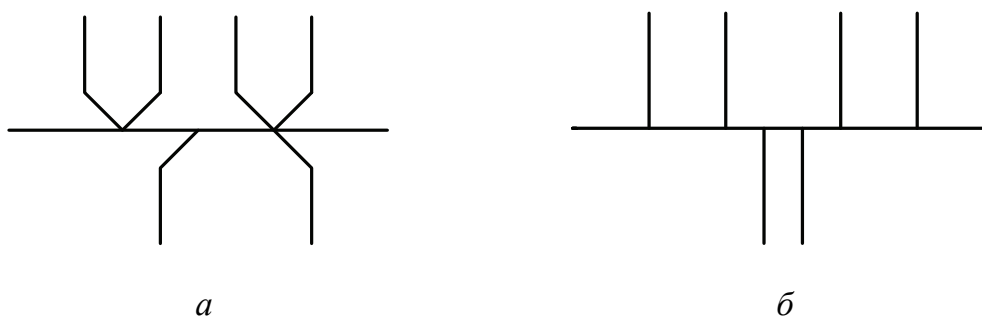


Рис. 3.11. Изображение слияния разветвления: *а* – проводников; *б* – жгутов

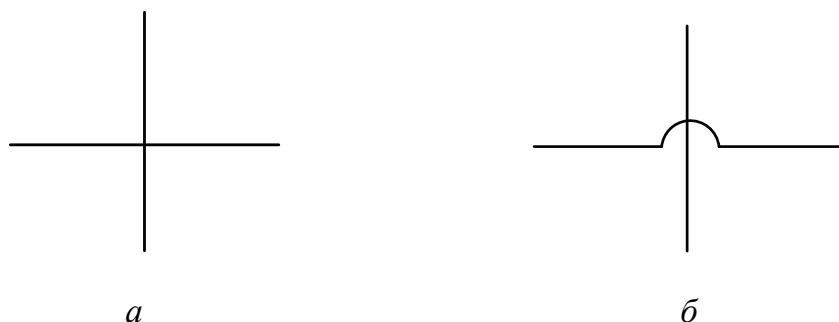


Рис. 3.12. Изображение пересечения проводников

12. При условном изображении проводников их изгибы в местах слияния и разветвления линий, изображающих одиночные провода, группы проводов, провода жгутов, жилы кабелей, жгуты и кабели, изображают прямыми линиями под углом приблизительно 45° (рис. 3.11, *а*).

Допускается изображать места слияния и разветвления жгутов, а также изгибы проводников (кроме мест слияния и разветвления) и проволочных выводов резисторов, конденсаторов и т. д. прямыми линиями под углом приблизительно 90° (рис. 3.11, *б*).

13. Пересечение проводников, электрически несоединенных между собой, следует изображать прямыми линиями под углом приблизительно 90° (рис. 3.12, *а*). Если необходимо отразить взаимное расположение двух перекрещивающихся проводников, изображенных условно, то линию, изображающую проводник, прокладываемый сверху, изгибают в месте пересечения так, как показано на рис. 3.12, *б*.

14. Линию, изображающую проводник и переходящую с одного вида (или листа) на другой, обрывают (предпочтительно за пределами очертаний изделия); около места обрыва указывают обозначение, присвоенное линии, и обозначение вида (или обозначение вида и номер листа), на котором показано продолжение линии (рис. 3.13).

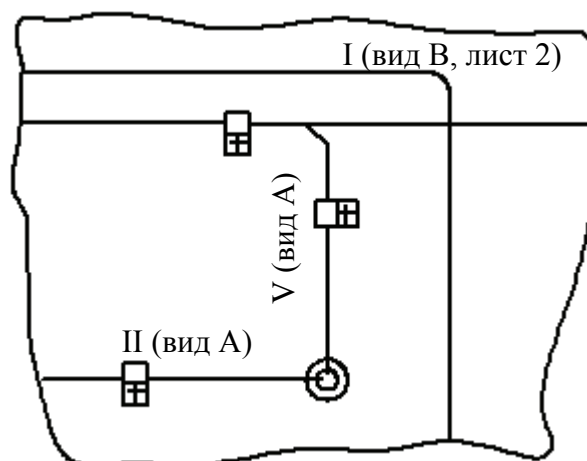


Рис. 3.13. Обозначение вида и номер листа

Линию, изображающую два и более проводника, у мест обрыва обозначают одним порядковым номером римскими цифрами или указывают у мест обрыва линии обозначения всех проводников, изображаемых этой линией.

15. Линии, изображающие проводники, присоединяемые к многоконтактному изделию, допускается не доводить до изображений контактов и заканчивать у линии, показывающей внешние очертания изделия. Указания о присоединении проводников к контактам приводят в этом случае одним из следующих способов:

а) у контактов показывают концы линий, изображающих присоединенные проводники, и указывают обозначения проводников (рис. 3.14);

б) у изображения многоконтактного изделия помещают таблицу с номерами контактов и обозначениями проводников (рис. 3.15).

Допускается при недостатке места около изображения помещать таблицу на свободном месте поля чертежа или на последующих листах; при этом над таблицей наносят позиционное обозначение многоконтактного изделия.

16. На чертеже для электромонтажа изделия индивидуального производства или опытного образца допускается изображать проводник с обрывами вблизи от мест присоединения. У места обрыва наносят номер проводника (рис. 3.16, а), а в таблице соединений приводят адреса его присоединений. При отсутствии таблицы соединений у места обрыва проставляют только обратный адрес присоединения (рис. 3.16, б).

При выполнении чертежа для электромонтажа изделия серийного производства этими правилами пользуются только при изображении проводника, прокладка и крепление которого определены конструкцией монтируемого изделия.

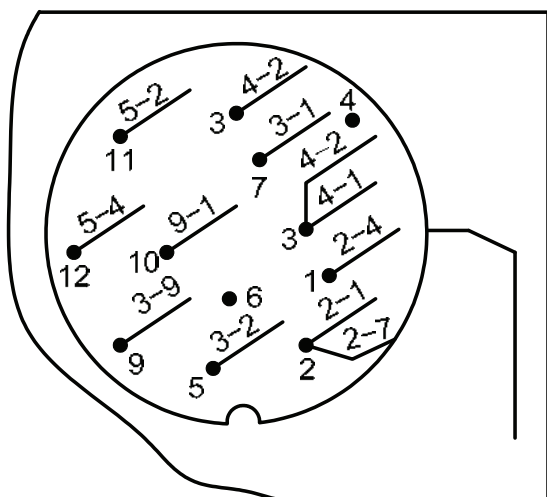


Рис. 3.14. Присоединение и обозначение проводов

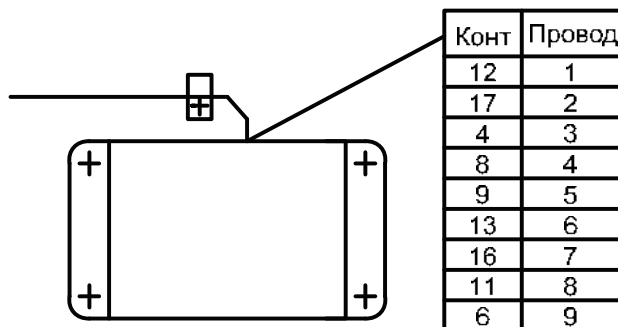
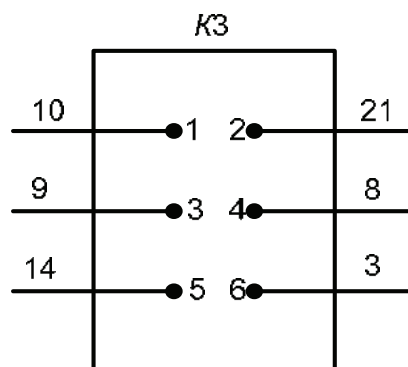
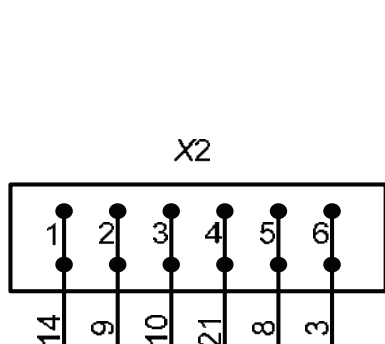
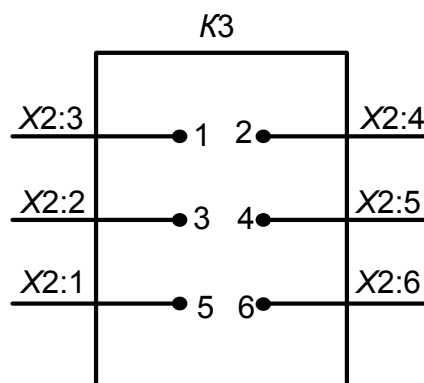
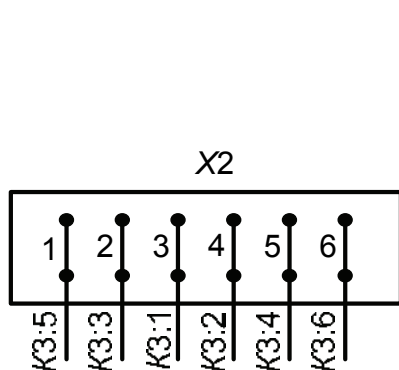


Рис. 3.15. Вид таблицы контактов



a



б

Рис. 3.16. Изображение мест обрыва проводника

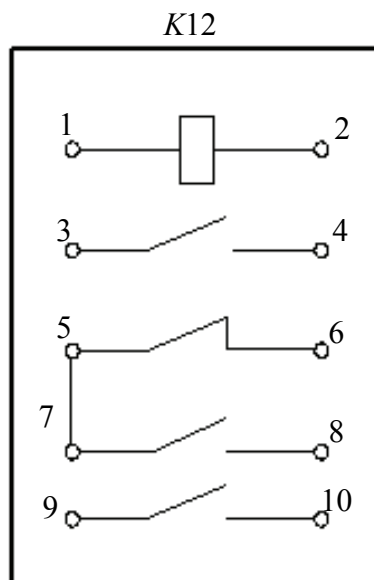


Рис. 3.17. Схема соединения контактов

17. Если контакты изделия, к которому должны быть присоединены проводники, не имеют обозначений (маркировки), то на чертеже им присваивают обозначения и поясняют их, при необходимости, схемой соединения контактов по примеру, указанному на рис. 3.17.

18. Электрическое соединение, осуществляемое пайкой или сваркой, изображают точкой диаметром от $1,5s$ до $3s$, где s – толщина сплошной основной линии, принятая на чертеже.

19. Допускается не наносить на чертеже номера позиций, под которыми записаны в спецификации:

устанавливаемые при электромонтаже составные части, являющиеся элементами электрической принципиальной схемы изделия и внесенные в его спецификацию в разделах «Стандартные изделия» и «Прочие изделия»;

провода и кабели, внесенные в спецификацию в разделе «Материалы».

Правила выполнения спецификации изделия с электромонтажом

1. При записи в спецификацию составной части, являющейся элементом электрической принципиальной схемы изделия, в графе «Примечание» указывают позиционное обозначение, присвоенное этому элементу в схеме.

Если в специфицируемое изделие входит несколько составных частей, являющихся различными элементами схемы (например, резистор МЛТ-0,5 – 100 Ом $\pm 5\%$ ТУ 11-85 ОЖО.467.180 является сопро-

тивлениями *R3*, *R4*, *R9* и *R12*, то в графе «Примечание» в соответствующей строке указывают позиционные обозначения элементов с последовательными порядковыми номерами по типу: «*R8 ... R12*».

Допускается, по согласованию с отраслевой организацией по стандартизации, не перечислять в графе «Примечание» позиционные обозначения элементов, представляемых одной составной частью, если это затрудняет выполнение спецификации и на изображении нанесен номер позиции этой составной части.

2. Дополнительными разделами спецификации изделия с электро-монтажом в общем случае являются: «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы».

3. Дополнительные разделы размещают в спецификации, начиная с нового (отдельного) листа, под общим заголовком (табл. 3.1):

«Устанавливают по XXXX.XXXXXXX.XXXМЭ» – при выполнении документации по варианту В;

«Устанавливают по XXXX.XXXXXXX.XXXТБ» – при выполнении документации по варианту Г на изделие серийного производства;

«Устанавливают при электромонтаже» – при выполнении документации по варианту Г на изделие индивидуального производства или опытный образец.

Всем составным частям (в том числе и материалам), внесенным в спецификацию в дополнительных разделах, присваивают номера позиций. Нумерация позиций должна быть сквозной в пределах всей спецификации. Если одна и та же составная часть внесена как в основную часть спецификации, так и в один из дополнительных разделов, то в обоих случаях в графе «Примечание» приводят ссылку: «См. поз. ...». Перед дополнительными разделами должен быть оставлен резерв номеров позиций.

Номер листа, на котором начинаются дополнительные разделы, указывают записью «См. лист...» в графе «Примечание», в строке, в которой записан документ, используемый при электромонтаже, т. е. соответствующая схема, электромонтажный чертеж или таблица соединений.

4. При выполнении конструкторской документации по любому из вариантов, установленных настоящим стандартом, запись в спецификацию составных частей, являющихся элементами электрической принципиальной схемы и примененных по стандартам или техническим условиям, производят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106–96 с учетом следующих дополнений и изменений:

а) их записывают в начале соответствующего раздела группами в порядке расположения буквенных позиционных обозначений, приведенных в ГОСТ 2.710–81 (табл. 3.1);

б) внутри группы составные части записывают в порядке возрастания основных параметров.

Таблица 3.1

Пример выполнения дополнительных разделов спецификации

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Устанавливают</u>		
				<u>по</u>		
				<u>XXXX.XXXXXX.XXX</u>		
				<u>МЭ</u>		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A4		96	XXXX.XXXX XX.XXX	Жгут1	1	
				(и т. д.)		
				<u>Детали</u>		
A4		105	XXXX.XXXX XX.XXX	Скоба	4	
				(и т. д.)		
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Резисторы ТУ 11-85 ОЖО.467.180		
		121		МЛТ-0,25-210 Ом \pm 5% А	1	R6
		122		МЛТ-0,5-240 Ом \pm 5% А	2	R1, R3
				(и т. д.)		
				<u>Материалы</u>		
				Провод МГШВ		
				ТУ 16-505.437-73		
		141		0,12 мм ² Б	17	м
		142		0,35 мм ² Ч	20	м
		143		0,35 мм ² К	8	м
				(и т. д.)		

5. Если при электромонтаже должны быть установлены в изделии только проводники, вносимые в спецификацию как материал, то спецификацию самостоятельной сборочной единицы для электромонтажа не выпускают и дополнительные разделы в спецификацию монтируемого изделия не включают, а материалы (провода и кабели) вносят в раздел «Материалы» спецификации монтируемого изделия и в графе «Примечание» указывают: «Устанавливают при электромонтаже».

6. Если при регулировании изделия с электромонтажом должен быть осуществлен подбор какой-либо составной части, являющейся элементом электрической принципиальной схемы, то все изделия, участвующие в подборе, вносят в спецификацию изделия, на которое выпущена принципиальная схема, после изделий того же функционального назначения (например, резисторы после резисторов) и перечисляют в порядке возрастания основных параметров. В графе «Примечание» при этом указывают позиционные обозначения элементов, для подбора которых применяется данное изделие. Графу «Поз.» не заполняют, графу «Кол.» заполняют по указаниям отраслевой организации по стандартизации.

Правила обозначения проводников

1. На чертеже для электромонтажа все проводники (одиночные провода, жгуты, жилы кабелей, провода жгутов) должны иметь обозначения, присвоенные им в электрической схеме соединений.

Если на изделие схема соединений не выпущена, проводнику на чертеже присваивают обозначение, состоящее из цифрового обозначения соответствующей цепи в электрической принципиальной схеме, знака «дефис» и порядкового номера проводника в пределах цепи, например: 2–1, 2–2.

При отсутствии обозначений в схемах проводники обозначают на чертеже одним из следующих способов:

а) нумеруют арабскими цифрами: одиночные провода и жилы кабелей, записанных в спецификацию как материал, – в пределах чертежа; жилы кабелей, оформленных самостоятельными чертежами, – в пределах кабеля; провода жгутов – в пределах жгута;

б) нумеруют арабскими цифрами цепи в пределах чертежа и проводники – в пределах цепи; обозначение проводника составляют из номера цепи, знака дефис и номера проводника в пределах цепи.

2. Допускается не присваивать обозначения перемычкам и одиночным проводам, изображения которых отчетливо просматриваются на чертеже. При этом номер позиции, под которым записан материал в спецификации, и длину проводника (при необходимости) указывают в технических требованиях чертежа.

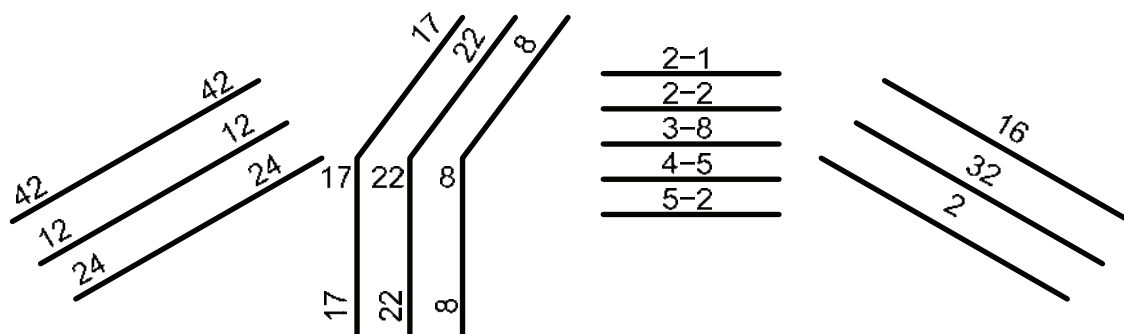


Рис. 3.18. Обозначения проводника

3. Обозначение проводника наносят так, как показано на рис. 3.18, около обоих концов изображения проводника. Допускается проставлять обозначение проводника у других участков его изображения, например у разных участков изображения длинного провода, у мест разветвления линий, изображающих жгуты, кабели и группы проводов.

Обозначение короткого проводника, изображение которого отчетливо просматривается на чертеже, допускается проставлять один раз – посередине изображения.

Правила выполнения таблицы соединений

1. Таблицу соединений разрабатывают в случаях, когда на чертеже не указаны адреса присоединения проводников или затруднено отыскание мест присоединения концов проводника.

Таблицу соединений приводят на чертеже для электромонтажа и размещают на первом листе или выполняют последующими листами.

2. При выполнении документации по варианту Г на изделие серийного производства таблицу соединений выпускают в виде самостоятельного документа, которому присваивают обозначение монтируемого изделия, код по ГОСТ 2.102–68 и наименование «Таблица соединений».

Таблица соединений может быть выпущена в виде самостоятельного документа при выполнении документации по варианту Г на изделие индивидуального производства или на опытный образец.

3. Таблицу соединений рекомендуется выполнять по данной форме (табл. 3.2). Размеры граф таблицы стандартом не регламентируются.

4. Допускается выполнять таблицу соединений по другим формам, устанавливаемым отраслевыми стандартами (табл. 3.3). В форму, приведенную в настоящем стандарте, допускается включать другие графы, если их содержание не является повторением данных, имеющихся в других конструкторских документах (спецификации, чертежах и т. д.). Допускается также, по согласованию с отраслевой организацией по

стандартизации, приводить в таблице соединений данные проводов и кабелей (марку, сечение, цвет).

5. В таблице соединений проводники перечисляют по возрастанию номеров в следующем порядке: провода жгутов; жилы кабелей, оформленных самостоятельными чертежами; жилы кабелей, записанных в спецификации как материал; одиночные провода.

Каждый кабель, оформленный самостоятельным чертежом, и жгут записывают в таблицу отдельно в порядке возрастания номеров позиций по спецификации, а жилы кабеля и провода жгута записывают каждый в отдельной строке после заголовка по типу: «Кабель ... (наименование или обозначение)» или «Жгут ... (наименование или обозначение)».

Таблица 3.2

Форма таблицы соединений

Проводник	Поз.	Откуда идет	Куда поступает	Длина	Примечание

Таблица 3.3

Пример выполнения таблицы соединений

Проводник	Поз.	Откуда идет	Куда поступает	Длина, см	Примечание
		<u>Жгуты</u>			
	16	Жгут1			
1		X2:11 а	C7:+		
2		X2:13 с	H1:4		
		(и т. д.)			
		<u>Кабели</u>			
	19	Кабель1			
1		G1	K3:2		
2		G2	K4:2		
		(и т. д.)			
	44	Кабель2		85	
1		X3:3 а	G5		
		(и т. д.)			
1	75	Провода			
2	76	H5:3	T12:4	45	
		C9	H3:2	64	
		(и т. д.)			

6. В графе «Проводник» указывают номер проводника (одиночного провода, жилы кабеля, провода жгута).

7. В графе «Поз.» указывают:

для одиночного провода, не оформленного самостоятельным чертежом, и для жилы кабеля, записанного в спецификации как материал, номер позиции, под которым материал провода или кабеля записан в спецификации;

для одиночного провода или кабеля, оформленного самостоятельным чертежом, или жгута – номер позиции, под которым данное изделие (провод, кабель, жгут) записано в спецификации.

В строках таблицы соединений, в которых указаны жилы кабелей, оформленных самостоятельными чертежами, и провода жгутов, графу «Поз.» не заполняют.

8. В графах «Откуда идет» и «Куда поступает» приводят адреса присоединения проводников в виде дроби, в числителе которой указывают позиционное обозначение элемента, а в знаменателе – номер контакта, например: $X3:2$, $K1:4$, $X7:6$.

9. Графу «Длина» заполняют по указаниям отраслевой организации по стандартизации. Длину жилы кабеля, оформленного самостоятельным чертежом, и провода жгута в таблице не указывают.

10. В таблице соединений, выпускаемой в виде самостоятельного документа, допускается приводить требования к выполнению электромонтажа, которые помещают под заголовком «Технические требования» на первом листе или выполняют первыми листами. В этом случае таблицу с адресами присоединений помещают под заголовком «Соединение» и на последующих листах его не повторяют.

3.3. Классификация электрических схем

Все схемы подразделяются на виды, которые, в свою очередь, определяются видом элементов и связей между ними, а также энергоносителем, который необходим для действия элементов.

Виды схем обозначают заглавными русскими буквами:

- электрические схемы (Э): элементы – электротехнические изделия; связи – проводники; энергоноситель – электрический ток;
- гидравлические схемы (Г): элементы насосы, задвижки, вентили; связи – трубопроводы; энергоноситель – жидкость под давлением, например вода, масло;

- пневматические схемы (П): элементы – компрессоры, клапаны, золотники; связи – трубопроводы; энергоноситель – сжатый газ, пар, воздух;
- кинематические схемы (К): элементы – части механизмов; связи – рычаги, тяги, цепи; энергоноситель – механическая энергия;
- схемы автоматизации (А). В их состав могут входить схемы разных видов с соответствующими связями. В данном случае название вида подчеркивает назначение схемы, а не вид элементов и связей;
- комбинированные (совмещенные) схемы (С). Например, схема электрогидравлическая содержит и электрические, и гидравлические элементы. Распространение совмещенных схем объясняется тем обстоятельством, что в настоящее время многие технические задачи решаются совместно средствами гидравлики, пневматики, электротехники и механики. Например, для перемещения груза электродвигатель приводит в действие насос, поднимающий давление в гидравлической системе. Направление движения определяется положением золотников, которые имеют пневматические приводы. Ограничение хода достигается элементами кинематики и т. п.

В пределах каждого вида схемы подразделяются на несколько типов. Тип схемы определяется ее назначением. Типы схем обозначают цифрами (в скобках приведены соответствующие коды по СТ СЭВ 527–77): структурные – 1(101), функциональные – 2(102), принципиальные (полные) – 3(201), соединений (монтажные) – 4(301), подключения – 5(303), общие – 6(302), расположения – 7(401), объединенные – 0.

Наименование схемы определяется ее видом и типом, например: схема электрическая принципиальная, схема электрическая функциональная, схема деления структурная, схема гидравлическая соединений.

Код схемы состоит из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы: например, Э3 – схема электрическая принципиальная, Э4 – схема электрическая соединений, Г1 – схема гидравлическая структурная.

Наименование и код комбинированной схемы определяются комбинированными видами схем и типом схемы, например, схема электрогидравлическая принципиальная – СЗ, схема пневмогидравлическая соединений – С4.

Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов. Этими схемами пользуются для общего ознакомления с изделием.

Функциональная схема служит для разъяснения процессов, протекающих в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии

в целом. Данными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте в процессе эксплуатации.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия. Принципиальными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте. Такие схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей.

Схема соединений (монтажная) показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, посредством которых осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.). Схематическими соединениями пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии, а также для осуществления присоединений. Эти схемы используют также при контроле, эксплуатации и ремонте изделий в процессе эксплуатации.

Схема подключения показывает внешние подключения изделия. Данными схемами пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Общими схемами пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей, трубопроводов и т. п. Этими схемами пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий.

Объединенная схема – схема на одном конструкторском документе, состоящая из схем двух и более типов, выпущенных на одно изделие. Наименование и код объединенной схемы определяются ее видом и объединенными типами схем, например: схема электрическая соединений и подключения – ЭО, схема гидравлическая структурная и принципиальная – ГО.

Для изделия, в состав которого входят элементы разных видов, разрабатывают несколько схем соответствующих видов одного типа

(например, схема электрическая принципиальная и схема гидравлическая принципиальная) или одну комбинированную схему, содержащую элементы и связи разных видов.

На схеме одного вида разрешается изображать элементы схем другого вида, а также элементы и устройства, не входящие в изделие, но необходимые для разъяснения принципов его работы. Графические обозначения таких элементов и устройств отделяют на схеме штрихпунктирными тонкими линиями, указывая местонахождение элементов и другие необходимые данные.

Разрешается разрабатывать *совмещенные схемы*, когда на схемах одного типа изображают фрагменты схем других типов (например, на схеме соединений изделия показывают его внешние подключения). Совмещенные схемы выполняют по правилам, установленным для схем соответствующих типов. При необходимости допускается разрабатывать схемы прочих видов и типов.

Номенклатура, наименования и коды совмещенных и прочих схем устанавливаются отраслевыми нормативно-техническими документами.

При выпуске на изделие или установку нескольких схем определенного вида и типа в виде самостоятельных документов допускается в наименовании схемы указывать название функциональной цепи или функциональной группы (например, схема электрическая принципиальная привода, схема гидравлическая принципиальная охлаждения). В этом случае каждой схеме присваивают обозначение по ГОСТ 2.201–80 как самостоятельному конструкторскому документу. Начиная со второй схемы, к коду схемы в обозначении добавляют через точку порядковые номера (например, АБВГ.ХХХХХХ.ХХХЭЗ, АБВГ.ХХХХХХХХХЭ 3.1).

К схемам или взамен схем могут быть выпущены таблицы, содержащие сведения о расположении устройств, соединениях, местах подключения и другую информацию. Таблицы выпускают в виде самостоятельного документа, присваивая ему код, состоящий из буквы Т и кода схемы. Например, ТЭ4 – таблица соединений к электрической схеме соединений. В этом случае в графе 1 основной надписи документа указывают наименование изделия и наименование документа «Таблица соединений».

Таблицы соединений в спецификацию записывают после схем, к которым или вместо которых они выпущены.

Комбинированную схему разрабатывают для изделия, в состав которого входят элементы разных видов. Изображение элементов (устройств, функциональных групп) и связей каждого вида (электрических, гидравлических, пневматических и т. п.), а также оформление схемы

в целом должно удовлетворять правилам, установленным для соответствующих видов схем данного типа. Элементам на схеме присваивают позиционные обозначения, сквозные в пределах схемы. Для различия одинакового написания элементов (устройств, функциональных групп) их подчеркивают, начиная с элементов, относящихся ко второй по виду схеме, указанной в наименовании. Например, в схеме электрогидравлической принципиальной одной чертой подчеркивают обозначения гидравлических элементов; в схеме гидропневмокинематической принципиальной одной чертой – обозначения пневматических элементов, двумя – кинематических.

3.3.1. Электрические структурные схемы

На схемах условными графическими обозначениями показывают все элементы устройства или установки и связи между ними. В электрических цепях такими элементами являются электрические машины, аппараты и приборы или некоторые их части (обмотки, контакты, резисторы и др.), а связями между ними – проводники электрического тока (провода, кабели, шины). Схемы, содержащие такие элементы и связи, называются *структурными*. Как правило, такая схема отображает принцип работы изделия в общем виде и обозначается цифрой 1. На ней изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства, функциональные группы), а также основные взаимосвязи между ними. Реальное расположение составных частей изделия не учитывают и способ связи (проводная, индуктивная, количество проводов и т. п.) не раскрывают. Изображения на схеме должны давать наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии (рис. 3.19). Направление хода процессов, происходящих в изделии, обозначают стрелками на линиях взаимосвязи.

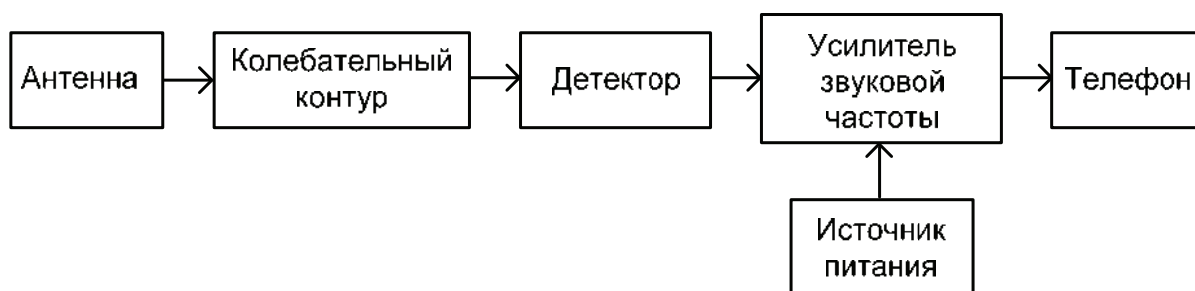


Рис. 3.19. Структурная схема передатчика

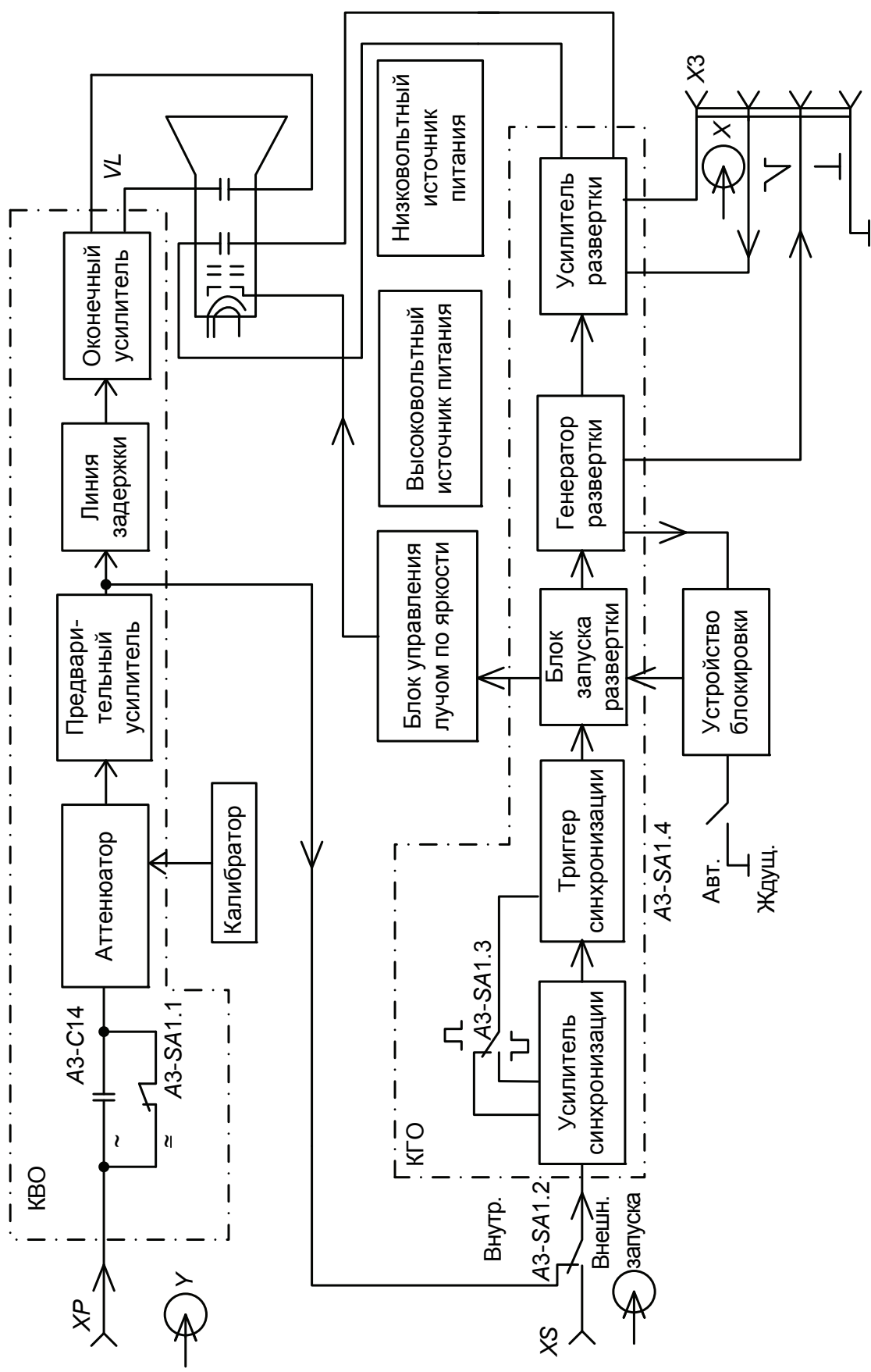


Рис. 3.20. Структурная схема осциллографа

При значительном количестве функциональных частей вместо наименований, типов и обозначений допускается проставлять порядковые номера, которые наносят справа от изображения или над ним, как правило, сверху вниз в направлении слева направо (рис. 3.21). В этом случае наименования, типы и обозначения указывают на поле схемы в таблице произвольной формы.

На схемах функциональные части простых изделий располагают в виде цепочки в соответствии с ходом рабочего процесса, т. е. в направлении слева направо.

Структурные схемы, содержащие несколько основных рабочих каналов, рекомендуется вычерчивать в виде параллельных горизонтальных строк. Дополнительные и вспомогательные цепи (элементы и связи между ними) следует выводить из полосы, занятой основными цепями.



Для уменьшения длины сложной схемы и повышения наглядности рекомендуется по возможности основные цепи располагать горизонтально, а вспомогательные цепи – вертикально или горизонтально в промежутках между основными цепями.

На структурной схеме допускается указывать технические характеристики функциональных частей, поясняющие надписи и диаграммы, определяющие последовательность процессов во времени, а также параметры в характерных точках (величины токов, напряжений, формы и величины импульсов и др.). Эти данные помещают рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы.

Как правило, на структурной схеме осциллографа (см. рис. 3.20) всегда нанесены квалифицирующие символы рода тока и напряжения, формы импульсов, а также поясняющие надписи. Данные, предназначенные для нанесения на изделие, заключены в кавычки.

3.3.2. Электрические функциональные схемы

Для сложного изделия разрабатывают несколько функциональных схем, поясняющих происходящие процессы при различных предусмотренных режимах работы. Количество функциональных схем, разрабатываемых на изделие, степень их детализации и объем помещаемых сведений определяются разработчиком с учетом особенностей изделия.

На схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и связи между ними. Графическое построение схемы должно наглядно отражать последовательность функциональных процессов, иллюстрируемых схемой. Действительное расположение в изделии элементов и устройств может не учитываться.

Функциональные части и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД (рис. 3.22). Отдельные функциональные части на схеме допускается изображать в виде прямоугольников. В этом случае части схемы с поэлементной детализацией изображают по правилам выполнения принципиальных схем, а при укрупненном изображении функциональных частей – по правилам структурных схем (рис. 3.23).

На функциональной схеме радиоприемного устройства (рис. 3.23) по сравнению с его структурной схемой (рис. 3.22) раскрыто содержание детекторного каскада, представленного принципиальной схемой; остальные элементы схемы изображены в виде прямоугольников, как на структурной схеме.

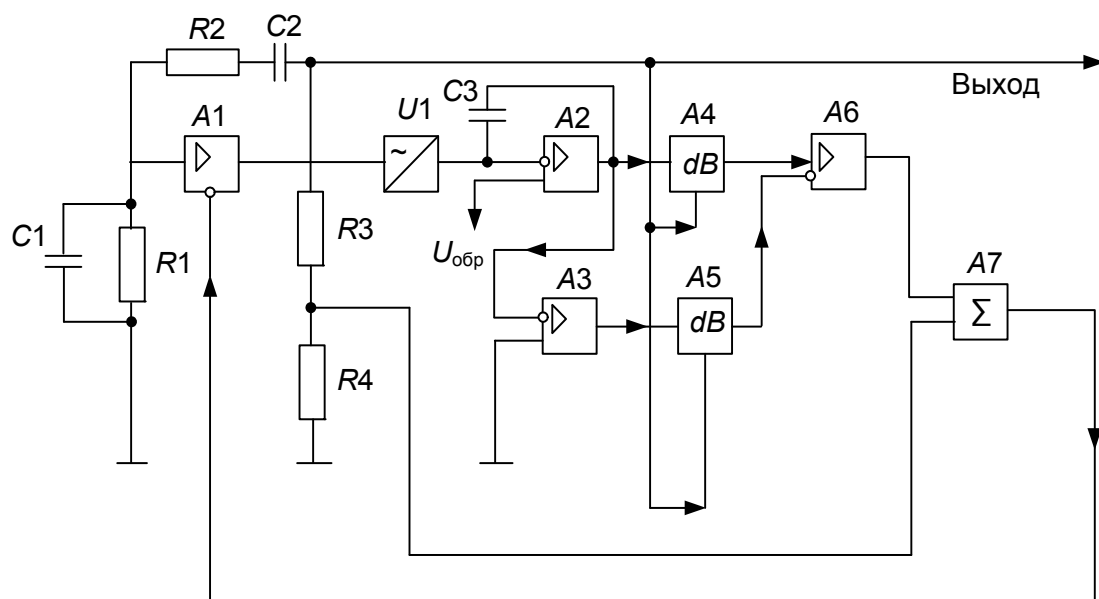


Рис. 3.22. Пример изображения связей между функциональными частями изделия

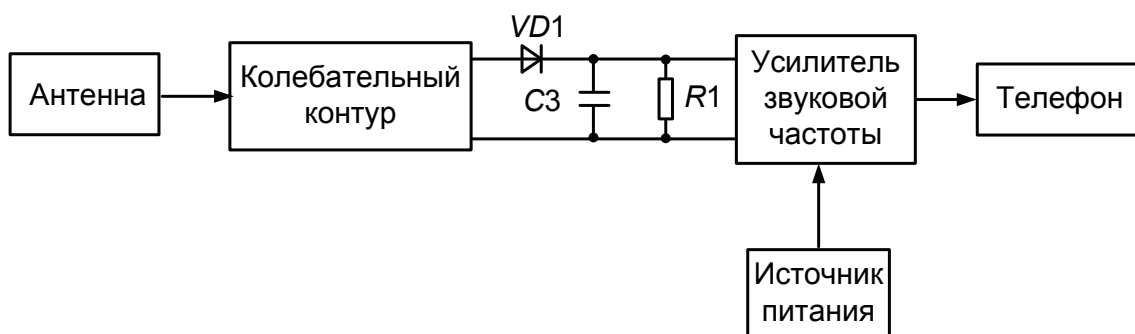


Рис. 3.23. Функциональная схема радиоприемного устройства

На функциональной схеме указывают:

для функциональных групп – обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме, или наименование (если функциональная группа изображена в виде УГО, то ее наименование не указывают);

для каждого устройства и элемента, изображенного условными графическими обозначениями, – буквенно-цифровое позиционное обозначение, присвоенное на принципиальной схеме, его тип;

для каждого устройства, изображенного прямоугольником, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого это устройство применено. Обозначение документа указывают и для устройства, изображенного в виде условного графического обозначения.

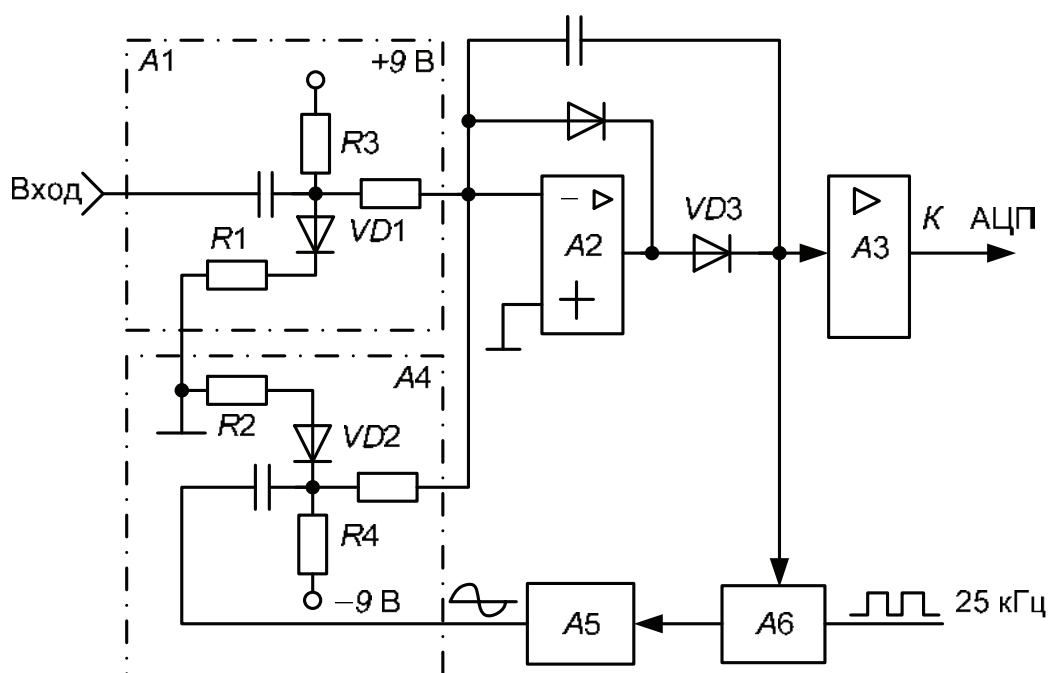


Рис. 3.24. Функциональная схема высокочастотного преобразователя напряжения

Наименования, типы и обозначения функциональных частей, изображенных прямоугольниками, рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников. Сокращенные или условные наименования должны быть пояснены на поле схемы.

На функциональной схеме высокочастотного преобразователя напряжения (рис. 3.24) прямоугольниками изображены усилители (A2, A3), фильтр (A5), модулятор (A6). Изображения выходного детектора (A1) и детектора обратной связи (A4) представлены принципиальными схемами.

Все элементы и устройства на схеме можно изображать как совмещенным, так и разнесенным способом, а схему выполнять в многолинейном или однолинейном изображении, по правилам, изложенным для принципиальной схемы. При разнесенном способе изображения возможно раздельно изображенные части элементов и устройств соединять линией механической связи (штриховая линия).

При изображении функциональных цепей на одной схеме их различают и по толщине линии, применяя на одной схеме не более трех размеров линий по толщине. На функциональной схеме указывают технические характеристики функциональных частей, параметры в характерных точках, поясняющие надписи и др. При необходимости на схеме обозначают электрические цепи по ГОСТ 2.709–72.

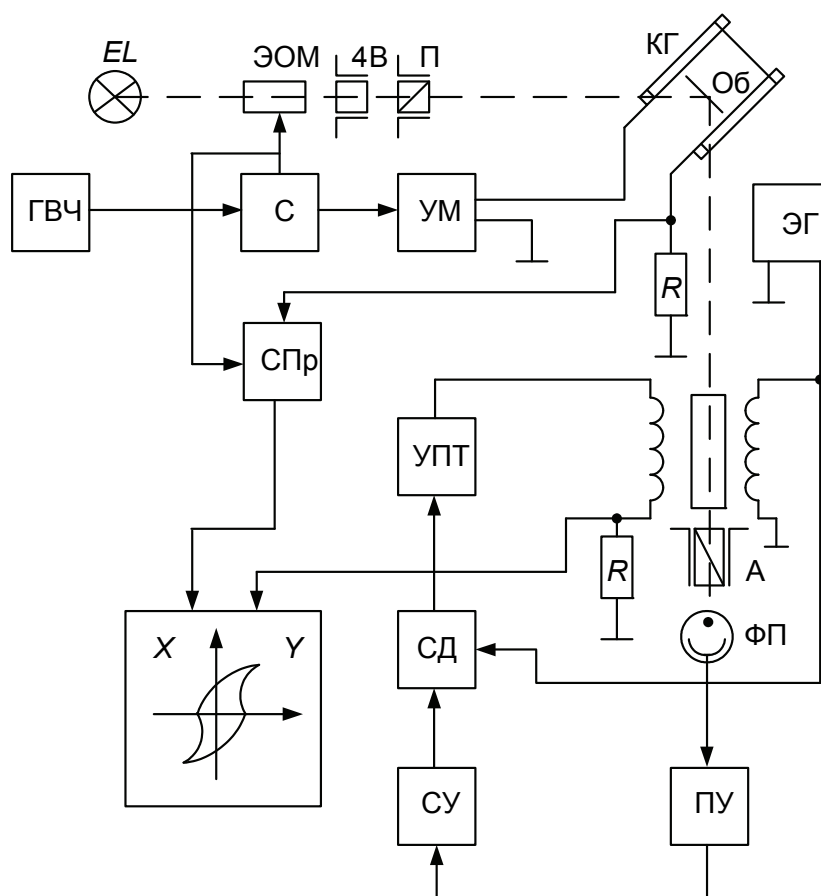


Рис. 3.25. Комбинированная функциональная схема изделия

В тех случаях, когда в состав изделия входят элементы разных видов, рекомендуется разрабатывать несколько схем соответствующих видов одного типа или одну комбинированную схему, содержащую элементы и связи разных видов. На рис. 3.25 изображена комбинированная функциональная схема, содержащая элементы и связи электрической и оптических схем: источник излучения E , электрооптический модулятор ЭОМ, четвертьволновую пластинку $4B$, поляризатор Π , катушки Гельмгольца КГ, анализатор A , фотоприемник ФП, генератор высокой частоты ГВЧ, синхронизатор C , усилитель мощности УМ, стробоскопический преобразователь СПр, селективный усилитель СУ, синхронный детектор СД, усилитель постоянного тока УПТ.

3.3.3. Электрические принципиальные схемы

Наиболее полной электрической схемой изделия является принципиальная схема, на которой изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии

заданных электрических процессов, все связи между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. На схеме могут быть изображены соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Электрические элементы на схеме изображают условно графическими обозначениями, начертание и размеры которых установлены в стандартах ЕСКД. Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать не полностью, изображаются только используемые части.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении. В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле режима, для которого изображены эти элементы.

Условно графические обозначения элементов и устройств выполняют совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме так, как они расположены в изделии, т. е. в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе условные графические обозначения составных частей элементов располагают в разных местах схемы с учетом порядка прохождения по ним тока (т. е. последовательно) так, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Разнесенным способом можно вычерчивать как отдельные элементы или устройства (например, обмотки и контактные группы реле, контакты штепсельных разъемов, половины комбинированной радиолампы и др.), так и всю схему. Раздельно изображаемые части элементов можно соединять линией механической связи (штриховая линия). При изображении элементов разнесенным способом разрешается на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения элементов, выполненные совмещенным способом. При этом элементы, используемые в изделиях частично, изображают полностью с указанием использованных и неиспользованных частей. Выводы неиспользованных частей изображают короче использованных (рис. 3.26).

На рис. 3.27, а изображена принципиальная схема дистанционного управления двигателем при помощи магнитного пускателя.

При разнесенном способе выполнения схем рекомендуется пользоваться строчным методом, изображая условные графические обозначения элементов или их составных частей, входящих в одну цепь, последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи – рядом, образуя параллельные горизонтальные или вертикальные строки. Для удобства чтения допускается строки нумеровать арабскими цифрами (рис. 3.27, б).

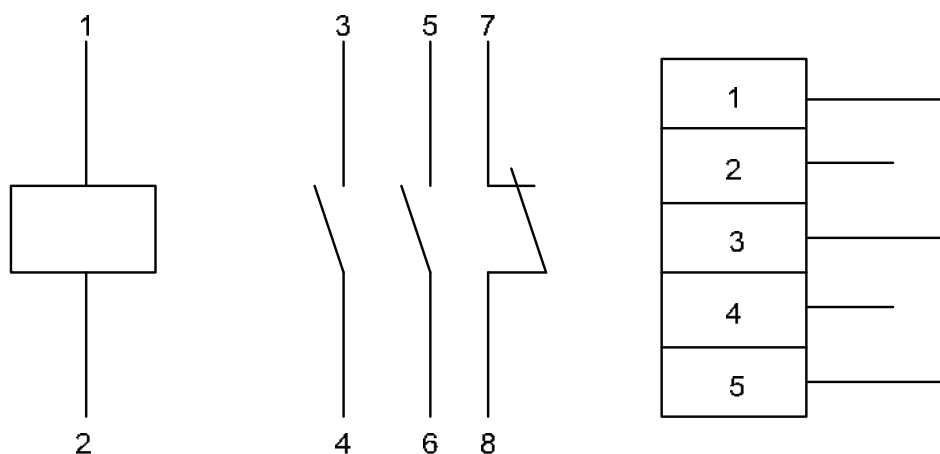


Рис. 3.26. Примеры изображения выводов использованных и неиспользованных частей элементов

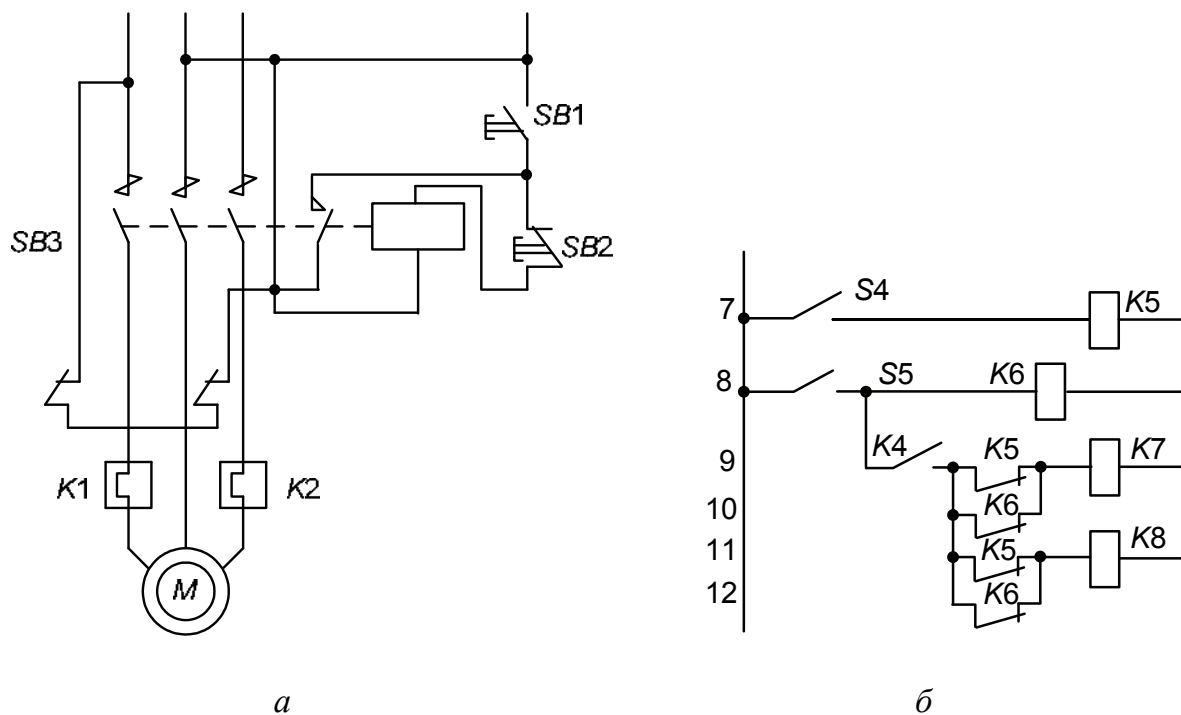


Рис. 3.27. Принципиальная схема дистанционного управления двигателем (а) и строчный способ изображения функциональной схемы (б)

Электрические схемы можно выполнять в многолинейном или однопроводном изображении. При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы в цепях – отдельными условными обозначениями, как показано на рис. 3.28, а. При однопроводном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изо-

бражают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей – одним условным обозначением (рис. 3.28, б). Однолинейное изображение рекомендуется для упрощения начертания схем с большим числом линий связи и их большой протяженностью (например, принципиальные схемы силовых цепей). Однолинейные и многолинейные изображения цепей и условных графических обозначений элементов по ЕСКД приведены на рис. 3.28.

В состав схемы кроме изображения входят надписи, характеризующие входные и выходные цепи, позиционные обозначения элементов и перечень элементов.

Главным назначением принципиальных схем является отражение с необходимой полнотой и наглядностью взаимной связи отдельных приборов, средств автоматизации и вспомогательной аппаратуры, входящих в состав функциональных узлов систем автоматизации, с учетом последовательности их работы и принципа действия. Данные электрических схем предназначены для изучения принципа действия системы автоматизации, они необходимы при производстве наладочных работ и во время эксплуатации данного устройства.

Как правило, принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных схем и таблиц щитов и пультов, схем соединения внешних проводок, схем подключения и др.

При проектировании систем автоматизации технологических процессов, как правило, разрабатывают принципиальные схемы отдельных элементов, установок или участков автоматизируемой системы, например схему управления конвейером, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т. п.

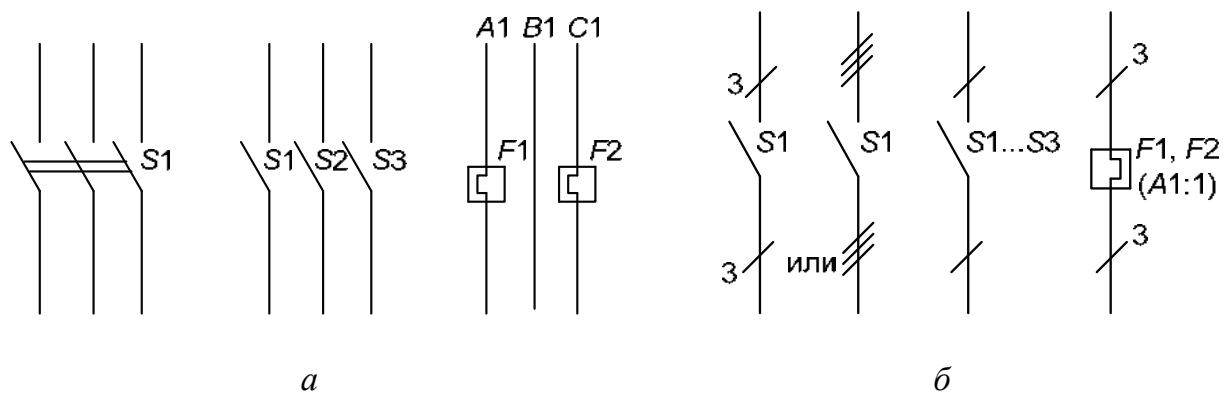


Рис. 3.28. Способы выполнения схем: а – многолинейное;
б – однолинейное изображение

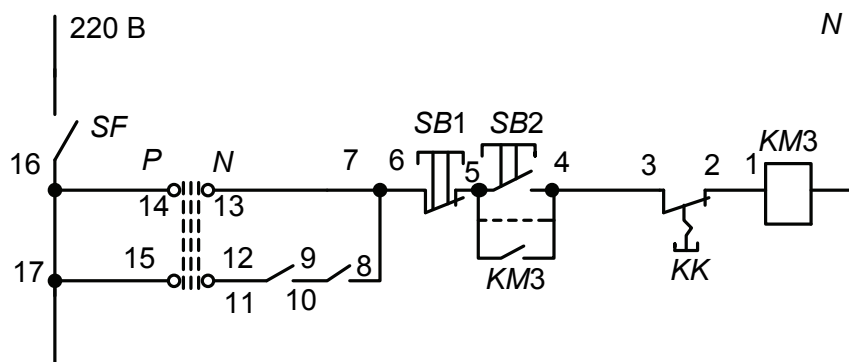


Рис. 3.29. Принципиальная схема управления установкой

Принципиальные схемы разрабатывают с использованием базовых схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизируемому объекту.

При составлении принципиальных схем в условном виде в ней изображают все приборы, аппараты, линии связи между отдельными элементами, блоками и модулями этих устройств.

Разрабатываемые принципиальные схемы, как правило, содержат следующие компоненты:

- 1) условные изображения принципа действия того или иного функционального элемента, узла системы автоматизации;
- 2) необходимые поясняющие надписи на всех элементах;
- 3) части отдельных элементов (приборов, электрических аппаратов) данной схемы, используемые в других схемах, а также элементы устройств из других схем;
- 4) диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
- 5) перечень используемых в данной схеме деталей приборов, аппаратуры;
- 6) перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие пояснения и примечания.

Для успешного чтения принципиальных схем необходимо знать алгоритм функционирования схемы, понимать принцип действия деталей приборов, аппаратов, на базе которых построена принципиальная схема.

Принципиальные схемы систем контроля и управления по назначению подразделяются на схемы управления (рис. 3.29), технологического контроля и сигнализации, автоматического регулирования и питания. Принципиальные схемы по видам могут быть электрическими,

пневматическими, гидравлическими и комбинированными. В настоящее время наиболее широкое применение находят электрические и пневматические схемы.

Принципиальная схема — главный рабочий документ, на основании которого:

1) выполняют чертежи для изготовления изделий (общие виды и монтажные схемы и таблицы щитов, пультов, и т. п.) и соединений их с приборами, исполнительными механизмами и между собой;

2) проверяют правильность выполненных соединений;

3) задают уставки аппаратам защиты, средствам контроля и регулирования процесса;

4) настраивают путевые и конечные выключатели;

5) анализируют схему как в процессе разработки, так и в процессе монтажа, при наладке и эксплуатации, при отклонении от заданного режима работы установки, преждевременном выходе из строя какого-либо исполнительного элемента и т. п.;

6) предусматривают возможные варианты взаимозаменяемых элементов схемы, а также приборов учета и контроля.

При изображении на одной схеме различных функциональных цепей допускается различать их толщиной линий. Рекомендуется применять не более трех размеров линий по толщине. Для упрощения схемы возможно несколько электрически не связанных линий сливать в линию групповой связи, но при подходе к контактам (элементам) каждую из них следует изображать отдельно. Линии электрической связи, сливаемые в линию групповой связи, не должны иметь разветвлений, т. е. каждый условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза. При необходимости разветвлений их количество указывается после порядкового номера через дробную черту.

Все элементы должны иметь позиционные обозначения, проставляемые рядом — справа или сверху. Дополнительно около основных позиционных обозначений элементов можно в скобках проставлять обозначения, присвоенные предприятиями-изготовителями. Так, если КМ — основное позиционное обозначение магнитного контактора, а в щитке, изготовленном для данной электроустановки предприятием, ему присвоено обозначение КП, то на схеме можно проставить оба обозначения КМ (КП). Если необходимо, на схеме наносят обозначения электрических цепей, которые должны соответствовать ГОСТ 2.709–72 или другим нормативно-техническим документам, действующим в отраслях. Все элементы, входящие в изделие, должны быть однозначно определены на принципиальной схеме.

3.3.4. Электрические схемы соединений и подключения

Схемы соединений. Электрическая схема предусматривает выполнение электрических соединений элементов в изделии. На схеме изображают все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т. п.) и соединения между ними. Электрические установки изображают в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний, элементы – в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД, прямоугольников или упрощенных внешних очертаний. Внутри прямоугольников, изображающих элементы, допускается помещать их УГО, а для устройств – их структурные, функциональные или принципиальные схемы.

Разработчики схем входные и выходные элементы изображают условными графическими обозначениями. Расположение изображений входных и выходных элементов или выводов внутри УГО устройств и элементов должно примерно соответствовать их действительному расположению в устройстве или элементе.

На схеме соединений радиоприемного устройства (рис. 3.30, *а*) в отличие от его принципиальной схемы (рис. 3.30, *б*) показаны также элементы, необходимые для выполнения монтажа и эксплуатации изделия: гнездо *VS1* для подключения антенны, телефонное гнездо *XS2*, соединители *XT1*, *XT2* для подключения аккумуляторов батареи питания, монтажная стойка *X1*.

Разрешается взамен УГО входных и выходных элементов помещать таблицы с характеристиками цепей и адресами внешних подключений (рис. 3.31).

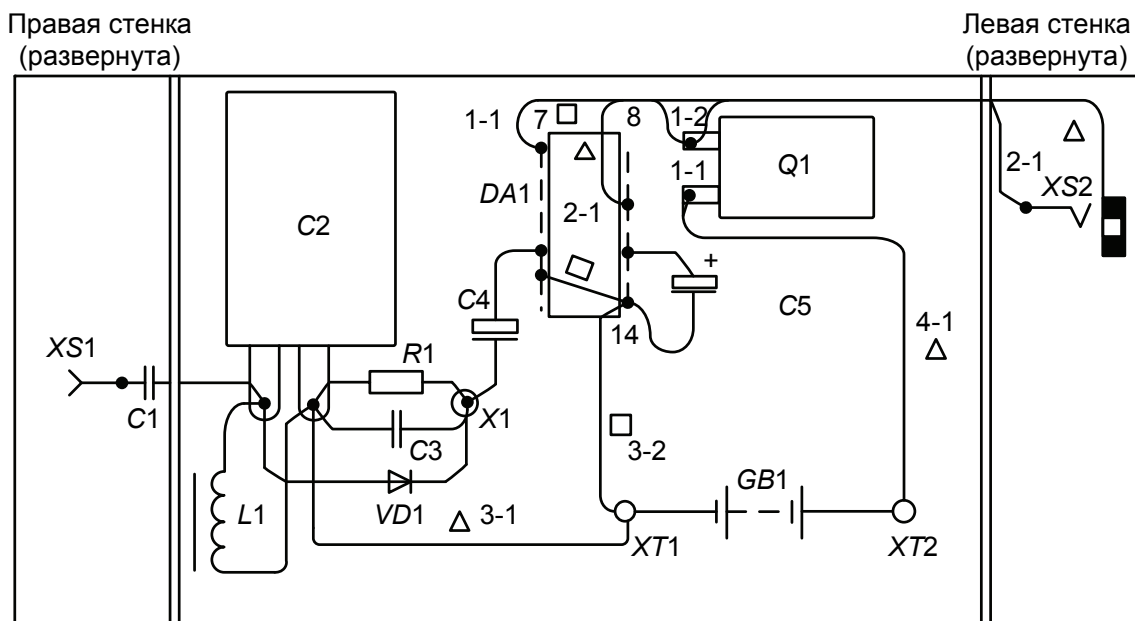
Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно ориентировочно соответствовать их действительному размещению в изделии. Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если схему выполняют на нескольких листах или размещение устройств и элементов на месте эксплуатации неизвестно.

Элементы, которые используются в изделии ограниченно, допускается изображать на схеме не полностью.

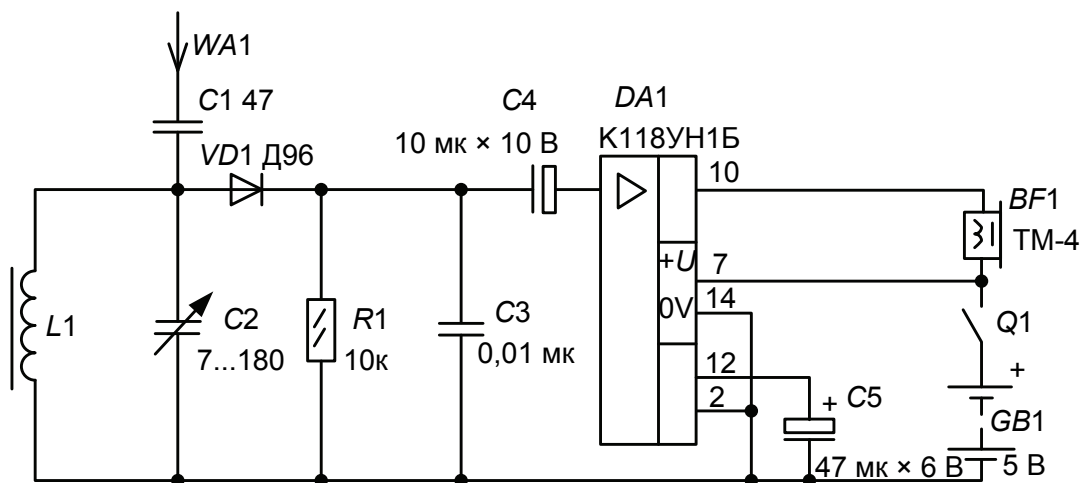
Около УГО устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме. Около или внутри графического обозначения устройства допускается указывать его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого устройство применено. В отсутствие принципиальной схемы изделия

позиционные обозначения устройствам и элементам, не вошедшим в принципиальные схемы составных частей изделия, присваивают в соответствии с ГОСТ 2.710–81.

На схеме необходимо указывать обозначения выводов элементов, нанесенные на изделие или установленные в документации изделия.



a



б

Рис. 3.30. Схема радиоприемного устройства: *a* – схема соединений; *б* – принципиальная схема

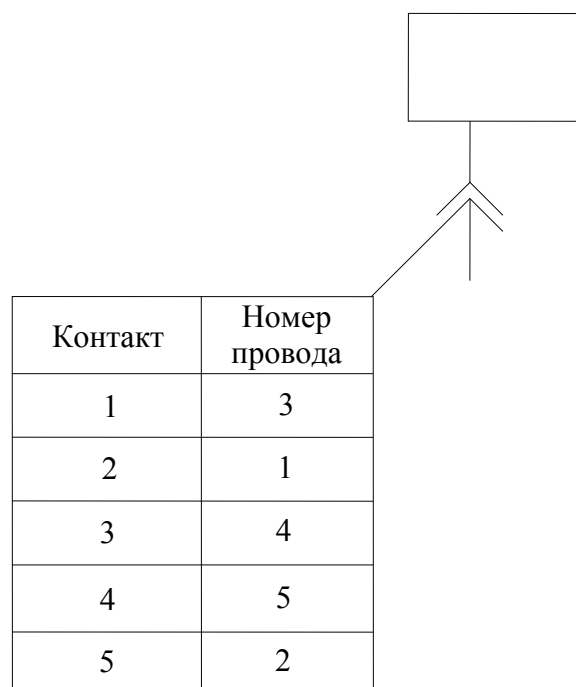


Рис. 3.31. Вид таблицы характеристики цепей и адреса внешних подключений

В случае если в конструкции устройства или элемента и в его документации обозначения входных и выходных элементов не указаны, то разрешается условно присваивать им обозначения на схеме, помещая соответствующее пояснение на поле схемы. В устройствах с одинаковыми внешними подключениями только для одного из них на схеме указывают подключения.

Когда устройства имеют самостоятельные схемы подключения, то на схеме изделия можно не показывать присоединение проводов и жил кабелей к входным и выходным элементам.

При изображении соединителей отдельные контакты допускается не изображать, а заменять их таблицами с указанием подключения контактов (рис. 3.31). Таблицы можно размещать около изображения соединителя, на поле схемы или на последующих листах схемы. Во втором случае им присваивают ПО соответствующих соединителей. В таблице допускается указывать дополнительные сведения, например данные провода.

Когда жгут соединяет одноименные контакты соединителей, то таблицу помещают около одного конца изображения жгута (кабеля). В схеме соединений изделия допускается показывать его внешние подключения.

Соединительные элементы (провода, группы проводов, жгуты и кабели) показывают на схеме отдельными линиями толщиной от 0,4 до 1,0 мм. Допускается отдельные провода, идущие на схеме в одном направлении, сливать в общую линию, однако при подходе к контактам

каждый провод и жилу кабеля изображают отдельной линией. Во избежание многократных пересечений разрешается линии, изображающие провода, жгуты и кабели, не проводить или обрывать их около мест присоединения. В этих случаях около мест присоединения (рис. 3.32, *а*) или в таблице на свободном поле схемы (рис. 3.32, *б*) помещают сведения, обеспечивающие однозначные соединения.

При наличии многоконтактных элементов в сложных схемах допускается линии, изображающие жгуты (кабели), доводить только до контура графического обозначения элемента. Указания о присоединении проводов или жил кабеля к контактам приводят одним из следующих способов:

у контактов показывают концы линий, изображающих провода, которые направляют в сторону соответствующего жгута или кабеля и обозначают их (рис. 3.33);

около изображения многоконтактного элемента помещают таблицу с указанием подключения контактов, которую соединяют линией-выноской с соответствующим жгутом, кабелем или группой проводов (рис. 3.34).

Другие вводные элементы, через которые проходят провода, изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД. На рис. 3.35 приведены УГО проходных изоляторов, гермовводов, сальников. На схеме указывают обозначения вводных элементов, нанесенные на изделие. Когда обозначения вводных элементов не указаны в конструкции изделия, разрешается условно присваивать им обозначения на схеме с необходимыми пояснениями.

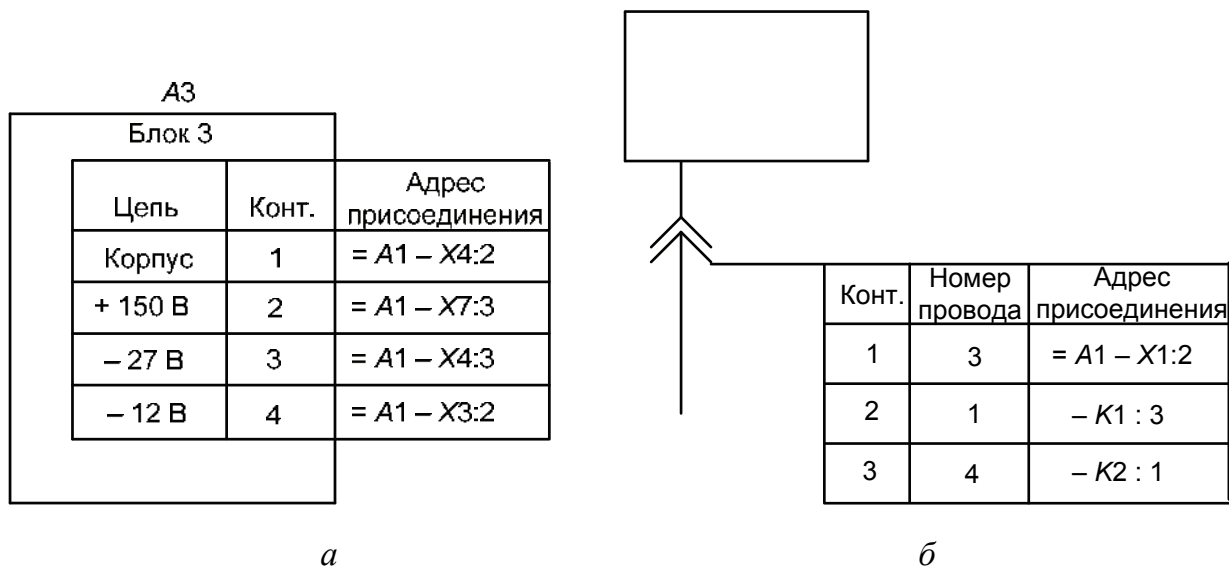


Рис. 3.32. Виды таблиц обозначений однозначных соединений:
а – около мест присоединения; *б* – на свободном поле схемы

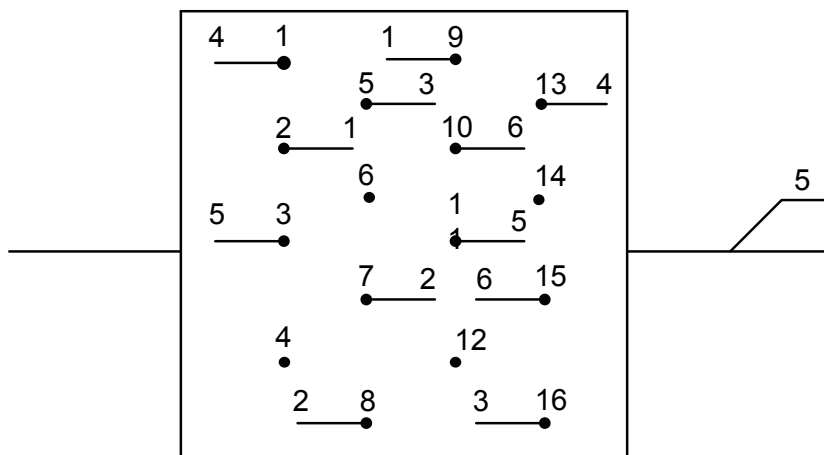


Рис. 3.33. Изображение проводов в жгутах или кабелях

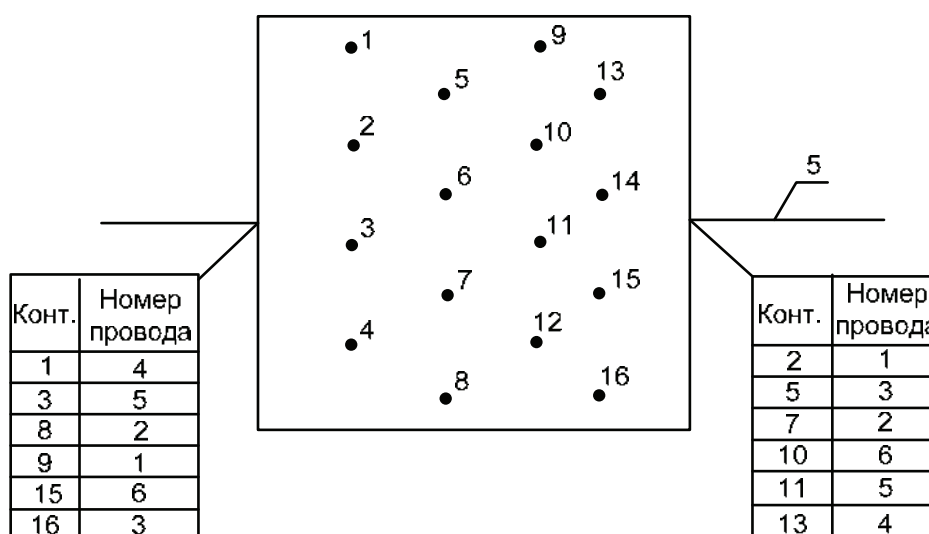


Рис. 3.34. Изображение многоконтактного элемента

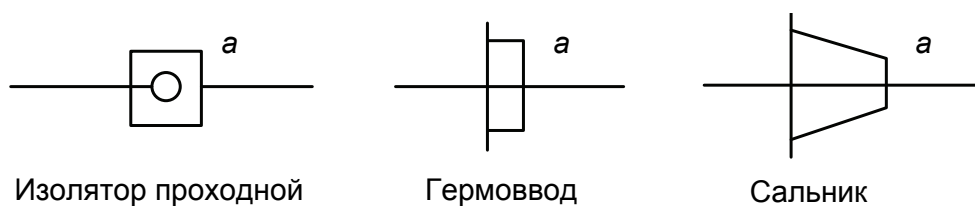


Рис. 3.35. Изображение вводных элементов для проводов

При присвоении кабелям буквенно-цифровых обозначений допускается номера кабелей проставлять в разрыве линии без окружности.

На схеме указывают марку и сечение проводов, количество и сечение жил кабелей, а при необходимости, и расцветку проводов. Эти

данные располагают около линий, изображающих провода и кабели. В этом случае допускается обозначение проводам и кабелям не присваивать. Если для этого применены условные обозначения, то на поле схемы должна быть дана их расшифровка.

Число жил в кабеле помещают в прямоугольнике справа от обозначения. Когда используются одинаковые марки, сечение и другие данные о всех или большинстве проводов и кабелей разрешается указывать на поле схемы.

В случаях когда жгуты, кабели и провода изготавливают по специальным чертежам, указывают обозначение основного конструкторского документа.

Характеристики входных и выходных цепей на схеме указывают в виде таблиц, помещаемых взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов (рис. 3.31).

Когда на схеме не указаны места присоединений проводов и жил кабеля или имеется большое число соединений, составляют таблицу соединений, в которой указывают данные о проводах, жгутах и кабелях и адреса их соединений. Таблицу соединений помещают на первом листе схемы, а при большом количестве проводов и кабелей выполняют в виде самостоятельного документа. Таблицу соединений, помещенную на первом листе схемы, располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм. Продолжение таблицы помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы. Таблицу соединений (рис. 3.36, *а*, *б*) в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4 (210×297) с основной надписью по ГОСТ 2.104–68 (форма 2 и 2а).

В графах таблиц указывают:

в графе «Обозначение провода» – обозначение одножильного провода, жилы кабеля или провода жгута;

в графах «Откуда идет», «Куда поступает» – условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств;

в графе «Соединения» – условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств, которые разделяют запятой;

в графе «Данные провода»: для одножильного провода – марку, сечение и, при необходимости, расцветку; для кабеля, записываемого в спецификацию как материал, – марку, сечение и количество жил; данные провода и кабеля – в соответствии с документом, на основании которого они применены;

в графе «Примечание» указывают дополнительные уточняющие данные.

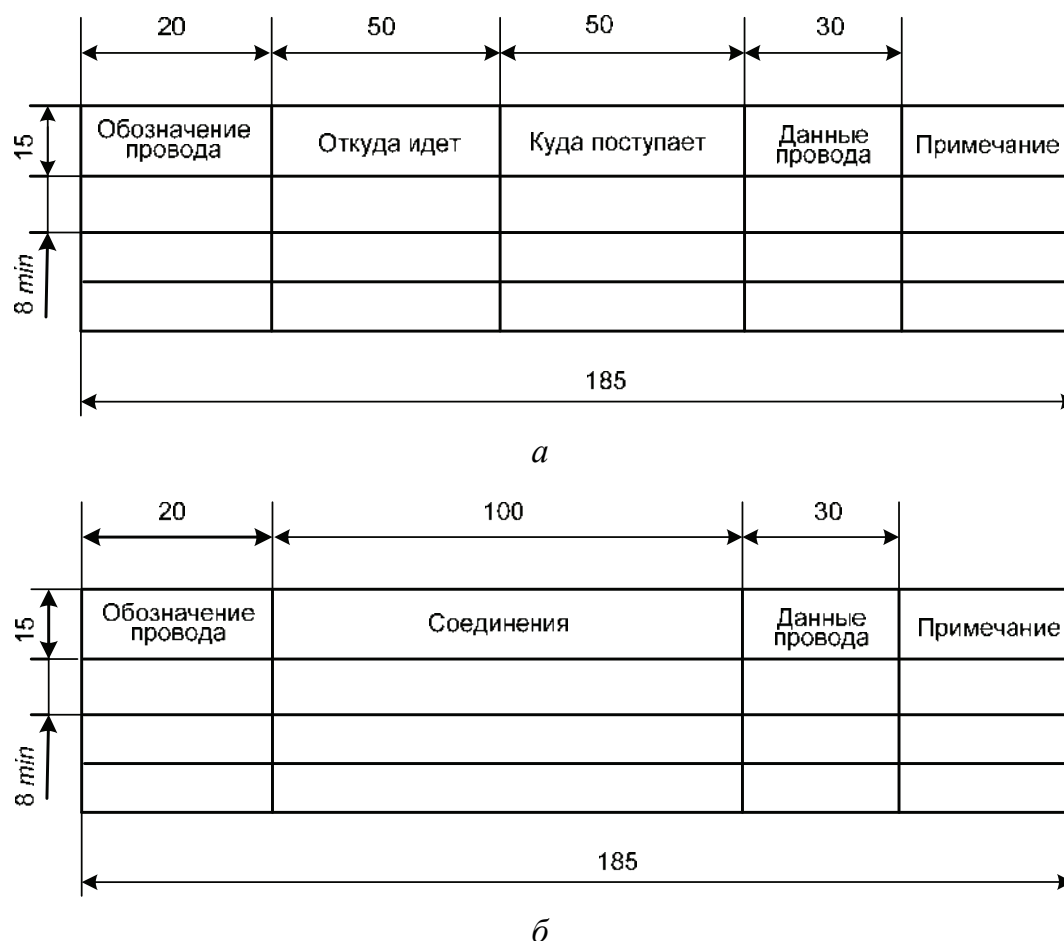


Рис. 3.36. Виды таблицы соединений: *а* – форма 2; *б* – форма 2а

При заполнении таблицы соединений необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1) при выполнении соединений отдельными проводами запись их в таблицу производится в порядке возрастания номеров;

2) при выполнении соединений проводами жгутов или жилами кабелей перед записью проводов каждого жгута или жил каждого кабеля должен быть помещен заголовок по типу: «Жгут 1» или «Жгут. АБВГ.ХХХХХХ.032»; «Провод 5». Провода жгута или жилы кабеля должны быть записаны в порядке возрастания присвоенных проводам или жилам номеров;

3) при выполнении соединений отдельными проводами, жгутами проводов и кабелями заполнение таблицы должно начинаться с записи отдельных проводов без заголовка. Затем с соответствующими заголовками записываются жгуты проводов и кабели.

Дополнительные указания о надеваемых на провода изоляционных трубках, экранирующих оплетках и т. п. помещают в графе «Примечание» или на поле схемы.

Разрешается указывать адрес соединений около обоих концов изображений отдельных проводов, проводов жгутов и жил кабелей. Тогда таблицу соединений не составляют и провода не обозначают.

На поле схемы над основной надписью помещают необходимые технические указания: величины минимально допустимых расстояний между проводами, жгутами и кабелями; данные о специфичности их прокладки и защиты; о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов и кабелей и т. п.

Схемы подключения. Этот тип схем показывает внешние подключения изделия. На схеме должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы (соединители, зажимы и т. п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей и адреса). Изделия и их составные части на схеме изображают в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний, а входные и выходные элементы (соединители) – в виде условных графических обозначений.

Соединительные (входные и выходные) элементы внутри графического обозначения изделия размещают в соответствии с их действительным расположением в изделии и указывают их позиционные обозначения согласно принципиальной схеме изделия.

Все вводные элементы (сальники, гермовводы, проходные изоляторы), через которые проходят провода или кабели, изображают в виде условных графических обозначений, приведенных на рис. 3.35.

На схеме следует указывать обозначения входных и выходных элементов, нанесенные на изделие. Если обозначения этих элементов в конструкции изделия отсутствуют, то разрешается условно присваивать им обозначения на схеме. Присвоенные обозначения повторяют в соответствующей конструкторской документации, на поле схемы в виде необходимых пояснений. Разрешается около УГО соединителей указывать их наименования или обозначения документов, на основании которых они применены.

Провода и кабели на схеме показывают отдельными сплошными линиями. На схеме допускается указывать марки и сечения проводов, их расцветку, марки кабелей, количество и занятость жил, их сечение. Если для этого используют условные обозначения, то их расшифровывают на поле схемы. Так, например, на схеме подключения электросварочного поста (рис. 3.37) составные части изделия изображены в виде прямоугольников, а входные и выходные элементы (клеммные зажимы) – в виде УГО, которые расположены внутри составных частей изделия. Их расположение примерно соответствует действительному расположению контактов.

На схеме указаны марки и сечение проводов, марки кабелей, количество и сечение их жил.

3.3.5. Электрические схемы расположения

Схема расположения предусматривает относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости, и жгутов, проводов, кабелей. На такой схеме изображают составные части изделия и при необходимости связи между ними, а также конструкцию, помещение или местность, на которых эти части расположены. Составные части изделия изображают в виде упрощенных внешних очертаний или УГО, которые располагают в соответствии с действительным размещением частей изделия в конструкции или на местности.

Провода, жгуты и кабели изображают в виде отдельных линий или упрощенных внешних очертаний.

Рядом с изображением устройств и элементов помещают их наименования, типы и обозначение документа, на основании которого они применены. При большом количестве составных частей изделия эти сведения записывают в перечень элементов. В этом случае составным частям изделия присваивают позиционные обозначения.

Схемы расположения могут быть выполнены на разрезах конструкций, разрезах или планах зданий или в аксонометрии.

3.3.6. Электрические общие схемы

На общей схеме изображают устройства и элементы, входящие в комплекс, а также соединяющие их провода, жгуты и кабели. Устройства изображают в виде прямоугольников, УГО или упрощенных внешних очертаний, а элементы – в виде упрощенных внешних очертаний. Расположение графических обозначений на схеме должно примерно соответствовать действительному расположению устройств и элементов в изделии. В случае если действительное размещение устройств и элементов неизвестно, то графические обозначения устройства и элементов располагают с учетом простоты и наглядности изображения электрических соединений между ними.

Как правило, около изображения каждого устройства и элемента указывают его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого они применены. При большом количестве устройств и элементов сведения о них записывают в перечень элементов. Тогда им

присваивают позиционные обозначения, которые проставляют рядом с графическими обозначениями.

Устройства и элементы, сгруппированные в посты или помещения, нужно записывать в перечень по постам или помещениям.

Всегда входные, выходные и вводные элементы изображают на схеме в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД, с учетом их действительного расположения внутри устройств. Допускается не учитывать действительное размещение элементов в изделии, если требуется обеспечить наглядность изображения электрических соединений в сложных схемах. Тогда на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

На общих схемах проходные изоляторы, гермовводы, сальники изображают условными графическими обозначениями, приведенными на рис. 3.35.

Разрешается взамен УГО входных и выходных элементов помещать таблицы с указанием подключения контактов (рис. 3.31). На схеме обязательно указывают обозначения входных, выходных и вводных элементов, нанесенные на изделие. Когда в конструкции изделия обозначения элементов не указаны, то им условно присваивают обозначения на схеме, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. Но при этом на поле схемы обязательно помещают необходимые пояснения. Допускается указывать на полках линий-выносок обозначения документов соединителей, а внутри их изображений – число контактов (рис. 3.38). Как было сказано выше провода, жгуты и кабели на схемах показывают отдельными линиями и обозначают порядковыми номерами в пределах изделия. Разрешается сквозная нумерация в пределах жгута, кабеля, если провода, входящие в жгуты, пронумерованы в пределах каждого жгута, кабеля. Номера проводов проставляют около концов их изображений. Короткие провода допускается нумеровать около середины изображения. Номера кабелей проставляют в окружностях, помещенных в разрывах их изображений, а номера жгутов – на полках линий-выносок.

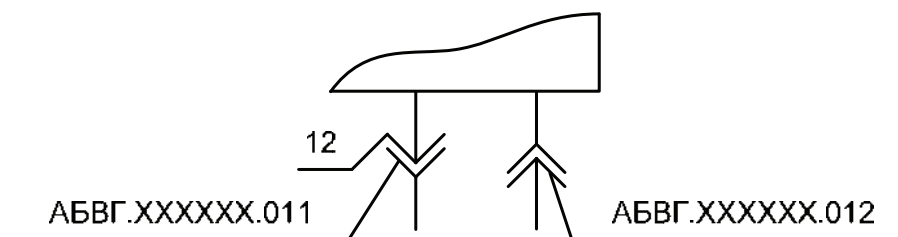


Рис. 3.38. Изображение линий-выносок с числом контактов

	20	70	40	10	
15	Маркировка провода, жгута, кабеля	Обозначение	Данные провода, жгута, кабеля	Кол.	Примечание
8 min					
	185				

Рис. 3.39. Форма перечня проводов, жгутов и кабеля

В том случае, когда на принципиальной схеме электрическим цепям присвоены обозначения в соответствии с ГОСТ 2.709–72, то одножильным проводам, жилам кабелей и проводам жгутов обозначения присваивать не нужно.

На схеме изделия, в состав которого входит несколько комплексов, одножильные провода, кабели и жгуты нумеруют в пределах каждого комплекса. В этом случае перед номером через знак «дефис» проставляют буквенно-цифровое обозначение, определяющее принадлежность их к определенному комплексу (функциональной цепи). Обозначение кабеля при этом в окружность не вписывают.

Рядом с изображением одножильных проводов и кабелей указывают марку, сечение, количество жил кабеля, а для проводов, кабелей и жгутов, изготовленных по чертежам, – обозначение основного конструкторского документа. Для одножильных проводов при необходимости указывают расцветку. При наличии большого количества соединений эти сведения нужно записывать в перечень. Форма перечня проводов, жгутов и кабелей приведена на рис. 3.39. Перечень помещают на первом листе схемы или выполняют в виде последующих листов. На первом листе схемы перечень, как правило, располагают над основной надписью на расстоянии от нее не менее 12 мм. В графах перечня указывают:

в графе «Обозначение» – обозначение основного конструкторского документа провода, кабеля, жгута, изготовленных по чертежам;

в графе «Примечание» – кабели, поставляемые с комплексом или прокладываемые при его монтаже.

Можно в перечень не вносить кабели, прокладываемые при монтаже изделия.

Общую схему целесообразно выполнять на одном листе. Если она сложная и ее невозможно выполнить на одном листе, то на первом листе вычерчивают изделие в целом, изображая посты и помещения условными очертаниями и показывая связи между ними. Внутри очертаний постов и помещений изображают только те устройства и элементы, к которым подводят провода и кабели, соединяющие посты или помещения. На других листах вычерчивают схемы отдельных постов или помещений.

В случае когда в состав изделия входит несколько комплексов, общую схему каждого комплекса выполняют на отдельном листе.

3.3.7. Анализ электрической схемы автоматического электропроводонагревателя

Рассмотрим реальный пример разработки электрической схемы автоматического электропроводонагревателя. Структурная схема определяет основные функциональные части изделия (рис. 3.40, *а*).

Функциональная схема (рис. 3.40, *б*) разъясняет процессы, протекающие в нем.

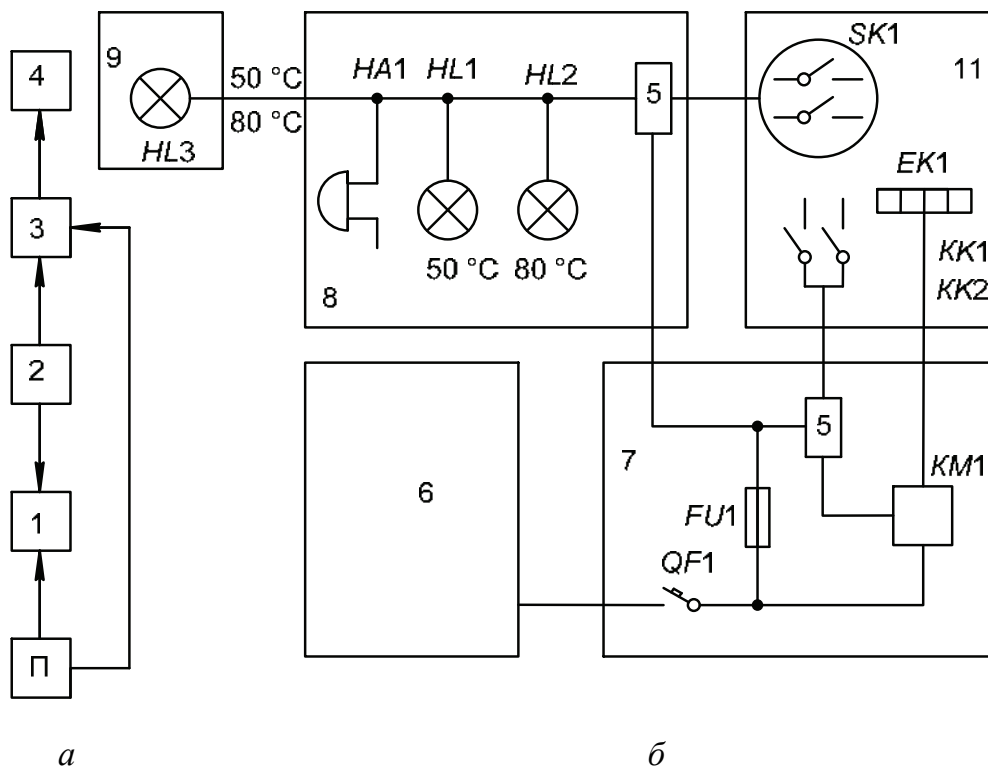


Рис. 3.40. Структурная (*а*) и функциональная схемы (*б*) автоматического электропроводонагревателя

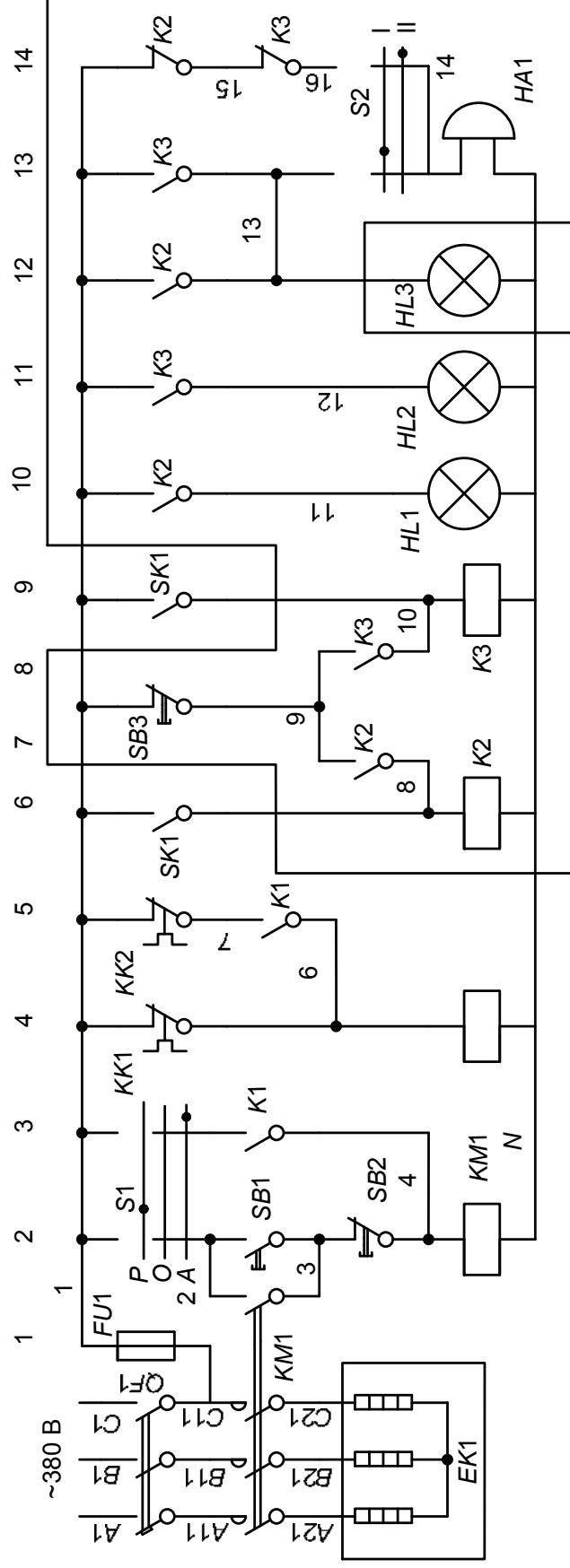
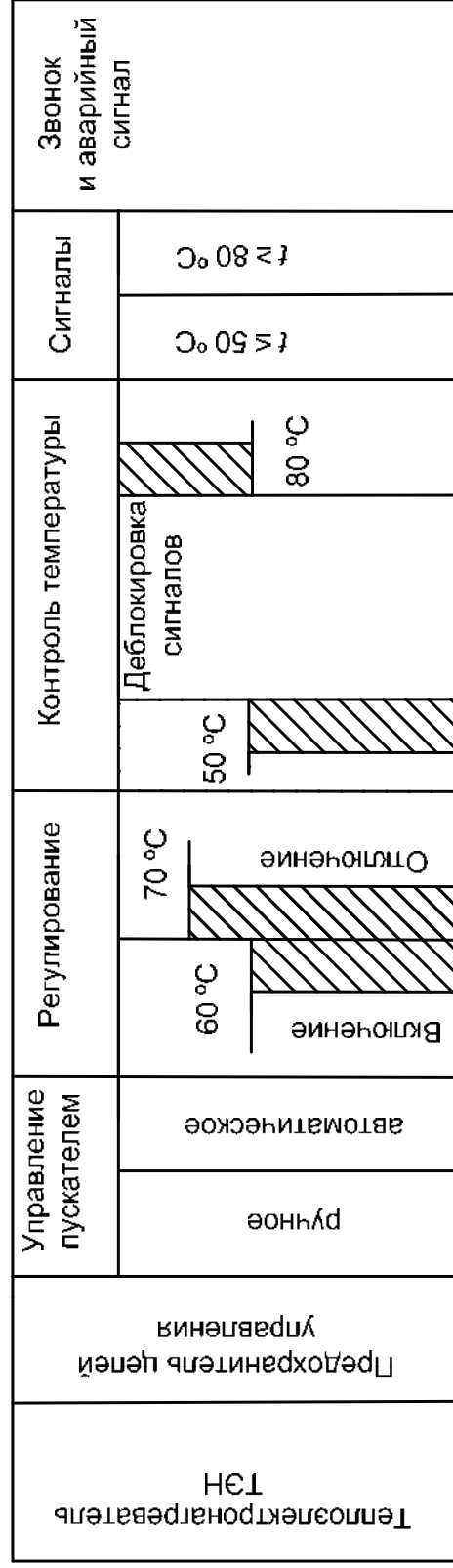


Рис. 3.41. Принципиальная (полная) схема автоматического электронагревателя

Принципиальная (полная) схема (3.41) определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципе работы. Принципиальные схемы сравнительно просты по начертанию, но по существу они самые сложные и самые важные. Дело в том, что именно на основании принципиальных схем разрабатывают схемы других типов, т. е. такие схемы, руководствуясь которыми выполняют работы. Это схемы соединений (монтажные), подключения, общие, расположения и объединенные.

На объединенной схеме (рис. 3.42, б) могут быть помещены схемы одного вида нескольких типов, относящихся к одному изделию (установке), например схема электрическая принципиальная (Э3) и схема электрическая соединений (Э4). Объединенной схеме присваивается наименование схемы, имеющей меньший номер из номеров объединенных схем; в данном случае схеме нужно присвоить номер Э3, так как Э3 меньше, чем Э4.

На рис. 3.41 изображена полная принципиальная схема электроустановки, а именно автоматического электроводонагревателя. На ней цифрами обозначены номера цепей (строк), другие цифры обозначают маркировку участков цепей. Латинские буквы – позиционные обозначения элементов. Все элементы изображены в стандартных условных обозначениях (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Перечень элементов в схеме

Позиционное обозначение	Наименование	Тип	Место установки	Примечание
<i>QF1</i>	Выключатель автоматический	—	Станция управления	50 А
<i>FU1</i>	Предохранитель цепей управления	—	—	15 А
<i>KM1</i>	Магнитный пускатель	—	—	—
<i>S1</i>	Переключатель выбора режима управления	—	—	—
<i>SB1</i>	Выключатель кнопочный «Пуск»	—	—	—
<i>SB2</i>	То же, «Стоп»	—	—	—
<i>K1</i>	Реле промежуточное для управления <i>KM1</i>	—	—	—
<i>EK1</i>	Трубчатый нагреватель	—	Бак	22 кВт
<i>KK1</i>	Реле температурное	—	—	60 °С и ниже
<i>KK2</i>	То же	—	—	70 °С и выше

Позиционное обозначение	Наименование	Тип	Место установки	Примечание
<i>SK1</i>	Электроконтактный термометр	—	—	50 °С и ниже 80 °С и выше
<i>K2</i>	Реле промежуточное	—	Щиток сигнализации	50 °С и ниже
<i>K3</i>	То же	—	—	80 °С и выше
<i>SB3</i>	Выключатель кнопочный для деблокировки сигналов	—	—	—
<i>HL1</i>	Лампа сигнальная желтая	—	—	50 °С и ниже
<i>HL2</i>	То же	—	—	80 °С и выше
<i>S2</i>	Переключатель для деблокировки звонка	—	—	—
<i>HL3</i>	Лампа сигнальная красная	—	Щит дежурного	50°С и ниже
<i>HA1</i>	Звонок	—	—	—

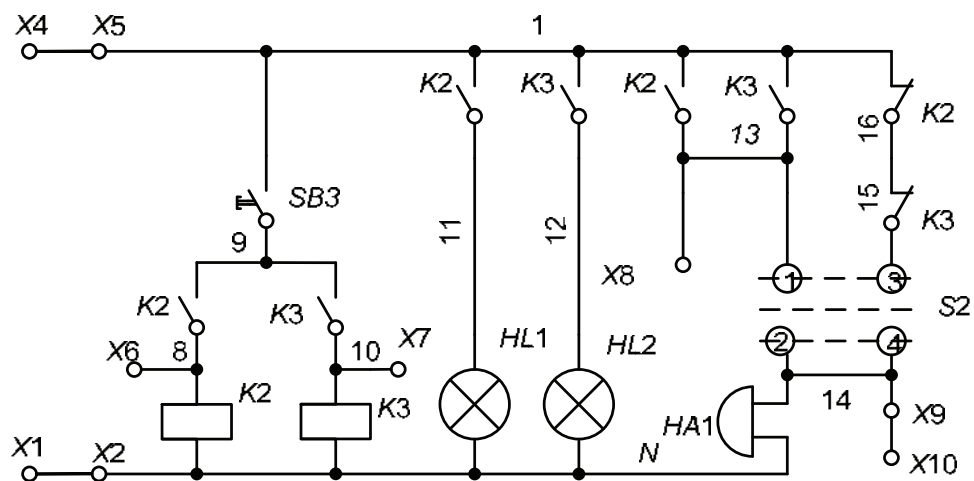
Примечание. Перечень элементов выполнен по форме, с которой можно встретиться как в книгах, так и в исполнительной документации. Достоинство этой формы в ее наглядности, благодаря указанию назначения элементов и их технических данных.

Трубчатые нагреватели *EK1* соединены в звезду и получают питание от сети трехфазного тока 380 В. На каждый нагреватель приходится фазное напряжение $380/\sqrt{3} = 220$ В. Цепи управления питаются от фазного и нейтрального *N* проводов, т. е. включены на 220 В.

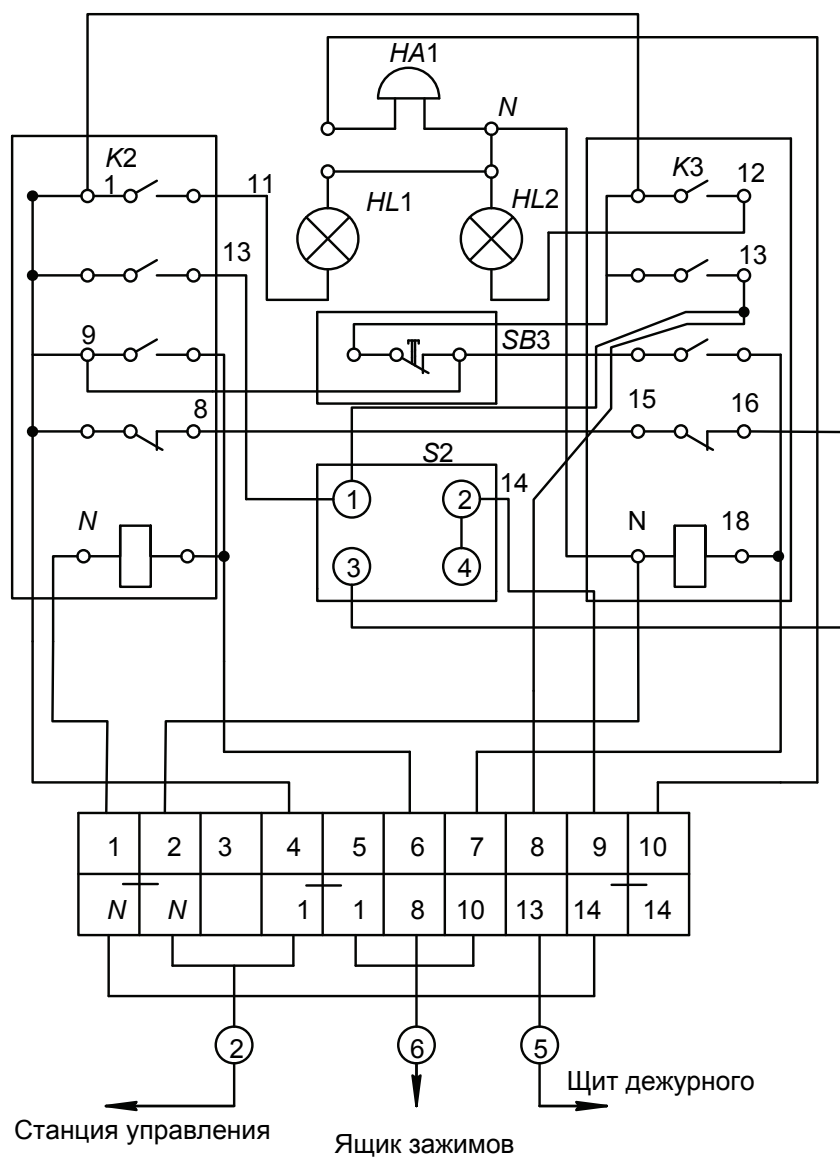
Установка автоматического выключателя *QF1* определяется мощностью нагревателей *EK1* и составляет примерно 50 А. Для защиты цепей управления (если монтаж выполнен медными проводами сечением 1,5 мм² и кабелями с алюминиевыми жилами сечением 2,5 мм²) нужно не более 20 А, поэтому для защиты цепей управления введен предохранитель *FU1*.

Позиционное обозначение *KM1*. Как следует из перечня элементов, это магнитный пускатель. Переключателем *S1* задают режим управления: Р – ручное, А – автоматическое, 0 – нейтральное положение. В нейтральном положении обе цепи разомкнуты.

Выключателем кнопочным *SB1* по цепи 2 включают магнитный пускатель *KM1*, который, в свою очередь, включает нагреватель *EK1*. После включения *KM1* его катушка продолжает получать питание через вспомогательный контакт *KM1* по цепи I. Отключают выключателем кнопочным *SB2*.



a



б

Рис. 3.42. Принципиальная (*a*) и объединенная (*б*) схемы щитка сигнализации

При температуре ниже 60 °С контакт реле температурного *KK1* замкнут. Это видно из диаграммы, помещенной над цепью 4. Поэтому реле *K1* включено, а через его контакт в цепи 3 включен магнитный пускатель *KM1*. Когда же температура превысит 60 °С, достигнув, например, 63 °С, *EK1* не отключится благодаря тому, что реле *K1* будет продолжать получать питание по цепи 5. Эта цепь разомкнется только при температуре 70 °С, как явствует из диаграммы, помещенной над цепью 5. При 70 °С реле *K1* отпустится и отключит *KM1*, а *KM1* отключит *EK1*. Температура начнет снижаться. До тех пор пока она не снизится до 60 °С, ничего не произойдет. При 60 °С вновь замкнется контакт *KK1*, и по цепи 4 включит *K1* и т. д. Иными словами, *K1* при 60 °С будет включаться, а при 70 °С – отключаться.

При замкнутом контакте *K1* в цепи 3 нельзя отключить *KM1* кнопочным выключателем *SB2*, так как контакт *K1* в цепи 3 присоединен к катушке *KM1*, минуя *SB2*. Но, несмотря на это, *EK1* отключить можно. Для этого переключатель *S1* нужно перевести в положение 0.

Когда температура понизится до 50 °С в цепи 6 контакт электроконтактного термометра *SK1* замкнется и включит реле *K2*, а оно, в свою очередь, замкнет цепи 10 и 12. В результате включатся лампы *HL1*, *HL3* и звонок *HA1*.

Чтобы погасить лампы при температуре выше 50 °С, например при 54 °С, когда контакт *SK1* разомкнут, достаточно нажать выключатель кнопочный *SB3*.

При температуре 80 °С (см. диаграмму над цепью 9), включение произойдет при срабатывании реле *K3*, которое включится контактом *SK1* электроконтактного термометра.

При снижении температуры до 50 °С или при ее повышении до 80 °С, чтобы отключить звонок, нужно переключатель *S2* перевести из позиции I в позицию II, разомкнув этим действием цепь 13, но подготовив цепь 14, в которой, до тех пор пока температура чрезмерно понижена или повышена, разомкнут один из контактов *K2* или *K3* соответственно. Лампа *HL3* при изменении положения переключателя *S2* не погаснет. Она погаснет только тогда, когда температура достигнет нормального значения, т. е. будет больше 50, но меньше 80 °С.

Описанная принципиальная схема электроустановки действительно является полной, так как дает исчерпывающие сведения об ее действии.

На рис. 3.42 показаны две схемы щитка сигнализации, позволяющие проанализировать их подключение как к внешним зажимам станции управления, так и в пределах всего изделия.

На рис. 3.42, а изображена принципиальная схема щитка сигнализации. Она отличается от участка схемы на рис. 3.41 тем, что на ней указаны места для присоединения кабелей, а именно зажимы $X1$, $X2$, $X4-X9$, $X10$ в пределах изделия.

Ввиду того что схема на рис. 3.42, б является объединенной, на ней объединены две схемы: схема соединений в пределах изделия и схема подключения к нему. Схему следует назвать схемой соединений, так как номер схемы соединений (4) меньше номера схемы подключения (5).

Как только температура достигнет нормальных значений, реле $K2$ ($K3$) отпустит и замкнет цепь 14. По ней вновь включится звонок, что вынудит персонал перевести переключатель $S2$ из позиции II в позицию I, подготовив этим действием схему к приему следующего сигнала. Заметим, что манипуляции с $S2$ называются *квитированием сигналов*, от слова «квитанция» – подтверждение.

На рис. 3.43 показана схема расположения трубчатых нагревателей $EK1$, электроконтактного термометра $SK1$ и температурных реле $KK1$ и $KK2$ в баке. В данном случае схема расположения совершенно необходима. Дело в том, что взаимное расположение приборов контроля температуры, мест входа (Вх.) и выхода (Вых.) воды, нагревателей, а также глубина погружения приборов (аварийный слив воды – Ав.) играют первостепенную роль: если приборы неправильно взаимно расположить, то схема будет работать неверно, так как температура в разных частях бака различна.

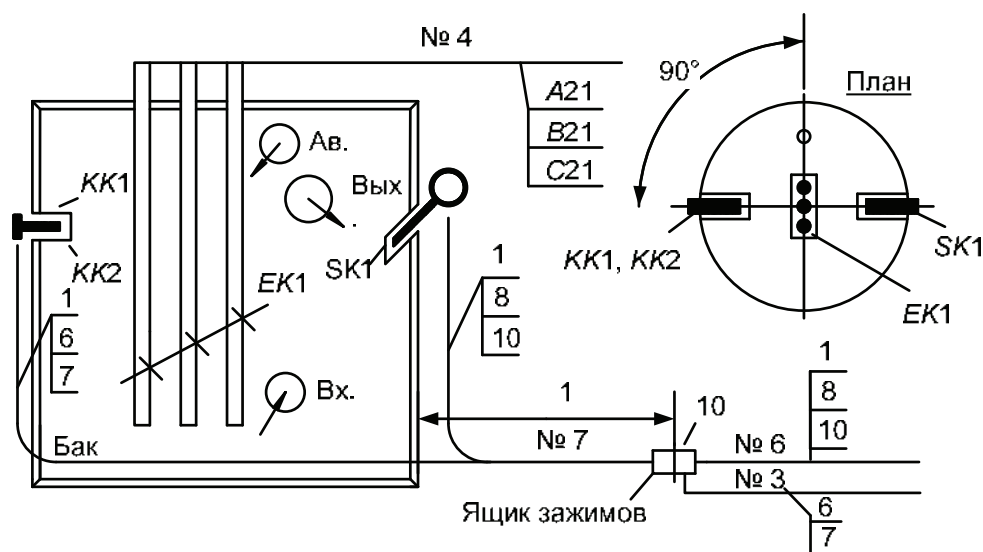


Рис. 3.43. Схема расположения приборов контроля

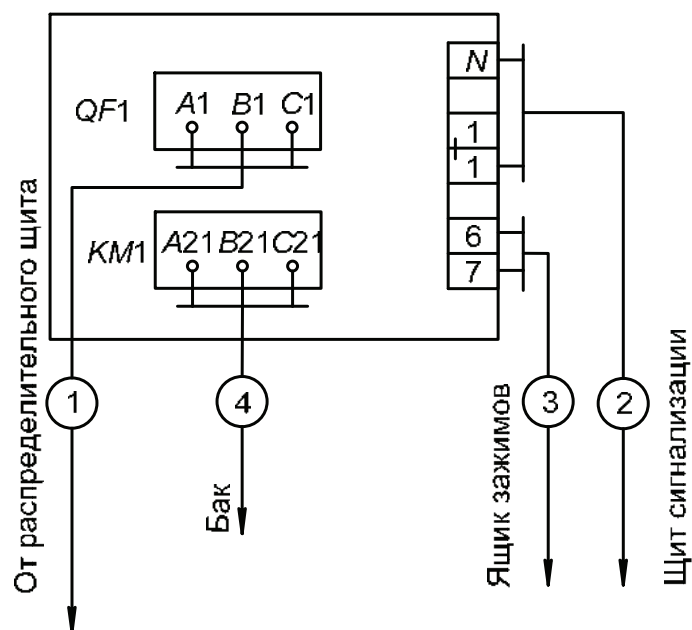


Рис. 3.44. Схема подключения кабелей

На рис. 3.44 показана схема подключения кабелей 1–4 автоматического электронагревателя к внешним зажимам станции управления.

3.4. Схемы электрического освещения

Состав и правила оформления рабочих чертежей и схем внутреннего электроосвещения помещений, зданий и сооружений всех отраслей промышленности, жилищно-бытовых и административных зданий и комплексов устанавливает ГОСТ 21.608–84.

Читатели, познакомившись с материалами данного раздела, смогут в деталях проанализировать ход выполнения работ от получения заказа до готового проекта и использовать его в своей практической деятельности.

Общие положения проектирования систем и схем внутреннего электроосвещения

1. Рабочие чертежи (РЧ) внутреннего электрического освещения (ЭО) помещений зданий и сооружений выполняют в соответствии с требованиями указанного стандарта и других стандартов системы проектной документации для строительства, а также норм проектирования электротехнических установок.

2. В состав рабочих чертежей внутреннего электрического освещения помещений зданий и сооружений входят:

а) чертежи, предназначенные для производства электромонтажных работ (основной комплект рабочих чертежей марки ЭО);

б) чертежи конструкций и деталей, предназначенных для установки электрического оборудования (при отсутствии типовых).

3. Основной комплект РЧ марки ЭО допускается объединять с основным комплектом рабочих чертежей силового электрического оборудования или с другими основными комплектами электротехнических рабочих чертежей. Объединенному основному комплекту рабочих чертежей присваивается одна марка.

3.4.1. Основной комплект рабочих чертежей марки ЭО

В состав основного комплекта рабочих чертежей марки ЭО включают:

- а) общие данные по рабочим чертежам;
- б) планы расположения электрического оборудования и прокладки электрических сетей (далее – планы расположения);
- в) принципиальные схемы питающей сети;
- г) принципиальные схемы дистанционного управления освещением;
- д) схемы подключения комплектных распределительных устройств на напряжение до 1 000 В;
- е) кабельный журнал для питающей сети (при необходимости);
- ж) чертежи установки электрического оборудования (при отсутствии типовых).

Рабочие чертежи внутреннего ЭО допускается оформлять отдельными документами с присвоением им базовой марки основного комплекта и добавлением через точку порядкового номера документа, обозначаемого арабскими цифрами, например общие данные по рабочим чертежам (ЭО1.1), принципиальная схема питающей сети (ЭО1.2).

Общие данные по рабочим чертежам выполняют согласно ГОСТ 21.102–79 с учетом следующих дополнительных требований:

- а) ведомость спецификаций не составляют;
- б) в общих указаниях в дополнение к сведениям, предусмотренным в ГОСТ 21.102–79, указывают итоговые данные: полезную площадь освещаемых помещений, установленную мощность освещения, количество светильников. Для жилых домов итоговые данные не приводят.

Планы расположения выполняют по ГОСТ 2.702–75 (без перечня элементов) с учетом требований стандарта.

20	Номер по плану	Наименование
8 min	10	80

Рис. 3.45. Форма 1. Экспликация помещений

В качестве подосновы для планов расположения, как правило, следует принимать планы помещений, выполненные в основных комплектах рабочих чертежей других марок. Масштаб этих планов должен обеспечивать четкое графическое изображение электрических сетей и электрического оборудования.

На планах расположения наносят и указывают:

1) строительные конструкции и технологическое оборудование в виде упрощенных контурных очертаний сплошными тонкими линиями;

2) наименования помещений (при необходимости), кроме помещений жилых домов. Допускается наименования помещений приводить в экспликации помещений по форме 1 (рис. 3.45) в соответствии с нумерацией и наименованием, указанным в основных комплектах рабочих чертежей марок АР и АС;

3) классы взрывоопасных и пожароопасных зон, категорию и группу взрывоопасных смесей для взрывоопасных зон по Правилам устройства электроустановок;

4) нормируемую освещенность от общего освещения (за исключением жилых помещений);

5) светильники (в жилых домах – места их установки), их количество, (при необходимости) типы;

6) количество и мощность ламп в светильниках;

7) высоту установки светильников (кроме потолочных);

8) привязочные размеры для светильников или рядов светильников к элементам строительных конструкций или координационным осям здания (сооружения). Привязочные размеры допускается не представлять, если места установки светильников ясны без указания привязочных размеров.

зочных размеров или если привязочные размеры приведены на чертежах интерьеров. В этом случае должна быть дана ссылка на соответствующие чертежи;

9) комплектные распределительные устройства на напряжение до 1 000 В, относящиеся к питающей сети (распределительные щиты, щиты станций управления, распределительные пункты, ящики и шкафы управления, вводно-распределительные устройства) и их обозначения;

10) групповые щитки и их обозначения;

11) понижающие трансформаторы;

12) выключатели, штепсельные розетки (в жилых домах – включая розетки для электроплит и других бытовых электроприемников);


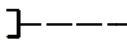
13) линии питающей, групповой сети и сети управления освещением (в жилых домах, включая линии для электроплит и других бытовых электроприемников), их обозначения, сечение и, при необходимости, марку и способ прокладки;

14) другое электрическое оборудование, относящееся к внутреннему освещению (порядок записи условных обозначений указанных данных приведен в табл. 3.5).

Таблица 3.5

Порядок записи условных обозначений на планах расположения электрического оборудования внутреннего освещения

Наименование	Обозначение
1. Нормируемая освещенность от общего освещения	300 л к
2. Обозначение классов взрыво- и пожароопасных зон по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ):	
а) класс взрывоопасной зоны, категория и группа взрывоопасной смеси	$\frac{B - Ia^*}{II AT1}$
б) класс взрывоопасной зоны	$B - Ib^*$
в) класс пожароопасной зоны	$II - I^*$
3. Сведения о светильниках:	
а) количество – тип $\frac{\text{кол-во ламп} \times \text{мощность, Вт}}{\text{высота установки, м}}$	$30 - ОПМ02 \frac{2 \times 40}{3,5}$
б) количество – тип светильников в линии	$810 - ЛПО02 2 \times 408$
<p><i>Примечание.</i> Допускается не указывать: количество светильников при небольшом их числе в помещении; количество ламп для одноламповых светильников; высоту установки для потолочных светильников.</p>	

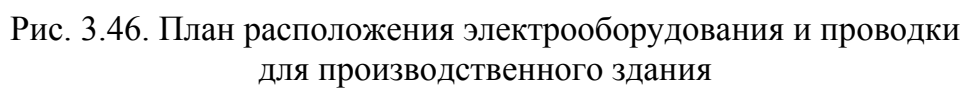
Наименование	Обозначение
4. Соответствие выключателей управляемым ими светильникам	
5. Номер и цифры у светильников и штепсельных розеток, указывающие номера групп, к которым присоединяются светильники, линии светильников или штепсельные розетки	
6. Количество проводов в линии (например, три).	
<i>Примечание.</i> На двухпроводных линиях черточки не показываются.	
7. Разделительное уплотнение на трубах во взрывоопасных зонах	
8. Трос и концевое крепление троса	
9. Обозначение способов прокладки, марок проводников и сечений групповой сети в помещении: а – марка проводников; б – сечение, мм ² ; в – способ прокладки	а–б–в
10. Надписи на линиях питающей сети: а – номер линии; б – марка, количество и сечение проводников; в – способ прокладки.	а–б–в
11. Надписи на линиях групповой сети: а – номера групп; б – марка, количество и сечение проводников; в – способ прокладки	а–б–в
<i>Примечание.</i> На отдельных участках линий к п. 9–11 допускается указывать не все, а только необходимые данные	

При большом числе линий питающей сети, групповой сети и сети управления освещением указанные сети и относящееся к ним электрическое оборудование допускается изображать на отдельных листах и в разных масштабах.

Электрическое оборудование и проводки на планах расположения указывают условными графическими обозначениями.

Пример оформления плана расположения для производственного здания приведен на рис. 3.46, для общественного здания – на рис. 3.47.

На листах, где помещены планы расположения, приводят ведомость узлов установки электрического оборудования по форме 2 (рис. 3.48).



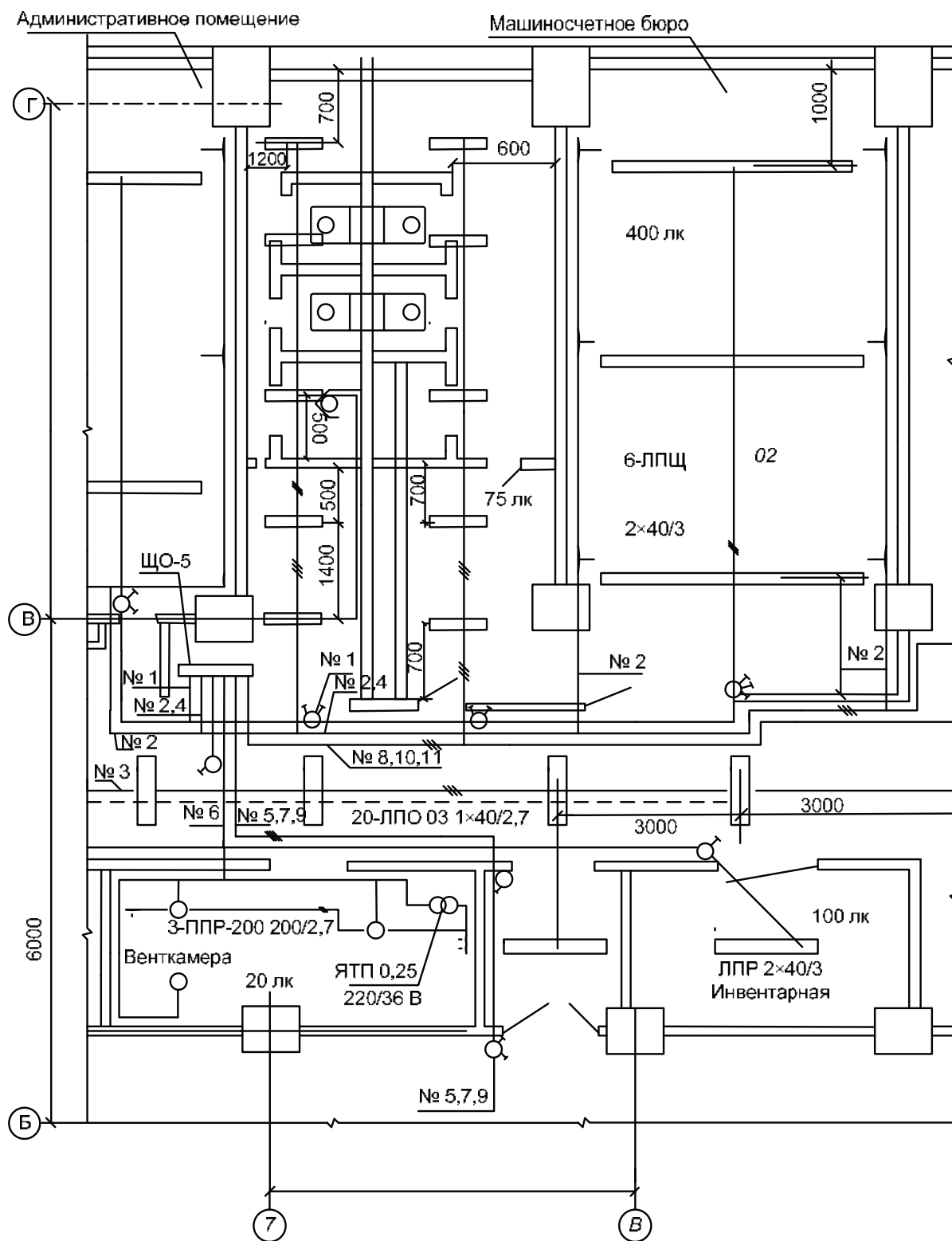


Рис. 3.47. План расположения электрооборудования и проводки для общественного здания

<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 5px;">8 min</div> <div style="margin-bottom: 5px;">15</div> </div>	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	10	60	85	10	20
	185				

Рис. 3.48. Форма 2. Ведомость узлов установки электрического оборудования на плане расположения

В ведомости указывают:

- а) в графе «Поз.» – позицию узла по плану расположения;
- б) в графе «Обозначение» – обозначение документа на узел установки электрического оборудования;
- в) в графе «Наименование» – наименование узла установки с указанием типа электрического оборудования;
- г) в графе «Кол.» – количество узлов установки по плану расположения;
- д) в графе «Примечание» – дополнительные сведения.

Пример заполнения ведомости узлов установки электрического оборудования на плане расположения приведен в табл. 3.6.

На листах планов расположения приводят данные о групповых щитках по форме 3а и 3б (рис. 3.49), а также о комплектных конденсаторных установках (при необходимости) по форме 4 (рис. 3.50).

Для жилых домов таблицы групповых щитков не составляют.

Таблица 3.6

Пример заполнения ведомости узлов установки электрического оборудования на плане расположения

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	5.407-4 лист 16	Установка кронштейнов со светильниками с лампами ДРЛ с шагом 3 м Светильники типа РСП 05-1000-Г23-04	32	—
2	A625A-05-00-00	Установка светильника ППД-200 на стене	6	—

<div>8 min</div> <div>45</div> <div>15</div> <div>15</div> <div>15</div>	Номер щитка	Тип	Установленная мощность, кВт	Номера автоматических выключателей				Ток расцепителя, А	
				Однополюсные		Трёхполюсные		на вводе	на линиях
				заня- тые	резер- вные	заня- тые	резер- вные		
	15	40	20	15	15	15	15	15	15
	165								

a

<div> <div>8 min</div> <div>30</div> <div>20</div> <div>10</div> </div>	Номер щитка	Тип	Установленная мощность, кВт	Номер групп		Ток, А	
				Занятые	Резервные	Аппарат на вводе	Плавкие вставки предохранителей
				15	15	15	15
				140			

б

Рис. 3.49. Данные о групповых щитках: *a* – с автоматическими выключателями (форма 3а); *б* – с предохранителями (форма 3б)

<div> <div>8 min</div> <div>35</div> <div>15</div> <div>10</div> <div>10</div> </div>	Номер обслуживаемой комплектной конденсаторной установки	Тип	Конденсаторы			
			Тип	Мощность, кВт	Количество	
					занятых	резервных
		30	40	40	20	15
		160				

Рис. 3.50. Форма 4. Данные о комплектных конденсаторных установках

При наличии в здании одинаковых по размеру помещений (участков помещений) с одинаковыми техническими решениями освещения электрическое оборудование, электрические сети и другие элементы на планах расположения допускается изображать не для всех, а для части помещений. Допускается также приводить фрагменты планов расположения для отдельных типовых помещений.

Принципиальные схемы питающей сети выполняют в однолинейном изображении в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД на правила выполнения электротехнических схем и в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Боковик принципиальной схемы питающей сети выполняют по форме 5 (рис. 3.51).

287	23	Источник питания		
	70	Маркировка: расчетная нагрузка, кВт; коэффициент мощности; расчетный ток, А; длина участка, м	Момент нагрузки, кВт × м; потеря напряжения, %; марка, сечение проводника; способ прокладки	
	25	Распределительный пункт: установленная и расчетная мощность, кВт. Аппарат на вводе: тип; вставки, А		
	23	Выключатель автоматический или предохранитель: тип; ток расцепителя или плавкой вставки, А		
	23	Пускатель магнитный: тип; ток нагревательного элемента, А		
	70	Маркировка: расчетная нагрузка, кВт; коэффициент мощности; расчетный ток, А; длина участка, м	Момент нагрузки, кВт × м; потеря напряжения, %; марка, сечение проводника; способ прокладки	
	23	Щиток групповой: аппарат на вводе; тип; номинальный ток, А		
	10	Номер по схеме расположения на плане		
	10	Установленная мощность, кВт		
	10	Потеря напряжения до щитка, %		
65				

Рис. 3.51. Форма 5. Боковик принципиальной схемы питающей сети

Пример оформления принципиальной схемы питающей сети приведен на рис. 3.52.

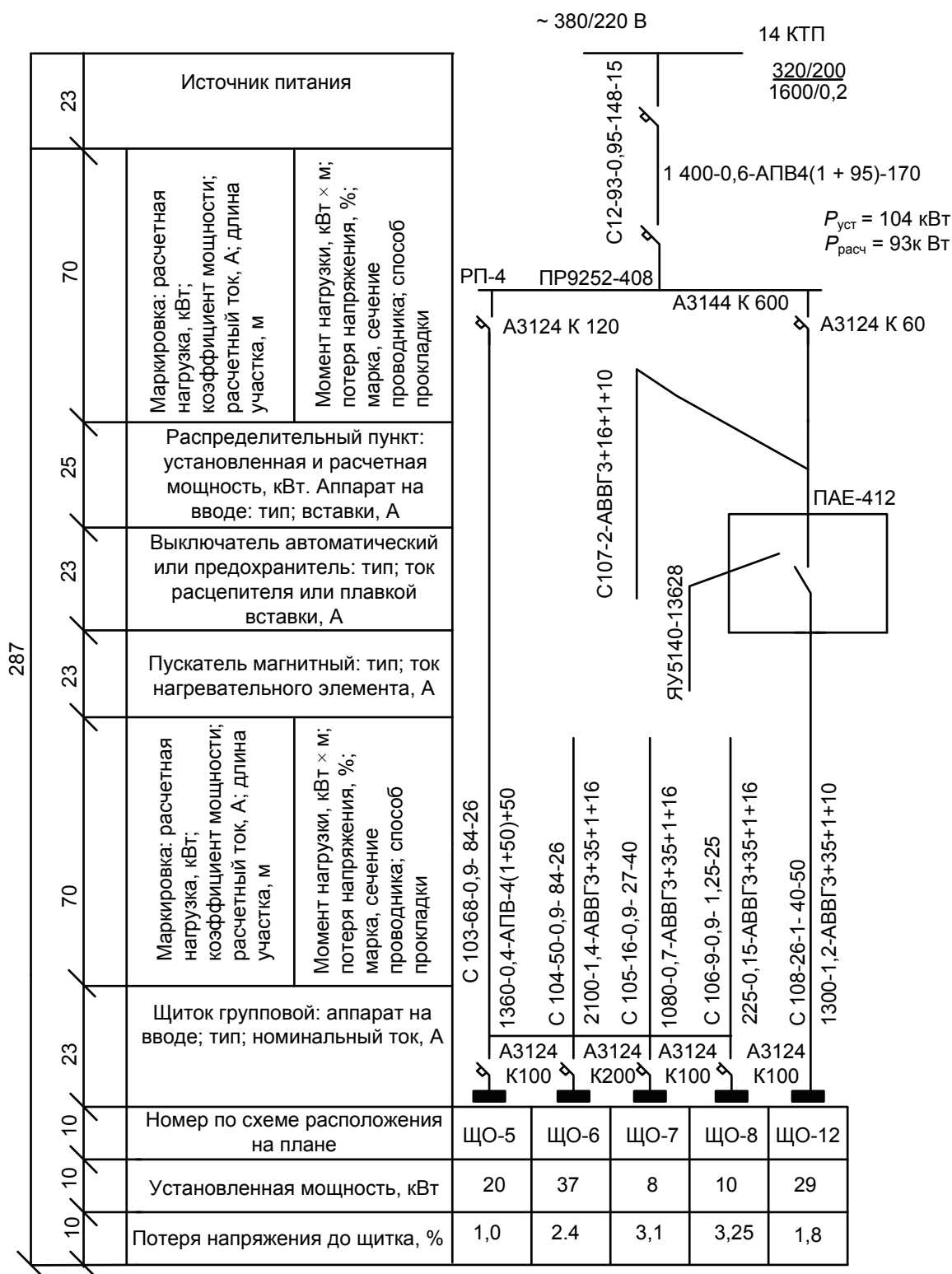


Рис. 3.52. Пример оформления принципиальной схемы питающей сети

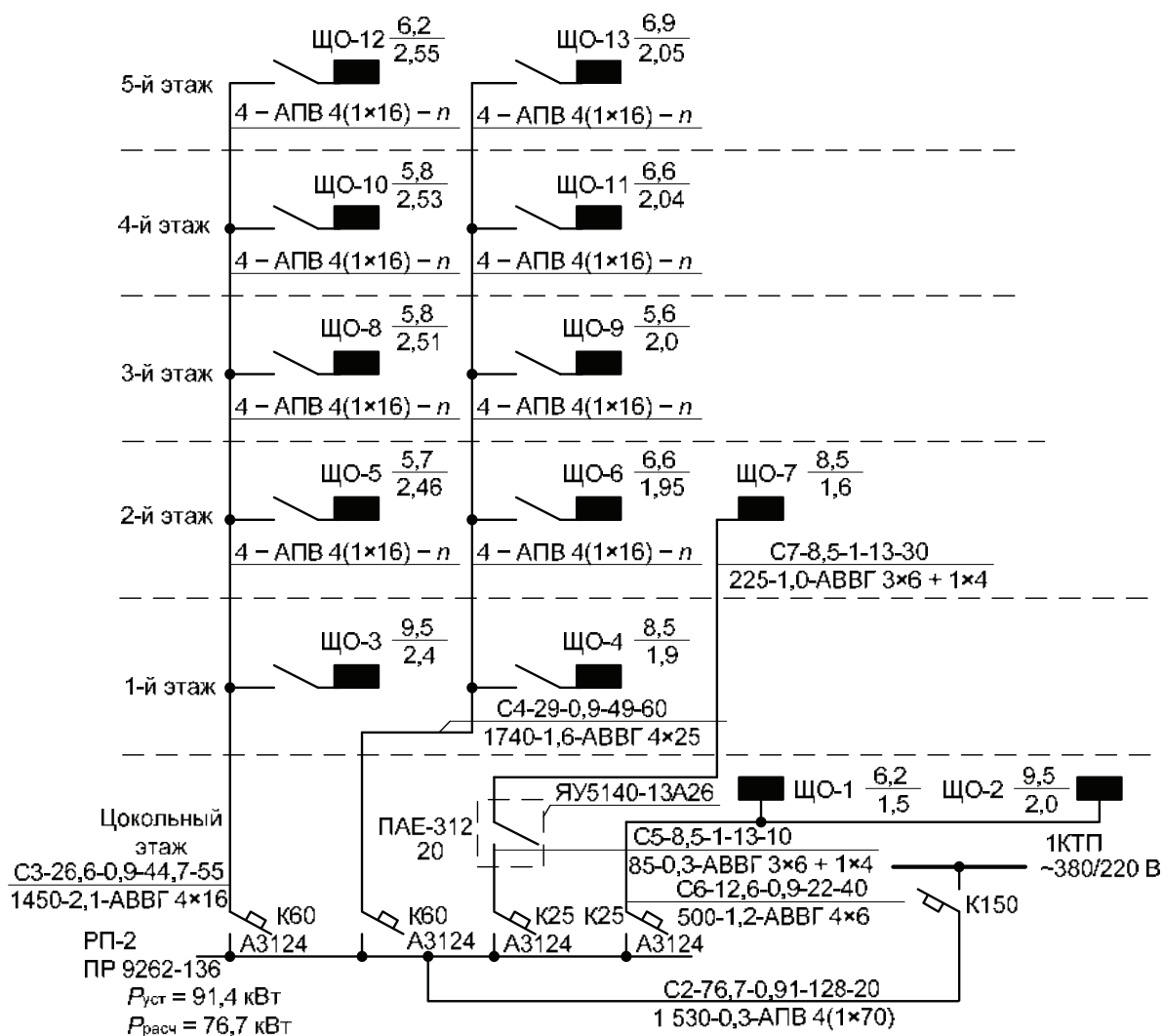


Рис. 3.53. Пример оформления принципиальной схемы питающей сети многоэтажного здания

Принципиальные схемы питающей сети допускается выполнять с учетом расположения электрического оборудования по частям и этажам здания.

Пример оформления принципиальной схемы питающей сети многоэтажного здания приведен на рис. 3.53. Поясняющие надписи на схеме приводят в соответствии с табл. 3.7.

Указанные схемы допускается включать в состав рабочих чертежей основных комплектов других электротехнических марок.

Принципиальные схемы питающей сети жилых домов допускается разбивать на отдельные схемы, например схему вводнораспределительного устройства, схему линий питающей сети. При этом на схеме линий питающей сети допускается изображать щитки и другие аппараты

не для всех этажей, а только для одного типового этажа, а также не изображать коммутационные аппараты на этажных и квартирных щитках, а расчетные данные указывать в табличной форме.

Таблица 3.7

**Поясняющие надписи на принципиальной схеме питающей сети,
выполняемой с учетом расположения электрического оборудования
по частям и этажам здания**

Электрическое оборудование	Расшифровка надписей
1. У комплектных распределительных устройств на напряжение до 1 000 В	$P_{\text{уст}}$ – установленная мощность, кВт; $P_{\text{расч}}$ – расчетная нагрузка, кВт
2. У групповых щитков	$A \frac{P_{\text{уст}}}{\Delta U},$ где A – номер по плану расположения; ΔU – потеря напряжения до щитка, %.
3. На линиях питающей сети с расчетными данными (указывают конкретные величины)	$\frac{\alpha - P_{\text{расч}} - \cos \varphi - I_{\text{расч}} - l}{P_{\text{расч}} l - \Delta U - q - \sigma},$ где α – маркировка линии; $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток, А; l – длина участка питающей сети, м; q – марка проводника, сечение, мм ² ; σ – способ прокладки
4. На линиях питающей сети без расчетных данных	l, q, σ

Допускается выполнять принципиальные схемы питающей сети при количестве групповых щитков не более четырех и при условии, что все сведения о питающей сети (рис. 3.46) приведены на плане расположения.

Кабельный журнал для питающей сети выполняют, как показано на рис. 3.54. Для питающей сети кабельный журнал допускается не выполнять, если все данные, содержащиеся в нем, указаны на принципиальной схеме питающей сети.

Принципиальные схемы дистанционного управления освещением и схемы подключения комплектных распределительных устройств на напряжение до 1 000 В выполняют с учетом требований стандартов ЕСКД на правила выполнения электротехнических схем.

ной розеткой X и ламп $EL1$ и $EL2$ со своими выключателями $S1$ и $S2$ или люстровым переключателем S показаны на рис. 3.55, a – $в$. Принципиальные схемы включения лампы EL из двух мест и из трех мест показаны на рис. 3.55, $г$ – $д$.

Схемы, показанные на рис. 3.55, a , $б$, просты и пояснений не требуют. Управление освещением по схеме, приведенной на рис. 3.55, $в$, осуществляется следующим образом. В исходном положении цепи ламп $EL1$ и $EL2$ разомкнуты. При переводе переключателя S в положение 1 замкнется его верхний контакт со средним, а следовательно, и цепь лампы $EL1$, и лампа загорится. При переводе переключателя S в положение 2 верхний контакт разомкнется со средним и замкнется с нижним, лампа $EL1$ погаснет, а $EL2$ загорится. При переводе переключателя в положение 3 замкнутся все три контакта переключателя, и загорятся обе лампы. Такие схемы используют для многоламповых светильников – люстр, поэтому переключатели для них часто называют *люстровыми*.

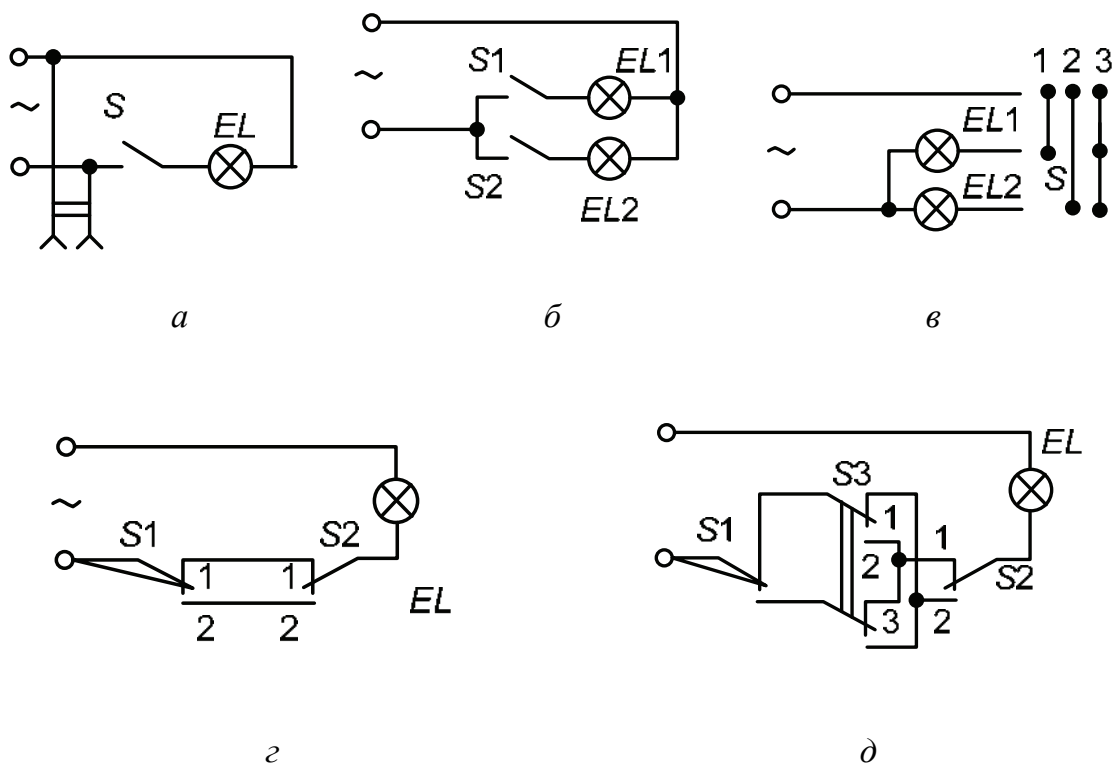


Рис. 3.55. Принципиальные схемы включения ламп: a – схема включения одной лампы с выключателем; $б$ – схема включения двух ламп со своими выключателями; $в$ – схема включения двух ламп с люстровым переключателем; $г$ – схема включения одной лампы с управлением из двух мест; $д$ – схема включения одной лампы с управлением из трех мест

Управление освещением из двух мест осуществляется с помощью переключателей $S1$ и $S2$ (рис. 3.55, $з$). В исходном состоянии переключатели $S1$ и $S2$ замыкают цепь лампы EL через верхний проводник, соединяющий их неподвижные контакты 1 . При переключении одного из переключателей, например $S1$, разомкнется цепь лампы EL . Если затем переключить переключатель $S2$, то цепь лампы EL замкнется, но через нижний проводник, соединяющий неподвижные контакты 2 обоих переключателей.

Для управления освещением из трех мест (рис. 3.55, $д$) кроме двух переключателей $S1$ и $S2$ такой же конструкции, как на рис. 3.55, $з$, используют переключатель $S3$ другой конструкции. В исходном положении цепь лампы EL разомкнута. Можно заметить, что при переводе любого из трех переключателей в другое положение цепь лампы EL замкнется, и она загорится. Если это будет переключатель $S1$, то цепь лампы EL замкнется через проводники, соединяющие контакты 2 переключателя $S1$ с контактом 3 переключателя $S3$ и его контакт 2 с контактом 1 переключателя $S2$. Такие схемы применяют для освещения коридоров, лестничных площадок и других мест.

На рис. 3.56 представлена наиболее типовая схема внутренней проводки, которую можно брать за основу при планировке осветительной сети дома.

Письменный стол может быть освещен подвесными светильниками. В этом случае подойдет подвес прямого света с металлическим отражателем, с абажуром из стекла с молочным подслоем с внутренней стороны или из пластмассовой светотехнической пленки. Высота подвеса регулируется.

Если осветить только стол или чертежную доску, да еще лампой с абажуром из непросвечивающего или малопросвечивающего материала, остальное пространство рабочей зоны будет темным.

А теперь поговорим о том, как нужно располагать светильники в кухне. Так как кухня обычно имеет небольшие размеры, окрашена в светлые тона, хорошо отражающие свет, или облицована светлым кафелем, то для ее освещения бывает достаточно однолампового подвеса рассеянного света, а для дополнительного освещения рабочего стола необходимо люминесцентный светильник прикрепить снизу к подвесным шкафам.

Если же кухня большая и освещение подвесным светильником не везде одинаково, то отдельные места, особенно стол для приготовления пищи и плита, освещаются дополнительно. Для этой цели годится бра прямого или рассеянного света. Над кухонным столом, где ужинает семья, можно устанавливать настенный светильник (бра).

Особые требования предъявляются к освещению ванной комнаты и санузла — помещений с повышенной влажностью. Корпус светильника

должен быть изготовлен из материала, который не является проводником электричества: пластмасса, стекло, фарфор, керамика. Снаружи лампа должна быть закрыта стеклянным колпаком, лучше «веер» из молочного стекла.

В ваннх комнатах применяются светильники общего и местного освещения. Для общего используются потолочные люминесцентные светильники. Для местного освещения применяются только настенные бра с лампами накаливания или люминесцентными лампами. Располагать их надо над умывальником или сбоку от него. Можно использовать комбинированные бра, в состав которых входят одновременно и лампы накаливания и люминесцентные лампы.

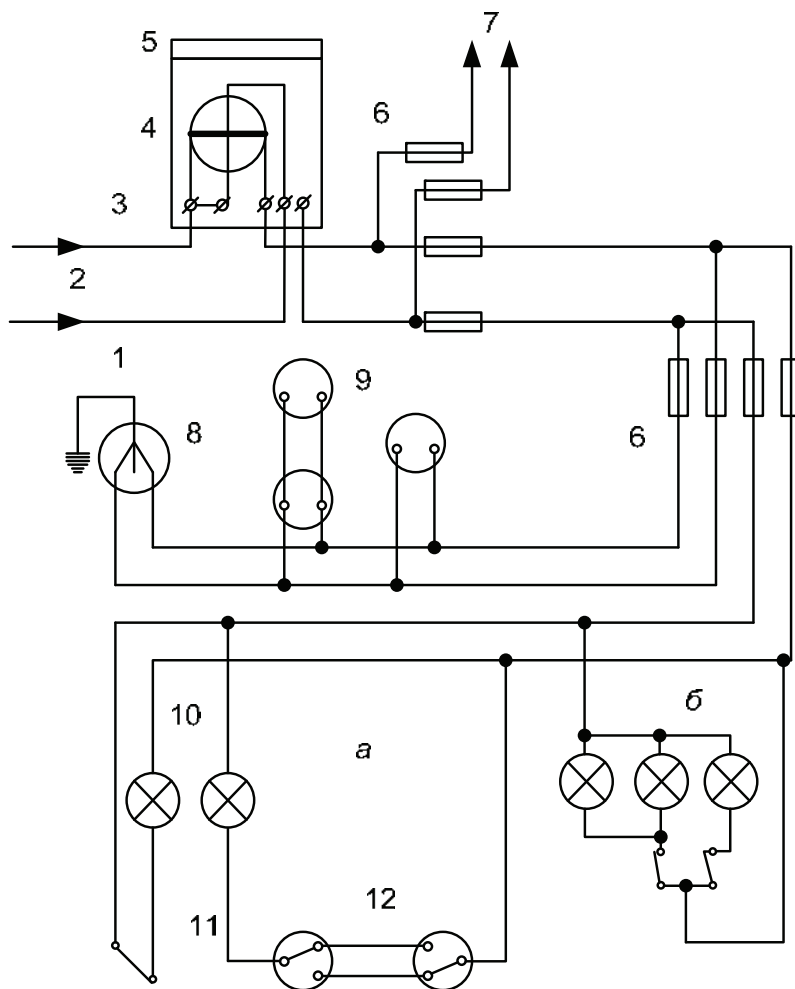


Рис. 3.56. Оптимальная схема внутренней электропроводки: *а* – схема осветительной сети с двумя переключателями; *б* – схема управления многоламповым осветительным прибором; 1 – нулевой провод; 2 – ввод; 3 – фазовый провод; 4 – счетчик; 5 – обмотка счетчика; 6 – предохранители; 7 – линия к приборам общего пользования; 8 – розетки с заземлением; 9 – обычные розетки; 10 – осветительные лампы; 11 – выключатели; 12 – переключатели

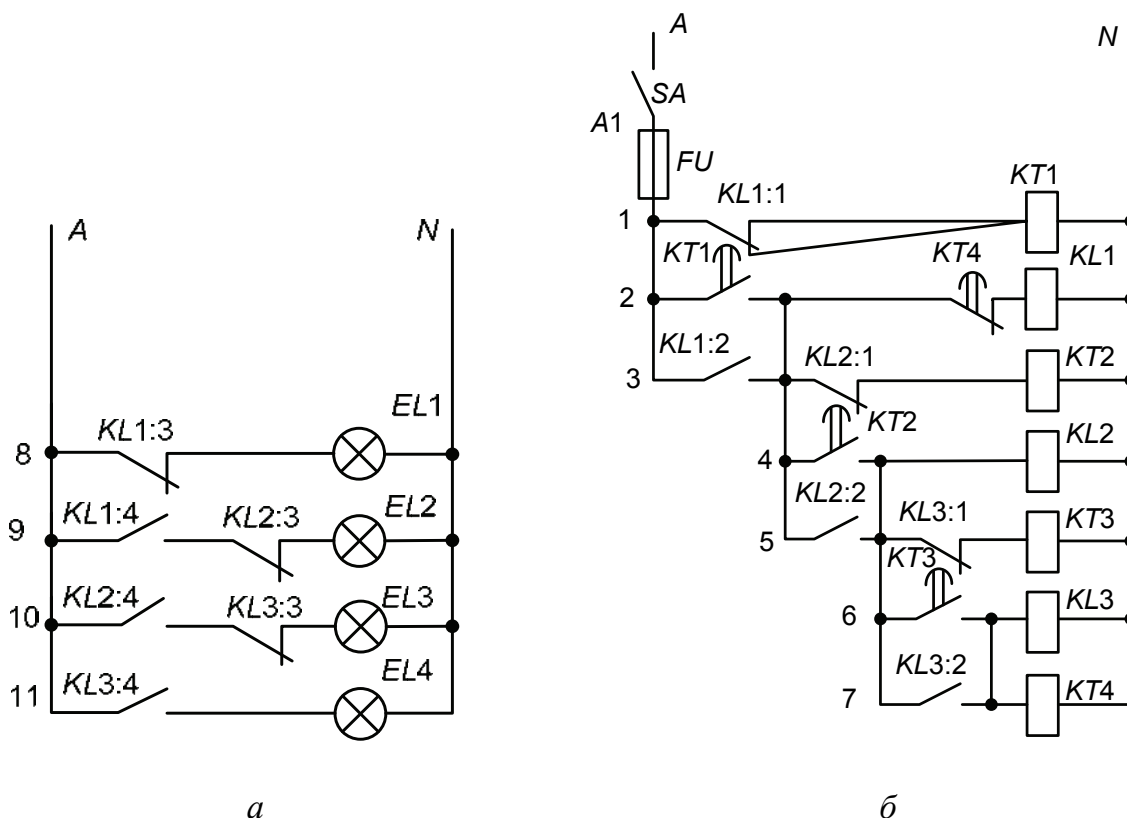


Рис. 3.57. Принципиальная схема автоматического последовательного включения ламп: *а* – схема включения ламп; *б* – схема цепей реле

На рис. 3.57 представлена схема управления лампами $EL1-EL4$, обеспечивающая автоматическое их зажигание в заданной последовательности. В данной схеме используются промежуточные реле $KL1-KL3$ и реле времени $KT1-KT4$. Питание осуществляется от сети переменного тока, причем цепи подключены через общий выключатель S и предохранитель F к фазовому (фаза A) и нулевому N проводам. Принципиальная схема выполнена разнесенным способом: на рис. 3.57, *б* показаны цепи обмоток реле, а на рис. 3.57, *а* – ламп, управляемых этими реле. Для удобства чтения схемы все цепи пронумерованы.

В исходном положении (до включения выключателя S) питание к реле и лампам не подведено, и все контакты находятся в состоянии, показанном на рис. 3.57, *а, б*.

При включении выключателя S питание подводится к лампе $EL1$ по цепи 8 и к обмотке реле $KT1$ по цепи 1, лампа $EL1$ загорается и через заданное время срабатывает реле $KT1$. При этом замкнется его контакт, подводя питание к обмоткам реле $KL1$ и реле $KT2$, а также цепям 4 и 5. Реле $KL1$ сработает, разомкнув свои контакты $KL1:1$ и $KL1:3$ и замкнув контакты $KL1:2$ и $KL1:4$. Лампа $EL1$ погаснет, а лампа $EL2$ загорится. Реле $KT1$ отключится, а реле $KL1$ останется включенным через свой

замкнувшийся контакт *KL1:2*. Одновременно придет в действие реле *KT2*, которое через заданное время срабатывает и своим контактом подает питание на реле *KL2* и *KT3* по цепям 4 и 5.

Реле *KL2* срабатывает, разомкнув свои контакты *KL2:1* и *KL2:3* и замкнув контакты *KL2:2* и *KL2:4*, лампа *EL2* погаснет, а лампа *EL3* загорится. Реле *KT2* отключится, но реле *KL2* останется включенным через замкнувшийся контакт *KL2:2*. В то же время придет в действие реле *KT3*, которое через заданное время срабатывает и подает питание в реле *KL3* и *KT4* по цепям 6 и 7. Реле *KL3*, срабатывая, размыкает контакты *KL3:1* и *KL3:3* и замыкает контакты *KL3:2* и *KL3:4*. Лампа *EL3* погаснет, а лампа *EL4* загорится. Реле *KT3* погаснет, а лампа *EL4* загорится. Реле *KT3* отключится, но реле *KL3* останется включенным через замкнувшийся контакт *KL3:2*.

Одновременно придет в действие и через заданное время сработает реле *KT4*, размыкая цепь 2 обмотки реле *KL1*, которое отключится, контактом *KL1:2* снимет напряжение с цепей 4–7. Одновременно отключатся реле *KL2* и *KL3* и погаснет лампа *EL4*. В то же время загорится лампа *EL1*, по цепи 1 к реле *KT1* будет подведено питание, процесс начнется снова, и будет продолжаться до тех пор, пока выключателем не будет снято питание.

3.5. Проектирование схем питания и распределения электроэнергии

Общие требования и рекомендации, приведенные в этом разделе, распространяются на проектирование питания электроприемников систем автоматизации: контрольно-измерительных приборов, регулирующих устройств, электродвигателей исполнительных механизмов и электропроводов, приборов сигнализации, электро-, пневмо-, гидропреобразователей и других средств автоматизации напряжением до 0,4 кВ переменного и 440 В постоянного тока.

Система электропитания контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации должна обеспечивать требуемую надежность питания, надлежащее качество электроэнергии, экономичность, удобство и безопасность эксплуатации.

Выбор схемы питания, напряжения, рода тока и аппаратуры для системы электропитания должен быть согласован с системой электрообеспечения автоматизируемого объекта.

3.5.1. Выбор напряжения и требования к источникам питания

В системах электропитания следует применять напряжение, которое принято для электроснабжения автоматизируемого объекта и может быть использовано без дополнительного преобразования.

Применение приборов, аппаратов и средств автоматизации с номинальным напряжением, которое отличается от имеющегося на автоматизируемом объекте, должно быть технически и экономически обосновано.

Питание стационарно установленных приборов, аппаратов и средств автоматизации переменного и постоянного тока в помещениях всех категорий опасности в отношении поражения людей электрическим током необходимо, как правило, осуществлять от имеющихся на объекте систем:

- а) трехфазного переменного тока 380/220 В с глухозаземленной нейтралью;
- б) трехфазного переменного тока 220 и 380 В с изолированной нейтралью;
- в) постоянного тока 110 или 220 В.

При использовании в системах автоматизации приборов, аппаратов и средств автоматизации номинальным напряжением, для их питания должны применяться либо имеющиеся на автоматизируемом объекте системы соответствующих напряжений, либо специальные трансформаторы или преобразователи (выпрямители), предусматриваемые в системах электропитания. В качестве преобразователей для электроприемников постоянного тока должны, как правило, использоваться невращающиеся преобразователи.

Если для электроснабжения автоматизируемого объекта применены системы трехфазного переменного тока 660 В, то питание одно- и трехфазных электроприемников систем автоматизации должно осуществляться через понижающие одно- или трехфазные трансформаторы.

В цепях управления электродвигателями исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) в помещениях всех категорий опасности в отношении поражения людей электрическим током допускается применение того же напряжения, что и в главных (силовых) цепях электродвигателей, включая напряжение 380 В переменного и 440 В постоянного тока. При этом включение аппаратов управления и защиты, а также выполнение зануления (заземления) должны удовлетворять требованиям ПУЭ.

Питание схем производственной сигнализации рекомендуется осуществлять от системы электропитания напряжением 220 В переменного

или постоянного тока. Применение пониженных или преобразованных напряжений должно быть обусловлено необходимостью использования более надежной аппаратуры, удобством эксплуатации и конструктивными требованиями.

Для питания стационарного освещения монтажной стороны шкафов щитов, в том числе и малогабаритных, должно применяться напряжение не выше 220 В. Питание ламп освещения должно осуществляться от системы электропитания таким образом, чтобы при снятии со щита питающего напряжения лампы могли оставаться под напряжением.

При необходимости устройства местного стационарного освещения фасадной стороны шкафов щитов, устанавливаемых в производственных помещениях, должно применяться напряжение не выше 42 В (для ламп накаливания), фасадной стороны панельных щитов, устанавливаемых в щитовых помещениях – не выше 220 В. Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 220 В для местного освещения фасадных сторон шкафов и панельных щитов допускается применять в указанных помещениях при условии недоступности их токоведущих частей для случайного прикосновения.

Питание электрифицированного инструмента и светильников переносного освещения для работ в установках автоматизации должно, как правило, осуществляться от распределительной электрической сети автоматизируемого объекта с соблюдением требований подключения переносных электроприемников, указанных в ПТБ, ПТЭ и ПУЭ.

Допускается при необходимости предусматривать питание электрифицированного инструмента и светильников переносного освещения от систем электропитания. При этом:

а) напряжение питания электрифицированного инструмента должно быть не выше 220 В в помещениях без повышенной опасности и не выше 42 В в помещениях с повышенной опасностью, вне помещений и при работах в шкафов щитах. При невозможности обеспечить работу электроинструмента на напряжении до 42 В в помещениях с повышенной опасностью и вне помещений допускается применение электроинструмента на напряжение до 220 В, но с обязательным использованием защитных средств (диэлектрических перчаток, галош, ковриков) и надежного зануления (заземления) корпуса электроинструмента; как правило, в этих случаях рекомендуется также применять для питания электрифицированного инструмента разделяющие трансформаторы.

В помещениях особо опасных разрешается работать с электрифицированным инструментом на напряжении только до 42 В с обязательным применением защитных средств;

б) напряжение питания переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в шкафных щитах, обслуживаемых извне, если в последних требуется переносное освещение, должно быть не выше 42 В; при наличии особо неблагоприятных условий (теснота, неудобное положение работающего, соприкосновение с большими хорошо зануленными или заземленными поверхностями), а также при работах вне помещений – 12 В.

Питание местного стационарного освещения фасадов щитов, переносного освещения и электрифицированного инструмента напряжением до 42 В должно осуществляться от понижающих трансформаторов с соблюдением требований зануления (заземления) и прокладки электропроводок согласно ПТБ и ПТЭ. Применение для этих целей автотрансформаторов не допускается.

В качестве источника питания для системы электропитания должны использоваться цеховые распределительные подстанции, распределительные щиты, питающие сборки системы электроснабжения автоматизируемого объекта, к которым не подключена резкопеременная нагрузка (крупные электродвигатели, электропечи и т. п.).

Допускается в отдельных случаях при трудности использования силовой сети для неответственных установок присоединять системы электропитания к осветительной сети (щитам освещения) автоматизируемого объекта, если питание электрического освещения осуществляется от общих с силовой нагрузкой трансформаторов и возможное, хотя бы кратковременное, исчезновение напряжения в сети освещения и, следовательно, в системе электропитания не приводит к нарушению технологического процесса.

Источник питания должен иметь достаточную мощность и обеспечивать требуемое напряжение на зажимах электроприемников системы электропитания.

Отклонение напряжения на шинах источника питания не должно превышать значений, при которых обеспечивается нормальная работа наиболее удаленных или наиболее чувствительных к отклонениям напряжения электроприемников в возможных наихудших для системы электроснабжения автоматизируемого объекта нагрузочных режимах.

В случаях, когда обеспечить допустимые отклонения напряжения на зажимах наиболее удаленных или наиболее чувствительных электроприемников оказывается невозможным или весьма затруднительным, необходимо предусматривать соответствующие технические мероприятия.

Допускаются следующие отклонения напряжения на зажимах электроприемников:

а) в контрольно-измерительных приборах, регулирующих устройствах и т. д. – не более значений, указанных заводами-изготовителями, в стандартах, технических условиях и т. п.; при отсутствии указаний заводов-изготовителей – $\pm 5\%$ от номинального;

б) в электродвигателях исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) – от 5 до 10 % от номинального;

в) в электролампах схем сигнализации (если для них с целью prolongation срока службы не предусматривается пониженное напряжение), лампах освещения щитов – от 2,5 до 5 % от номинального;

г) в аппаратах управления (например, катушек магнитных пускателей, электромагнитных реле и т. д.) – не более значений, указанных заводами-изготовителями; при отсутствии указаний заводов-изготовителей – от 5 до 10 % от номинального;

д) в цепях напряжением 12 и 42 В допускаются потери напряжения до 10 %, считая от выводов низшего напряжения понижающего трансформатора.

Допустимая несимметрия токов в фазах при распределении однофазных электроприемников между фазами трехфазной сети не должна превышать 10 %.

Питание электродвигателей исполнительных механизмов должно осуществляться от сборок или щитов питания, предусматриваемых в системе электропитания.

При необходимости применения для питания электрифицированного инструмента разделяющих трансформаторов необходимо руководствоваться следующим:

а) разделяющие трансформаторы должны удовлетворять специальным техническим условиям в отношении повышенной надежности конструкции и повышенных испытательных напряжений;

б) от разделяющего трансформатора разрешается питание только одного электроприемника с номинальным током плавкой вставки или расщепителя автомата на первичной стороне не более 15 А;

в) вторичное напряжение разделяющего трансформатора должно быть не выше 380 В;

г) зануление (заземление) вторичной обмотки разделяющего трансформатора и корпуса питающегося от него электроприемника запрещается; корпус трансформатора должен быть занулен (заземлен).

Эти требования не распространяются на трансформаторы, устанавливаемые по указанию заводов-изготовителей для питания отдельных типов приборов и средств автоматизации с целью повышения их помехоустойчивости.

3.5.2. Выбор схемы электропитания

Выбор схемы электропитания определяется требуемой бесперебойностью электроснабжения, территориальным расположением источников питания и электроприемников, величиной нагрузки, особенностями технологического процесса, удобством эксплуатации, а также другими характерными особенностями автоматизируемого объекта.

При построении схем электропитания необходимо учитывать, что сосредоточенно установленные и отдельно стоящие электроприемники должны, как правило, получать питание от специальных щитов и сборок питания, на которых размещается аппаратура управления и защиты всех присоединений системы электропитания.

Щиты и сборки питания должны располагаться возможно ближе к питаемым группам электроприемников.

Если количество электроприемников ограничено и нецелесообразно предусматривать специальный щит питания, то аппаратуру управления и защиты системы электропитания допускается размещать на щитах, где установлены приборы, или на релейных щитах; для электроприводов задвижек (вентилей) и в этом случае целесообразно также предусматривать отдельно сборки питания.

Схема электропитания подразделяется на следующие основные звенья (рис. 3.58):

а) *питающая сеть* (питающие линии) – сеть от источников питания до щитов и сборок системы электропитания;

б) *распределительная сеть* – сеть от щитов и сборок системы электропитания до электроприемников; к распределительной сети относятся также цепи всех назначений, связывающие первичные приборы и датчики с вторичными приборами и регулирующими устройствами.

Питающая и распределительная сети систем электропитания могут выполняться однофазными двухпроводными (с одним фазным и одним нулевым проводами), двухфазными двухпроводными (с двумя фазными проводами), двухпроводными постоянного тока, трехфазными трехпроводными и трехфазными четырехпроводными.

Однофазные и двухфазные двухпроводные сети должны применяться при наличии только однофазных электроприемников, если это допустимо по условию равномерной нагрузки фаз источника питания.

Трехфазные трехпроводные сети должны применяться:

а) для смешанных электроприемников, трех- и однофазных одинакового напряжения или только трехфазных электроприемников – при питании от системы с изолированной нейтралью;

б) для однофазных электроприемников, когда устройство двухпроводной сети недопустимо по условию равномерной нагрузки фаз источника питания.

Трехфазные четырехпроводные сети должны применяться:

а) для смешанных электроприемников, трех- и однофазных разных напряжений или только трехфазных – при питании от системы с глухозаземленной нейтралью;

б) для однофазных электроприемников, когда устройство двухпроводной сети недопустимо по условию равномерной нагрузки фаз источника питания.

Надежность (бесперебойность) электропитания систем автоматизации должна соответствовать (быть не ниже) надежности системы электроснабжения автоматизируемого объекта (агрегата, установки, цеха и т. п.) в целом.

Вопрос о необходимости резервирования в схеме электропитания системы автоматизации должен решаться с учетом наличия резервирования в системе электроснабжения объекта с соблюдением следующих основных требований:

а) количество независимых вводов (питающих линий) в системе электропитания должно быть равно количеству независимых вводов, питающих объект в целом.

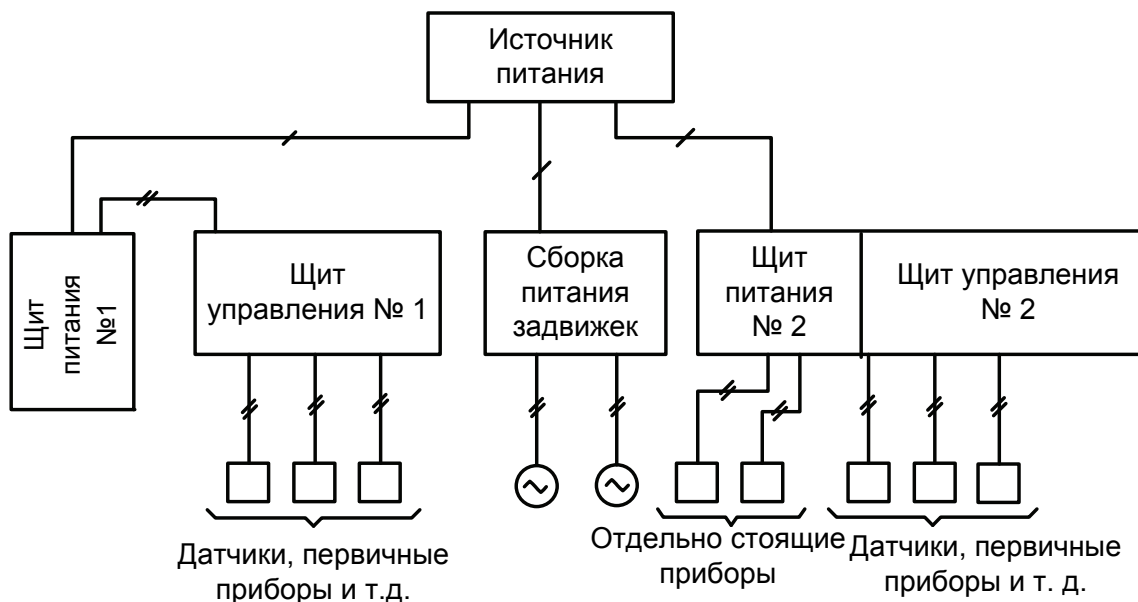


Рис. 3.58. Звенья схемы электропитания систем автоматизации:

—/— питающая сеть; —//— распределительная сеть

Так, если на объекте имеются потребители 1 и 2-й категории электроснабжения и питание объекта осуществлено по двум независимым линиям, то система электропитания также должна иметь два ввода от двух независимых источников питания. Если объект отнесен к 3-й категории и питание его осуществлено по одной линии, то система электропитания может иметь один ввод. Если на объекте имеются потребители различных категорий, то электроприемники системы автоматизации относятся к потребителям высшей категории;

б) пропускная способность каждой питающей линии системы электропитания должна определяться по 100 %-ной нагрузке данной системы;

в) режим работы питающих линий системы электропитания (находятся в работе обе линии или одна) принимается такой же, как режим питания самого источника питания;

г) в схемах электропитания систем автоматизации объектов, отнесенных к 1 и 2-й категориям электроснабжения, автоматический ввод резерва (АВР), как правило, не предусматривается, если имеется АВР в системе электроснабжения, в частности, на источнике питания. Автоматический ввод резерва в схемах электропитания систем автоматизации следует предусматривать в случаях, когда питающие линии систем электропитания проложены в неблагоприятных условиях или имеются другие факторы, способствующие возникновению в них повреждений. Действие АВР электропитания не должно приводить к нарушению работы систем автоматизации;

д) в схемах электропитания систем автоматизации объектов, отнесенных к 3-й категории электроснабжения, допускается предусматривать резервные вводы (с АВР или ручным включением) во всех случаях, когда на основании анализа конкретной схемы электроснабжения объекта имеется возможность повысить надежность питания системы автоматизации.

В случаях, когда на объекте выделены агрегаты или установки, отнесенные в системе электроснабжения к потребителю особой группы 1-й категории, надежность (бесперебойность) питания их систем автоматизации должна отвечать требованиям ПУЭ, предъявляемым к питанию потребителей особой группы 1-й категории.

На разработку схем АВР (если в них возникает необходимость) должны выдаваться задания подразделениям, проектирующим питающие линии. В соответствии с требованиями резервирования и взаимным расположением щитов системы электропитания и источников питания схема питающей сети может быть следующей конфигурации (рис. 3.59):

а) радиальной с односторонним или двухсторонним питанием;
 б) радиально-магистральной (смешанной);
 в) магистральной с односторонним или двухсторонним питанием от одного источника или двух независимых.

Радиальные схемы следует применять в тех случаях, когда щиты (сборки) питания размещаются в различных направлениях от источника питания и расстояние между щитами больше, чем от источника до щитов. При этом схемы с односторонним питанием должны применяться для щитов (сборок), допускающих питание по одной линии от одного источника, а схемы с двухсторонним питанием – при необходимости питания щитов (сборок) от двух независимых источников.

Магистральные схемы следует применять для электроснабжения группы щитов (сборок), допускающих перерыв в питании. Питание по магистральным схемам от двух независимых источников должно применяться для щитов (сборок), которые необходимо питать по двум линиям от двух независимых источников.

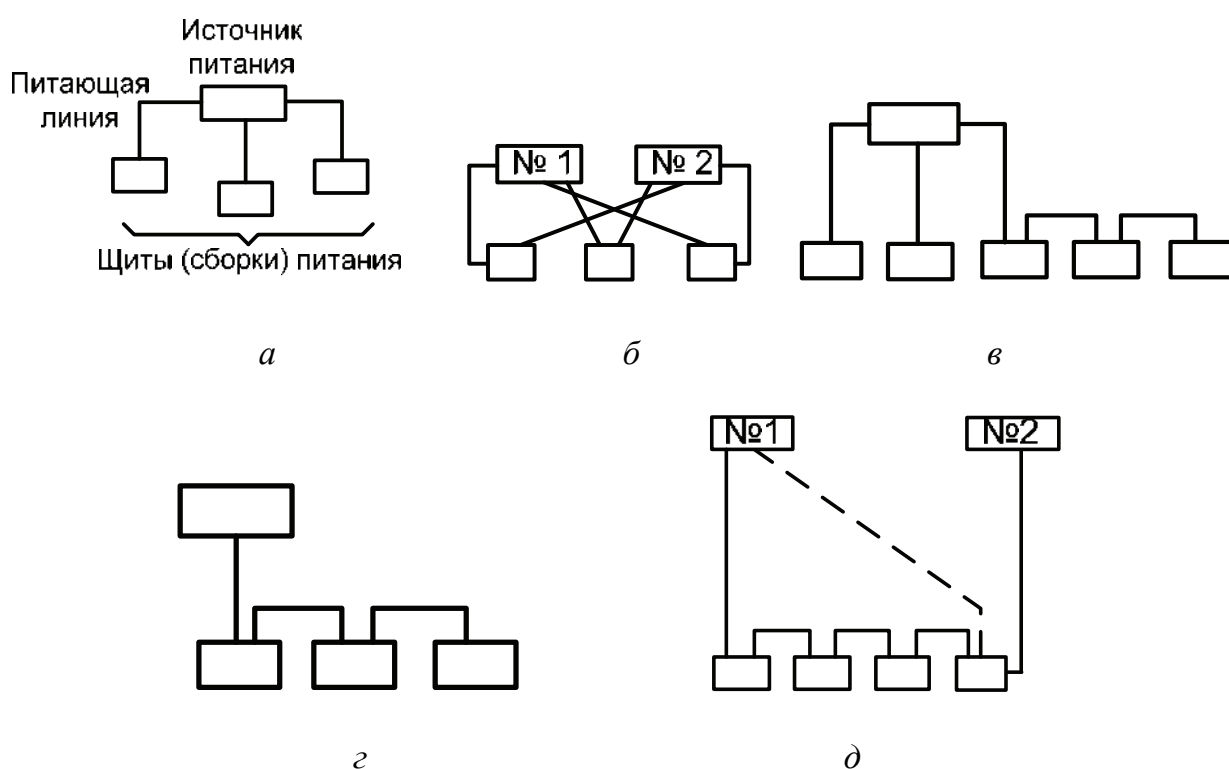


Рис. 3.59. Схема питающей сети системы электропитания: а – радиальная с односторонним питанием; б – радиальная с двухсторонним питанием; в – радиально-магистральная (смешанная); г – магистральная с односторонним питанием; д – магистральная с двухсторонним питанием от одного источника (линия от источника питания № 2 отсутствует) и от двух источников (пунктирная линия исключается)

Схема распределительной сети должна, как правило, строиться по радиальному принципу: каждый электроприемник присоединяется к щиту или сборке питания отдельной радиальной линией.

Питание приборов, аппаратов и средств автоматизации параллельных технологических потоков должно, как правило, осуществляться по отдельным питающим линиям от распределительных щитов (источников питания) системы электроснабжения указанных технологических потоков.

При проектировании систем электропитания во всех случаях следует стремиться применять типовые блоки и сборки питания, серийно выпускаемые промышленностью.

4. БУКВЕННО-ЦИФРОВЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

4.1. Надписи на электрических схемах

4.1.1. Общие сведения

Надписи на электрических схемах имеют очень важное значение как при монтаже, так и при наладке и эксплуатации электрооборудования. Ведь ни одна схема не может быть ни выполнена, ни прочитана без надписей. На схеме необходимы краткие надписи, конкретизирующие графические обозначения и дополняющие их такими сведениями, которые не могут быть переданы графически.

К надписям на схемах относят:

- 1) позиционные обозначения элементов и устройств, а также таблицы «Перечень элементов»;
- 2) обозначения типов исполнений в технических характеристиках электрических машин, аппаратов, приборов, комплектных устройств;
- 3) маркировка выводов машин, трансформаторов, приборов, коммутационных аппаратов;
- 4) маркировка зажимов и разъемов;
- 5) обозначения разнопотенциальных участков электрических цепей;
- 6) таблицы применимости;
- 7) нумерация труб, кабелей, протяжных коробок;
- 8) ссылки на другие схемы, которые следует рассматривать совместно с данной;
- 9) условия действия схемы и примечания;
- 10) расшифровка принятой системы обозначений и маркировки;
- 11) расшифровка обозначений, не являющихся стандартными, если они встречаются в схеме;
- 12) спецификации или ссылки на них;
- 13) обозначения зон, в которых на схеме показаны элементы устройства и их части при разнесенном способе изображения, или нумерация строк (цепей);
- 14) основная надпись.

Могут быть и другие надписи, если в конкретных условиях в них возникает необходимость.

Основная надпись. Ознакомление с любой схемой надо во всех без исключения случаях начинать с чтения основной надписи, которая указывает наименования объекта (например, насосная станция № 6), назначения схемы (управление насосами № 3–5), ее вид (схема электрическая), тип (принципиальная схема, схема соединений и т. п.), номер схемы, количество листов, номер листа. Могут быть также указаны: стадия разработки (например, Р – рабочие чертежи); шифр схемы, например Э3 (схема электрическая принципиальная) и др.

На рис. 4.1, *а* показано взаимное расположение на чертеже: 1 – собственно схемы, 2 – поясняющих надписей, диаграмм переключений, примечаний и пр., 3 – таблицы «Перечень элементов», 4 – основной надписи.

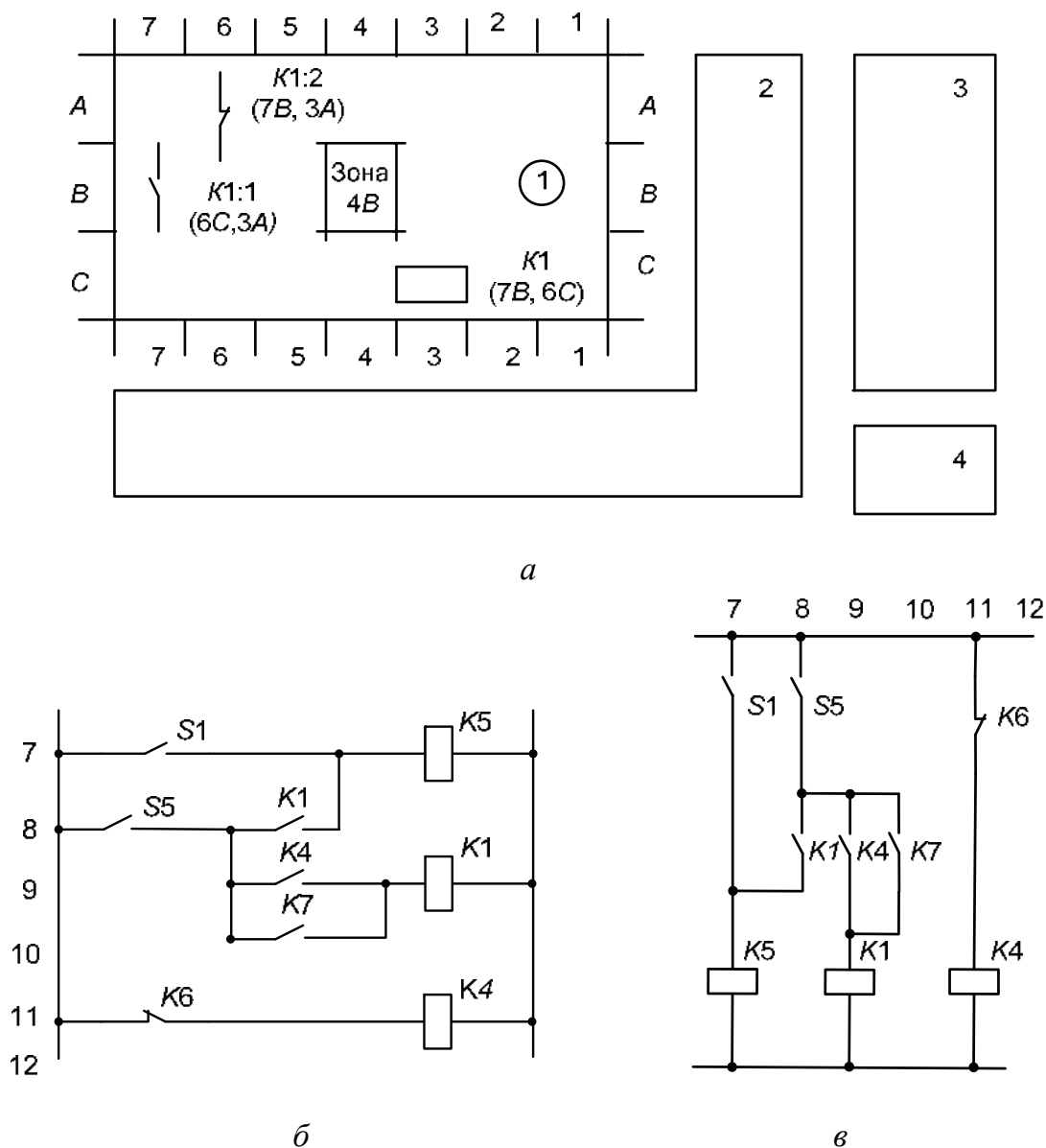


Рис. 4.1. Деление схемы на зоны и нумерация строк (цепей)

Обозначение зон дает возможность указывать, в каком месте схемы находятся части элементов, изображенных разнесенным способом. Поле схемы разделяют на зоны (клетки) (рис. 4.1, *а*). С этой целью по вертикали пишут буквы *A, B, C, ...*, по горизонтали – цифры 1, 2,

Если провести через вертикальные и горизонтальные границы зон линии, то образуются прямоугольники – зоны. Одна из них – зона 4*B* (или 4*B*) показана на рис. 4.1, *а*.

Нумерация строк (цепей) показана на рис. 4.1, *б* и *в*. Строки могут быть расположены либо горизонтально (рис. 4.1, *б*), либо вертикально (рис. 4.1, *в*). Строки нумеруют арабскими цифрами. Так, например, на рис. 3.1, *а* приведена схема, на которой показано только одно реле *K1*. Оно состоит из трех частей: катушки *K1*, которая изображена на схеме в зоне 3*A*; размыкающего контакта *K1:2* в зоне 6*C* и замыкающего контакта *K1:1* в зоне 7*B*. Надписи в скобках показывают, в каких зонах изображены другие части реле *K1*. Например, у изображения в зоне 7*B* в скобках написано (6*C*, 3*A*). Эти надписи указывают на то, что другие части реле показаны в зонах 6*C* (контакт *K1:2*) и 3*A* (катушка *K1*).

Заметьте, что надписей на схеме значительно больше, чем использованных в ней графических обозначений. Нужно запомнить, что графические обозначения строго определены государственными стандартами, благодаря чему их разночтение безусловно исключено. Но стандарты предъявляют к надписям только самые общие требования, а способ выполнения надписей устанавливают отраслевые нормативные документы, различные в разных отраслях.

Позиционные обозначения. Известно, что в состав схемы, кроме изображения, входят надписи, характеризующие входные и выходные цепи, позиционные обозначения элементов и их перечень. Все зависит от назначения схемы, т. е. от тех сведений, которые должны быть с помощью нее переданы.

Позиционные обозначения элементов строятся в соответствии с ГОСТ 2.710–81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах», который регламентирует позиционное обозначение каждого элемента или устройства в форме одно- или двухбуквенного кода и порядкового номера элемента или устройства среди элементов устройства данного вида в данном изделии (например, *VS1*, *VS2* и т. д.; *VT1*, *VT2* и т. д.).

Буквенные коды элементов приведены в табл. 4.1. Позиционные обозначения элементам (устройствам) присваивают в пределах изделия. Порядковые номера элементам (устройствам) следует присваивать, на-

чина с единицы, в пределах группы элементов, имеющих одинаковый буквенный код в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз и слева направо (рис. 4.1).

Не допускается применять буквы *I* и *N*, *O*, а также сочетания букв *PE*.

Очень важно не усложнять код без необходимости. Это значит, что в тех случаях, когда можно обойтись однобуквенным кодом, не нужно применять более сложный двухбуквенный код. Например, если схема содержит несколько магнитных пускателей, но в ней нет ни одного реле, то магнитные пускатели обозначают одной буквой *K* (*K1*, *K2*, *K3*), а не двумя буквами *KM* (*KM1*, *KM2*, *KM3*) буквами. И наоборот, если в схеме есть и магнитные пускатели, и реле, то приходится магнитные пускатели обозначать двумя буквами *KM* (*KM1*, *KM2*, *KM3*), а реле – одной буквой *K* (*K1*, *K2*, *K3*).

Таблица 4.1

Буквенные коды позиционных обозначений элементов

Одно- буквен- ный код	Группы видов элементов	Примеры видов элементов	Двух- буквен- ный код
<i>A</i>	Устройства (общее обозначение)	Регулятор тока Приводы исполнительных механизмов Устройство АВР Регулятор частоты Устройство (комплект) реле защит Устройство блокировки типа КРБ Устройство АПВ Устройство комплектное продольной дифзащиты ЛЭП Устройство комплектное реле сопротивления Устройство комплектное реле УРОВ Устройство регулирования напряжения	<i>AA</i> <i>AB</i> <i>AC</i> <i>AF</i> <i>AK</i> <i>AKB</i> <i>AKS</i> <i>AKV</i> <i>AKZ</i> <i>AR</i> <i>AV</i>
<i>B</i>	Преобразователи не- электрических вели- чин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот	Сельсин-приемник Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Датчик давления Тахогенератор Датчик скорости	<i>BE</i> <i>BC</i> <i>BK</i> <i>BL</i> <i>BP</i> <i>BR</i> <i>BV</i>

Одно- буквен- ный код	Группы видов элементов	Примеры видов элементов	Двух- буквен- ный код
<i>C</i>	Конденсаторы	—	—
<i>D</i>	Схемы интеграль- ные, микросборки	Схема интегральная, аналоговая Схема интегральная, цифровая, логиче- ский элемент Устройство задержки Устройство хранения информации	<i>DA</i> <i>DD</i> <i>DT</i> <i>DS</i>
<i>E</i>	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная	<i>EK</i> <i>EL</i>
<i>F</i>	Разрядники, пре- дохранители, уст- ройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Дискретный элемент защиты по напря- жению Предохранитель плавкий	<i>FA</i> <i>FP</i> <i>FV</i> <i>FU</i>
<i>G</i>	Генераторы, ис- точники питания	Батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Элементы индика- торные и сигналь- ные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	<i>HA</i> <i>HG</i> <i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	Реле указательное Реле токовое Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле поляризованное Реле времени Реле напряжения	<i>KN</i> <i>KA</i> <i>KK</i> <i>KM</i> <i>KP</i> <i>KT</i> <i>KV</i>
<i>L</i>	Катушки индук- тивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигатели	—	—
<i>P</i>	Приборы, измери- тельное оборудо- вание	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик реактивной энергии Счетчик активной энергии Омметр Регистрирующий прибор Измеритель времени, часы Вольтметр Ваттметр	<i>PA</i> <i>PC</i> <i>PF</i> <i>PK</i> <i>PI</i> <i>PR</i> <i>PS</i> <i>PT</i> <i>PV</i> <i>PW</i>

Одно- буквен- ный код	Группы видов элементов	Примеры видов элементов	Двух- буквен- ный код
<i>Q</i>	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т. п.)	Выключатель автоматический Разъединитель Короткозамыкатель	<i>QF</i> <i>QS</i> <i>QK</i>
<i>R</i>	Резисторы	Термистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	<i>RK</i> <i>RP</i> <i>RS</i> <i>RU</i>
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных <i>Примечание.</i> Обозначение применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: от уровня от давления от положения от частоты вращения от температуры	<i>SA</i> <i>SB</i> <i>SF</i> <i>SL</i> <i>SP</i> <i>SQ</i> <i>SR</i> <i>SK</i>
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Трансформатор напряжения Стабилизатор	<i>TA</i> <i>TV</i> <i>TS</i>
<i>U</i>	Преобразователи электрических величин в электрические	Преобразователь частоты, инвертор, выпрямитель Модулятор	<i>UZ</i> <i>UB</i>
<i>V</i>	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Приборы электровакуумные Транзистор Тиристор	<i>VD</i> <i>VL</i> <i>VT</i> <i>VS</i>
<i>W</i>	Линии и элементы СВЧ. Антенны	Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль Трансформатор, неоднородность, фазовращатель Аттенюатор Антенна	<i>WE</i> <i>WK</i> <i>WS</i> <i>WT</i> <i>WU</i> <i>WA</i>
<i>X</i>	Соединения контактные	Токосъемник Штырь Гнездо Соединения разборные	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i>

Одно- буквен- ный код	Группы видов элементов	Примеры видов элементов	Двух- буквен- ный код
Y	Устройства меха- нические с элек- тромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Электромагнитная плита Муфта с электромагнитным приводом	YA YB YH YC
Z	Устройства око- нечные, фильтры, ограничители	Ограничитель Фильтр кварцевый Фильтр тока Фильтр напряжения Фильтр частоты	ZL ZQ ZA ZV ZF

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условным графическим обозначением элементов или устройств с правой стороны или над ними. Буквы и цифры позиционного обозначения выполняют чертежным шрифтом одного размера (рис. 4.2).

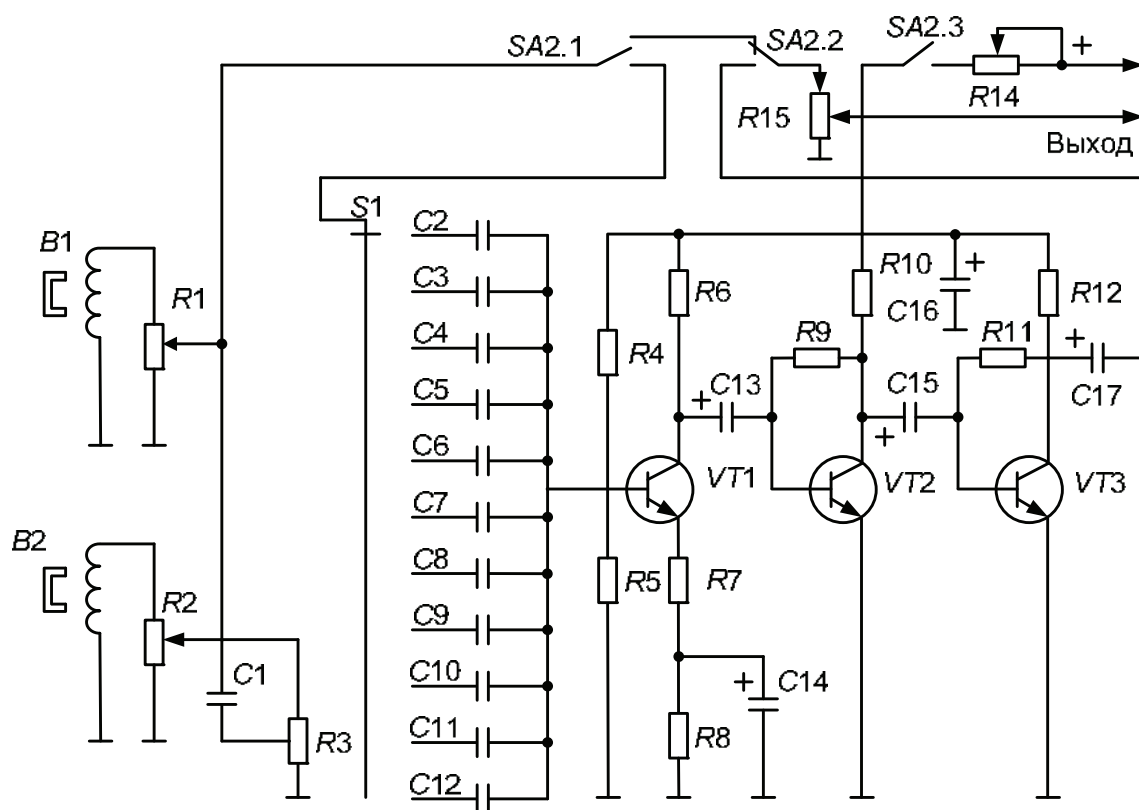


Рис. 4.2. Позиционные обозначения одной группы или одного типа элементов схемы в соответствии с последовательностью их расположения

Позиционные обозначения строят по определенной системе, которая состоит в следующем.

1. Буквы и цифры расположены в определенном порядке без пробелов и без разделительных знаков между ними.

2. Во всех без исключения случаях написан буквенный код, обозначающий вид элемента. В простейшем случае он состоит из одной, обязательной, буквы, например *R*, *C*, *H*, *K* и т. п.; в более сложных – из двух букв, например *HA*, *HL*, *KM* и т. п.

3. За буквенным кодом обязательно следует порядковый номер элемента в пределах элементов данного вида, например *R1*, *R2*, ..., *R15* (резисторы № 1, 2 и 15).

4. Еще правее допускается (но не обязательно!) писать еще одну или несколько букв, определяющих функциональное назначение элемента. Например, *R2F* – резистор № 2, используемый как защитный (предохранительный) – *F*.

5. После собственно позиционного обозначения может быть поставлена (но не обязательно!) либо точка, либо двоеточие, а за точкой (двоеточием) – цифра (цифры). Если написана точка, то цифра (цифры) за ней – это номер части элемента (устройства) на схеме (но не в натуре) при разнесенном способе изображения. Например, если части элемента, имеющего позиционные обозначения *KM4*, изображены в трех местах схемы, то их условно нумеруют: *KM4.1* – первая часть, *KM4.2* – вторая часть, *KM4.3* – третья часть.

Обратите внимание: точку можно ставить в любом случае. Если же нужно подчеркнуть, что цифры относятся к контакту, то точку заменяют двоеточием. Например, *KM4:2* и *KM4:5* соответственно обозначают: второй и пятый контакты элемента *KM4*. На рис. 4.3 схематически представлена структура позиционного обозначения элемента. На практике такие простые обозначения наиболее распространены.

Рассмотрим еще одну структуру составного обозначения. На рис. 4.4 знаки «не равно» (\neq) и «минус» ($-$) – это квалифицирующие символы. Они соответственно указывают на то, что в первом прямоугольнике слева обозначена функциональная группа (например, номер управляемого механизма), а во втором – собственно позиционное обозначение. Проще всего понять суть дела, сопоставив записи так: $\neq 4 - SB1$; $\neq 9 - SB1$; $\neq 17 - SB1$. Из них следует, что в одинаковых схемах трех механизмов, а именно в схемах механизмов № 4, 9 и 17, использован выключатель кнопочный *SB1*.

Позиционные обозначения элементам присваивают в пределах каждого устройства, а при наличии нескольких одинаковых устройств – в пределах этих устройств.

Обозначение устройства указывают сверху или справа от изображения (рис. 4.5, *а*). При разнесенном способе изображения позиционные обозначения проставляют около каждой составной части (рис. 4.5, *б*).

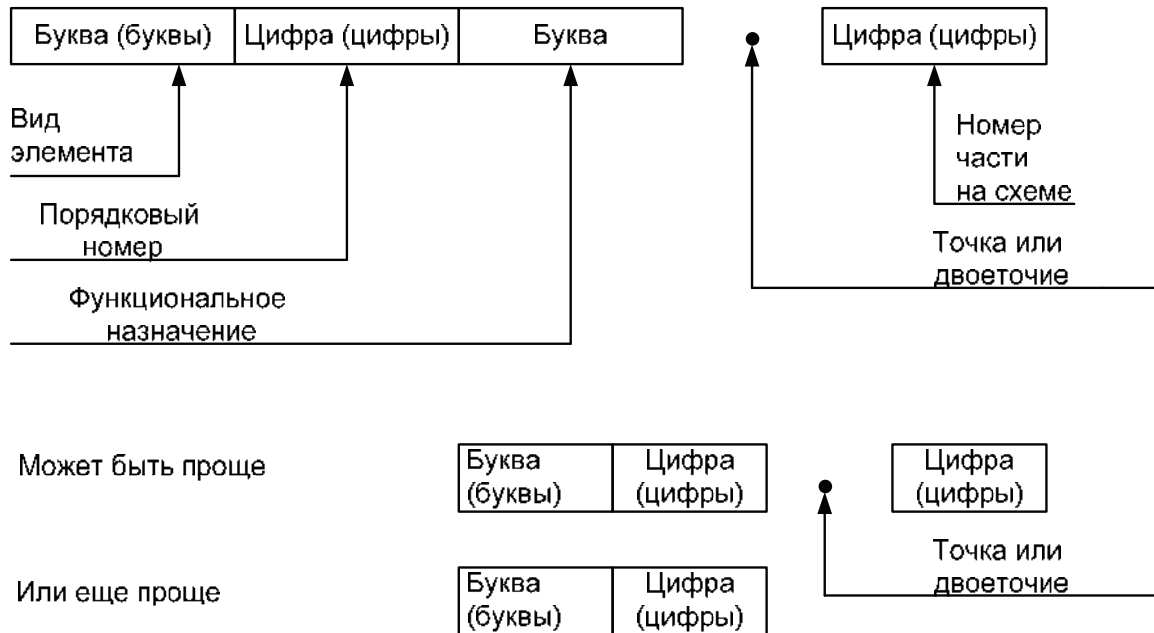


Рис. 4.3. Структура позиционного обозначения элемента

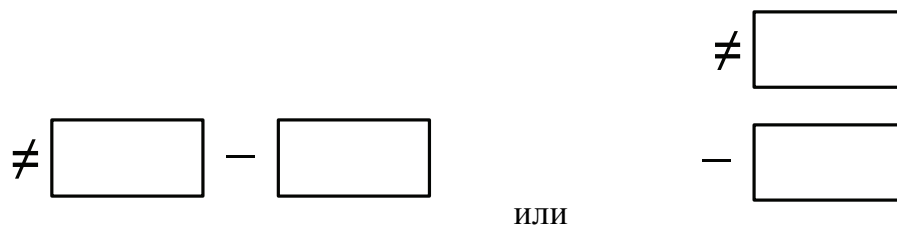


Рис. 4.4. Структура составного обозначения элемента

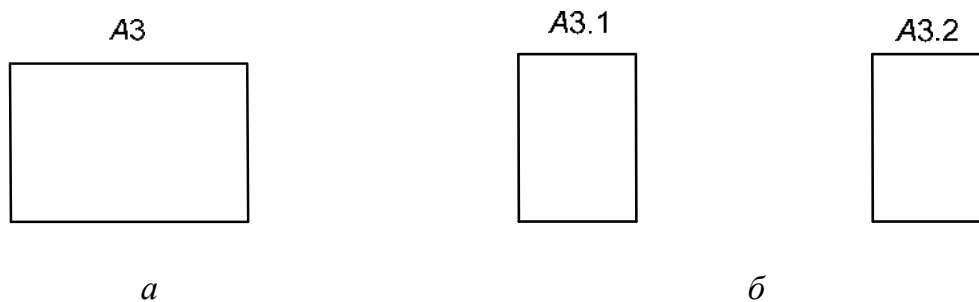


Рис. 4.5. Примеры обозначения устройств

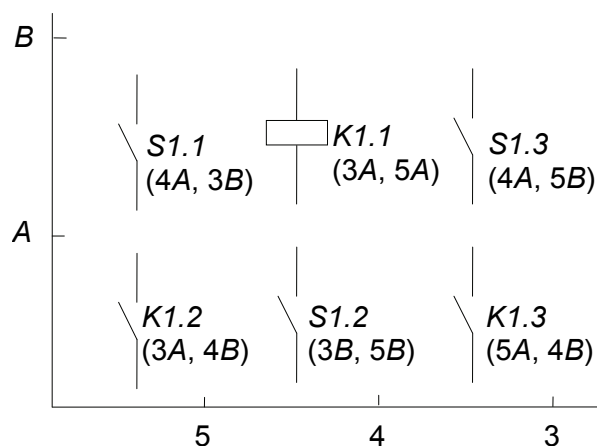


Рис. 4.6. Часть принципиальной схемы, разбитой на зоны

Допускается раздельно изображенные части элементов соединять линией механической связи, проставляя позиционные обозначения элементов у одного или у обоих концов этой линии.

В случаях если поле схемы разбито на зоны или схема выполнена строчным способом, то справа от позиционного обозначения или под позиционным обозначением каждой составной части элемента или устройства в скобках указывают обозначения зон или номера строк, в которых расположены все остальные составные части этого элемента или устройства (рис. 4.6).

Когда применяют однолинейное изображение схемы, то около условного графического обозначения, заменяющего условные обозначения нескольких одинаковых элементов, указывают позиционные обозначения всех заменяемых элементов, например, $S1 \dots S3$. При наличии одинаковых элементов лишь в отдельных цепях, изображенных однолинейно, то справа от позиционного обозначения или под ним в квадратных скобках указывают обозначения цепей, содержащих эти элементы, например элементы $F1, F2 [A1, C1]$.

Рассмотрим несколько примеров.

На рис. 4.7 приведены фрагменты схем, на которых даны примеры позиционных обозначений элементов. Буквенные коды видов элементов приведены в табл. 4.1. Ошибочные обозначения обведены волнистой линией.

Итак, на рис. 4.7, а изображены выключатель $S1$, резисторы $R1-R12$ и сигнальные лампы $H1-H12$. Штриховая линия между резисторами указывает на то, что аналогичные цепи на схеме повторяются 12 раз, но показаны только крайние из них. В схеме есть только сигнальные лампы, но нет других сигнальных приборов. Следовательно, достаточно кода из одной обязательной буквы H (табл. 4.1).

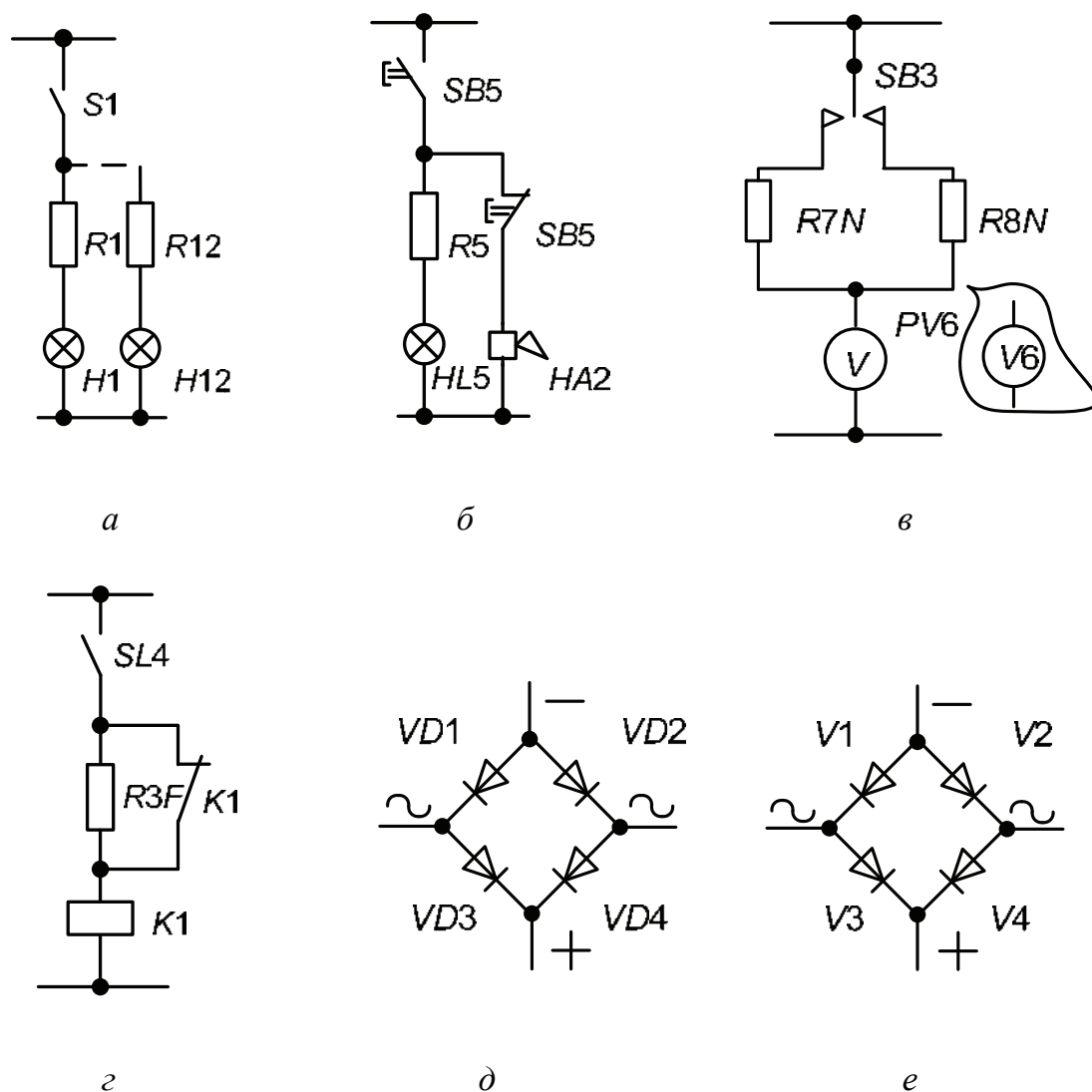


Рис. 4.7. Фрагменты схем с примерами позиционных обозначений

На рис. 4.7, б изображены два вида сигнальных устройств: лампа и гудок. Значит, одной обязательной буквы *H* недостаточно: пришлось применить для лампы двухбуквенный код *HL*, а для гудка – код *HA*.

На схеме показан один двухконтактный выключатель: у обоих его контактов написано одно и то же позиционное обозначение *SB5*.

На рис. 4.7, в показан вольтметр с двумя пределами измерений; предел устанавливают переключателем *SB3*, который в левой позиции вводит в цепь вольтметра резистор *R7N*, а в правой – резистор *R8N*. Сопротивления резисторов различны, благодаря чему пределы измерения изменяются. Буква *N* указывает функциональное назначение резисторов, а именно резисторы измерительные.

Рисунок 4.7, e иллюстрирует грубую ошибку, состоящую в том, что буквы *V*, *A*, *W* и др., которые вписаны в изображения приборов, т. е.

в окружности, квадраты, принимают за их позиционные обозначения. На этом основании к ним «просто прибавляют» порядковые номера. Дело в том, что эти буквы (*V*, *A*, *W* и др.) входят в состав условного графического обозначения и не имеют ничего общего с позиционным обозначением. В нашем случае у изображения вольтметра совершенно необходимо написать его позиционное обозначение *PV6*, что и выполнено.

Заметим кстати, что такие ошибки допускают при изображении электрических машин, т. е. дописывают порядковые номера к буквам *M* (двигатель), *G* (генератор), *TX* (сельсин-датчик поворота) и т. д.

На рис. 4.7, *г* показан контакт выключателя, срабатывающий от уровня (табл. 4.1). Данный рисунок иллюстрирует схему контактора *K1*, для включения которого требуется больший ток, чем допустимый при длительном включении катушки. Чтобы длительный ток ограничить, последовательно с катушкой вводят резистор *R3F*. Он не мешает включению, так как до тех пор, пока контактор отключен, резистор закорочен размыкающим контактом контактора. Одним словом, резистор защищает катушку от перегрева благодаря тому, что ограничивает в длительном режиме проходящий через нее ток.

Применение на рис. 4.7, *д* двухбуквенного кода свидетельствует о том, что в схеме, фрагмент которой приведен, есть и другие полупроводниковые, например транзисторы, или электровакуумные приборы. В схеме на рис. 4.7, *е* нет других полупроводниковых приборов, кроме диодов. Следовательно, в данном случае двухбуквенный код не нужен.

Функциональные группы. Выделенная группа элементов, выполняющих определяющую функцию, но не объединенных в единую конструкцию, называется *функциональной группой*. Например, на рис. 4.8 функцию управления механизмом совместно выполняют следующие элементы: *Q5*, *KM5*, *KK1*, *KK2*, *M5*, *SB3* и *SB4*. Некоторые из них, а именно *Q5*, *KM5*, *KK1* и *KK2*, смонтированы на асбоцементной плите, т. е. конструктивно объединены, поэтому они составляют устройство.

Заметьте, что в функциональной группе больше элементов, чем в устройстве; в него не входят ни двигатель *M5*, ни кнопочные выключатели *SB3* и *SB4*. Значит, устройство в нашем случае — это только часть функциональной группы; оно называется функциональной частью.

Все устройства можно разделить на две большие группы. К одной из них относятся те, которые имеют самостоятельную принципиальную схему, предназначены для определенной цели и применяются в строгом соответствии с этой схемой: это блоки управления электродвигателями, стабилизированные источники питания, электронные реле времени и т. п. Дру-

гую группу представляют устройства, не имеющие самостоятельной принципиальной схемы, как, например, световое табло, привод задвижки, простые реле. Их применяют и присоединяют тем или иным способом, исходя из конкретных условий. Например, конечные выключатели привода задвижки можно соединять разными способами. По-разному используют лампы световых табло, платы с наборами резисторов, диодов, реле и т. п.

Это необходимо знать, так как в зависимости от того, имеют устройства самостоятельную принципиальную схему или нет, их на схемах графически выделяют разными способами. Так, элементы, входящие в устройство, имеющие самостоятельную схему, обводят сплошной линией (контуром), равной по толщине линиям связи или вдвое толще. Элементы устройств, не имеющих самостоятельной принципиальной схемы, обводят контуром из штрихпунктирных линий. Над контуром или справа от него пишут позиционное обозначение устройства.

Когда в составе изделия имеются функциональные группы, то вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в эти группы, а затем элементам, входящим в них. Для одинаковых функциональных групп, например $\neq A1$, $\neq A2$ (рис. 4.9), позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из них, повторяют во всех последующих группах.

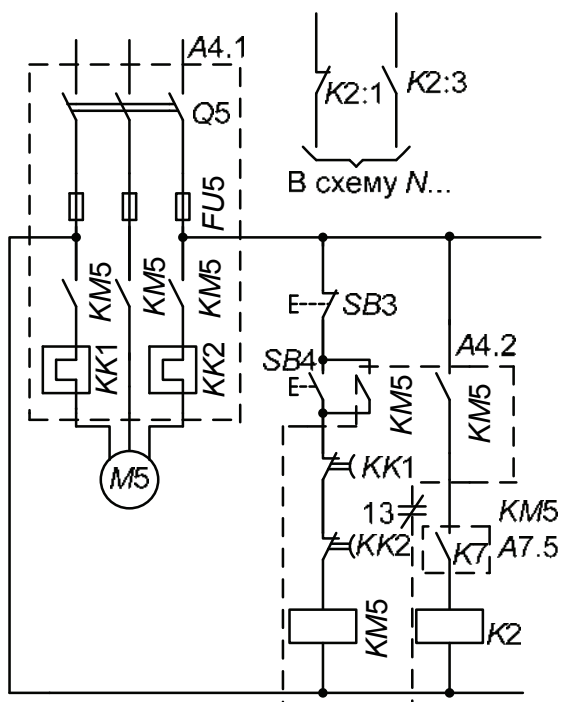


Рис. 4.8. Функциональная группа

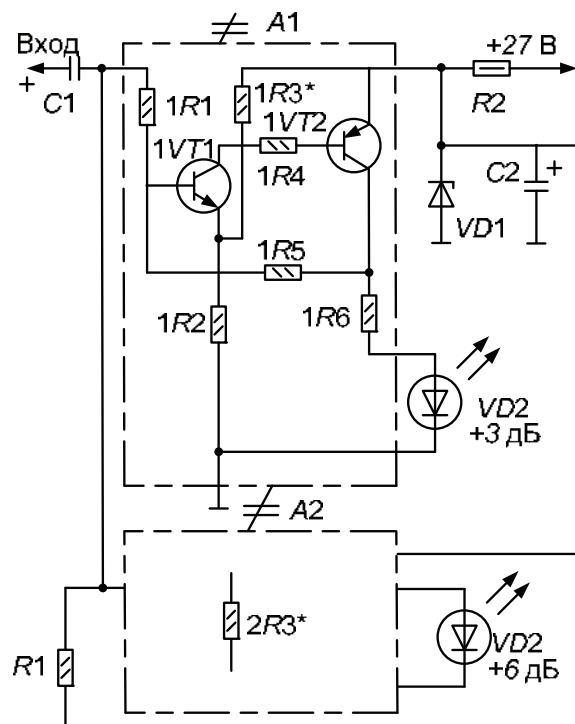


Рис. 4.9. Обозначение одинаковых функциональных групп

Вопросы

1. Почему позиционное обозначение *Q5* (рис. 4.8) написано 1 раз, а позиционное обозначение *KM5* – 6 раз?

2. Позиционное обозначение *KM5* написано у каждого контакта в цепи электродвигателя. Не являются ли две из трех надписей лишними? Как нужно изобразить эти контакты, чтобы обойтись одной надписью?

3. На схеме написано *K2:1* и *K2:3*. Не значит ли это, что на схеме изображены части двух аппаратов. А если это один аппарат, то каково его позиционное обозначение? О чем говорят цифры 1 и 3?

4. Не следовало бы у изображения каждого предохранителя писать *F5*?

Ответы

1. Рубильник *Q5* показан совмещенным способом: между его контактами изображена линия механической связи (две параллельные линии). Значит, позиционное обозначение надо писать 1 раз. Части контактора *KM5* изображены разнесенным способом. Следовательно, у каждого из них должно быть повторено позиционное обозначение.

2. Все надписи нужны. Но можно обойтись и одной надписью. Для этого надо между контактами *KM5* изобразить линию механической связи.

3. Цифры после двоеточия – это номера контактов аппарата, который на схеме показан разнесенным способом. Значит, *K2:1* и *K2:3* – это не два позиционных обозначения двух аппаратов. Аппарат один и его позиционное обозначение – *K2*.

4. Достаточно одной надписи *F5*, так как совершенно ясно, что показан комплект предохранителей.

4.1.2. Перечень элементов схемы

Данные об элементах и устройствах, изображенных на схеме изделия, записывают в перечень элементов. Разрешается все сведения об элементах помещать рядом с их изображением на свободном поле схемы. Взаимосвязь между УГО и перечнем элементов осуществляется через позиционные обозначения.

Перечень помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа на листе формата А4 с основной надписью для текстовых документов по форме 2 (рис. 4.10) или 2а (рис. 4.11) согласно ГОСТ 2.104–68. Перечень элементов оформляют в виде таблицы и заполняют сверху вниз. В графах перечня указывают следующие данные:

в графе «Поз. обозначение» – позиционное обозначение элемента, устройства или функциональной группы;

в графе «Наименование» – наименование элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого он применен, и обозначение этого документа; для функциональной группы – наименование;

в графе «Кол.» – количество одинаковых элементов;

в графе «Примечание» – технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

В случае размещения перечня элементов на первом листе схемы его располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение перечня помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Если перечень элементов оформляют в виде самостоятельного документа, то ему присваивают код, который должен включать букву «П» и код схемы, например: ПЭЗ – код перечня элементов к электрической принципиальной схеме. При этом в основной надписи перечня под наименованием изделия, для которого составлен перечень, делают запись «Перечень элементов» шрифтом на один-два размера меньшим того, каким записано наименование изделия, а в графе «Обозначение» основной надписи указывают код.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

Dimensions: Header height 15, Body row height 8 min, Column widths: 20, 110, 10, 10, Total width 185.

Рис. 4.10. Форма 2

Зона	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

Dimensions: Header height 10, Body row height 8 min, Column widths: 8, 20, 110, 10, 10, Total width 185.

Рис. 4.11. Форма 2а

В спецификацию перечень элементов записывают после схемы, к которой он выпущен.

При разбивке поля схемы на зоны перечень элементов дополняют графой «Зона» (рис. 4.11), указывая в ней обозначения зоны или номер строки (при строчном способе выполнения схем), в которой расположен элемент или устройство.

Разрешается вводить в перечень дополнительные графы, если они не дублируют сведений в основных графах.

Порядок записи элементов в перечень представлен в табл. 4.2.

Производят запись элементов по группам (видам) в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений, в порядке возрастания номеров в пределах каждой группы, а при цифровых обозначениях – в порядке их возрастания. Для сокращения перечня разрешается однотипные элементы с одинаковыми параметрами и последовательными порядковыми номерами записывать в перечень одной строкой, указывая только их позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например, $C1, C2; R4, \dots, R6$ (табл. 4.3). В графе «Кол.» указывают общее количество таких элементов. При записи однотипных элементов допускается не повторять в каждой строке наименование элемента, а записывать его в виде общего наименования к соответствующей группе элементов.

Таблица 4.2

Порядок записи элементов в перечень

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
$L1$	Катушка индуктивности АБВГ ...	1	
	Резисторы		
$R1$	МЛТ-0,5–300 кОм $\pm 5\%$ ГОСТ...	1	
$R2$	1СП-1–560 кОм $\pm 20\%$ А-ВС-3 – 12,5 ГОСТ...	1	
$R3$	ПЭВ-10–3 кОм $\pm 5\%$ ГОСТ...	1	
	МЛТ ГОСТ ...	1	
	СП ГОСТ...		
$R4$	МЛТ-0,5–150 кОм $\pm 10\%$	1	
$R5$	1СП-1–560 кОм $\pm 20\%$ А-ВС – 3–12,5 ГОСТ...	1	
$R6$	МЛТ-0,5–150 кОм $\pm 10\%$	1	
$R7, R8$	МЛТ-0,25–100 кОм $\pm 10\%$	2	

Порядок сокращения записи элементов в перечне

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Дешифратор АБВГ.ХХХХХХ.033	1	
D1	Микросхема К135ТМ2.6ко.343.006.ТУ1	1	
D2	Микросхема К135ТМ3.6ко.34д.006.ТУ1	1	
	Резисторы		
R1, R2	МЛТ-0,25–410 Ом $\pm 10\%$ ГОСТ ...	2	
R3	МЛТ-0,25–30 Ом $\pm 10\%$ ГОСТ ...	1	
R4	ППЗ-43–30 Ом $\pm 10\%$. ТУ	1	
SA1	Переключатель АБВГ.ХХХХХХ.154	1	
A2	<u>1. Блок включения ФЗУ.ХХХХХХ.249</u>	1	
AB1	Блок индикации АБВГ.ХХХХХХ.122	1	
	Резисторы ГОСТ...		
R1, R2	МЛТ-0,25–120 Ом $\pm 10\%$	2	
R3	МЛТ-0,25–220 Ом $\pm 0\%$	1	
R4...R6	МЛТ-0,25–120 Ом $\pm 10\%$	3	
LPM1	<u>1.1. Измеритель</u>		
AC1	Блок сигнализации АБВГ.ХХХХХХ.021	1	
C1, C2	Конденсатор КМ 3з Н30-0,22. ТУ	2	
R7	Резистор МЛТ-0,25–70 Ом $\pm 10\%$ ГОСТ...	1	
KLB1...K LB2	<u>2. Переключатель тока</u>	4	
A3	Блок индикации АБВГ.ХХХХХХ.020	1	
R5	Резистор МЛТ-0,25–4,7 кОм $\pm 10\%$ ГОСТ...	1	
R6, R7	Резистор МЛТ-0,25–4,7 кОм $\pm 10\%$ ГОСТ...	2	

В случае если позиционные обозначения присваивают элементам в пределах устройств или одинаковых функциональных групп, то элементы, относящиеся к устройствам и функциональным группам, записывают в перечень отдельно. Запись элементов, входящих в каждое устройство,

начинают с наименования устройства или функциональной группы, которое записывают в графе «Наименование» и подчеркивают. На одной строке с наименованием в графе «Кол.» указывают общее количество одинаковых устройств или функциональных групп, а для элементов в графе «Кол.» – количество элементов, входящих в одно устройство.

Ниже наименования устройства (функциональной группы) оставляют одну свободную строку, выше – не менее одной свободной строки.

При наличии на схеме элементов, не входящих в устройства, заполнение перечня начинают с записи этих элементов (без заголовка). Затем записывают устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, а также функциональные группы с входящими в них элементами.

Если в устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, входят устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, или устройства входят в функциональную группу, то соответствующие заголовки желательно нумеровать (подобно обозначению разделов и подразделов) в пределах всей схемы изделия, например: «1. Блок включения», «1.1. Измеритель» (табл. 4.3).

При наличии элементов, не являющихся самостоятельными конструкциями, графу перечня «Наименование» не заполняют, а в графе «Примечание» записывают поясняющую надпись или ссылку на надпись, помещенную на поле схемы. Если параметры элементов выбирают при регулировании изделия, то на схеме и в перечне их обозначают звездочкой ($R1^*$), а на поле схемы помещают сноску «Подбирают при регулировании». В перечень записывают элементы, параметры которых наиболее близки к расчетным. Допускаемые при подборе предельные значения параметров указывают в графе «Примечание».

В случае если подбираемый при регулировании параметр достигается элементами различных типов, то эти элементы приводят в технических данных на поле схемы, а в графах перечня указывают следующие данные: в графе «Наименование» – наименование элемента и параметр, наиболее близкий к расчетному; в графе «Примечание» – ссылку на соответствующий пункт технических требований и допускаемые при подборе предельные значения параметров.

Если необходимое значение параметра получено при параллельном или последовательном соединении элементов, то в графе «Примечание» перечня указывают суммарный параметр (например, $R = 151 \text{ кОм}$).

При проектировании на одно изделие нескольких самостоятельных принципиальных схем на каждой схеме должен быть помещен перечень только тех элементов, позиционные обозначения которым присвоены на данной схеме. При повторном изображении отдельных элементов на

нескольких схемах за ними сохраняются позиционные обозначения, присвоенные им на одной из схем. В этом случае на схемах помещают указания по типу: «Элементы», изображенные на схеме и не включенные в перечень, см. АБВГ.ХХХХХХ.ХХХЭЗ.

На разработанных схемах следует указывать обозначения электрических контактов или выводов от элементов, фактически нанесенные на изделие или указанные в его документации (номера контактов реле, штепсельного разъема, номера или обозначения выводов трансформатора, цоколевку радиоламп и т. п.). Если ни в конструкции элемента, ни в его документации обозначения контактов или выводов не указаны, то нужно присваивать им обозначения на данной схеме, повторяя их в дальнейших в соответствующих документах. В этом случае помещают необходимое пояснение на поле схемы.

Если на схеме имеется несколько одинаковых элементов, то обозначения выводов допускается указывать лишь на одном из них, а при разнесенном способе изображения – на каждой составной части элемента или устройства. Для отличия на схеме номеров выводов от других цифровых обозначений (например, обозначений цепей) разрешается записывать их с квалифицирующим символом в соответствии с ГОСТ 2.710–81.

На схеме изделия можно изображать отдельные элементы, не входящие в данное изделие, но необходимые для разъяснения принципа его работы. Графические обозначения этих элементов отделяют от основной схемы тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками.

На электрической схеме изображают разъемы, клеммы и другие элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи, и указывают характеристики входных и выходных цепей изделия (величину напряжения, силу тока, частоту и т. д.), а также параметры, подлежащие измерению на контрольных контактах, гнездах.

На разрабатываемых схемах изделий, которые предназначены для использования только в конкретной установке, разрешается указывать адреса внешних соединений, к которым присоединяются входные и выходные цепи данного изделия. Адресное обозначение выполняется по ГОСТ 2.710–81, например: = А–ХЗ:5, что означает «выходной контакт изделия должен быть соединен с пятым контактом третьего соединителя устройства А». При обеспечении однозначности присоединения адрес можно указывать в общем виде, например «Прибор А».

Желательно взамен УГО соединительных элементов помещать таблицы с характеристиками входных и выходных цепей изделия и адресами их внешних подключений (табл. 4.4). В случае необходимости в таблицу можно вводить дополнительные графы.

Номера контактов в таблице можно располагать не по порядку, а исходя из удобства построения схемы. Разрешается проставлять в графе «Конт.» несколько последовательных номеров контактов (через запятую), если они электрически соединены между собой.

Необходимые сведения о соединении контактов многоконтактных соединителей указывают одним из следующих способов.

Способ 1. Рядом с изображением соединителей или на свободном поле схемы помещают таблицу с указанием адреса соединения, обозначения цепи (табл. 4.5) или позиционное обозначение присоединяемых к данному контакту элементов. При необходимости в табл. 4.6 указывают характеристики цепей и адреса внешних соединений (табл. 4.6).

Когда таблицы размещают на поле схемы или на последующих листах, то им присваивают позиционные обозначения соединителей, к которым они составлены (табл. 4.5). Около изображения соединителя помещают табл. 4.6.

Таблица 4.4

Пример таблицы с характеристиками входных и выходных цепей изделия и адресами подключений

Контакт	Цепь	Адрес
1	$\Delta f = 0,3 \dots 3 \text{ кГц}$; $R_{\text{н}} = 600 \text{ Ом}$	$= A1 - X1:1$
2	$U_{\text{вых}} = 0,5 \text{ В}$; $R_{\text{н}} = 600 \text{ Ом}$	$= A1 - X1:2$
3	$U_{\text{вых}} = +60 \text{ В}$; $R_{\text{н}} = 500 \text{ Ом}$	$= A1 - X1:3$
4	$U_{\text{вых}} = +20 \text{ В}$; $R_{\text{н}} = 1 \text{ кОм}$	$= A1 - X1:4$

Таблица 4.5

Адреса соединения и обозначение цепи

X1	
Конт.	Адрес
1	$-K1: 3$
2	$-K1: 5$

Таблица 4.6

Характеристики цепей и адреса внешних соединений

X2			
Конт.	Адрес	Цепь	Адрес внешний
1	5	+27 В	$= A1 - X1:1$
2	20	-27 В	$= A1 - X1:2$

В графах таблиц указывают:
 в графе «Конт.» – номера контактов (в порядке возрастания);
 в графе «Адрес» – обозначение цепи или позиционные обозначения элементов, соединенных с контактом;
 в графе «Цепь» – характеристику цепи;
 в графе «Адрес внешний» – адрес внешнего соединения.

Способ 2. Соединения с контактами соединителя изображают разнесенным способом (рис. 4.12).

При изображении устройств в виде прямоугольников допускается в прямоугольнике взамен УГО входных и выходных элементов помещать таблицы с характеристиками входных и выходных цепей (табл. 4.7, 4.8), а вне прямоугольника – таблицы с указанием адресов внешних присоединений (табл. 4.9).

В случае необходимости в таблицы вводят дополнительные графы.

Каждой таблице присваивают позиционные обозначения замененного элемента, например X1, X2.

Допускается в таблице взамен слова «Конт.» помещать условное графическое обозначение контакта соединителя (табл. 4.9).

Когда в изделие входит несколько одинаковых устройств, то схему устройства помещают не в прямоугольнике, а на свободном поле, с надписью по типу: «Схема блоков А1–А4».

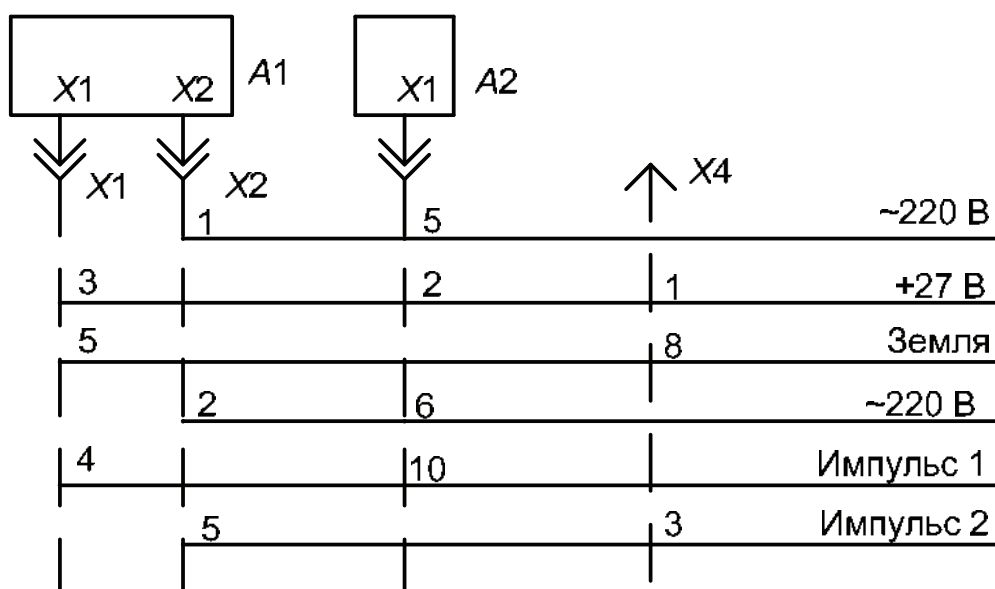


Рис. 4.12. Изображение соединения с контактами соединителя разнесенным способом

Таблица 4.7

Характеристики входных цепей

A1

X1		X2		X5
Конт.	Цепь	Цепь	Конт.	
1	Корпус	Корпус	1	
2	+150 В	+27 В	2	
3	–150 В	– 27 В	3	
4	Сигнал А	Сигнал Б	4	
		Пеленг	5	

Таблица 4.8

Таблица 4.9

Характеристики выходных цепей

Адреса внешних присоединений

A2

A5		A12	X1		X4
X13		X3	Цепь	→→	Адрес
+80 В	1		Сигнал Б	1	= A4 – X3:1
–80 В	2		Сигнал В	2	= A3 – X3:1
–3 В	3		+12 В	3	– X2:1
– 24 В	4		–12 В	4	– X2:2
			Корпус	5	–X2:4

На поле схемы допускается помещать указания о марках, сечениях и расцветках соединительных проводов и кабелей, а также специальные указания к электрическому монтажу изделия.

При размещении принципиальной схемы на нескольких листах должны соблюдаться следующие требования:

- 1) нумерация позиционных обозначений элементов должна быть сквозной в пределах изделия (установки);

- 2) перечень элементов должен быть общим;
- 3) при повторном изображении отдельных элементов на других листах схемы следует сохранять позиционные обозначения, присвоенные им на одном из листов схемы.

4.1.3. Упрощения на схеме

Допускаются следующие упрощения на схеме.

1. Для сокращения количества линий на схеме в целях упрощения начертания и облегчения чтения схемы рекомендуется слияние отдельных электрически не связанных линий в линию групповой связи и прерывание линий соединений элементов, удаленных друг от друга. При слиянии линий в линию групповой связи необходимо каждую линию при подходе к контактам изображать отдельной линией. Каждую сливаемую линию следует обозначать в месте слияния, а при необходимости и на обоих концах. Обозначения могут быть цифровые, буквенные или буквенно-цифровые.

2. При наличии в изделии нескольких одинаковых элементов (устройств, функциональных групп), соединенных параллельно, допускается изображать только одну ветвь, указывая количество ветвей при помощи обозначения ответвления. Около УГО элементов проставляют их позиционные обозначения. При этом учитывают все элементы, входящие в это соединение (рис. 4.13, а).

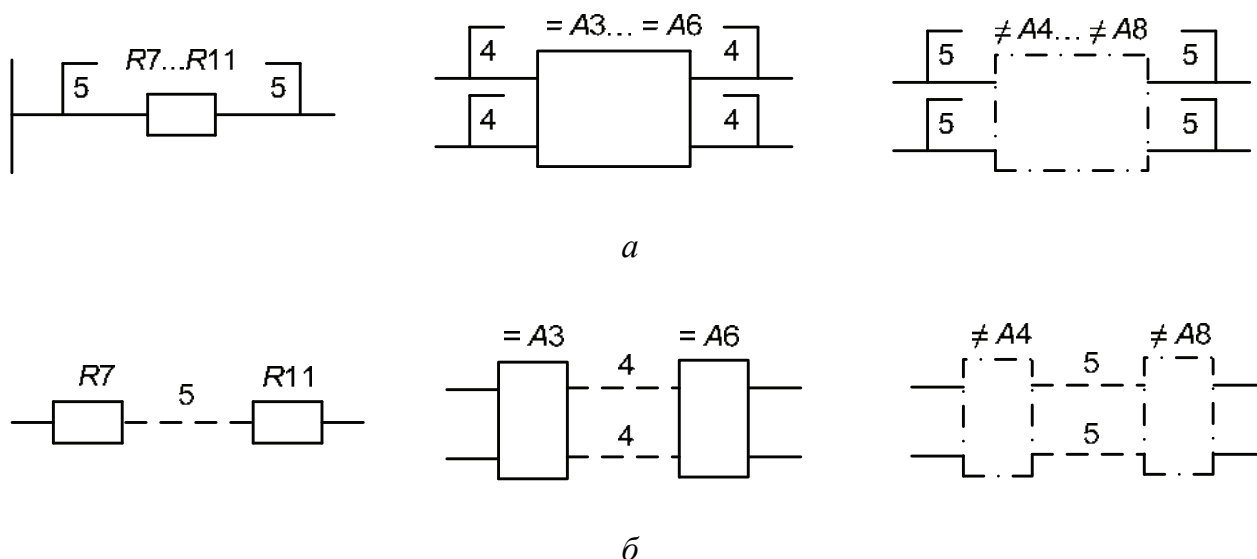


Рис. 4.13. Допускаемые изображения нескольких одинаковых элементов изделия

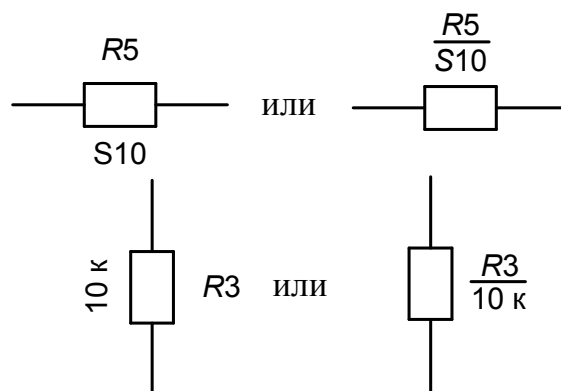


Рис. 4.14. Пример обозначения единиц измерения резисторов и конденсаторов

При последовательном соединении нескольких одинаковых элементов (устройств или функциональных групп) разрешается изображать и обозначать только крайние элементы (рис. 4.13, б). Электрические связи между ними показывают штриховыми линиями с указанием над ними общего числа одинаковых элементов. В этих случаях элементы в перечень записывают в одну строку.

3. При указании около УГО номиналов резисторов и конденсаторов (рис. 4.14) допускается обозначать единицы измерения упрощенно: для резисторов с сопротивлением от 0 до 999 Ом – без указания единицы измерения; от $1 \cdot 10^3$ до $999 \cdot 10^3$ Ом – в килоомах с обозначением единицы измерения строчной буквой «к»; от $1 \cdot 10^6$ до $999 \cdot 10^6$ Ом – в мегаомах с прописной буквой «М»; свыше $1 \cdot 10^9$ Ом – в гигаомах с прописной буквой «Г».

Для конденсаторов емкостью от 0 до $9999 \cdot 10^{-12}$ Ф – в пикофарадах без указания единицы измерения, например, 0,01; 0,2; 30,0; от $1 \cdot 10^{-8}$ до $9999 \cdot 10^{-6}$ Ф – в микрофарадах с обозначением единицы измерения строчными буквами «мк».

4. Если в состав изделия входят одинаковые устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, то их изображают в виде прямоугольников или УГО с присвоением позиционных обозначений. Прямоугольники выполняют сплошной линией, равной по толщине линиям связи.

5. Одинаковые функциональные группы или одинаковые устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, например триггеры, усилители и т. п., представляют на схемах в виде повторяющихся прямоугольников, изображенных штрих пунктирными линиями с указанием присвоенного им шифра: A1, A2, ..., A7 (рис. 4.15).

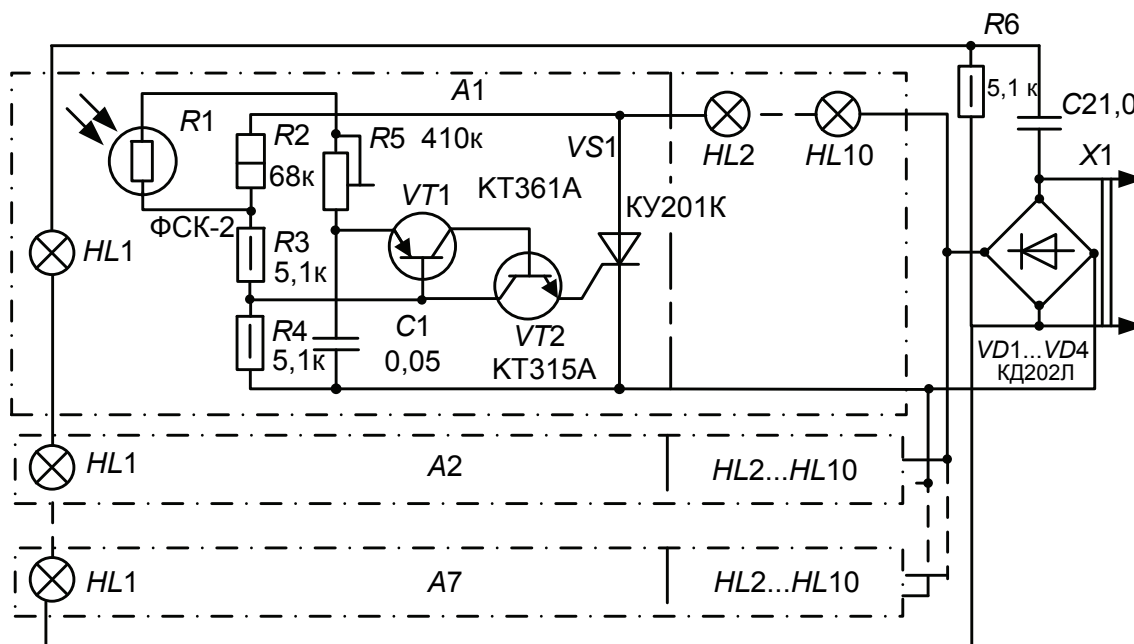


Рис. 4.15. Допустимое изображение одинаковых функциональных групп, не имеющих самостоятельных принципиальных схем

Принципиальную схему такого устройства или функциональной группы изображают внутри одного (большого) прямоугольника или на поле схемы с соответствующей надписью, например: «Схема блока АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ».

4.2. Обозначение электрических цепей

4.2.1. Общие положения

Сформулируем общие положения системы обозначений цепей на электрических схемах.

1. До недавнего времени применялись термины «марка» и «маркировка». Сейчас слово «маркировка» заменено словом «обозначение».

Марка – это обозначение, например номер (5, 17, ..., 941), буква с цифрой ($L1$, $C3$), буква со знаком полярности (L^+ , L^-) или просто знак (+, -), присвоенное участку цепи. Совокупность марок на схеме называется *маркировкой*. Маркировкой называют также процесс нанесения марок на бирки-оконцеватели проводников, панели (вблизи выводных шпилек аппаратов) и т. п.

2. Установленная стандартом система обозначений цепей применяется только для цепей управления, контроля и защиты электроустановок.

3. Участки цепей обозначают независимо от нумерации или условных обозначений зажимов (выводов) аппаратов, приборов, электрических машин, к которым подходят (или отходят) концы обозначаемых проводников.

4. Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, катушками, обмотками машин, резисторами, конденсаторами, диодами, считаются разными участками и имеют разные обозначения. Участки, сходящиеся в одном узле принципиальной схемы, а также проходящие через неразъемные, разборные или разъемные контактные соединения, обозначаются одинаково. Однако участкам цепи, проходящим через разъемные соединения, допускается присваивать разные обозначения.

5. Для обозначений применяют ряд последовательных чисел, а в необходимых случаях с буквенной или числовой приставкой. Для цифровых обозначений применяют арабские цифры и прописные буквы латинского алфавита. В электроустановках, изготовленных ранее, применялись русские буквы.

6. Цепи обозначают в последовательности от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки – сверху вниз в направлении слева направо. Обычно пропускают несколько номеров, оставляя их в резерве.

7. Допускается в обозначение цепи включать обозначения, характеризующие ее функциональное назначение, например перед номером писать букву.

8. На схеме обозначения (марки) проставляют около концов или в середине участка цепи:

а) при вертикальном расположении цепей – слева (а не справа!) от изображения цепи;

б) при горизонтальном расположении – над изображением цепи. Однако в технически обоснованных случаях допускается проставлять обозначения под изображением цепи.

4.2.2. Буквенно-цифровые обозначения на реальных электрических цепях

На электрических схемах используют составные обозначения, которые дают сведения об элементах (позиционное обозначение), электрическом контакте, документе, с которым сопрягается данный документ, и номере его листа. Для составления таких обозначений применяют прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры и классифицирующие символы: знак «минус» (–) – для устройства; знак «не равно» (\neq) –

для функциональной группы; знак «плюс» (+) – для конструктивного обозначения; знак «двоеточие» (:) – для обозначения контакта.

Обозначение цепи переменного тока (рис. 4.16, *а*) состоит из обозначения участков цепей фазы и последовательного номера, как например:

участки цепи 1-й фазы – $L1, L11, L12, L13$ и т. д.;

2-й фазы – $L2, L21, L22, L23$ и т. д.;

3-й фазы – $L3, L31, L32, L33$ и т. д.

На электрических схемах силовых цепей постоянного тока участки цепей положительной полярности обозначают нечетными числами, отрицательной – четными (рис. 4.16, *б*). Полярность входных участков обозначают $L+$ и $L-$ или «+» и «–», а средний провод трехпроводных сетей постоянного тока – буквой M .

На схеме допускается обозначать последовательным рядом чисел силовые цепи (рис. 4.17) и несиловые цепи – в пределах изделия (управления, защиты, автоматики, измерения и др.).

Участки нулевого провода однофазных (фаза – нуль) и второй фазы двухфазных (фаза – фаза) несиловых цепей переменного тока допускается обозначать четными числами, участки фазы однофазных и первой фазы двухфазных цепей – нечетными числами.

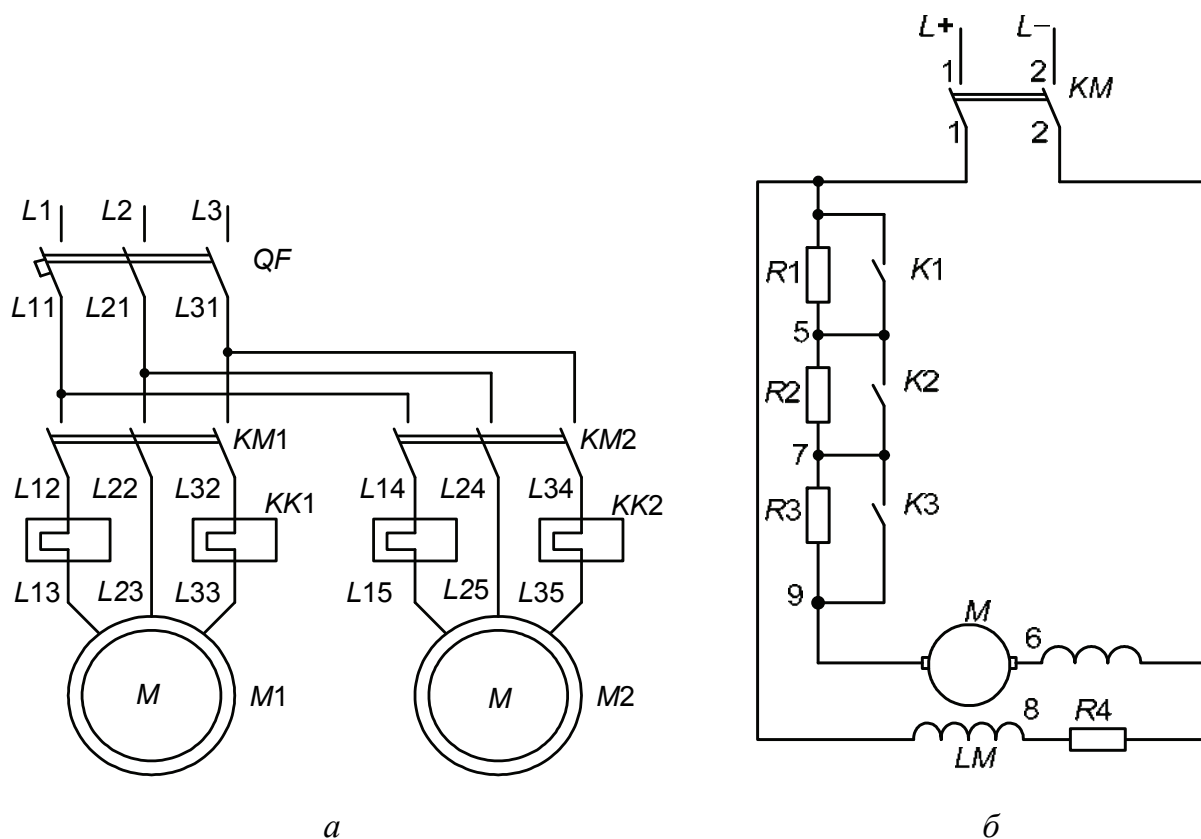


Рис. 4.16. Силовые цепи электроустановок: *а* – переменного тока; *б* – постоянного тока

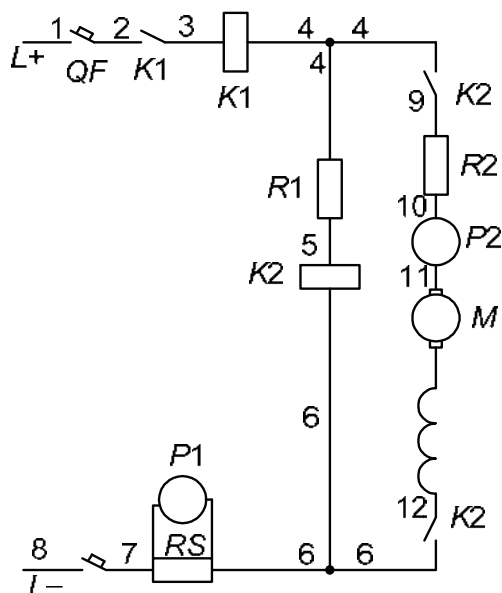


Рис. 4.17. Пример обозначения несиловых цепей

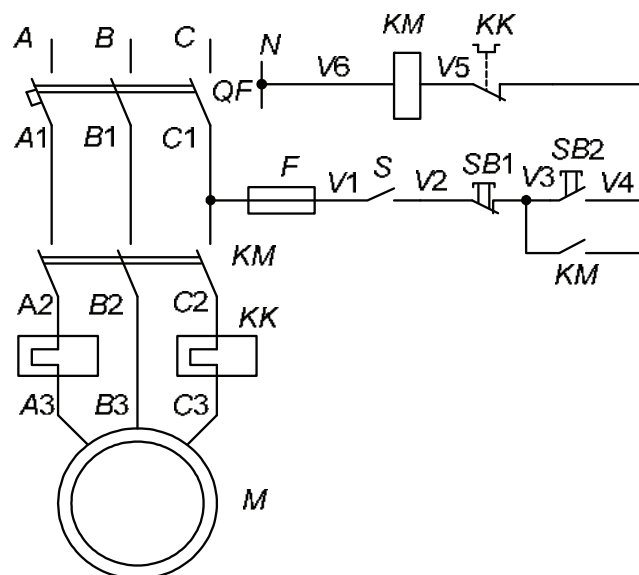


Рис. 4.18. Пример обозначения однофазных цепей

В обозначение цепей можно вводить букву, характеризующую их функциональное назначение. В этом случае последовательность чисел устанавливают в пределах функциональной цепи. В приведенной на рис. 4.18 схеме управления асинхронным двигателем буква *V* показывает, что это цепь управления.

Способ 1 – допускается в обозначение несиловых цепей включать обозначение фаз, как показано на рис. 4.19, где *A411*, *A412* и *A413* – участки вторичной цепи трансформатора тока *TA1a* фазы *A*; *C411* и *C412* – участки вторичной цепи трансформатора тока *TA2c* фазы *C*; *N411* – нулевой провод.

Способ 2 – использование адресов присоединений. У начала участка указывается адрес присоединения его конца, а у конца – адрес присоединения начала. В качестве адресов применяют позиционные обозначения элементов электрической цепи. Адресные обозначения участков цепей между резистором *R1* и конденсатором *C3* и между зажимом *X11* устройства *A4* и зажимом *X16* устройства *A7* показаны на рис. 4.20, *a*, *б*.

Способ 3 – смешанное обозначение участков цепей состоит из адресов участков присоединений и чисел (рис. 4.21).

Познакомимся более подробно с обозначениями на электрических схемах вторичных цепей, отличающихся большим разнообразием и сложностью. Эти обозначения даны в Руководящих материалах 10260тм-Т1 Минэнерго, разработанных производственно-техническим отделом института «Энергосетьпроект».

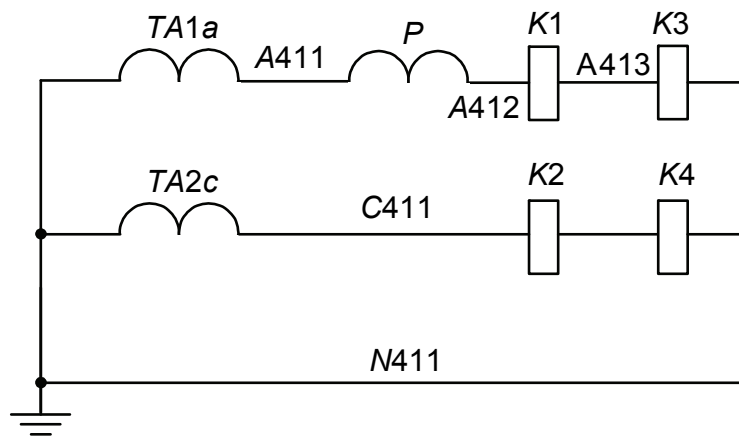


Рис. 4.19. Несиловые цепи электроустановок

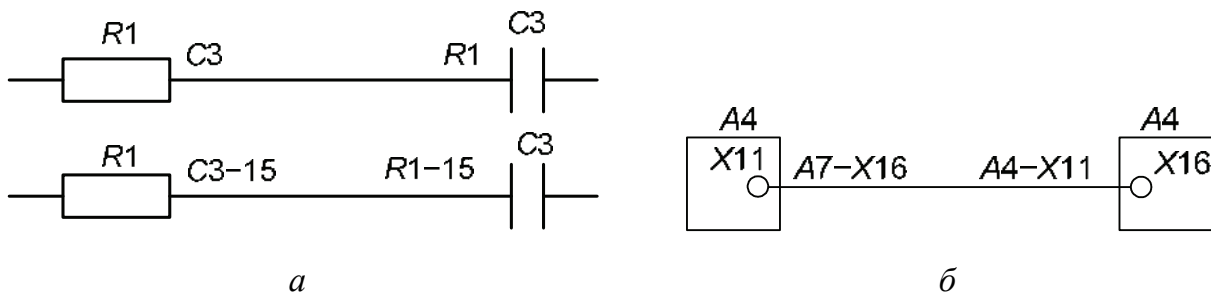


Рис. 4.20. Адресное обозначение участков цепей

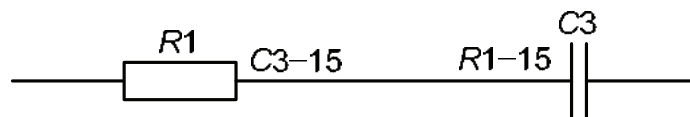


Рис. 4.21. Смешанное обозначение участков цепей

Для обозначения цепей, питающихся через отдельные защитные аппараты (автоматы, предохранители), рекомендуется использовать различные группы чисел. Числа, отведенные для обозначения оперативных цепей, цепей управления и защиты, разделяют на сотни в каждой группе (одна группа чисел от 1 до 99, другая – от 01 до 199 и т. д.). При этом начальный участок цепи, связанный с положительным полюсом источника, обозначают первым числом каждой группы (1, 101, 201 и т. д.), а конечный, связанный с отрицательным полюсом, – вторым числом каждой группы (2, 102, 202 и т. д.). Если перед числом стоит буква, характеризующая функциональное назначение цепи, последовательность чисел устанавливают в пределах этой цепи. Так, цепи телемеханики обозначают буквой *T* (от *T1* до *T99*), а цепи связи – буквой *U* (от *U1* до *U99*).

Для обозначения вторичных цепей измерительных трансформаторов тока можно использовать числа четвертой (400–499) и пятой (500–599) сотен, отводя для каждого трансформатора (или их групп, обозначенных одним номером) десять чисел. При этом второй знак числа означает номер трансформатора тока (или их группы). В качестве примера приведем обозначения вторичных цепей (фазы *A*, *B*, *C* и нулевой провод *N*) трансформаторов тока *TA1* и *TA10*:

A411–A419, B411–B419, C411–C419, N411–N419;
A491–A499, B491–B499, C491–C499, N491–N499;
A501–A509, B501–B509, C501–C509, N501–N509.

Вторичные цепи трансформаторов напряжения обозначают аналогично, используя числа от 600 до 699. В качестве примера приведем обозначения вторичных цепей трансформаторов напряжения *TV1* и *TV2*:

A611–A619, B611–B619, C611–C619, N611–N619;
A621–A629, B621–B629, C621–C629, N621–N629.

Особо обозначают шинки, от которых отходят вторичные цепи разного функционального назначения. Приведем некоторые из них, указав в скобках обозначения, применявшиеся ранее и встречающиеся на схемах вторичных цепей:

- *+EY* (+ШП) и *–EY* (–ШП) – шинки питания включающих электромагнитов масляных выключателей;
- *+EC* (+ШУ) и *–2EC* (–ШУ) – шинки управления;
- *(+)EP* (+)ШМ – шинка «мигания» ламп сигнализации положения выключателей;
- *+EH* (+ШС) и *–EH* (–ШС) – шинки питания цепей сигнализации;
- $\oplus EC$ (\oplus ШУ) – шинка, на которую подается напряжение при проверке целостности ламп («темный» плюс) при питании их от цепей управления;
- $\oplus EH$ (\oplus ШС) – шинка, на которую подается напряжение при проверке целостности ламп («темный» плюс) при питании от цепей сигнализации;
- *ENL* (ШПЛ) – шинка проверки исправности ламп сигнальных табло;
- *ЕНА* (ШЗА) – шинка звуковой сигнализации аварийного отключения;
- *ENP1* (1ШЗП) – шинки звуковой предупреждающей сигнализации, действующей без выдержки времени;
- *ENP2* (2ШЗП) – шинки звуковой предупреждающей сигнализации, действующей с выдержкой времени;
- *END* (ШСМ) – шинка съема «мигания» ламп сигнализации.

Для удобства чтения электрических схем наиболее часто встречающимся цепям и их участкам присваивают характеризующие их обозначения. Вот некоторые из этих обозначений:







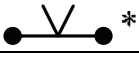
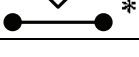

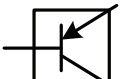

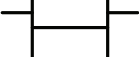
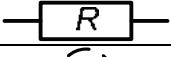



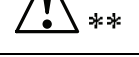
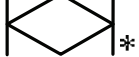
- 3–19, 103–119, 203–219 и т. д. – цепь включения;
- 3, 103, 203 и т. д. – участок, подходящий к включающему элементу, например к катушке контактора включения масляного выключателя;
- 30–49, 130–149, 230–249 и т. д. – цепь отключения;
- 33, 133, 233 и т. д. – участок, подходящий к отключающему элементу, например к отключающему электромагниту выключателя;
- 5, 105, 205 и т. д. – участок цепи, подходящий к элементу контроля цепи включения (лампе или реле);
- 35, 135, 235 и т. д. – участок цепи, подходящий к элементу контроля цепи отключения (лампе или реле);
- 70–79 – цепь ламп сигнализации положения выключателя, контроль целостности цепей управления которого осуществляется реле;
- 90–99, 190–199, 290–299 и т. д. – цепи аварийной звуковой сигнализации;
- 80–89, 180–189, 280–289 и т. д. – цепи катушек реле фиксации команд дистанционного управления;
- 871–874 – цепи электромагнитов включения выключателя.

На реальных электрических схемах используются УГО для измерительных приборов. Для того чтобы узнать его назначение, на шкале каждого из них обязательно наносят общепринятые обозначения. Основные из них показаны в табл. 4.10.

Таблица 4.10

**Условные обозначения на шкалах стрелочных
электроизмерительных приборов**

Обозначение	Наименование	Условное графическое обозначение
<i>B-1</i>	Ток постоянный	—
<i>B-2</i>	Ток переменный однофазный	~
<i>B-3</i>	Ток постоянный и переменный	~ —
<i>C-1</i>	Напряжение испытательное 500 В	☆
<i>C-2</i>	Напряжение испытательное, превышающее 500 В (например 2 кВ)	☆ 2
<i>D-1</i>	Прибор применять при вертикальном положении шкалы	┴

Обозначение	Наименование	Условное графическое обозначение
<i>D-2</i>	Прибор применять при горизонтальном положении шкалы	
<i>F-1</i>	Прибор магнитоэлектрический с подвижной рамкой	
<i>F-3</i>	Прибор магнитоэлектрический с подвижным магнитом	
<i>F-5</i>	Прибор электромагнитный	
<i>F-7</i>	Прибор электродинамический	
<i>F-16</i>	Прибор электростатический	
<i>F-18</i>	Термопреобразователь неизолированный	
<i>F-19</i>	Термопреобразователь изолированный	
<i>F-20</i>	Преобразователь электронный в измерительной цепи	
<i>F-21</i>	Преобразователь электронный во вспомогательной цепи	
<i>F-22</i>	Выпрямитель	
<i>F-23</i>	Шунт	
<i>F-24</i>	Сопротивление добавочное	
<i>F-27</i>	Экран электростатический	
<i>F-28</i>	Экран магнитный	
<i>F-31</i>	Зажим для заземления	
<i>F-33</i>	Ссылка на соответствующий документ	
<i>F-35</i>	Часть вспомогательная общая	

*Цифра в условном графическом обозначении показывает, что в случае встроенных преобразователей обозначения *F-18*, *F-19*, *F-20* и *F-22* сочетаются с обозначением прибора, например с *F-1*. В случае внешних преобразователей обозначения *F-18*, *F-19*, *F-20* и *F-22* сочетаются с обозначениями *F-35*.

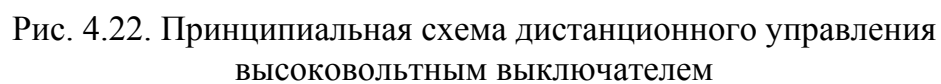
**Цифра в условном графическом обозначении – см. дополнительные указания в паспорте и инструкции по эксплуатации.

Принципиальная схема дистанционного управления высоковольтным выключателем Q (показаны только его вспомогательные контакты $Q:1-Q:5$) с нанесенными позиционными обозначениями всех элементов и обозначениями цепей приведена на рис. 4.22. Поскольку на схеме дана нумерация выводов аппаратов, присвоенная заводами-изготовителями, можно обойтись без указания номеров контактов в позиционных обозначениях (эти контакты однозначно определяются по номерам их выводов). Так, если при чтении схемы сказать «контакты 6–8 реле KQQ фиксации команд или контакты 1–2 реле «команды включения», этого будет достаточно, чтобы найти соответствующие контакты этих реле на схеме и в самих приборах. Однако если аппараты заводскую нумерацию выводов не имеют, следует в позиционном обозначении после двоеточия (:) дать номера контактов, как это сделано для вспомогательных контактов 1–5 выключателя Q .

Двух- и трехбуквенные позиционные обозначения определяют как элементы, так и их функциональное назначение, например: KH – соответствуют указательному реле; KM – контактору; KQT – реле положения выключателя «Отключено»; YAT – отключающему электромагниту; HLG – сигнальной лампе с зеленой линзой. При обозначении всех элементов только одной буквой (например, всех реле и контактора буквой K) с цифрами соответственно от 1 до 7 придется дополнять схему указанием названий или назначений этих элементов.

Следует отметить, что нанесенные на рассматриваемую схему обозначения участков цепей позволяют определить их функциональное назначение. Так, числа 3, 33, 91 и 871 соответственно указывают участки цепей контактора KM включающего электромагнита, отключающего электромагнита YAT , аварийной звуковой сигнализации и включающего электромагнита YAC . Таким образом, позиционные обозначения и обозначения цепей позволяют определить все элементы и цепи.

Примеры схемных решений. Как уже говорилось выше, в схемах постоянного тока входные и выходные участки обозначают с указанием полярности: плюс ($+L$), минус ($-L$), как показано на рис. 4.23, *а*, или просто знаками «+» и «–» (рис. 4.23, *в*). Средний проводник обозначают буквой M (рис. 4.23, *а*). Участки положительной полярности нумеруют нечетными числами, отрицательной полярности – четными числами. Если в процессе работы схемы участок изменяет полярность, то участки, не имеющие явно выраженной полярности (проводник, соединяющий две последовательно соединенные катушки, резисторы и т. п.), обозначаются четными или нечетными числами.



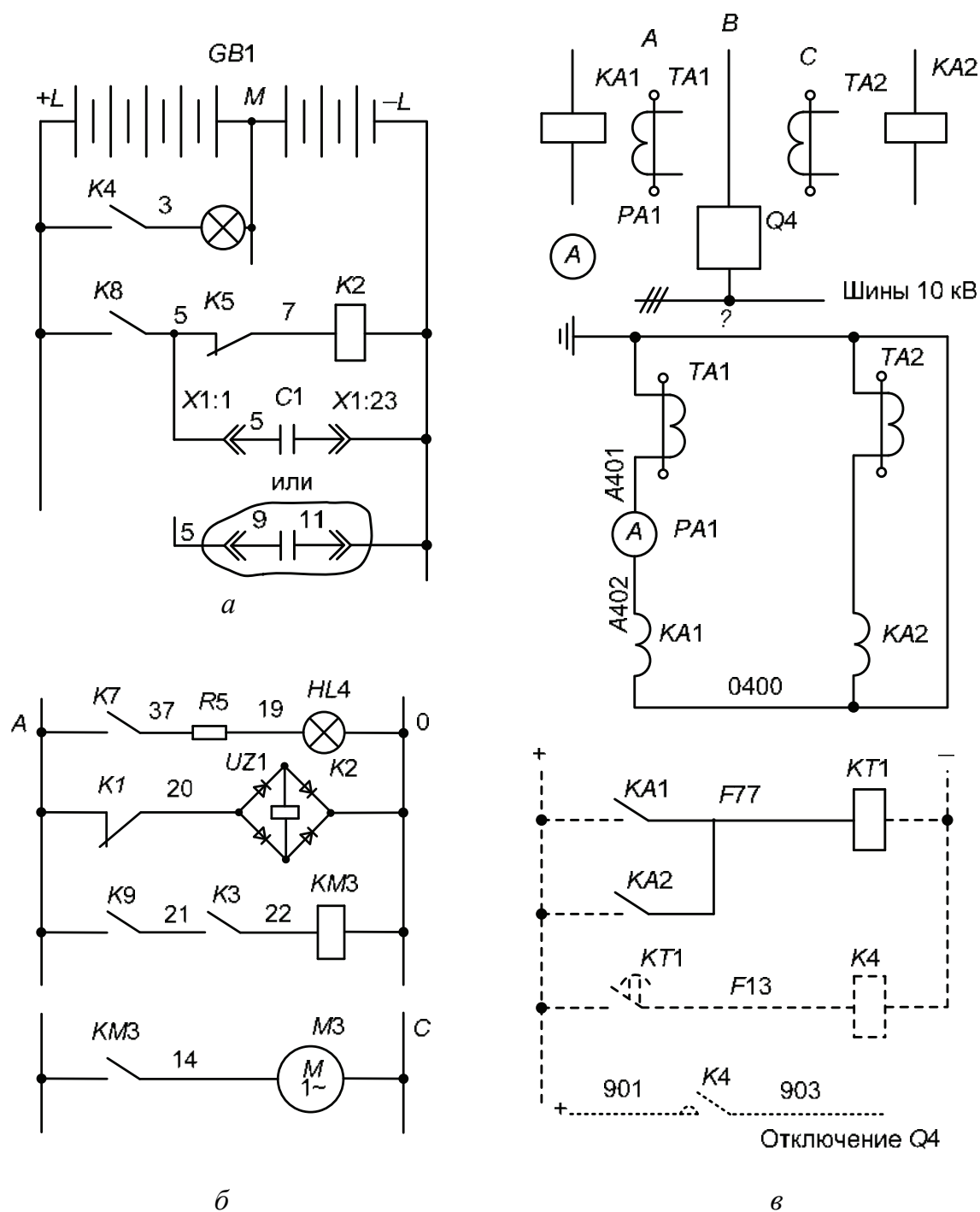


Рис. 4.23. Обозначения участков цепей

На схемах однофазного переменного тока (фаза – нейтраль, фаза – фаза) участки цепей обозначают аналогично цепям постоянного тока с добавлением индекса фазы *A*, *B*, *C* или *0* (*N*). Индекс фазы или нейтрали пишут перед цифрой. Четные (нечетные) числа могут присваиваться любым участкам цепи любой фазы или нейтрали (нулю).

На схемах трехфазного переменного тока участки цепей обозначают без деления на четные и нечетные с добавлением буквы перед цифрой.

На рис. 4.23, в дан пример схемы трансформатора тока $TA1$ фазы A , вторичная обмотка которого питает амперметр $PA1$ и токовое реле KA . Трансформатор тока $TA2$ фазы C питает токовое реле $KA2$. Участки, относящиеся к фазе A , имеют обозначения $A401$ и $A402$, к фазе C – $C401$. Обозначение нуля – 0400 .

Если индекс фазы не нужен, как, например, в цепях управления и сигнализации, то его перед цифровой частью обозначения не указывают.

Рассмотрим участки схемных решений. Так на рис. 4.23, а дан фрагмент схемы, элементам которой присвоены позиционные обозначения: $GB1$ – аккумуляторная батарея с выведенной средней точкой M , реле $K2, K4, K5, K8$, конденсатор $C1$, разъем $X1$.

Попробуем ответить на следующие вопросы:

Вопросы

1. Что обозначают цифры 3, 5, 7, 9 и 11?
2. Какие марки (обозначения участков цепей) должны быть написаны вблизи выводов катушки реле $K2$?
3. В каких случаях одна и та же марка повторяется в схеме несколько раз?
4. Как расшифровать надписи $X1:1$ и $X1:23$? Являются ли они обозначениями (марками) участков цепей, а если не являются, то каковы марки этих участков?
5. На рис. 4.23, а присоединение конденсатора $C1$ показано в двух вариантах: в одном варианте к нему подходят проводники 5 и $-L$, в другом – 5, 9, 11, $-L$. Какой из них верен?

Ответы

1. Эти цифры – обозначения (марки) участков цепей.
2. Должны быть написаны марки 7 и $-L$.
3. Одна и та же марка повторяется у однопотенциальных выводов элементов. В нашем случае: а) у левых (по схеме) выводов реле $K4$ и $K8$ – марка $+L$; б) у выводов контактов реле $K8$ и $K5$ и контакта № 1 разъема $X1$ – марка 5.
4. Надписи $X1:1$ и $X1:23$ расшифровываются следующим образом: $X1$ – позиционное обозначение разъема, двоеточие – классифицирующий символ, заменяющий слово «контакт»; 1 и 23 – порядковые номера контактов разъема. Значит, надпись $X1:1$ надо читать так: «Первый контакт разъема $X1$ ». Надпись $X1:23$ читают так: «Двадцать третий контакт разъема $X1$ ». Марки участков 5 и L – соответственно.
5. Верны оба варианта. В первом варианте проводники, присоединенные к штыревой и гнездовой частям контакта № 1 разъема $X1$ обозначены одинаково (марки 5), так как рассматривается положение, когда разъем собран и, следовательно, штырь и гнездо однопотенциальны. Во втором варианте предполагается, что разъем разобран. Следовательно, потенциалы штыря и гнезда различны, поэтому проводникам присвоены разные марки.

Рассмотрим еще пример схемного решения. На рис. 4.23, б показана часть схемы однофазного переменного тока. В нее входят: реле $K1-K3$, $K7$, $K9$, пускатель магнитный $KM3$, сигнальная лампа $HL4$ с добавочным резистором $R5$, выпрямитель $UZ1$, электродвигатель $M3$.

Попробуем дать ответы на следующие вопросы.

Вопросы

1. Что обозначают марки A , B , C , 0 ?
2. Что можно сказать на основании схемы о номинальных напряжениях лампы $HL4$, катушки магнитного пускателя $KM3$ и электродвигателя?
3. Какое из общих правил, сформулированных выше, подтверждает рис. 4.23, б?
4. Схемы какого тока – однофазного или трехфазного показаны на рис. 4.23, б?

Ответы

1. A , B , C – обозначения фаз, 0 – нейтраль (нуль).
2. Электродвигатель получает питание от двух фаз B и C , а катушка $KM3$ – от фазы A и нуля. Следовательно, номинальное напряжение двигателя в 1,73 раза выше напряжения катушки. Лампа $HL4$ включена через добавочный резистор $R5$. Значит, ее номинальное напряжение ниже номинального напряжения катушки.
3. Из схемы следует, что участки цепи, разделенные контактами, резистором, лампой, катушкой, электродвигателем, т. е. участки, которые могут быть разнотенциальными, имеют разные обозначения (марки).
4. Показаны схемы однофазного тока, хотя одна из них получает питание от двух фаз.

Проанализируем фрагмент схемы рис. 4.23, в. Попробуем ответить на следующие вопросы.

Вопросы

1. Какую марку можно было бы написать вместо вопросительного знака и почему она там не написана?
2. Как работает данная схема?

Ответы

1. Можно было бы написать 0400. Но эта надпись не нужна, так как марка на схеме уже один раз написана.
2. При перегрузке и коротком замыкании срабатывает токовое реле $KA1$, или $KA2$, или оба реле и включается реле времени. Через его контакт включался промежуточное реле $K4$ и подает питание на отключающий электромагнит масляного выключателя $Q4$.

Проанализируем принятые условные обозначения участков цепей управления электродвигателями, предлагаемые рис. 4.24, а. Здесь показана схема управления электродвигателем $M1$, который защищен автоматическим выключателем $QF1$ и двумя электротепловыми реле $KK1$ и $KK2$.

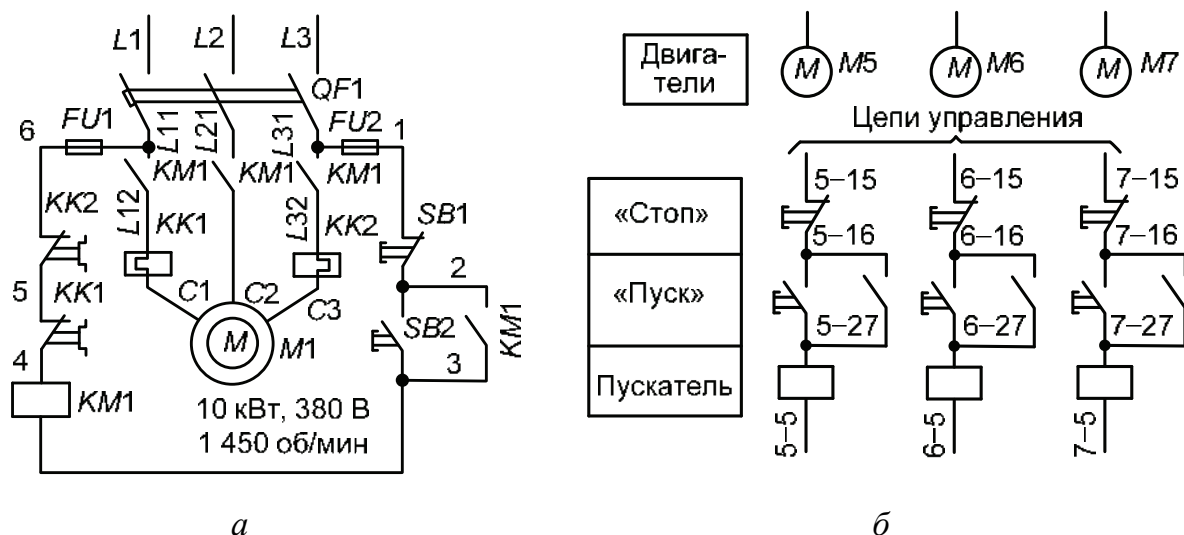


Рис. 4.24. Схема управления электродвигателем

Двигатель управляется кнопочными выключателями *SB1* («Стоп») и *SB2* («Пуск») через магнитный пускатель *KM1*. Цепь катушки *KM1* защищена предохранителями *FU1* и *FU2*.

Следует ответить на некоторые вопросы.

Вопросы

1. Какие из общих положений иллюстрируют обозначения участников:

а) силовой цепи;

б) цепи управления катушкой *KM1*?

2. Верно ли, что позиционное обозначение *KM1* написано не один раз, а у каждого контакта в силовой цепи?

3. На рис. 4.24, а рядом с изображением электродвигателя приведена его техническая характеристика: 10 кВт, 380 В, 1450 об/мин. Допустимо ли писать ее не в перечне элементов, а на поле схемы?

Ответы

1а. В обозначениях каждой фазы силовой цепи числа возрастают в направлении от ввода питания к электроприемнику (1, 11, 12 – первая фаза; 2, 21 – вторая; 3, 31, 32 – третья). Перед цифрами имеется буквенная приставка *L* (линия).

1б. В цепи однофазного тока (цепь катушки однофазная, хотя она получает питание от двух фаз) участки могут обозначаться как четными, так и нечетными числами. Индекс фазы перед ними опущен, так как в данном случае, он не нужен.

2. Верно, так как между изображением контактов нет линии механической связи.

3. Допустимо и в несложных схемах, так обычно и поступают.

На рис. 4.24, б изображены три электродвигателя *M5–M7*, т. е., три функциональные группы. В схеме управления электродвигателем *M5* участки цепей обозначены: 5–15, 5–16, 5–27 и 5–5.

Проанализируем возможные вопросы и ответы на них:

Вопросы

1. На каком основании употреблен термин «функциональная группа»?

2. Как следует обозначить аналогичные участки цепей управления электродвигателями *M6* и *M7*?

Ответы

1. Каждый электродвигатель является приводным для механизма, выполняющего определенную функцию. Следовательно, совокупность элементов, участвующих в управлении механизмом, а также сам электродвигатель могут быть названы функциональной группой.

2. Участки цепей управления электродвигателями *M6* и *M7* следует соответственно обозначить: 6–15, 6–16, 6–27, 6–5 и 7–15, 7–16, 7–27, 7–5.

4.3. Обозначения отдельных элементов

В требованиях к седьмому изданию ПУЭ указано, что в электроустановках должны легко распознаваться части, относящиеся к отдельным элементам за счет простоты и наглядности схем, надлежащего расположения электрооборудования, надписей, маркировки, расцветки.

Цветовая маркировка цепей за рубежом. Проводники, принадлежащие разным фазам, всегда маркируют отдельным цветом. Это делается для удобства обслуживания, монтажа и ремонта электротехнического оборудования. В разных странах маркировка цепей имеет свой стандарт (табл. 4.11).

Таблица 4.11

Цветовая маркировка цепей в зарубежных странах

Регион	Проводник				
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	Нейтраль	Земля
США (120/208 В)	Черный	Красный	Голубой	Белый или серый	Зеленый
США (277/480 В)	Оранжевый	Коричневый	Желтый		

Регион	Проводник				
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	Нейтраль	Земля
Канада	Красный	Черный	Голубой	Белый	Зеленый
Канада (изолированные трехфазные установки)	Оранжевый	Коричневый	Желтый	Белый	
Великобритания (с апреля 2006 г.)	Красный (коричневый)	Желтый (ранее белый) (черный)	Голубой (серый)	Черный (голубой)	Зелено-желтый
Европа (с апреля 2004 г.)	Коричневый	Черный	Серый	Голубой	
Европа (до апреля 2004 г., в зависимости от страны)	Коричневый или черный	Черный или коричневый	Черный или коричневый		
Европа Обозначение шин	Желтый	Зеленый	Красный	—	—
Австралия и Новая Зеландия	Красный	Желтый	Голубой	Черный	Зелено-желтый (на старых установках зеленый)
Южная Африка					Зеленый
Малайзия					Зеленый
Индия					Зеленый

Таким образом, зная цветовую маркировку цепей, можно без труда читать электрические схемы, изготавливаемые в зарубежных странах.

Цветовое обозначение шин. Буквенно-цифровое и цветовое обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми. Общепринятое цветовое обозначение шин приведено в табл. 4.12.

Условное цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шин, если оно предусмотрено также для более интенсивного охлаждения или для антикоррозийной защиты.

Разрешается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, а только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым только в местах присоединения шин.

Цветовое обозначение шин

Шина	Цвет шин		
	Переменный трехфазный ток	Переменный однофазный ток	Постоянный ток
Фазы <i>A</i>	Желтый	Желтый (шина, присоединенная к началу обмотки источника питания)	—
Фазы <i>B</i>	Зеленый	Красный (шина, присоединенная к концу обмотки)	—
Фазы <i>C</i>	Красный	—	—
Нулевая рабочая <i>N</i>	Голубой	—	—
Нулевая рабочая <i>N</i> , используемая в качестве нулевой защитной	Желтый и зеленый (продольные полосы)	—	—
Положительная [+]	—	—	Красный
Отрицательная [–]	—	—	Синий
Нулевая рабочая <i>M</i>	—	—	Голубой
Резервная (как резервируемая основная шина)	Если резервная шина может заменять любую из основных шин, то она обозначается поперечными полосами цвета основных шин		
Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы	Обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока		

Если к неизолированным шинам нет доступа для осмотра в период, когда они находятся под напряжением, то допускается их не обозначать. При этом не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки.

Обозначение электропроводки. Согласно ПУЭ-7 (Министерство энергетики РФ, 2002 г.) электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам (табл. 4.13).

Таблица 4.13

Цветовое обозначение электропроводки по ПУЭ-7

Число цветов	Цвет	Наименование проводника
Одноцветный	Голубой	Нулевой рабочий или средний проводник электрической сети
Двухцветный	Зеленый и желтый (комбинация)	Защитный или нулевой защитный проводник
Двухцветный с голубыми метками	Зеленый и желтый (комбинация) по всей длине с голубыми метками на концах линии, которые наносятся при монтаже	Совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник
Одноцветный	Черный, коричневый, красный, фиолетовый, серый, розовый, белый, оранжевый, бирюзовый	Фазовый проводник

Цветовое обозначение цепей по их функциональному назначению. Цветовая идентификация проводников по функциональному назначению цепей, согласно ГОСТ 12.2.007.0, приведена в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Цветовое обозначение цепей по функциональному назначению

Цвет	Функциональное назначение цепей
Черный	Проводники силовых цепей
Красный	Проводники в цепях управления, измерения и сигнализации переменного тока
Синий	Проводники в цепях управления, измерения и сигнализации постоянного тока
Зеленый и желтый (комбинация)	Нулевые защитные проводники
Голубой	Проводники, соединенные с нулевым рабочим проводником и не предназначенные для заземления

Идентификация проводов. Согласно требованиям ГОСТ МЭК (Международная энергетическая комиссия) 60204-1-2002 «Электрооборудование машин и механизмов», если провода идентифицируют по

цветовой маркировке, то допустимы следующие цвета: черный, коричневый, красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой (включая светло-голубой), фиолетовый, серый, белый, розовый, бирюзовый.

С целью безопасности цвета зеленый и желтый не должны использоваться, если их можно спутать с двухцветным сочетанием «зеленый и желтый». Защитный провод при монтаже и эксплуатации должен быть легко распознаваем благодаря своей форме, расположению, маркировке или цвету. При обозначении цветом это должно быть двухцветное сочетание «зеленый и желтый». Его наносят по всей длине провода. Такое сочетание предназначено только для защитного провода.

При обозначении изолированных проводов двухцветным сочетанием «зеленый и желтый» оно должно быть таким, чтобы на длине 15 мм один из цветов покрывал не менее 30 %, но не более 70 % поверхности провода, а другой цвет – оставшуюся часть.

В тех же случаях, когда защитный провод легко различим благодаря своей форме, конструкции, расположению (например, провод с оплеткой) или когда изолированный провод труднодоступен, цветовое кодирование по всей длине не обязательно, однако концы или его доступные части нужно четко маркировать графическим символом 417-МЭК-5019 или двухцветным сочетанием «зеленый и желтый».

Если же цепь включает нулевой провод, обозначаемый цветом, то он должен быть голубым (МЭК 60446, 3.1.2). Если же возможно разночтение, то другие провода нельзя обозначать голубым цветом.

При отсутствии нулевого провода голубой провод может быть использован и для других целей, но только не в качестве защитного провода.

При обозначении цветом нулевые неизолированные провода следует маркировать светло-голубой полосой шириной от 15 до 100 мм. При этом цвет дублируют на каждой оболочке, оборудования или в каждом доступном месте, или же окрашивают провод в голубой цвет по всей длине.

Идентификация других проводов должна осуществляться с помощью цвета (или целиком, или одной, или несколькими полосами), цифр, букв, а также путем их сочетания. Цифры должны быть арабскими, буквы – латинскими (прописными или строчными).

Если применяются изолированные однополярные жесткие провода, то они должны иметь следующее цветовое обозначение:

- черный – силовые цепи переменного и постоянного тока;
- красный – цепи управления переменного тока;
- голубой – цепи управления постоянного тока;

- оранжевый – цепи управления блокировкой с питанием от внешнего источника энергии.

Исключения из перечисленных правил допустимы:

- когда для внутренних кабелей с независимыми приборами, приобретаются отдельно с полным комплектом кабелей;
- когда изоляционный материал невозможно окрасить в нужные цвета;
- когда используется многопроводный кабель, за исключением двухцветного сочетания «зеленый и желтый».

Обозначения зажимов. Для обозначения зажимов электрических элементов используют условный цвет, соответствующие графические или буквенно-цифровые символы (табл. 4.15).

Зажимы электрических устройств, предназначенные для прямого или непрямого соединения с питающими проводами трехфазной системы, предпочтительно обозначать буквами *U*, *V*, *W*, если необходимо соблюдение последовательности фаз (согласно ГОСТ 2.709–89 (СТ СЭВ 3754–82, СТ СЭВ 6308–88)).

В приборах зажим, соединенный с корпусом, обозначают буквами *ММ*, зажим эквипотенциальный – *СС*. Этими обозначениями пользуются только в том случае, когда соединение данного зажима с защитным проводом или землей не видно. Обозначения проводов специального вида приведены в табл. 4.16.

Таблица 4.15

Обозначения зажимов электрических устройств

Присоединительный зажим электрического устройства	Обозначение	
	буквенное	графическое
Для переменного тока:		—
1-я фаза	<i>U</i>	—
2-я фаза	<i>V</i>	—
3-я фаза	<i>W</i>	—
нейтральный провод	<i>N</i>	—
защитный провод	<i>PE</i>	По ГОСТ 2.721
заземляющий провод	<i>E</i>	То же
провод бесшумового заземления	<i>TE</i>	То же
провод соединения с корпусом	<i>ММ</i>	То же
провод эквипотенциальный	<i>СС</i>	То же

Обозначения проводов специального вида

Наименование	Обозначение	
	буквенно-цифровое	графическое
Система питания переменного тока:		
фазный провод	<i>L</i>	Отсутствует
1-я фаза	<i>L1</i>	То же
2-я фаза	<i>L2</i>	То же
3-я фаза	<i>L3</i>	—
нейтральный провод	<i>N</i>	—
Система питания постоянного тока:		
положительный полюс	<i>L+</i>	+
отрицательный полюс	<i>L−</i>	—
средний провод	<i>M</i>	—
Защитный провод с заземлением	<i>PE</i>	По ГОСТ 2.721
Защитный провод незаземленный	<i>PU</i>	То же
Соединенный защитный и средний провод	<i>PEN</i>	То же
Заземляющий провод	<i>E</i>	То же
Провод бесшумового заземления	<i>TE</i>	То же
Провод соединения с корпусом	<i>MM</i>	То же
Провод эквипотенциальный	<i>CC</i>	То же



Рис. 4.25. Буквенно-цифровое обозначение в схемах

Пример буквенно-цифровых обозначений проводов и зажимов трехфазной системы приведен на рис. 4.25.

Обозначения выводов. На электрических схемах выводы элементов обозначают тремя способами, в зависимости от конструкции изделия и его размеров. Первый способ: если позволяют размеры изделия и есть место для нанесения обозначений, их проставляют предприятия-изготовители. Второй способ: если же места для нанесения обозначений нет, то выводы обозначений не имеют. Но в этих случаях договариваются об определенной системе счета, однозначно определяющей место вывода в изделии.

А. Выводы элементов обозначены предприятием-изготовителем. Рассмотрим несколько типичных примеров, приведенных на рис. 4.26:

а) электродвигатель переменного тока с короткозамкнутым ротором. Выводы одной фазы – С1–С4, другой – С2–С5, третьей – С3–С6;

б) силовой трансформатор двухобмоточный. Фазы высшего напряжения *А, В, С* (прописные буквы), низшего напряжения *а, в, с* (строчные буквы). Нейтраль (нулевая, средняя точка) 0 или *N*;

в) универсальный переключатель, например серии УП5300. Выводы перенумерованы. Контакт одной секции – 1–2, другой – 3–4, третьей – 5–6 и т. п.;

г) пакетный трехполюсный выключатель. Первая фаза – Л1 (линия 1) и С1 (сеть 1), вторая – Л2 и С2, третья – Л3 и С3.

д) промежуточное реле, например серии ПЭ21 (рис. 4.27, а). Выводы перенумерованы. Рядом с эскизом показано изображение на схеме контактов и катушки; выводы обозначены точками. Такая условность принята в ряде ведущих проектно-конструкторских организаций. Выводы комплектных устройств (чтобы отличить от выводов аппаратов), обозначают кружками (а не точками), как показано на рисунке;

е) счетчик однофазного тока Wh. Буквы Г (генератор) и Н (нагрузка) указывают, что счетчик должен присоединяться к сети строго определенным образом. Трансформатор тока ТА1: выводы первичной обмотки – Л1 и Л2 (линия), вторичной – И1 и И2 (измерение). Однофазный трансформатор напряжения TV1: выводы первичной обмотки – А (начало) и Х (конец), вторичной – а и х соответственно.

Б. Выводы элементов не обозначены, но предприятия-изготовители устанавливают строгую систему их счета. На рис. 4.26:

ж) полупроводниковый диод. На его корпус предприятием-изготовителем нанесен знак, указывающий направление проводимости. В соответствии с этим знаком выводы можно обозначить цифрами, например 1 (вход) и 2 (выход);

з) электронный и ионный прибор (например, лампа). Предприятие-изготовитель дает схему цоклевки, из которой совершенно ясны назначения выводов (анод, катод, сетка и т. п.).

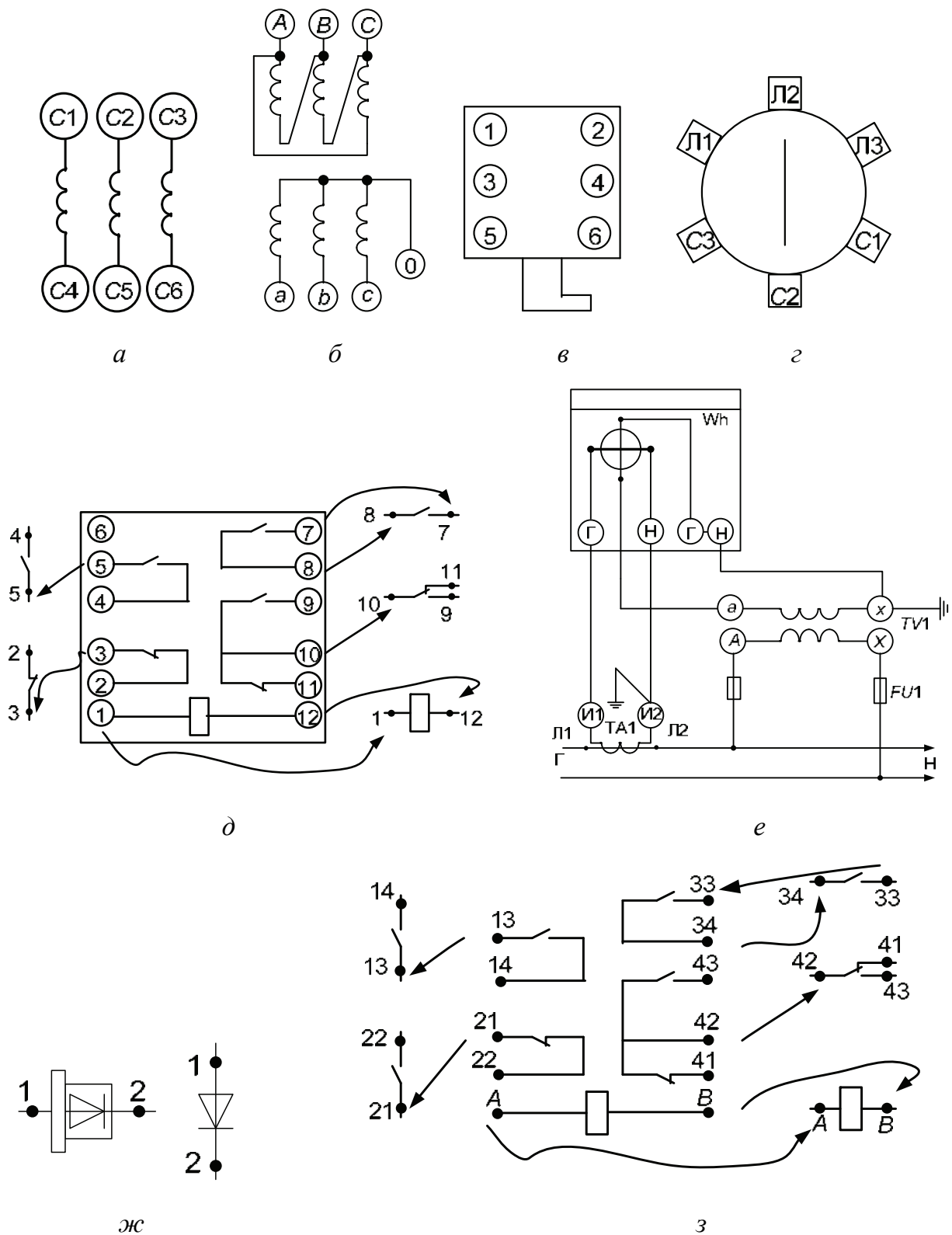


Рис. 4.26. Обозначения выводов элементов

В. Выводы элементов не обозначены. Систему их счета определяют отраслевые нормативные документы. На рис. 4.26, з показано такое же реле, как на рис. 4.26, д, но провода к его выводам присоединяют пайкой. В таком случае приходится договариваться об определенной системе счета. В нашем примере реле имеет два замыкающих контакта 13–14 и 33–34, размыкающий контакт 21–22 и переключающий 41–42–43. Выводы катушки обозначены буквами *A* и *B*.

Обратившись к рис. 4.26, з, легко обнаружить определенную закономерность нумерации выводов. Так каждый вывод имеет двузначный номер, в котором левая цифра – порядковый номер контакта (1–4), а правая определяет вид контакта: 1 и 2 – размыкающий, 3, 4 – замыкающий, 1, 2, 3 – переключающий. Общая пружина переключающего контакта обозначена цифрой 2. Обратите внимание: счет ведут в определенном порядке, а именно: верхний контакт в левом ряду обозначен цифрой 1, под ним расположен контакт 2, верхний контакт в правом ряду – 3, под ним расположен контакт 4.

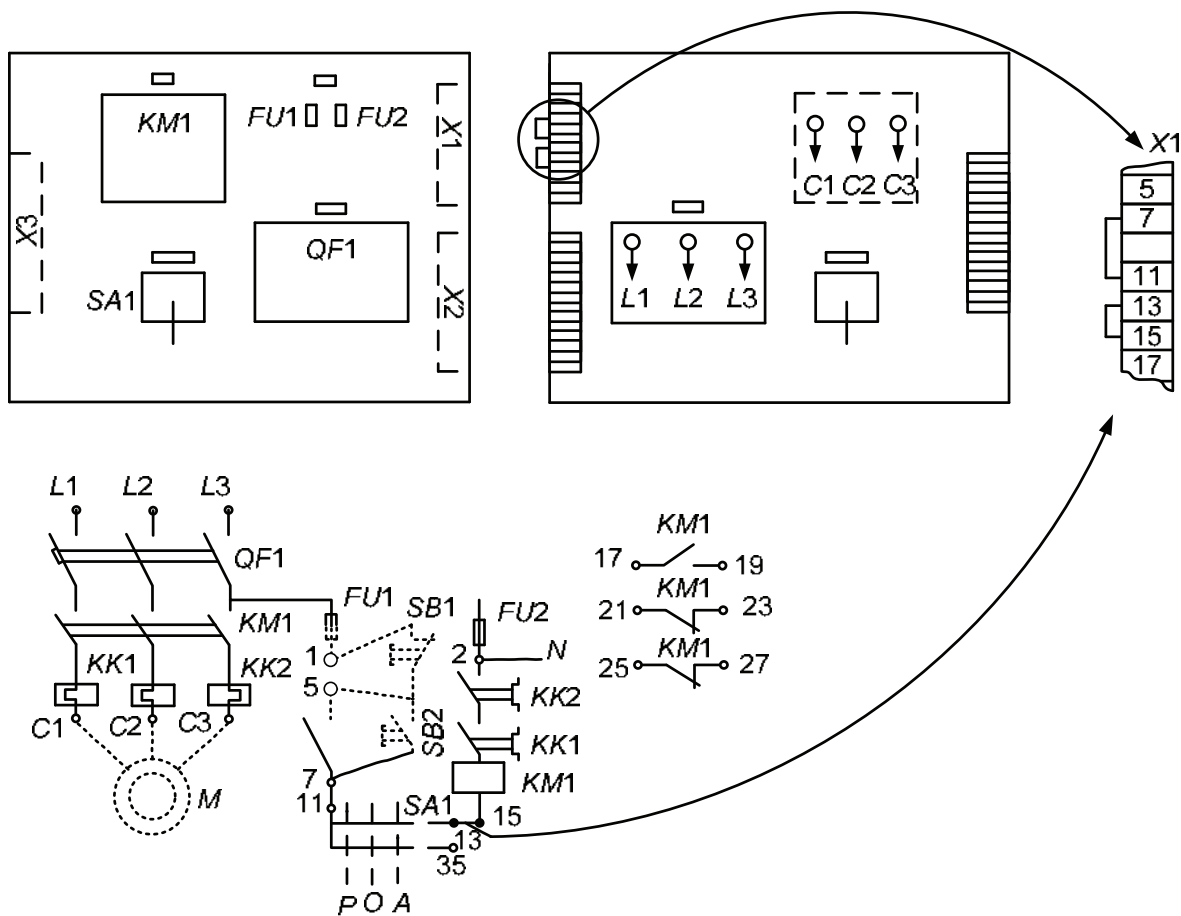


Рис. 4.27. Обозначение выводов комплектных устройств

Важно строго определить, какую сторону считать левой, а какую – правой, т. е. с какой стороны смотреть на реле: с лицевой или с монтажной. У реле переднего присоединения лицевая и монтажная стороны совпадают; у реле заднего присоединения они различны.

Обозначение выводов комплектных устройств. На рис. 4.27 дан пример блока управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором. Блок смонтирован на плите из изолирующего материала, на которой находятся: магнитный пускатель *KM1*, автоматический выключатель *QF1*, предохранители цепей управления *FU1* и *FU2*, электротепловые реле *KK1* и *KK2*, переключатель выбора режима управления *SA1* (ремонтное Р, автоматическое А) и ряды зажимов *X1–X3* для присоединения внешних проводов. В нашем примере к выводам *L1–L3* присоединяют питающие провода, к выводам *C1–C3* – электродвигатель.

Следует заметить, что выводы комплектных устройств (в нашем примере *L1–L3*, *C1–C3*, 1, 2, 5, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 35) обозначены кружками, а не жирными точками. Эта условность дает возможность легко отличить выводы элементов, обозначаемых жирными точками (рис. 4.26, *д–ж*), от выводов комплектных устройств (кружки).

4.4. Обозначения на схемах вычислительной техники

Рассмотренные выше позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп наиболее распространены на схемах электроустановок. Но кроме них на сложных схемах, например на схемах вычислительной техники, схемах, построенных на логических элементах, аналогичных устройствах, на схемах управления, автоматики, телемеханики, защиты и т. п. применяют буквенные коды функционального назначения элементов (табл. 4.17) и более сложные, составные буквенно-цифровые обозначения.

Таблица 4.17

Буквенные коды для указания функционального назначения элементов

Буквенный код	Функция элемента (устройства)
<i>A</i>	Вспомогательный
<i>B</i>	Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)
<i>C</i>	Считывающий
<i>D</i>	Дифференцирующий
<i>F</i>	Защитный

Буквенный код	Функция элемента (устройства)
<i>G</i>	Испытательный
<i>H</i>	Сигнальный
<i>J</i>	Интегрирующий
<i>K</i>	Толкающий
<i>M</i>	Главный
<i>N</i>	Измерительный
<i>P</i>	Пропорциональный
<i>Q</i>	Состояние (старт, стоп, ограничение)
<i>R</i>	Возврат, сброс
<i>S</i>	Запоминание, запись
<i>T</i>	Синхронизация, задержка
<i>V</i>	Скорость (ускорение, торможение)
<i>W</i>	Сложение
<i>X</i>	Умножение
<i>Y</i>	Аналоговый
<i>Z</i>	Цифровой

Типы условных обозначений. В зависимости от назначения и характера передаваемой информации стандарт устанавливает типы условных обозначений, которые приведены в табл. 4.18.

Составное обозначение может состоять из двух и более (но не более шести) условных обозначений различного типа; оно передает совокупность сведений, содержащихся в условных обозначениях, входящих в его состав. Перед каждым условным обозначением, входящим в составное, написан классифицирующий символ, т. е. специальный знак, указывающий тип условного обозначения (табл. 4.18).

Таблица 4.18

Классифицирующие символы

Тип условного обозначения	Классифицирующий символ	Наименование применяемого знака
Обозначение высшего уровня	=	Равно
Обозначение функциональной группы	≠	Не равно
Обозначение конструктивного расположения	+	Плюс
Позиционное обозначение элемента	—	Минус
Обозначение электрического контакта	:	Двоеточие
Адресное обозначение	()	Круглые скобки

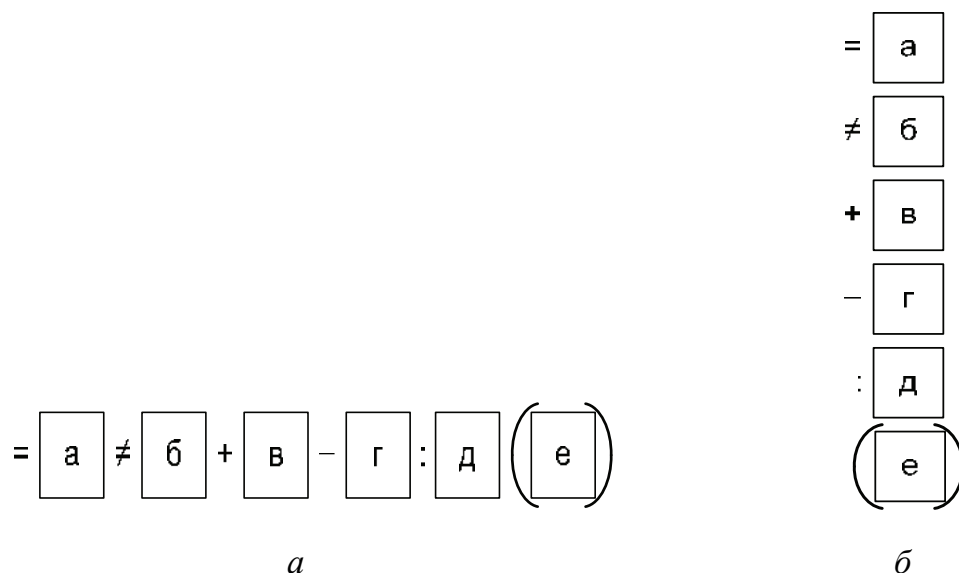


Рис. 4.28. Структура полного составного обозначения

Структура наиболее полного составного обозначения, т. е. обозначения, содержащего все шесть типов обозначений, показана на рис. 4.28, *а*, где буквы *а–е* соответствуют типам условных обозначений в табл. 4. 18.

Составные обозначения записывают либо в строку (рис. 4.28, *а*), либо в столбец (рис. 4.28, *б*).

Примеры обозначений разных типов. Функциональные группы: Ф – фильтр; УПЧ – усилитель промежуточной частоты; ТJK – триггер; ≠27. Обратите внимание: при обозначении функциональной группы только цифрами перед ними обязательно ставят классифицирующий символ ≠.

Конструктивные обозначения указывают место устройства на схеме, например:

+ C24 (ряд C, колонка 24). Это обозначение + C24 состоит из буквы и цифры, следовательно, точка между ними может быть опущена;

+ 5.17 (ряд 5, колонка 17). Цифры 5 и 17 имеют самостоятельные смысловые значения, поэтому они разделены точкой;

+204 – место № 204.

+ В.2 – зона В, вторая часть.

+ 2.05.4В12 – стойка 2, рама 0.5, панель 4, плата В12.

Приведем примеры адресных обозначений:

– R(E) – резистор R изображен в ряду E;

– C4(06) – конденсатор C4 изображен в колонке 06;

– A2(B12) – устройство A2 изображено в зоне В12;

– D61(3.E8) – микросхема D61 изображена на третьем листе в зоне E8.

Обратите внимание: «адрес» указан в круглых скобках.

Составное обозначение (пример) = ЯУ5 ≠ Т18 + 20 – К4 : (14.6 + + 15 : 2) указывает на то, что контакт 12 (классифицирующий символ «двоеточие») реле К4 (классифицирующий символ «минус»), расположенного на месте № 20 (классифицирующий символ «плюс») в функциональной группе Т8 (классифицирующий символ «не равно», входящий, в свою очередь, в устройство ЯУ5 (классифицирующий символ «равно»), соединен с контактом 2 (классифицирующий символ «двоеточие»), который расположен на месте № 15 и изображен на шестом листе принципиальной схемы 14.

В рассмотренном выше примере в качестве обозначения высшего уровня использован тип устройства, а именно ЯУ5. В некоторых случаях классифицирующие символы опускают, если его отсутствие не изменяет смысла обозначения. Например, вместо ≠А3 – R5 пишут А3 – R5, что надо читать так: «Резистор R5 входит в устройство А3».

Как следует из приведенных выше примеров, правильно применить и прочесть буквенно-цифровые обозначения довольно сложно. Поэтому разработчик схемы обязан дать четкие указания о системе примененных обозначений, иначе не исключены серьезные ошибки.

5. ТЕХНИКА ЧТЕНИЯ СХЕМ

5.1. Что нужно знать, чтобы читать схемы

Специалистам-электрикам приходится постоянно работать со схемами, т. е. их читать. А прочитать схему – это значит почерпнуть из нее сведения, необходимые для выполнения определенной работы. Так, например, если нужно рассчитать ток КЗ, то чтение схемы сводится к выборке из нее данных для расчета. В других случаях прочитать схему необходимо, чтобы: понять принцип действия электроустановки; выяснить назначение того или иного ее элемента; определить, что с чем следует соединить; обнаружить ложную цепь и найти способ ее устранения; проверить, верно ли задан режим работы и т. п. Словом, разнообразных задач, которые решаются в результате чтения схем, много. Соответственно разнообразны и приемы, с помощью которых читают схемы.

К чтению схем нужно подготовиться, т. е. накопить необходимый минимум знаний, точно так же, как перед чтением текста нужно изучить алфавит, правила словообразования и словосочетания.

Что же такое схема? Слово «схема» употребляют в нескольких значениях.

Схема – это конструкторский документ (своеобразный чертеж), в котором составные части изделия – его элементы и связи между ними изображены условно, без соблюдения масштаба. Так, например, элементами электрической схемы являются резисторы, лампы, трансформаторы, двигатели и другие электротехнические изделия. А связями между ними служат проводники.

Схемой называют также предмет или набор предметов, например интегральная схема и т. п.

Когда говорят «схема работает», «схема неисправна», «элемент схемы перегревается», то ясно, что речь идет не о чертеже, а о самой электроустановке. Действительно, перегреваться может резистор (элемент схемы), но не его изображение. Таким образом, электроустановка и ее схема далеко не одно и то же, точно так же как не одно и то же машина и ее чертеж.

5.1.1. Электрические принципиальные схемы

Основным назначением принципиальных электрических схем является отражение с достаточной полнотой и наглядностью взаимной связи отдельных приборов, средств автоматизации и вспомогательной

аппаратуры, входящих в состав функциональных узлов систем автоматизации, с учетом последовательности их работы и принципа действия. Принципиальные электрические схемы служат для изучения принципа действия системы автоматизации, они необходимы при производстве пуско-наладочных работ в эксплуатации электрооборудования.

При разработке систем автоматизации технологических процессов обычно выполняют принципиальные электрические схемы самостоятельных элементов, установок или участков автоматизируемой системы, например схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т. п.

Принципиальные электрические схемы составляют на основании схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизируемому объекту.

На принципиальных электрических схемах в условном виде изображают приборы, аппараты, линии связи между отдельными элементами, блоками и модулями этих устройств.

В общем случае принципиальные схемы содержат:

- 1) условные изображения принципа действия того или иного функционального узла системы автоматизации;
- 2) поясняющие надписи;
- 3) части отдельных элементов (приборов, электрических аппаратов) данной схемы, используемые в других схемах, а также элементы устройств из других схем;
- 4) диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
- 5) перечень используемых в данной схеме приборов, аппаратуры;
- 6) перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие пояснения и примечания.

Для чтения принципиальных схем необходимо знать алгоритм функционирования схемы, понимать принцип действия приборов, аппаратов, на базе которых построена принципиальная схема.

Как прочитать электрическую принципиальную схему? Прежде чем ответить на этот вопрос, напомним, что принципиальная электрическая схема – первый рабочий документ, на основании которого:

- 1) выполняют чертежи для изготовления изделий (общие виды и монтажные схемы и таблицы щитов, пультов и т. п.) и соединений их с приборами, исполнительными механизмами и между собой;

- 2) проверяют правильность выполненных соединений;
- 3) задают уставки аппаратам защиты, средствам контроля и регулирования процесса;
- 4) настраивают путевые и конечные выключатели;
- 5) анализируют схему как в процессе проектирования, так и при наладке и эксплуатации при отклонении от заданного режима работы установки, преждевременном выходе из строя какого-либо элемента и т. п.

Таким образом, в зависимости от выполняемой работы чтение принципиальной схемы преследует разные цели. Кроме того, если чтение монтажных схем сводится к тому, чтобы определить, что, где и как нужно установить, проложить и соединить, то чтение принципиальной схемы гораздо сложнее. Во многих случаях оно требует глубоких знаний, владения методикой чтения и умения анализировать полученные сведения. И наконец, ошибка, допущенная в принципиальной схеме, неизбежно будет повторяться во всех последующих документах. В итоге вновь придется возвращаться к чтению принципиальной схемы, чтобы выявить, какая в ней допущена ошибка или что в конкретном случае не соответствует правильной принципиальной схеме (например, многоконтактное программное реле присоединено правильно, но установленная при настройке длительность или очередность переключения контактов не соответствует заданию).

Перечисленные задачи довольно сложны, поэтому необходимо пояснить, в чем их суть, и перечислить основные технические приемы их решения.

1. Чтение принципиальной схемы всегда начинают с общего ознакомления с нею и перечнем элементов, находят на схеме каждый из них, читают все примечания и пояснения.

2. Определяют систему электропитания электродвигателей, обмоток магнитных пускателей, реле, электромагнитов, комплектных приборов, регуляторов и т. п. Для этого находят на схеме все источники питания, выявляют по каждому из них род тока, номинальное напряжение, фазировку в цепях переменного тока и полярность в цепях постоянного тока и сопоставляют полученные данные с номинальными данными используемой аппаратуры.

Выявляют по схеме общие коммутационные аппараты, а также аппараты защиты: автоматы, предохранители, реле максимального тока и минимального напряжения и т. п. Определяют по надписям на схеме, таблицам или примечаниям уставки аппаратов и, наконец, оценивают зону защиты каждого из них.

Ознакомление с системой электропитания может понадобиться: для выявления причин нарушения питания; определения очередности, в которой следует на схему подавать питание (это не всегда безразлично); проверки правильности фазировки и полярности (неправильная фазировка может, например, в схемах резервирования привести к короткому замыканию, изменению направления вращения электродвигателей, пробое конденсаторов, нарушению разделения цепей с помощью диодов, отказу поляризованных реле и т. п.); оценки последствий перегорания каждого предохранителя.

3. Изучают все возможные цепи каждого электроприемника: электродвигателя, обмотки магнитного пускателя, реле, прибора и т. п. Но электроприемников в схеме много, и далеко не безразлично, с какого из них начинать чтение схемы, — это определяется поставленной задачей. Если нужно определить по схеме условия ее работы (или проверить, соответствуют ли они заданным), то начинают с основного электроприемника, например с электродвигателя задвижки. Последующие электроприемники выявятся сами собой. Например, для пуска электродвигателя нужно включить магнитный пускатель. Следовательно, следующим электроприемником должна быть обмотка магнитного пускателя. Если в ее цепь входит контакт промежуточного реле, надо рассматривать цепь его обмотки и т. п. Но может быть и другая задача: какой-то элемент схемы отказал. Если, например не горит определенная сигнальная лампа, тогда первым электроприемником будет именно она.

Очень важно подчеркнуть, что если не придерживаться при чтении схемы определенной целенаправленности, то можно затратить много времени, ничего не решив.

Итак, изучая выбранный электроприемник, надо проследить все возможные его цепи от полюса к полюсу (от фазы к фазе, от фазы к нулю в зависимости от системы питания), и при этом выявить все контакты, диоды, резисторы и т. п., входящие в цепь.

Особо подчеркнем, что нельзя рассматривать несколько цепей сразу. Нужно сначала изучить, например, цепь включения обмотки магнитного пускателя «Вперед» при местном управлении, установив, в каком положении должны быть элементы, входящие в эту цепь (переключатель режимов в положении «Местное управление», магнитный пускатель «Назад» отключен), что нужно сделать, чтобы включить обмотку магнитного пускателя (нажать выключатель кнопочный «Вперед»), и т. п. Затем следует мысленно отключить магнитный пускатель. Рассмотрев цепь местного управления, мысленно переводят переключатель режимов в положение «Автоматическое управление» и изучают следующую цепь.

Ознакомление с каждой цепью электрической схемы имеет целью:

а) определить условия действия, которым удовлетворяет схема;
б) выявить ошибки. Например, в цепи могут быть соединенные последовательно контакты, которые никогда одновременно не должны быть замкнуты;

в) определить возможные причины отказа. В неисправную цепь, например, входят контакты трех аппаратов. Рассматривая каждый из них, легко обнаружить неисправный. Такие задачи возникают при наладке и устранении неполадок в процессе эксплуатации;

г) установить элементы, в которых могут быть нарушены временные зависимости либо в результате неправильной регулировки, либо из-за неправильной оценки проектировщиком реальных условий эксплуатации.

Типичными недостатками являются слишком короткие импульсы (управляемый механизм не успевает завершить начатый цикл), слишком длинные импульсы (управляемый механизм, завершив цикл, начинает его повторять), нарушение необходимой очередности переключения (например, вентили и насос включаются не в той очередности или между операциями не соблюдаются достаточные интервалы);

д) выявить аппараты, которым могут быть заданы неправильные уставки (типичный пример – неправильная уставка токового реле в схеме управления задвижкой);

е) выявить аппараты, коммутационная способность которых недостаточна для коммутируемых цепей, или номинальное напряжение ниже необходимого, или рабочие токи цепей больше номинальных токов аппарата и т. п.

Типичные примеры:

контакты электроконтактного термометра непосредственно введены в цепь магнитного пускателя, что совершенно недопустимо;

в цепи напряжения 220 В применен диод на обратное напряжение 250 В, что не достаточно, так как он может оказаться под напряжением 310 В (К2-220 В);

номинальный ток диода 0,3 А, но он включен в цепь, через которую проходит ток 0,4 А, что вызовет недопустимый перегрев;

сигнальная коммутаторная лампа 24 В, 0,1 А включена на напряжение 220 В через добавочный резистор типа ПЭ-10 сопротивлением 220 Ом. Лампа будет светить нормально, но резистор сгорит, так как выделяемая в нем мощность примерно вдвое выше номинальной;

ж) выявить аппараты, подверженные действию коммутационных перенапряжений, и оценить меры защиты от них (например, гасящие контуры);

з) выявить приборы, на работу которых могут оказывать недопустимое влияние смежные цепи, и оценить средства защиты от таких влияний;

и) выявить возможные ложные цепи как в нормальных режимах, так и во время переходных процессов, например перезаряд конденсаторов, поступление в чувствительный электроприемник энергии, освободившейся при отключении индуктивности, и т. п.

Ложные цепи иногда образуются не только при непредвиденном соединении, но и при незамыкании контакта, перегорании одного предохранителя, в то время как остальные остались исправными. Например, промежуточное реле датчика технологического контроля включено через одну цепь питания, а его размыкающий контакт – через другую. При перегорании предохранителя промежуточное реле отпустит замкнутые контакты, что будет воспринято схемой как нарушение режима. В данном случае нельзя разделить цепи питания либо нужно иначе составлять схему и т. п.

Ложные цепи могут образоваться при несоблюдении очередности подачи питающих напряжений, что говорит о низком качестве проектирования. В правильно составленных схемах очередность подачи питающих напряжений, а также восстановление их после нарушений не должны приводить к каким-либо оперативным переключениям;

к) оценить последствия нарушения изоляции поочередно в каждой точке схемы. Например, если кнопки присоединены к нулевому рабочему проводнику, а обмотка пускателя – к фазному (необходимо включать наоборот), то при подключении кнопочного выключателя «Стоп» к проводнику заземления пускатель невозможно будет отключить. Если замкнется на землю провод после кнопочного выключателя «Пуск», произойдет самовключение пускателя;

л) оценить назначение каждого контакта, диода, резистора, конденсатора, для чего исходят из предположения, что рассматриваемый элемент или контакт отсутствует, и оценивают, к каким это приведет последствиям.

4. Устанавливают поведение схемы при частичном отключении питания, а также при его восстановлении. Этот важный вопрос, к сожалению, часто недооценивают, поэтому одной из основных задач чтения схемы является проверка: сможет ли устройство прийти из любого промежуточного состояния в рабочее и не произойдут ли при этом непредвиденные оперативные переключения. Именно поэтому стандарт предписывает изображать схемы в предположении, что питание отключено, а аппараты и их части (например, якоря реле) не подвержены принуди-

тельными воздействиям. Исходя из этого предположения и нужно анализировать схемы.

Большую помощь при анализе схем оказывают временные диаграммы взаимодействия, отражающие динамику работы схемы, а не только какое-то установившееся ее состояние.

Изучая стандартные условия обозначения, виды и типы схем, надписи на схемах и таблицах переключений, нормативные и руководящие документы и различные распространенные приемы получения заданных результатов (гл. 4), вы, естественно, думали над тем, что изображено на рассматриваемых схемах, оценивали их свойства, выявляли ошибки и искали способы их устранения. Проще говоря, читали и анализировали схемы. В результате накопился достаточный теоретический материал и практический опыт, чтобы систематизировать и развить полученные сведения. А для этого нужно определить алгоритм действий:

- а) ознакомиться с назначением схемного решения;
- б) что нужно знать, кроме условных обозначений, чтобы читать схемы;
- в) что нужно знать на память и чего запоминать не следует;
- г) какие задачи решают, анализируя схемы;
- д) какими критериями руководствуются при анализе схем;
- е) какими приемами пользуются при чтении и анализе схем.

Итак, попробуем вместе разобраться в этих вопросах.

Что значит прочесть схему? Прочитать схему – это значит почерпнуть из нее сведения, необходимые для выполнения определенной работы. К примеру, читая расчетную схему, получают данные для составления схемы замещения. Читая схему замещения, узнают значения величин, которые нужно подставить в формулы для вычисления конечного результата расчета.

Пример 5.1. Рассмотрим реальный пример. Так, для определения тока КЗ в точке K составлена расчетная схема (рис. 5.1, a). Она показывает соединение генератора G , реактора, трансформатора и воздушной линии (ВЛ), т. е. тех элементов, параметры которых принимают в расчет при вычислении тока КЗ.

Приступим к чтению схемы.

Шаг 1. Определяем, какими именно сопротивлениями (активными, индуктивными, емкостными) нужно заменить элементы расчетной схемы. В данном случае генератор, реактор, трансформатор и ВЛ можно заменить индуктивными сопротивлениями.

Шаг 2. Решаем, как нужно соединить замещающие сопротивления. В нашем примере их нужно соединить последовательно.

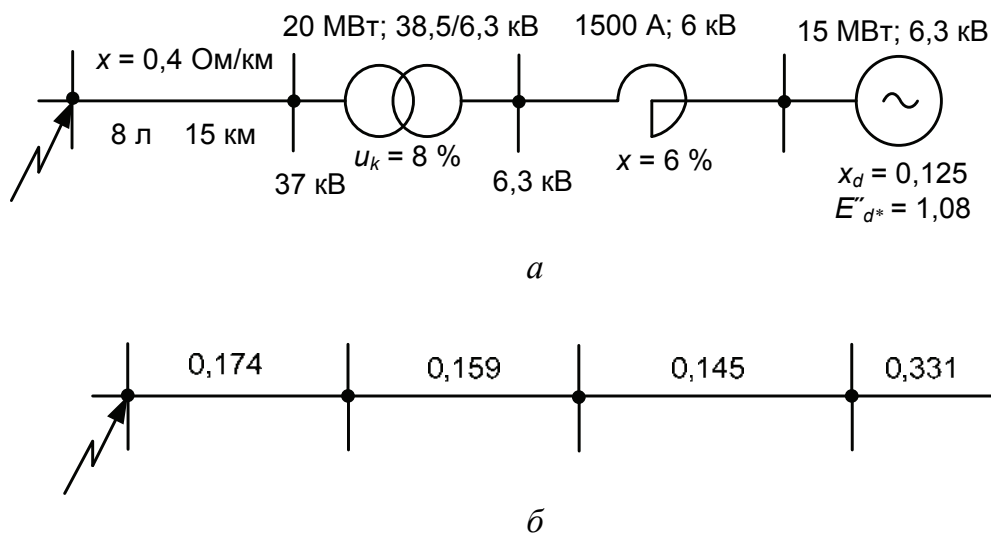


Рис. 5.1. Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

Шаг 3. Далее выбираем данные из расчетной схемы для вычисления значений замещающих сопротивлений.

Шаг 4. Приступаем к выполнению заданной работы, т. е. рисуем после расчета схему замещения и таким образом, получаем рис. 5.1, б.

После этого читаем схему замещения, которая изображена на рис. 5.1, б.

Вначале выбираем значения величин, которые надо подставить в соответствующую формулу и вычислить ток КЗ в обозначенных точках для выбора электрических аппаратов.

Пример 5.2. Приступим к чтению структурной схемы установки автоматического управления освещением (рис. 5.2).

Вначале определяем, что обозначает и для чего предназначен каждый элемент схемы. Ввиду того что все элементы изображены прямоугольниками, ответы на эти вопросы можно получить только из надписей, руководствуясь номерами элементов. Надписи обычно сводят в таблицу; здесь она не приведена.

Затем определяем, с какого элемента надо начинать рассмотрение взаимодействия. Для этого нужно решить, каково назначение рассматриваемой установки. Ответ на этот вопрос дают наименование установки и таблица (при наличии последней). Из наименования понятно назначение: автоматически управлять освещением. Из таблицы следует, что освещать надо объект 8. Значит, с него и нужно начинать.

Итак, выполняем заданную работу. Сначала определяем систему взаимодействия элементов, руководствуясь стрелками на линиях, соединяющих прямоугольники а–з.

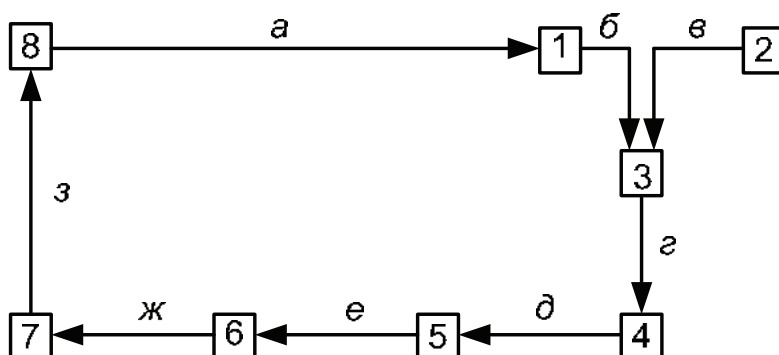


Рис. 5.2. Структурная схема установки автоматического управления освещением

Освещенность объекта 8 фиксирует фоторезистор 1 (стрелка «а») и в виде электрического сигнала поступает в устройство 3 (стрелка «б»). В него же поступает сигнал из задающего устройства 2 (стрелка «в»). В результате взаимодействия сигналов от 1 и 2 в устройстве сравнения 3 возникает сигнал, который через усилитель 4 поступает в катушку выходного реле 5 (стрелки «г» и «д»). Реле управляет контактором 6 (стрелка «е»), который включает и отключает осветитель 7 (стрелка «ж»). Таким образом, структурная схема позволила проанализировать функциональное действие каждого элемента схемы и определить его назначение.

Пример 5.3. Далее рассмотрим более сложную схему. На рис. 5.3 представлена схема подстанции в таком виде, как она изображена на щите диспетчера (чтобы не загромождать схему, на ней не показаны разъединители). Диспетчер должен прочитать схему, чтобы установить последовательность переключений, которые необходимо выполнить, чтобы вывести в ремонт линию № 1 и трансформатор Т2, не перегрузив Т1 более чем на 15 %.

Шаг 1. Вначале определяем, какие аппараты изображены на схеме и как они соединены. Схема выполнена в стандартных условных обозначениях, поэтому, не прибегая к перечню элементов, можно легко определить, что $Q1-Q5$ – выключатели высокого напряжения, Т1 и Т2 – трансформаторы, $QF1-QF6$ – автоматические выключатели, $QS1$ – разъединитель. Шины 10 и 0,4 кВ секционированы.

Шаг 2. В первую очередь выясняем положение (включены, отключены) аппаратов в нормальном режиме. Глядя на схему, это определить нельзя, так как все аппараты, согласно стандарту, изображены отключенными.

Поэтому приходится обратиться к пояснению к рис. 5.3, из которого следует, что секционные выключатель $Q5$ и разъединитель $QS1$ отключены, а выключатели $Q1$ – $Q4$ и автоматические выключатели $QF1$ – $QF6$ включены.

Шаг 3. Выясняем нормальную схему питания электроприемников. Она следует из результатов, полученных на шаге 2: линия № 1 через трансформатор $T1$ питает электроприемники 1-й секции шин 0,4 кВ; линия № 2 через трансформатор $T2$ питает электроприемники 2-й секции шин.

Шаг 4. Теперь определяем, в каком положении должны быть аппараты, чтобы выполнить заданные условия, т. е. питать электроприемники от линии № 1 через трансформатор $T1$. Для этого, приняв линию № 2 за источник питания, нужно аналитически наметить путь от нее через трансформатор $T1$ до обеих секций шин 0,4 кВ и заметить, какие аппараты встречаются на этом пути. Все аппараты $Q2$, $Q5$, $Q3$, $QF1$ и $QS1$ должны быть включены.

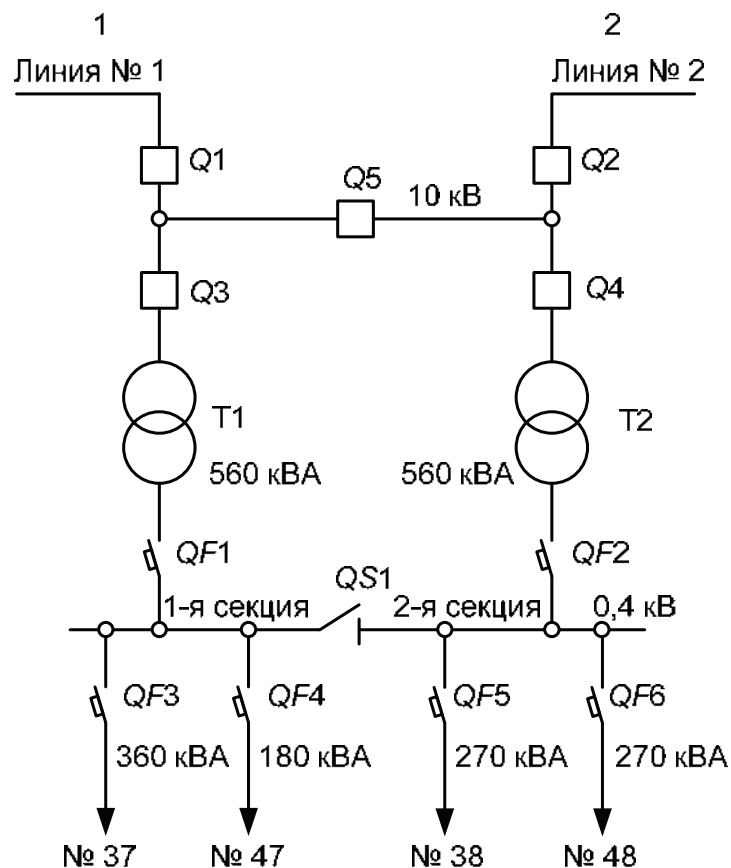


Рис. 5.3. Схема подстанции:

- 1 – линия № 1 (в нормальном режиме отключены $Q5$ и $QS1$);
- 2 – линия № 2 (фидеры 37 и 38 не отключать)

Шаг 5. Проверяем, не превысит ли нагрузка на трансформатор заданных 15 %. Для этого, определив по надписи на схеме мощность трансформатора (560 кВ·А), увеличиваем ее на 15 % ($560 \cdot 1,15 = 644$ кВ·А). Затем по надписям на схеме узнаем нагрузку шин ($180 + 180 + 270 + 270 = 900$ кВ·А). Сравнивая найденные значения, видим, что условие не выполняется, 900 кВ·А значительно больше 644 кВ·А. Значит, часть электроприемников должна быть отключена.

Шаг 6. Теперь определяем, какие электроприемники могут быть оставлены в работе, чтобы нагрузка трансформатора не превышала 644 кВ·А. Для этого складываем в разных сочетаниях нагрузки фидеров № 37, 38, 47 и 48 и, сравнивая результаты сложений с 644 кВ·А, выбираем наиболее к ней близкие. Подсчет показывает одинаковые результаты (630 кВ·А) в двух вариантах: либо включены фидеры № 37, 38 и 48, либо фидеры № 37, 38 и 47.

Шаг 7. Выбираем из двух вариантов один. Для этого прежде надо обратиться к примечанию 1 и попытаться найти ответ на поставленный вопрос. Ответ содержится в примечании, где сказано: линии № 37 и 38 не отключать. Итак, включенными должны остаться автоматические выключатели *QF3* и *QF5*; выключатели *QF4* и *QF6* будут отключены.

Шаг 8. Определяем, в каком положении должны быть аппараты, чтобы вывести в ремонт трансформатор Т2. Должны быть отключены *Q4* и *QF2* и, конечно, соответствующие разъединители, не показанные на схеме.

Шаг 9. Определяем, в каком положении должны быть аппараты, чтобы вывести в ремонт линию № 1. Для этого должны быть отключены *Q1*, выключатель на другом конце линии и, конечно, соответствующие разъединители.

Шаг 10. И в заключение выполняем заданную работу, т. е. определяем последовательность выполнения переключений:

а) исходное положение: включены *Q1–Q4*, *QF1–QF6*, отключены *Q5* и *QS1*;

б) в результате переключений будут включены *Q2*, *Q5*, *Q3*, *QF1*, *QS1*, *QF3*, *QF5*;

в) очередность переключений будет следующей:

1) включаем *QS1*;

2) включаем *Q5*, убедившись предварительно в соблюдении условий, допускающих параллельную работу линий № 1 и 2;

3) отключаем *QF4*;

4) отключаем *QF6*;

5) отключаем *Q4*;

- 6) отключаем $QF2$;
- 7) отключаем $Q1$;
- 8) отключаем разъединители и т. д.

5.1.2. Схема управления разъединителем с электрическим приводом

На схеме 5.4, *а* показан разъединитель $QS1$, привод которого имеет двигатель. Кинематическая схема привода изображена на рис. 5.4, *б*.

Как правило, в обычных условиях применяется схема управления, показанная на рис. 5.4, *в*, действующая следующим образом. Для включения (отключения) нажимают кнопочный выключатель $SB1$. Промежуточный контактор $KM1$ срабатывает (цепь 1–4), самоблокируется (цепь 5–4) и включает двигатель $M1$ (цепь 7–6 на рис. 5.4, *в*). Когда привод повернет диск 4 (рис. 5.4, *б*) на 180° (цикл закончен), рычаг 8 надавит на шпильку 5, и она с помощью звездочки 3 разомкнет контакт конечного выключателя $SQ1$ и отключит контактор $KM1$ (рис. 5.4, *в*) – двигатель остановится.

Рассматриваемый разъединитель и контактор $KM1$ по условию задания находятся в очень сыром помещении, где велика вероятность ухудшения изоляции. Исходя из сказанного, можем предположить, что если изоляция будет повреждена в точках, указанных на рис. 5.4, *в*, то может произойти весьма опасное самопроизвольное включение привода. Поэтому в данных условиях обычная схема не годится – должна быть применена другая схема (рис. 5.4, *е*).

Главная особенность схемы (рис. 5.4, *е*) заключается в том, что в сырое помещение напряжение подается только на время управления разъединителем, а в остальное время оно отключено благодаря тому, что реле $K1$ не включено и, следовательно, его контакты разомкнуты. Для включения привода кнопочным выключателем $SB1$ включают реле $K1$ (цепь 3–2), через контакты которого подается питание. После этого контактор $KM1$ (цепь 3–4) срабатывает и включает двигатель (цепь 7–6). Контактор самоблокируется по цепи 5–4 и будет включен до размыкания конечного выключателя $SQ1$.

Кнопочный выключатель $SB1$ нажимают и тут же отпускают, но реле $K1$ продолжает получать питание по цепи 1–2 через контакт реле $K2$, катушка которого последовательно включена в цепь двигателя. (Пусковой ток двигателя велик и потому катушка реле $K2$ состоит из небольшого количества витков толстой проволоки). Когда привод заканчивает работу и $SQ1$ отключает $KM1$, двигатель отключается. Реле $K2$ лишается питания и отключает реле $K1$ – напряжение в сырое помещение больше не подается.

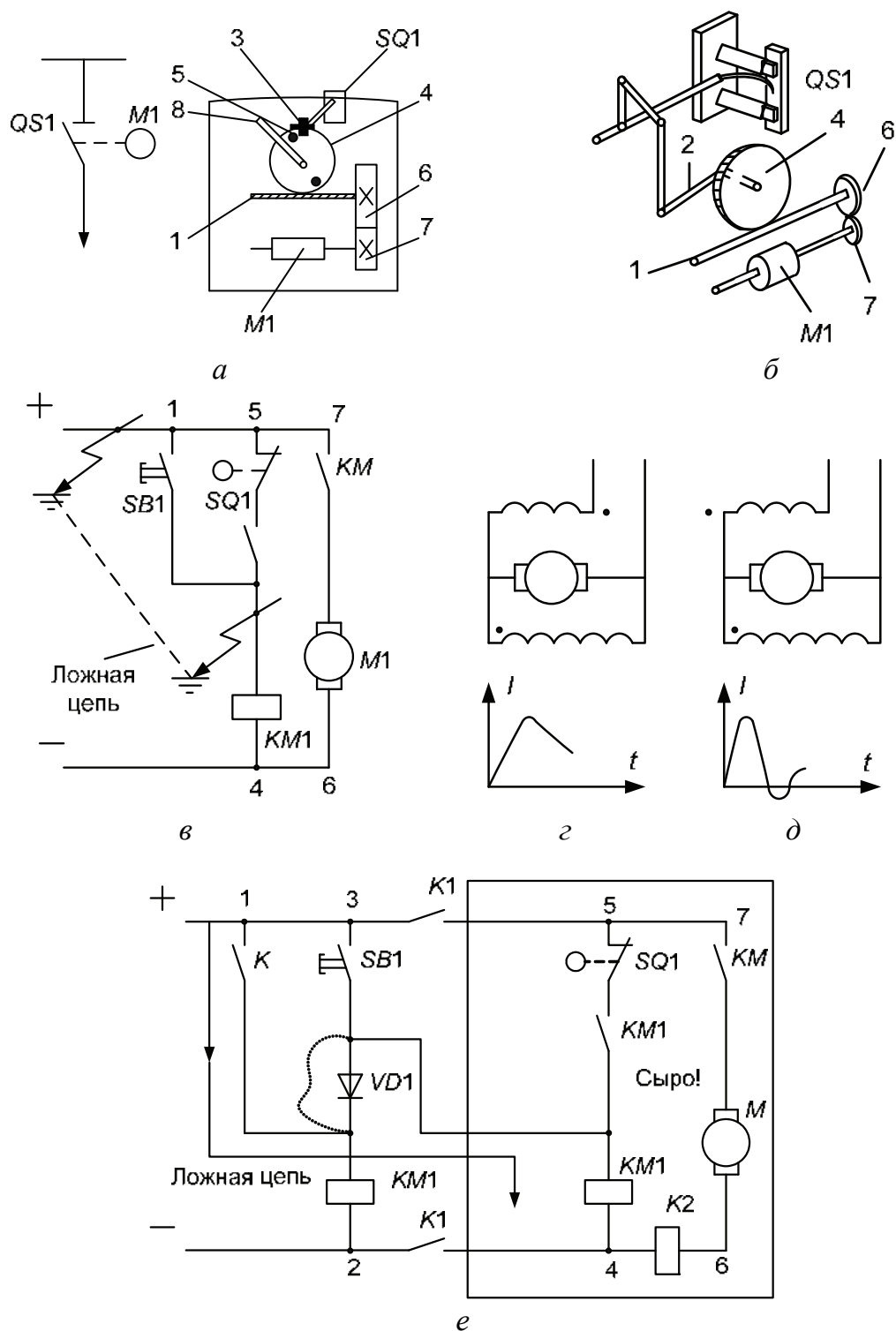


Рис. 5.4. Схема управления разъединителем с двигательным приводом: а – схема главной цепи; б – кинематическая схема привода; в – обычная схема управления; г – схема двигателя со смешанным возбуждением, у которого обмотки последовательного и параллельного возбуждения действуют согласованно; д – то же, но обмотки действуют навстречу; е – схема для сырого помещения: 1 – червячный вал; 2 – тяга; 3 – «звездочка» – фасонный рычаг, размыкающий контакт конечного выключателя $SQ1$, фиксирующий окончание работы привода; 4 – диск; 5 – шпилька, поворачивающая «звездочку»; 6 и 7 – зубчатые колеса; 8 – рычаг

Схема очень проста и работает надежно на множестве приводов, но на одном двигателе по какой-то причине отказывает. Отказ состоит в том, что в самом начале отключения разъединителя реле $K2$ отпускает нормально замкнутый контакт, отключает реле $K1$ и лишает питания двигатель привода. Следовательно, разъединитель остается в опасном положении: нож едва касается губок. Всё проверено. И схема вроде бы правильно собрана, и аппаратура исправна. Как же разобраться в этой ситуации?

Пожалуй, единственным сложным элементом этой схемы является двигатель. Но на схеме он показан менее подробно, чем все остальные элементы. Убеждаемся, что реле $K1$, $K2$ и контактор $KM1$ имеют по одной катушке и соответствующие контакты. Все эти элементы хорошо видно на схеме. А у двигателя имеется якорь и две обмотки возбуждения, последовательная и параллельная, не показанные на схеме рис. 5.4, *е*. Не в них ли всё дело? Сделав такое предположение, изобразим схему двигателя подробнее (рис. 5.4, *з* и *д*), причем в двух важных вариантах: 1) обе обмотки включены согласно; 2) обмотки включены навстречу. Эти подробности подчеркиваются расположением точек, указывающих на рис. 5.4, *з* и *д* начала обмоток.

Далее нужно проанализировать, как в процессе отключения разъединителя нагружается двигатель. Вначале привод неподвижен – значит, ток велик. Затем нож разъединителя начинает двигаться, но он еще сильно зажат губками, поэтому ток по-прежнему велик. Когда же нож выходит из губок, механическая нагрузка двигателя резко снижается, и ток уменьшается. С помощью небольшого подсчета проанализируем характер изменения тока в катушке реле $K2$ при упомянутых выше изменениях тока двигателя. Нас интересует реле $K2$, так как именно оно неверно работает.

Допустим, что параллельная обмотка возбуждения имеет 2 000 витков и при токе 0,4 А создает МДС $2\,000 \cdot (+0,4) = 800$ А. При пуске через последовательную обмотку из 10 витков проходит ток 15 А, что при согласном включении дает $10 \cdot (+15) = +150$ А, а при встречном $10 \cdot (-15) = -150$ А. В итоге поток возбуждения пропорционален: $800 + 150 = 950$ А при согласном и $800 - 150 = 650$ А при встречном включении.

В момент, когда нож разъединителя выходит из губок, ток снижается до 3 А. При этом поток пропорционален: $800 + 10 \cdot (+3) = 830$ А при согласном включении и $800 + 10 \cdot (-3) = 770$ А при встречном.

Сравнив значения величин, имевших место при пуске и выходе ножа разъединителя, заметим, что при согласном включении поток уменьшился ($950 > 830$), а при встречном увеличился ($650 < 770$). В этом оказалось всё дело. Ведь действительно, частота вращения не может изме-

ниться сразу, а поток при встречном включении стал больше. Поэтому машина на какое-то время перешла в режим генератора, из-за чего ток в катушке реле $K2$ изменил направление. Когда ток проходил через нуль, реле возвратилось (отпустило) и отключило $K1$. Характер изменения тока в катушке реле $K2$ показан рис. 4.5, z и d .

В этом как раз и состояла причина отказа одного из приводов: из-за того, что концы одной из обмоток возбуждения были перепутаны, и получился режим работы не того двигателя, для которого была составлена схема.

Приведенный пример показал, как важно знать, что чтение и анализ схем неразрывно связаны. Чтобы проанализировать схему, нередко приходится прибегать к более подробным изображениям (например, показывать все обмотки, обозначать их начала и т. п.), строить диаграммы взаимодействия, выполнять ориентировочные подсчеты и т. п.

В разрабатываемых схемах иногда встречаются элементы, назначение которых не сразу можно обосновать. И тогда их объявляют лишними, хотя это не совсем так. Примером тому послужит рис. 5.4, e , где показан диод $VD1$. При подробном рассмотрении действия схемы он ни разу не упоминался. Зачем же тогда он включен? Для того чтобы ответить на этот вопрос (и аналогичные вопросы о назначении любого элемента электроустановки), предположим сначала, что диода в схеме нет. Но в этом случае кнопочным выключателем $SB1$ нельзя включить реле $K1$, а пока оно не включено, не будет питания на двигателе. Значит, просто выбросить диод из схемы нельзя.

А что будет, если заменить вентиль переключкой (ложная цепь, обозначенная точками). При этом реле $K1$ будет включаться кнопочным выключателем $SB1$, но образуется ложная цепь $1-4$, по которой контактор $KM1$, однажды включившись, уже не сможет отключиться. Значит, двигатель привода будет непрерывно работать, а разъединитель будет включаться и отключаться дважды за каждый оборот диска 4. Следовательно, диод служит для предотвращения ложной цепи $1-4$ и выбрасывать его из схемы нельзя.

Есть и другие случаи, когда непонятные на первый взгляд резисторы, конденсаторы и другие элементы необходимы для создания определенных временных параметров. Поэтому, во-первых, нужно знать, что ни один элемент схемы нельзя считать лишним до тех пор, пока схема не будет подвергнута тщательному анализу. Во-вторых, необходимо понимать, что нужно знать на память.

Как следует из приведенных примеров, заучивать схемы – занятие бесполезное. И вместе с тем, чтобы читать схемы, нужно кое-что знать

на память примерно так же, как таблицу умножения или формулы сокращенного умножения. Итак, необходимо знать:

1) наиболее распространенные условные обозначения обмоток, катушек, контактов, трансформаторов, двигателей, выпрямителей ламп и т. п.;

2) условные обозначения, применяемые в той области, с которой приходится чаще всего работать в силу профессии;

3) схемы наиболее распространенных узлов электроустановок, например схемы двигателей, выпрямителей, усилителей, схемы освещения лампами накаливания и газоразрядными лампами и т. п.;

4) свойства последовательного и параллельного соединений контактов, катушек индуктивностей, емкостей, сопротивлений, видов соединений в звезду и треугольник.

5.1.3. Схемы управления, защиты электроустановок и сигнализации

Схемы управления, защиты электроустановок, сигнализации и т. п. читают обычно в следующем порядке.

1. Определяют источники питания, род тока, напряжение и т. п. Если источников несколько или применено несколько различных напряжений, то следует выяснить, чем это вызвано.

2. Если нужно, то расчленивают схему на простые цепи и, рассматривая их сочетания, устанавливают условия действия.

3. Строят, если нужно, диаграммы взаимодействия, выясняя с их помощью:

а) последовательность работы во времени;
б) согласованность времени действия аппаратов в пределах данного устройства;

в) согласованность времени действия совместно действующих устройств (например, автоматики, защиты электроустановок, телемеханики, управляемых приводов и т. п.);

г) последствия перерыва электропитания. Для этого рассматривают случаи поочередного отключения выключателей;

д) возможность выхода устройств в рабочее положение из любого режима, в котором оно могло оказаться, например после ревизии.

4. Оценивают последствия вероятных неисправностей:

а) перегорания предохранителей;

б) нарушения изоляции относительно «земли»;

в) незамыкания контактов поочередно по одному;

г) нарушения изоляции между проводами воздушных линий, выходящих за пределы помещений.

Еще раз подчеркнем, что речь идет о вероятных неисправностях, которые реально могут возникать в электроустановках, надлежащим образом выполненных и технически грамотно обслуживаемых. Нельзя рассматривать предполагаемые повреждения (например, после ревизии в аппарате забыта изолирующая прокладка между контактами, или «вдруг» соединились провода, проложенные на панели, и т. п.). Поэтому перед включением схемы в работу производят следующие действия:

1. Проверяют схему на отсутствие ложных цепей.
2. Оценивают надежность электропитания и режим работы электрооборудования.
3. Проверяют выполнение мероприятий, обеспечивающих безопасность организации работ, регламентированной действующими правилами.

Ясно, что в каждом конкретном случае тот или иной этап рассмотрения схемы может отсутствовать, равно как могут появиться вопросы, которые здесь не упоминаются. Может также измениться порядок рассмотрения схемы.

Пример 5.4. Приведем порядок проверки последствий перегорания предохранителей в схеме двигателя $M1$ (рис. 5.5, а), где $SB1$ и $SB2$ – кнопочные выключатели «Стоп» и «Пуск» соответственно. Катушка магнитного пускателя $KM1$ включена на фазное напряжение.

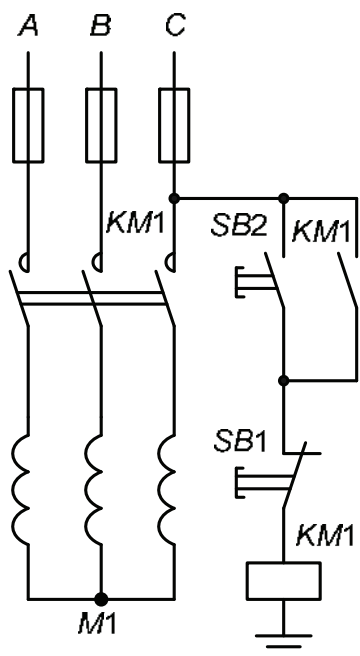
Если перегорел один предохранитель (рис. 5.5, в), то двигатель не отключается, но может остановиться. Для двигателя это опасно (перегревается и может даже сгореть): он гудит, откуда следует, что он находится под напряжением. При перегорании двух предохранителей (рис. 5.5, г) двигатель останавливается, но, по-прежнему находится под напряжением, не гудит. Для двигателя это не опасно, а человек, считая двигатель отключенным, может попасть под напряжение. Поэтому ПУЭ запрещают питать катушку магнитного пускателя $KM1$ от фазы и нейтрали, если двигатель защищен предохранителями. В этом случае катушку следует питать от двух фаз, как показано на рис. 5.5, б.

Докажем целесообразность этого требования.

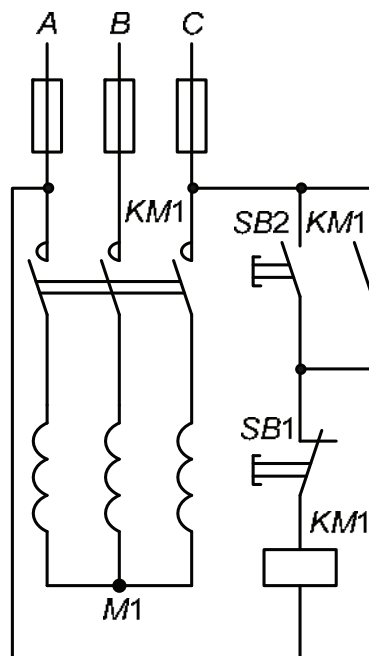
Допустим, перегорит один предохранитель в фазе A или C . При этом на катушке магнитного пускателя останется 40–45 % номинального напряжения. Если пускатель даже не отпустит подвижные контакты, то для человека это не опасно: хотя двигатель и гудит. Если перегорит один предохранитель в фазе B – двигатель не отключится, но для него

это опасно. При перегорании двух предохранителей катушка пускателя обесточится, так как одной исправной фазы для ее питания недостаточно.

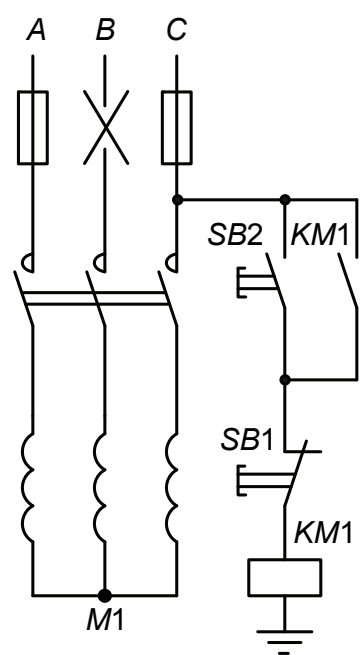
Если двигатель защищен трехполюсным автоматическим выключателем, то питать катушки можно либо от фазы и нейтрали, либо от двух фаз, так как в любом случае сразу отключаются все три фазы.



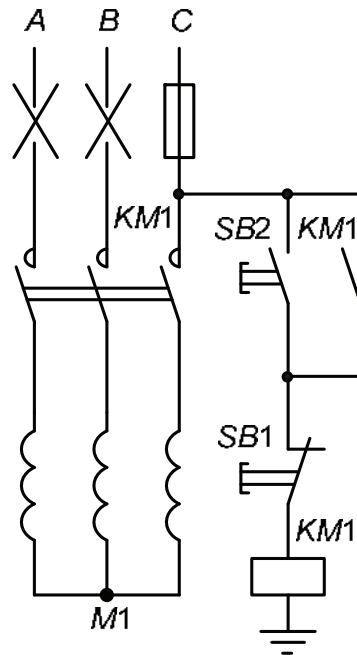
a



б



в



г

Рис. 5.5. Последствия перегорания предохранителей

Рассмотренный пример работы схем рис. 5.5 показала важность анализа включения в цепь простых предохранителей.

Следующий пример позволит предвидеть последствия работы схемы при нарушении изоляции относительно заземляющего контура электроустановки.

Пример 5.5. Последствия замыкания на «землю» иллюстрирует рис. 5.6. Если один из выводов катушки пускателя $KM1$ заземлен, а фаза подана на кнопочный выключатель $SB2$ («Пуск»), то при заземлении в точке $K1$ (рис. 5.6, *a*) пускатель отключится и может перегореть предохранитель (не показан). Цепь $K3$ показана пунктирной линией.

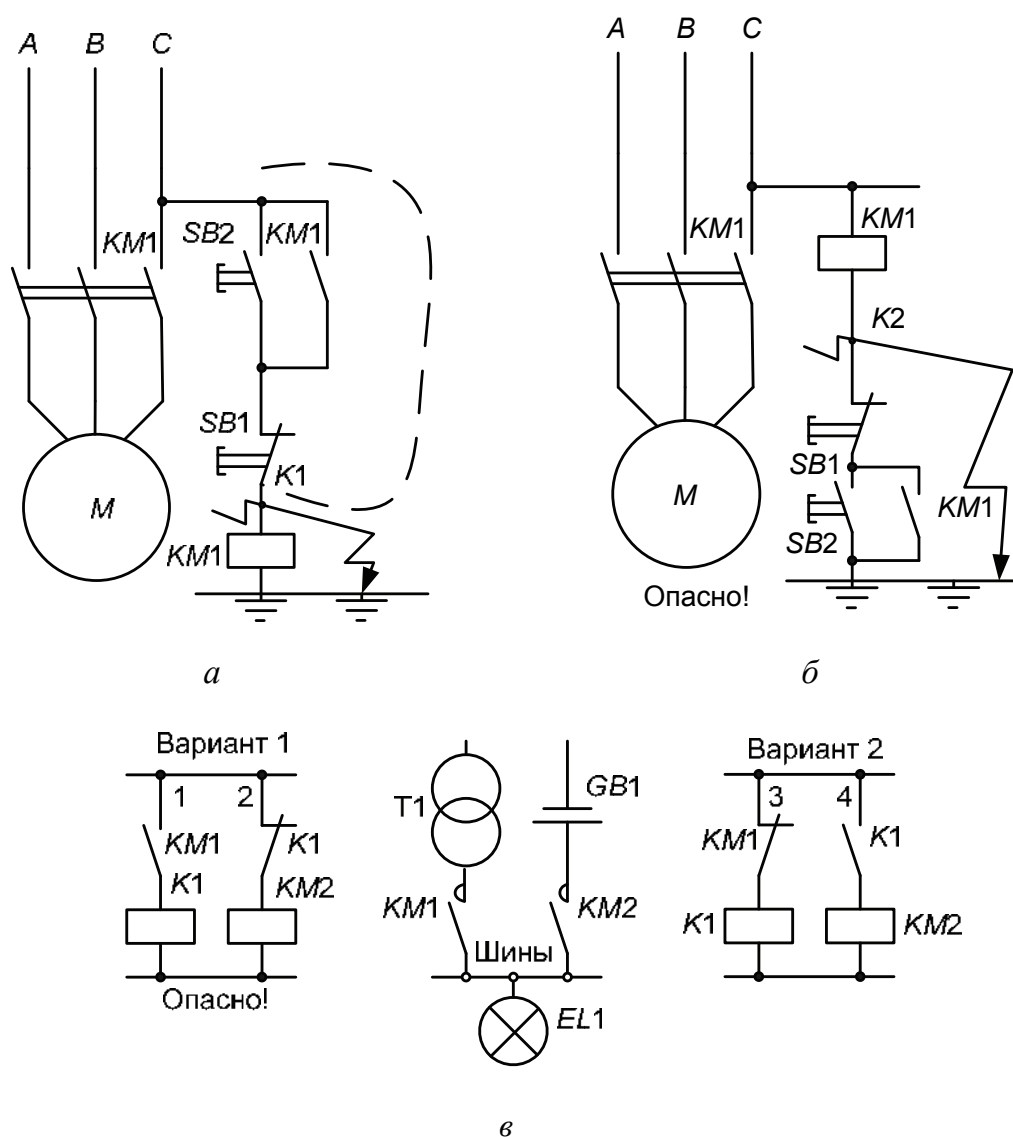


Рис. 5.6. Последствия нарушенной изоляции относительно «земли» и незамыкания контактов

Если же кнопочный выключатель $SB2$ присоединен к «земле», а катушка пускателя – к фазе (рис. 5.6, б), то повреждение изоляции в точке $K2$ вызовет опаснейшее явление – самовключение двигателя M . Причем включившийся двигатель будет невозможно остановить кнопочным выключателем $SB1$ («Стоп»), так как катушка пускателя получает питание через «землю», минуя $SB1$.

Пример 5.6. На рис. 5.6, в даны два варианта схемы автоматического включения ламп $EL1$ аварийного освещения от аккумуляторной батареи $GB1$. В обычных условиях включен контактор $KM1$, а контактор $KM2$ отключен. Поэтому шины присоединены к трансформатору $T1$.

При отключении контактора $KM1$ автоматически включается $KM2$.

В варианте 1 незамыкание вспомогательного контакта $KM1$ в цепи 1 при включенном контакторе $KM1$ приводят к отключению промежуточного реле $K1$, которое немедленно по цепи 2 включает контактор $KM2$.

В результате на одни и те же шины одновременно подаются постоянный и переменный токи.

В варианте 2 незамыкание вспомогательного контакта $KM1$ и цепи 3 вызывает только отказ (цепь 4 остается разомкнутой), но не крайне опасное в данном случае включение $KM2$.

5.1.4. Приведение схем к виду удобному для чтения

Читать схему тем легче, чем она нагляднее. Поэтому полезно некоторые, неясные, узлы схем перечертить. Рассмотрим три примера на рис. 5.7.

Пример 5.7. На рис. 5.7, а показаны две лампы $HL1$ и $HL2$. В нормальных условиях одна из них включается только по цепи 1, другая только по цепи 3. Но чтобы убедиться в исправности ламп, включают выключатель $S1$, подавая через него питание сразу на обе лампы. Нужно ответить на вопрос: может ли эта схема работать на переменном токе? Верхняя схема ответа не дает. Но достаточно начертить схему немного иначе (нижний рисунок), и сразу станет ясно, что род тока безразличен, так как проводимости диодов при любой полярности взаимно противоположны.

Пример 5.8. Из верхней части рис. 5.7, б невозможно понять, какая схема выпрямления на ней показана. А из нижней очевидно, что это мостовая схема трехфазного выпрямителя.

Пример 5.9. Трудно понять верхнюю схему рис. 5.7, в. Но если его элементы расположить иначе (нижняя схема), то будет очевидно, что резисторы r_1 и r_2 образуют делитель напряжения батареи $GB1$.

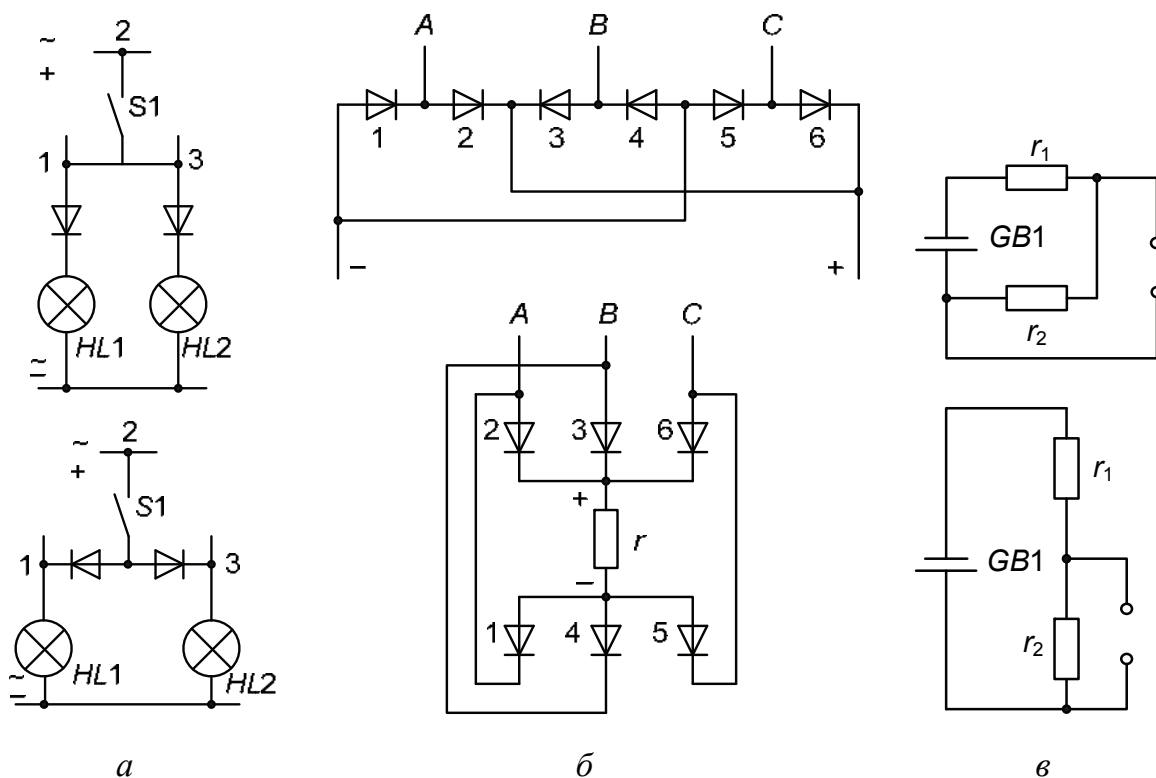


Рис. 5.7. Приведение схем к виду удобному для чтения

Электронные схемы и вообще схемы устройств на базе микросхем или полупроводниковых приборов выполняют, используя «традиционное» расположение элементов, образующих распространенные узлы, например усилитель, триггер, мультивибратор и т. п., что существенно облегчает их чтение.

5.2. Условия работы схем и простые цепи

Любая электроустановка должна удовлетворять определенным условиям действия. Поэтому при чтении схем, во-первых, нужно выявить эти условия. Во-вторых, нужно определить, отвечают ли полученные условия задач, которые должны выполняться электроустановкой. В-третьих, следует проверить, не получились ли попутно «лишние» условия, и оценить их последствия.

Для решения этих вопросов пользуются несколькими приемами. Первый из них состоит в том, что схема электроустановки мысленно делится на простые цепи, и они сначала рассматриваются отдельно, а затем в сочетаниях. Как правило, простая цепь состоит из источника

тока (батарея, вторичная обмотка трансформатора, заряженный конденсатор и т. п.), приемника тока (двигатель, резистор, лампа, обмотка реле, разряженный конденсатор и т. п.), прямого провода (от источника тока к приемнику) и одного контакта аппарата (выключателя, реле и т. п.). Понятно, что в цепях, не допускающих размыкания, например в цепях трансформаторов тока, контактов нет.

Проанализируем несколько вариантов работы схем. На рис. 5.8, *а* цепь управления магнитным пускателем *KM1* расчленена на четыре цепи. При существовании каждой из них отдельно они отвечали бы следующим условиям:

- 1) защита автоматическим выключателем *QF*;
- 2) пускатель включается кнопкой *KM1.1*, но немедленно отключается, как только кнопку отпускают;
- 3) включенный любым способом пускатель остается включенным, так как получает питание через свой блок-контакт;
- 4) пускатель отключается кнопкой *SB2*, но немедленно включается, как только кнопку отпускают.

Однако на самом деле простые цепи связаны. Иногда связывание получается само собой только лишь потому, что в несколько простых цепей входит один и тот же элемент (в нашем случае обмотка пускателя *KM1*). Иногда цепи связывают, преднамеренно добиваясь определенной цели, которая не может быть достигнута одной простой цепью. Например, включение должно происходить при одних условиях, а отключение – при других. Так, при связывании простых цепей условия действия электроустановки в целом могут измениться. Цепи 2 и 3 (рис. 5.8, *а*), например, совместно действуют так: пускатель, включенный кнопкой *SB1*, остается включенным. Совместное действие цепей 3 и 4 сводится к тому, что пускатель, отключенный кнопкой *SB2*, остается отключенным.

Значит, при чтении схемы нужно сначала мысленно расчленить ее на простые цепи (чтобы проверить возможности каждого элемента), а затем рассмотреть их совместное действие.

В примере на рис. 5.8, *б*, в результате связывания цепей получились именно те условия действия электроустановки в целом, которые требуются. Однако нередко образуются цепи, по которым электроустановка будет работать неверно. Не исключены и опасные последствия. Поэтому нельзя ограничиваться выявлением только условий, необходимых для правильного действия, следует проверить все возможные цепи и убедиться в отсутствии среди них непредвиденных и ложных. При обнаружении непредвиденных недопустимых и ложных цепей их обязательно устраняют.

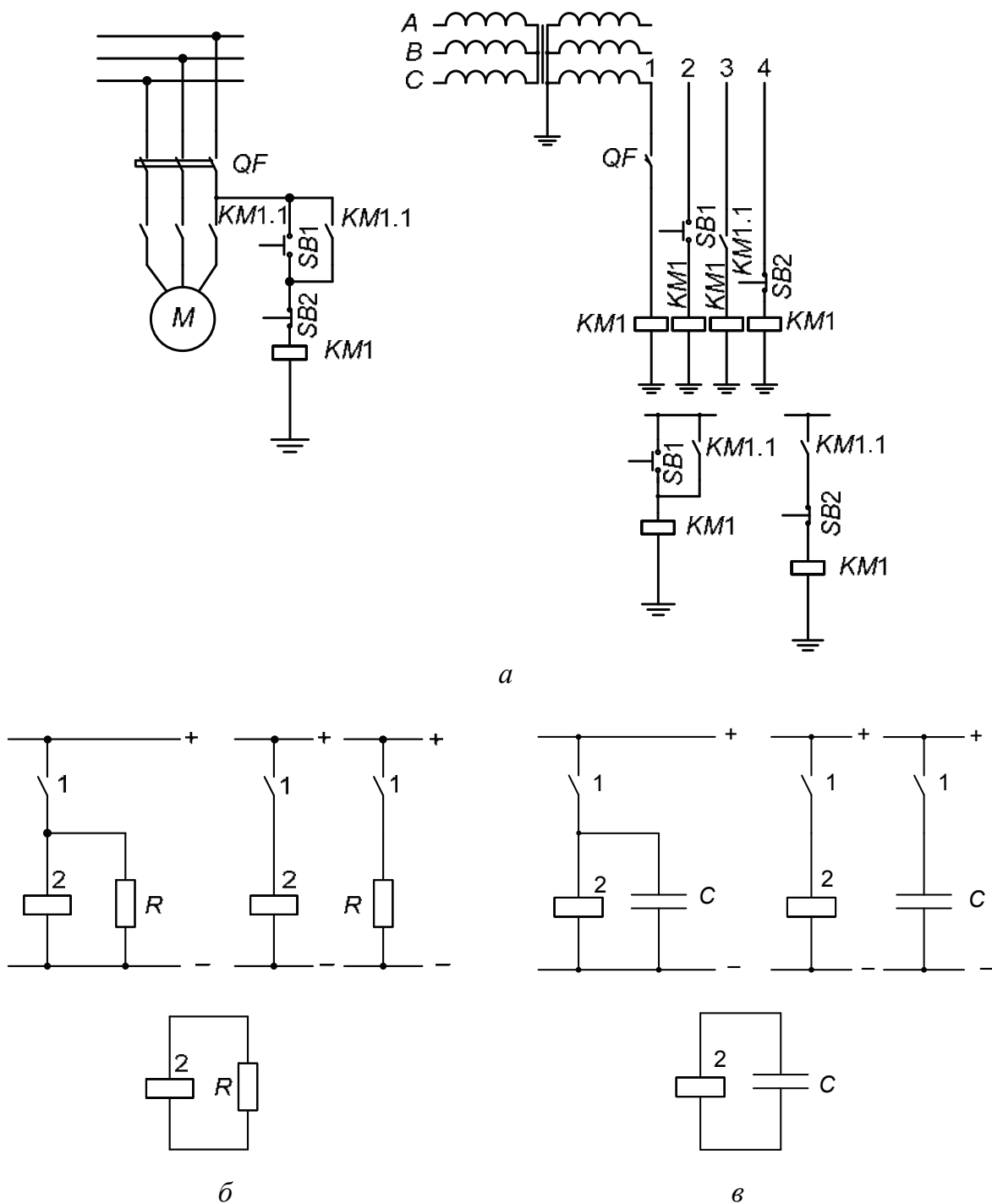


Рис. 5.8. Деление схемы на простые цепи

На рис. 5.8, б как бы имеется один источник тока, полюсы которого обозначены «+» и «-». На самом же деле расчленение на простые цепи обнаруживает два источника. Дело в том, что при размыкании контакта 1 накопленная в обмотке реле 2 энергия освобождается и образуется цепь «обмотка 2 – резистор R», в которой некоторое время существует ток, замедляющий отпускание реле. Аналогичные явления происходят в схеме

на рис. 5.8, в, где конденсатор C при замыкании контакта I является приемником, а при размыкании контакта становится источником тока.

Недопустимо пренебрегать цепями, действующими только в процессе переключений. Эти цепи способны вызвать самые неожиданные, и причем опасные, последствия.

При выявлении условий действия схем в простейших случаях нужно руководствоваться следующими общими положениями:

1. Контакты разных аппаратов соединяют параллельно, если нужно, чтобы цепь замыкалась раздельно любым из них, но размыкалась совместно всеми контактами.

2. Контакты разных аппаратов соединяют последовательно, если нужно, чтобы цепь размыкалась раздельно любым из них, но замыкалась совместно всеми контактами.

3. Контакты одного и того же аппарата соединяют параллельно, если длительный ток в цепи больше длительного тока, допустимого каждым контактом.

4. Контакты одного и того же аппарата соединяют последовательно для облегчения размыкания цепи.

5. Если у одного аппарата (например, у реле) не хватает контактов, то применяют два аппарата, соединяя их обмотки либо параллельно, либо последовательно, либо один аппарат включают через контакт другого как повторитель. Перечисленные способы соединений неравноценны.

6. В схемы нередко включают активные сопротивления. Сопротивление, включаемое последовательно с лампой, служит как добавочное, чтобы лампу, например, на 24 В применить в сети 110 В и т. п. Сопротивление, включаемое последовательно с обмоткой реле, может являться и просто добавочным, но может выполнять более важную роль — ускорять срабатывание. (Два одинаковых во всех отношениях, кроме обмоток, реле срабатывают за различное время, если одно из них имеет обмотку на 24 В и включено в сеть 110 В, а второе имеет обмотку на 24 В и включено в ту же сеть, но через добавочное сопротивление).

7. Сопротивления, включаемые параллельно обмотке реле, могут служить и для гашения коммутационных перенапряжений и для увеличения времени отпускания.

8. Конденсаторы в цепи постоянного тока проводят ток, пока они не заряжены. Заряженные конденсаторы не проводят тока.

9. Конденсаторы в сочетании с сопротивлениями широко применяются для создания выдержки времени, а также в качестве искрогасительных контуров. При применении конденсаторов в сочетании с индуктивностью (обмотки) возможен ряд осложнений: в цепях переменного

го тока – резонанс, в цепях постоянного тока – возникновение колебательного процесса. Эти опасные явления предотвращаются сопротивлениями, которые включают совместно с конденсаторами, причем величина сопротивлений, как правило, не произвольна.

10. Вентили применяются не только для выпрямления тока. Часто их используют для разделения цепей. С этой целью применяют также разделительные трансформаторы и многообмоточные аппараты.

Из вышесказанного следует, что ни один элемент при чтении схемы не должен быть оставлен без внимания. Одни из них (контакты, обмотки) служат для получения заданных условий действия, другие создают необходимые соотношения времени, предотвращают побочные явления, обеспечивают долговечность электроустановки, гарантируют ее устойчивую и надежную работу.

Таким образом, выявлению назначения каждого элемента схемы помогает расчленение ее на простые цепи. Электрику важны именно цепи. Значит, стандарт не случайно рекомендует выполнять схемы разнесенным способом.

5.3. Диаграммы взаимодействия

Известно, что аппараты и их детали на схемах изображают, как правило, в отключенном положении, т. е. при отсутствии принудительных сил, воздействующих на подвижные контакты. Если от этого правила сделано отступление, то оно оговаривается на чертежах. Но в любом случае схема изображает какое-то одно положение аппаратов. Практически как при подаче, так и при снятии питания, а также в процессе работы в схеме происходят изменения, причем они протекают во времени и их в ряде случаев необходимо отразить на чертежах. С этой целью строят диаграммы взаимодействия.

Наиболее распространены диаграммы двух типов. Первый тип наиболее прост и служит для изображения последовательности действий и расчета времени в установившихся режимах. Диаграммы второго типа сложнее. Они предназначены для схем, работающих в неустановившихся режимах, которые рассматриваются в специальной литературе.

5.3.1. Предварительные условия и масштабы

Количество строк на диаграмме равно количеству аппаратов, взаимодействие которых рассматривается. С целью облегчения описания

схем характерные точки на диаграмме нумеруют по возрастанию слева направо (тогда их легче находить). Характерные точки соединяют стрелками, указывающими «направление процесса».

По горизонтали отсчитывают время. Масштаб времени для всех аппаратов одинаков.

Работа однопозиционного аппарата с ручным приводом, например выключателя, на схеме рис. 5.9, *а* изображена прямоугольником. Он показывает, что кнопочный выключатель *SB1* был нажат в момент времени, обозначенный точкой *1*, и отпущен в точке *4*. Следовательно, его замыкающий контакт был замкнут в течение времени *1–4*, размыкающий – от *0–1* и от *4* и далее.

Когда же на диаграмме нужно показать характер движения управляемого механизма со сложной кинематикой, то движение обозначают наклонными линиями, а покой – горизонтальными. Проанализируем рис. 5.9, *б*. Он изображает работу механизма, совершающуюся следующим образом. При подаче напряжения на привод механизма его подвижная часть сначала движется (участок *7–8*), затем останавливается (*8–9*), снова движется (*9–10*) и наконец, останавливается – точка *10*. Сработавший механизм остается в покое (*10–11*). В точке *11* начинается возврат в исходное положение. На участке *11–12* механизм движется, но теперь уже в противоположном направлении, затем останавливается (*12–13*), снова движется (*13–14*) и приходит в исходное положение – точка *14*.

Рассмотрим другой пример – рис. 5.9, *в*, приняв во внимание изменения значений технологических параметров, например температуры, с течением времени. До точки *15* температура θ_1 не изменяется (горизонтальная линия), затем начинает повышаться (наклонная линия), а по достижении значения θ_2 (точка *16*) снижается (наклонная линия). Через некоторое время, соответствующее точке *17*, устанавливается температура θ_3 . Аналогично изображают изменения давлений, уровней, скоростей и т. п.

Следует заметить, если известен масштаб времени, то по горизонтальной оси можно определить длительность интересующей нас части процесса. Рассмотрим пример. Пусть на рис. 5.9, *в* на горизонтальной линии 1 см соответствует 10 мин, а проекции участков *15–16* и *16–17* на горизонтальную ось равны 2,5 и 1,3 см. Это значит, что температура повышается $2,5 \times 10 = 25$ мин, а снижается $1,3 \times 10 = 13$ мин.

Необходимо также знать, что абсолютные значения величин определить по диаграмме нельзя. Например, из рис. 5.9, *в* следует, что температура θ_1 ниже температуры θ_2 , но выше температуры θ_3 .

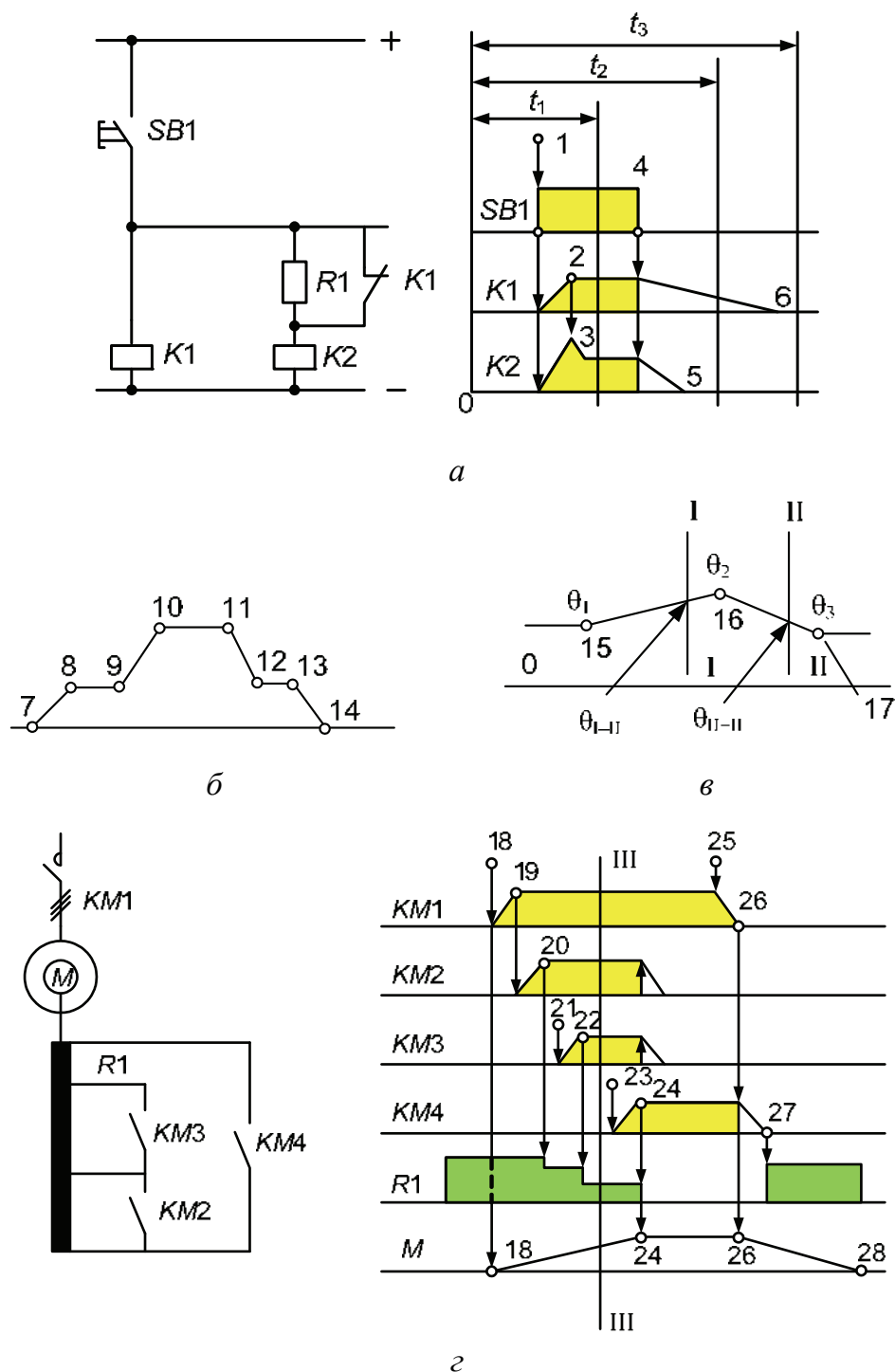


Рис. 5.9. Диаграмма взаимодействия первого типа

Познакомимся поближе с диаграммами первого типа.

При рассмотрении диаграмм обнаружено, что работа реле, контакторов, электромагнитов изображается трапециями. Высота всех трапеций одинакова и соответствует номинальному току аппарата. Так, на диаграмме рис. 5.9, а кнопочным выключателем $SB1$ (точка 1) замкнута цепь реле $K1$. В этом случае действие кнопочного выключателя на реле $K1$

обозначается стрелкой, которая идет от «линии выключателя» к «линии реле». За время $1-2$ реле сработало, т. е. переключились его контакты, завершилось движение якоря и т. п. Цепь реле разомкнута в точке 4. За время $4-6$ контакты снова переключились и пришли в первоначальное положение. Затемненная часть трапеции показывает наличие тока в катушке от основного источника питания.

Когда в процессе работы аппарата ток в его катушке изменяется (например, выводится часть сопротивления цепи), то на диаграмме образуется «ступенька». Например, реле $K1$ и $K2$ (рис. 5.9, *а*) включаются одновременно, но после срабатывания реле $K1$ его контакт в цепи реле $K2$ размыкается и вводит в действие резистор $R1$; ток в катушке реле $K2$ за время $2-3$ уменьшается.

Как видим, диаграммы первого типа просты, наглядны, при определенных навыках безошибочно выполняются и почти полностью заменяют словесные описания схем. По диаграмме легко определить, что происходит в схеме в любой момент времени. Для этого необходимо в соответствующем месте диаграммы провести черту, перпендикулярную оси времени, и посмотреть, с чем она пересекается. Так, на рис. 5.9, *а* черта, соответствующая времени t_1 , показывает следующее: кнопочный выключатель $SB1$ нажат, ток в катушке реле $K1$ достиг установившегося значения, и ток в катушке реле $K2$ уменьшился.

По имеющейся диаграмме легко определить, сколько нужно задать времени тому или иному аппарату для достижения определенного результата. Так, для срабатывания реле $K1$ нужно время $1-2$ (отсчет по горизонтальной оси времени). Значит, выключатель $SB1$ должен быть нажат не менее этого времени. Для возврата реле $K1$ нужно время $4-6$. Следовательно, нельзя повторно нажимать $SB1$ (с целью повторения тех же действий) ранее этого времени.

Вопросы, типа: сколько времени требуется? какие нужны интервалы? имеются ли запасы по времени и каковы они? в каком порядке чередуются переключения? равномерно ли нагружаются источники электропитания, т. е. не совпадают ли по времени пусковые токи нескольких двигателей? и т. п., весьма часто возникают у тех, кто проектирует, налаживает и эксплуатирует устройства автоматики, телемеханики, электропривода. Такие вопросы просто невозможно решить без диаграммы взаимодействия.

Выше было отмечено, что затемненная часть трапеции показывает наличие тока в катушке от основного источника питания. Светлая часть — это замедление механизма при возврате в исходное положение.

Теперь закрепим полученные сведения, ответив на следующие вопросы:

1. Что происходит в схеме на рис. 5.9, *а* спустя время t_2 и t_3 , а также в промежутке между точками 0 и 1?

2. Быстрее или медленнее движется механизм (рис. 5.9, *б*) при срабатывании и возврате?

3. Что можно сказать о значениях температуры θ_{I-I} и θ_{II-II} , соответствующих линиям I–I и II–II на рис. 5.9, *в*?

Для закрепления материала, попробуйте выполнить следующее задание. На рис. 5.9, *г* слева дана в однолинейном изображении схема пуска электродвигателя M с фазным ротором (цепи управления не показаны). На ней: $KM1$ – контактор в цепи статора, $KM2$ – $KM4$ – контакторы ускорения; их контакты в определенной последовательности закорачивают секции пускового резистора $R1$. Справа построена диаграмма взаимодействия. Обратившись к ней, опишите действие схемы и решите, что происходит во время, соответствующее линии III–III.

5.3.2. Схема автоматического управления насосом

На рис. 5.10, *а* представлена вспомогательная схема автоматического управления насосом, заполняющим водой резервуар, внизу дан эскиз резервуара и обозначены уровни: В – верхний (двигатель насоса должен отключаться); Н – нижний (двигатель должен включаться); А – аварийный (должны включаться световой и звуковой сигналы. Звуковой сигнал деблокируют, а лампа горит до восстановления нормального режима).

Рассмотрим схему управления двигателем насоса. На схеме:

$QS1$ – рубильник;

$FU1$ – предохранители. Номинальные токи предохранителя (числитель) – 60 А, плавкой вставки (знаменатель) – 20 А;

$KM1$ – магнитный пускатель, $KK1$ – двухэлементное электротепловое реле. Номинальный ток нагревательных элементов – 6,3 А, установка расцепителя $I_p = 6,6$ А;

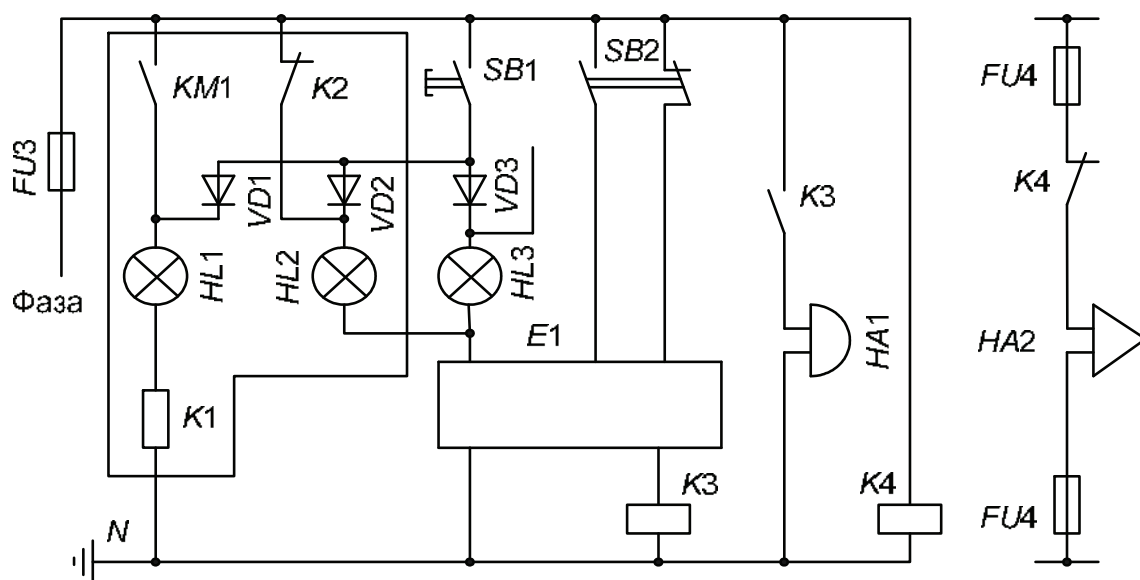
$M1$ – двигатель. Номинальный ток двигателя – 6,5 А;

$T1$ – трансформатор мощностью 0,063 кВ · А, понижающий напряжение до 36 В (по новым ПУЭ 42 В);

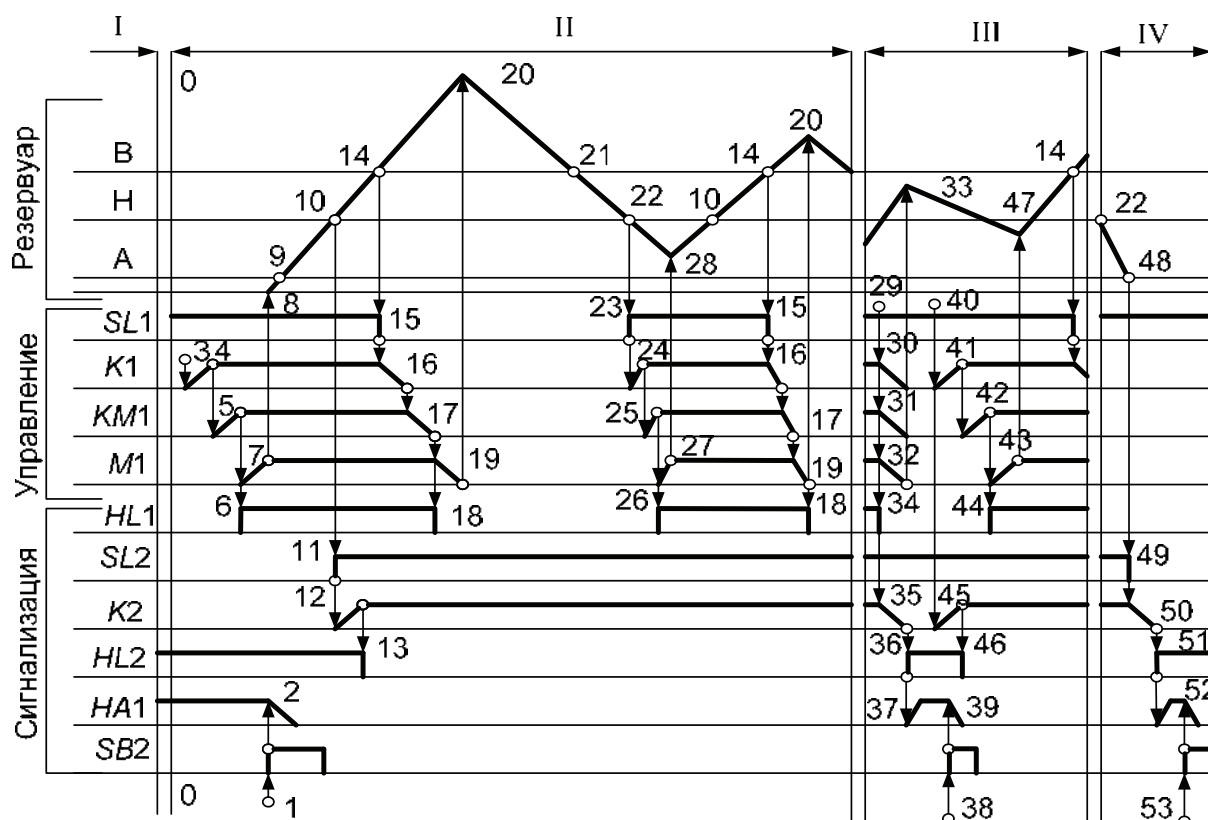
$F2$ – предохранитель цепей 36 В. Номинальный ток плавкой вставки – 6 А;

$K1$ – промежуточное реле, управляемое контактом $SL1$ поплавкового реле нормального уровня;

$K2$ – то же, управляемое контактом $SL2$ поплавкового реле аварийного уровня.



б



б

Рис. 5.10. Окончание

На рис. 5.10, б показана схема рабочей сигнализации, к которой присоединены лампы *HL1* – «Насос включен» и *HL2* – «Аварийный уровень». Новые элементы: контакты *KM1* и *K2*, лампы *HL1*, *HL2* и *HL3*,

резистор $R1$, диоды $VD1$, $VD2$ и $VD3$; $E1$ – реле импульсной сигнализации; $SB1$ – кнопочный выключатель для проверки исправности сигнальных ламп; $SB2$ – кнопочный выключатель деблокировки звонка $HA1$ через промежуточное реле $K3$; $FU3$ – $FU4$ – предохранители. Реле $K4$ контролирует питание в цепях сигнализации; при исчезновении напряжения оно включает сирену $HA2$.

На рис. 5.10, в изображена диаграмма взаимодействия элементов схемы для четырех режимов: I – исходное положение: цепи управления отключены рубильником $QS1$, но на цепи сигнализации питание подано; II – первое включение и автоматическое регулирование уровня в заданных пределах (от уровня В до уровня Н, от уровня Н до уровня В и т. д.); III – кратковременный перерыв питания цепей управления; IV – аварийное снижение уровня. Читателю предлагается с целью тренировки в построении диаграмм взаимодействия самостоятельно построить и описать диаграмму, а затем, сличив ее с рис. 5.10, в и описанием диаграммы, проверить себя.

Описание работы схемы. Итак, исходное положение: резервуар пуст; рубильник $QS1$ отключен; на схему сигнализации питание подано; контакты поплавковых реле: $SL1$ замкнут, $SL2$ разомкнут, якоря реле $K1$, $K2$ и магнитного пускателя $KM1$ отпущены; двигатель $M1$ не работает, лампа $HL1$ не горит, лампа $HL2$ горит; звонок $HA1$ (рис. 5.10, б) звонит; кнопочный выключатель $SB2$ (рис. 5.10, б) не нажат. Исходному положению соответствует диаграмма левее вертикальной линии 0–0 (рис. 5.10, в).

Нажимаем $SB2$ (точка 1), чтобы отключить звонок $HA1$ (2). Включаем $QS1$ (3), подавая этим действием питание на цепи двигателя и управления. Реле $K1$ (4) срабатывает и включает магнитный пускатель $KM1$ (5), двигатель начинает работать (7) – уровень воды в резервуаре начинает повышаться (8). Вспомогательный контакт $KM1$ включает лампу $HL1$ (6). Уровень воды, повышаясь, достигает отметки А (9), но при этом ничего не изменяется, так как контакты $SL1$ и $SL2$ реле уровня не переключаются. На отметке Н (10) замыкается контакт $SL2$ (11), реле $K2$ (12) срабатывает и отключает лампу $HL2$ (13), так как уровень в баке повысился до нормального. На отметке В (14) контакт $SL1$ размыкается (15), отключает реле $K1$ (16), отпускает $KM1$ (17), двигатель останавливается (19) – повышение уровня воды прекращается (20). Вспомогательный контакт $KM1$ размыкается и отключает лампу $HL1$ (18).

Насос не работает, но водоразбор продолжается, поэтому уровень в резервуаре начинает понижаться. На отметке В (21) ничего не изменяется. На отметке Н (22) переключается контакт $SL1$ (23), срабатывает $K1$ (24),

включаются *KM1* (25), лампа *HL1* (26), двигатель *M1* (27) – уровень начинает повышаться (28), так и не снизившись до аварийного значения, т. е. до отметки *A*. Далее все повторяется в той же последовательности, поэтому нумерация точек 14–20 повторена.

Рассмотрим, что происходит при кратковременном нарушении питания.

Случай 1. Насос работал, напряжение снималось, но так кратко- временно, что уровень в баке, снижаясь, не достиг отметки *A*, чему соответствует участок диаграммы между точками 29 и 40. Напряжение снято (29), отпустили *K1* (30), *KM1* (31) и *K2* (35), насос остановился (32), погасла лампа *HL1* (34), включились лампа *HL2* (36) и звонок *HA1* (37), заполнение резервуара прекратилось (33). Звонок отключили (39) выключателем *SB2* (38).

Через некоторое время напряжение вновь подано (40). Включились *K1* (41), *KM1* (42), двигатель насоса (43), лампа *HL1* (44) и реле *K2* (45), погасла лампа *HL2* (46). Снова началось заполнение резервуара (47).

Случай 2. Те же условия, но питание подано спустя время, за которое резервуар успел опорожниться. Неисправность не останется незамеченной, так как при исчезновении питания тотчас же включаются аварийная лампа *HL2* и звонок *HA1*. Лампа будет гореть, пока при последующем включении насоса уровень не достигнет отметки *H* (что соответствует левой части диаграммы от ее начала до точки 13).

Случай 3. Бак опорожняется, а в это время снято напряжение с шин *A*, *B*, *C*. До тех пор пока уровень не снизится до отметки *A*, ничего не изменится. На отметке *H* замкнется контакт реле уровня *SL1*, но и это ничего не изменит, так как схема лишена питания. Однако неисправность будет замечена благодаря тому, что якорь реле *K2*, лишившись питания, отпустил контакт *SL2* и реле *K2* включило лампу *HL2*, через реле *E1* и *K3* – звонок. Этот случай на диаграмме не показан.

Случай 4. Допустим, что питания лишилась схема сигнализации (рис. 5.10, б) при этом якорь реле *K4* отпустит контакт и уже от другой, исправной, магистрали, включит сирену *HA2*.

Случай 5. Уровень, понижаясь, достиг отметки *A* (22). Это может быть по ряду причин: нарушено питание, не включилось реле *K1* (рис. 5.10, а), не включился магнитный пускатель *KM1*, из-за перегрузки двигателя сработало тепловое реле *KK1*, плохо работает насос и т. д. В любом случае уровень снижается. На отметке *A* (48) (рис. 5.10, в) размыкается контакт *SL2* (рис. 5.10, а) реле аварийного уровня (49), отключает реле *K2* (50), которое включает аварийную лампу *HL2* (51) и звонок *HA1* (52). Звонок отключают кнопочным выключателем *SB2* (53).

Основные задачи анализа схемы. Далее необходимо сформулировать задачи анализа схем и, обратившись к рассмотренной выше схеме, ответить, решаются ли они этой схемой.

В чем заключаются основные задачи анализа схем? Как правило, основные задачи анализа схем сводятся к тому, чтобы проверить следующее:

1. *Выполняются ли заданные условия действия?*

Выполняются: уровень автоматически поддерживается в заданных пределах (см. на диаграмме участок Н).

2. *Начнет ли схема правильно работать при первом включении электропитания?*

Начнет (см. на диаграмме участок от точки 3 (питание включено) до точки 8 – начало работы насоса).

3. *Как поведет себя схема при перерыве питания и сможет ли после его восстановления правильно продолжать работу?*

При перерыве питания (точка 29) насос останавливается (32), а при восстановлении питания (40) насос продолжает работать (43). Схема обеспечивает самозапуск, который в данном случае необходим. Схемы с самозапуском применяют обычно в устройствах вентиляции, кондиционировании, одним словом, когда необходимо поддерживать определенный режим. Однако в ряде случаев, например при управлении конвейерами, самозапуск недопустим (рис. 5.10).

4. *Обеспечивается ли возникновение сигнала, обращающего внимание персонала на потерю схемой работоспособности как из-за неисправности технологического оборудования, так и при неполадках в самой схеме?*

При потере схемой работоспособности по любой причине включаются аварийные сигналы: лампа, звонок или сирена (точки 33–37 или 51–52).

5. *Правильно ли выбрано и секционировано питание?*

Правильно, так как контролирующие элементы получают питание независимо от контролируемых, а именно: цепи управления, сигнализации, а также контроль напряжения в цепях сигнальных ламп и звонка питаются независимо друг от друга.

6. *Может ли данная схема работать совместно с остальными электрическими устройствами?*

Может. Она присоединена к существующему щиту 380 В и к схеме сигнализации по той же системе, которая принята на данном предприятии.

7. *Обеспечивается ли защита от токов КЗ?*

Обеспечивается. Цепи 380 В защищены предохранителями FU1 с вставками на 20 А. Эти вставки защищают провода сечением не менее

2,5 мм² (алюминий), допускающие длительный ток более 20 А. Защита от токов КЗ нагревательных элементов электротеплового реле *KK1* обеспечивается благодаря тому, что выдержано условие: $20 : 6,5 < 3$. Цепи 36 В защищают предохранители *FU2*. Они необходимы, так как предохранители *FU1* в цепи 380 В защищать цепи 36 В не могут: ток мал.

8. *Обеспечивается ли защита от перегрузки?*

Обеспечивается с помощью двухэлементного электротеплового реле *KK1*. Защищать от перегрузки надо только двигатель (в других цепях схемы на рис. 5.10 перегрузки быть не может). При недопустимо большой механической нагрузке на вал двигателя чрезмерный ток пройдет через нагревательные элементы обеих фаз. При перегорании предохранителя в одной из трех фаз либо частота вращения снизится, либо двигатель остановится. Но в обоих случаях чрезмерный ток пройдет хотя бы через один нагревательный элемент.

9. *Как поведет себя схема при перегорании предохранителей?*

При перегорании предохранителей работа схемы, конечно, нарушится, однако ничего опасного не произойдет: включатся аварийные сигналы (лампа, звонок или сирена), благодаря чему неполадка будет замечена.

Рассмотрим вопрос подробнее. Если перегорят любые два или три предохранителя *FU1*, то двигатель остановится. При этом если перегорели предохранители в фазах *A* и *C*, то реле *K2*, лишившись питания, отпустит замкнутые контакты и включит аварийные сигналы. Если перегорит один предохранитель в фазе *B*, то возникнет перегрузка, сработает реле *KK1*, отключив двигатель. А когда после отключения двигателя уровень снизится до отметки *A*, включатся аварийные сигналы.

При перегорании одного предохранителя в фазе *A* или *C* возможны два случая. Либо в цепях управления напряжение настолько понизится, что реле *K2* отпустит замкнутые контакты и включит аварийные сигналы, либо сработавшие ранее реле *K1*, *K2*, *KM1* не отпустят замкнутые контакты, так как их катушки будут получать питание через обмотки фаз двигателя от исправных фаз. Тогда возникнет перегрузка, сработает реле *KK1* и отключит двигатель. Через некоторое время уровень снизится до отметки *A* – при этом включатся аварийные сигналы.

Если перегорит предохранитель *FU2* (один или два – безразлично), реле *K2*, лишившись питания, отпустит и включит аварийные сигналы.

Если перегорит предохранитель *FU3*, схема сигнализации работать не сможет, но реле *K4* отпустит замкнутые контакты и включит сирену.

Следует обратить внимание на то, как подробно рассматривались последствия повреждения, но не вообще, а конкретно: поочередно предполагалось перегорание каждого предохранителя. Именно так, не пропуская ни одного элемента, ни одной цепи, и следует поступать всегда. Затраченное на это время себя оправдывает.

10. *Не повлечет ли за собой заземление (нарушение изоляции относительно заземленных конструкций) опасных последствий?*

Нарушение изоляции относительно «земли» не приведет к опасным последствиям. Чтобы в этом убедиться, предположим поочередные нарушения изоляции (одно из них показано стрелкой) и оценим его последствия. Если контакт $SL1$ в момент заземления замкнут, произойдет КЗ и правый предохранитель $FU2$ перегорит – реле $K2$ отпустит замкнутые контакты и включит аварийный сигнал. Заметим попутно, что к заземленному выводу трансформатора нужно присоединять катушки, но ни в коем случае нельзя присоединять контакты, так как в этом случае при заземлении может произойти не отказ, а самовключение, что гораздо опаснее.

Заземление любого провода, питающего от фазы A , B или C , приведет к перегоранию соответствующего предохранителя $FU1$, так как в сетях 380/220 В нейтраль заземлена.

Заземление проводов, присоединенных к предохранителю $FU3$, приведет к его перегоранию, отпуску реле $K4$ и включению сирены $HA2$.

11. *Нет ли ложных цепей, т. е. таких цепей, которые возникают помимо нашей воли?*

Ложных цепей нет. Чтобы в этом убедиться, нужно проследить каждую цепь и проверить, не попадает ли ток в какой-либо «чужой» электроприемник. Например, при замыкании контакта $K2$ в цепи сигнализации должна включаться только одна лампа $HL2$, остальные лампы гореть не должны. Они и не горят благодаря тому, что цепи ламп разделены диодами $VD1$, $VD2$.

12. *Обеспечивается ли безопасность обслуживающего персонала?*

Обеспечивается: а) присоединением контактов реле уровня, установленных на металлическом или железобетонном резервуаре, через понижающий трансформатор; б) заземлением одного из выводов вторичной обмотки понижающего трансформатора; в) питанием катушки магнитного пускателя от двух фаз, а не от фазы и нейтрали.

13. *Обеспечивается ли сохранность оборудования и проводов, т. е. защищены ли они от перегрева, пробоя изоляции, вредного влияния среды?*

Обеспечивается. Во-первых, все изделия, из которых собрана схема, выбраны с учетом условий монтажа и эксплуатации. Во-вторых, выполнена защита от токов КЗ, а двигатель, кроме того, защищен от перегрузки.

14. *Нет ли в схеме таких элементов, неисправность которых не может быть своевременно обнаружена в процессе ее работы? Если такие элементы есть, то предусмотрены ли средства для их периодической проверки?*

Таковыми элементами являются: лампы *HL1*, *HL2*, звонок *HA1*, сирена *HA2*, реле *K3*, *K4*, кнопочные выключатели *SB1* и *SB2*. Если кнопочным выключателем *SB1* удастся включить лампы и звонок, значит, *HL1*, *HL2*, *HA1*, *K3* и *SB1* исправны. Если кнопочным выключателем *SB2* удастся отключить звонок, значит, *SB2* исправен. Проверить исправность контакта реле *K2* в цепи лампы *HL2* можно, например, на 2–3 с отключив рубильник *QS1* (конечно, в то время, когда двигатель не работает), – реле *K2* отпустит замкнутые контакты и включит лампу и звонок. Реле *K4* и сирену *HA2* можно проверить, сняв на мгновение питание с цепей сигнализации.

15. *Верно ли выбран режим работы электрооборудования, проводов и кабелей?*

Например, если двигатель выбран для режима повторно кратковременной нагрузки с повторным включением (ПВ) 60%, то это будет верно.

16. *Правильно ли согласовано время совместно действующих аппаратов?*

Согласования времени действия аппаратов в нашем примере не требуется: схема очень простая, заполнение и опорожнение резервуара протекают медленно, и нет таких аппаратов, которые могут не успеть замкнуть или отпустить соответствующие контакты.

5.3.3. Таблицы переключений

При применении двухпозиционных аппаратов всё просто: в одной позиции одни контакты замкнуты, другие разомкнуты. В другой позиции контакты, которые были замкнуты, разомкнуты, а те, что были разомкнуты, теперь замкнуты. Термины «замыкающий» и «размыкающий» достаточно четко определяют их функциональное назначение.

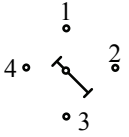
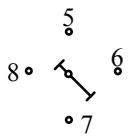
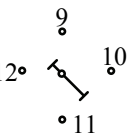
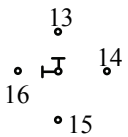



Однако очень часто приходится работать с аппаратами, к которым эти термины неприменимы. Таковыми аппаратами являются: многопозиционные переключатели со сложной коммутацией; программные реле

времени; реле, контролирующие значения технологических параметров (например, температуры, уровня, давления, скорости и т. п.); вспомогательные контакты задвижек и клапанов с электрическими приводами; вспомогательные контакты приводов масляных, электромагнитных и воздушных выключателей, разъединителей и т. п. В таких случаях схемы приходится дополнять таблицами (их иногда называют «диаграммами») переключений, таблицами настройки сложных аппаратов или другими графическими пояснениями. Рассмотрим лишь некоторые из них.

Переключатели с ручным приводом. Таблица 5.1 – это таблица переключений трехпозиционного переключателя. Переключатель набран из четырех пакетов (секций) контактов, выводы которых пронумерованы (1–16). Подвижные контакты изображены в позиции О – отключено. Другие позиции: А – автоматика, Р – ручное управление, т. е. управление по простейшим цепям, без блокировки. Строго говоря, такой вид управления правильнее называть не ручным, а ремонтным, так как в нормальных условиях эксплуатации пользоваться им не следует.

Таблица 5.1

Таблица переключения трехпозиционного пакетного выключателя

Условное обозначение	Вид фланца (спереди) и схема расположения контактов (сзади)	А О Р								
—	Номер контакта	—	1–3	2–4	5–7	6–8	9–11	10–12	13–16	14–15
Р	Ручное		×	—	×	—	×	—	—	—
О	Отключено		—	—	—	—	—	—	×	—
А	Автоматика		—	×	—	×	—	×	—	—

В клетках стоят либо крестики – контакт замкнут (выводы соединены), либо черточки – контакт разомкнут, т. е. выводы не соединены.

У п р а ж н е н и е 5.1. Руководствуясь табл. 5.1, указать, какие выводы соединены в позиции Р, не соединены в позиции О, соединены в позиции А.

Ответ. В позиции Р соединены выводы 1–3, 5–7, 9–11. В позиции О не соединены выводы 1–3, 2–4, 5–7, 6–8, 9–11, 10–12, 14–15. В позиции А соединены выводы 2–4, 6–8, 10–12.

Переключатели с электрическими приводами весьма разнообразны по конструкции, параметрам, преимущественным областям применения, способам настройки и т. п. Но при этом всегда в схемах, за исключением простейших случаев, приводят указания по настройке контактов. Такие указания, как правило, выполняют в виде таблицы (рис. 5.11, б). Рассмотрим ее подробно.

Как следует из схемы на рис. 5.11, а, прибор, названный *КТ1*, состоит из спускового электромагнита *УА*, электродвигателя *М* и семи контактов *КТ1:1–КТ1:7*. Два из них, а именно *КТ1:1* и *КТ1:2*, заняты в схеме самого прибора. Остальные контакты *КТ1:3–КТ1:7* используются для управления какими-либо механизмами, сигнальными приборами, участвуют в блокировочных зависимостях и т. п. В данном примере через контакт *КТ1:4* включена лампа *НЛ1*; контакт *КТ1:7* управляет контактором *КМ1*, который служит для включения и отключения механизма.

Таблица настройки (рис. 5.11, б) состоит из семи строк (по числу контактов). По горизонтали отсчитывают время, в течение которого контакты либо замкнуты (затемненные участки), либо разомкнуты. Из таблицы следует, что контакт *КТ1:1* до начала работы прибора разомкнут, затем замыкается, но перед окончанием работы снова размыкается. Контакт *КТ1:2* при неработающем приборе замкнут, а в начале его работы размыкается, но не сразу, а только после того, как контакт *КТ1:1* уже замкнулся. Это явствует из того, что затемненные участки в начале первой и второй строк «перекрываются». Контакт *КТ1:2* в конце работы снова замыкается, но до размыкания контакта *КТ1:1*. Контакты в течение одного цикла работы прибора замыкаются: *КТ1:3* – 1 раз; *КТ1:4* – 4–3 раза; *КТ1:5* – 1 раз, причем некоторое время контакты *КТ1:4* и *КТ1:5* замкнуты одновременно; *КТ1:6* – 1 раз; *КТ1:7* – 2 раза, причем некоторое время контакты *КТ1:5* и *КТ1:7*, а также контакты *КТ1:4* и *КТ1:7* замкнуты одновременно.

В приведенном описании опущены указания на временные параметры, т. е. не указано, через сколько времени контакт замыкается, сколько времени остается замкнутым, продолжительность следующей паузы и т. п. Но даже без этих совершенно необходимых указаний временных параметров настройки в нашем довольно простом случае словесное описание многословно, удержать его в памяти трудно, а воспользоваться им для настройки прибора невозможно. Таблица же проста и наглядна. С ее помощью легко не только правильно настроить прибор, но и составить диаграмму взаимодействия, поясняющую работу схемы, в которой прибор использован. Докажем это, выполнив следующее упражнение 5.2.

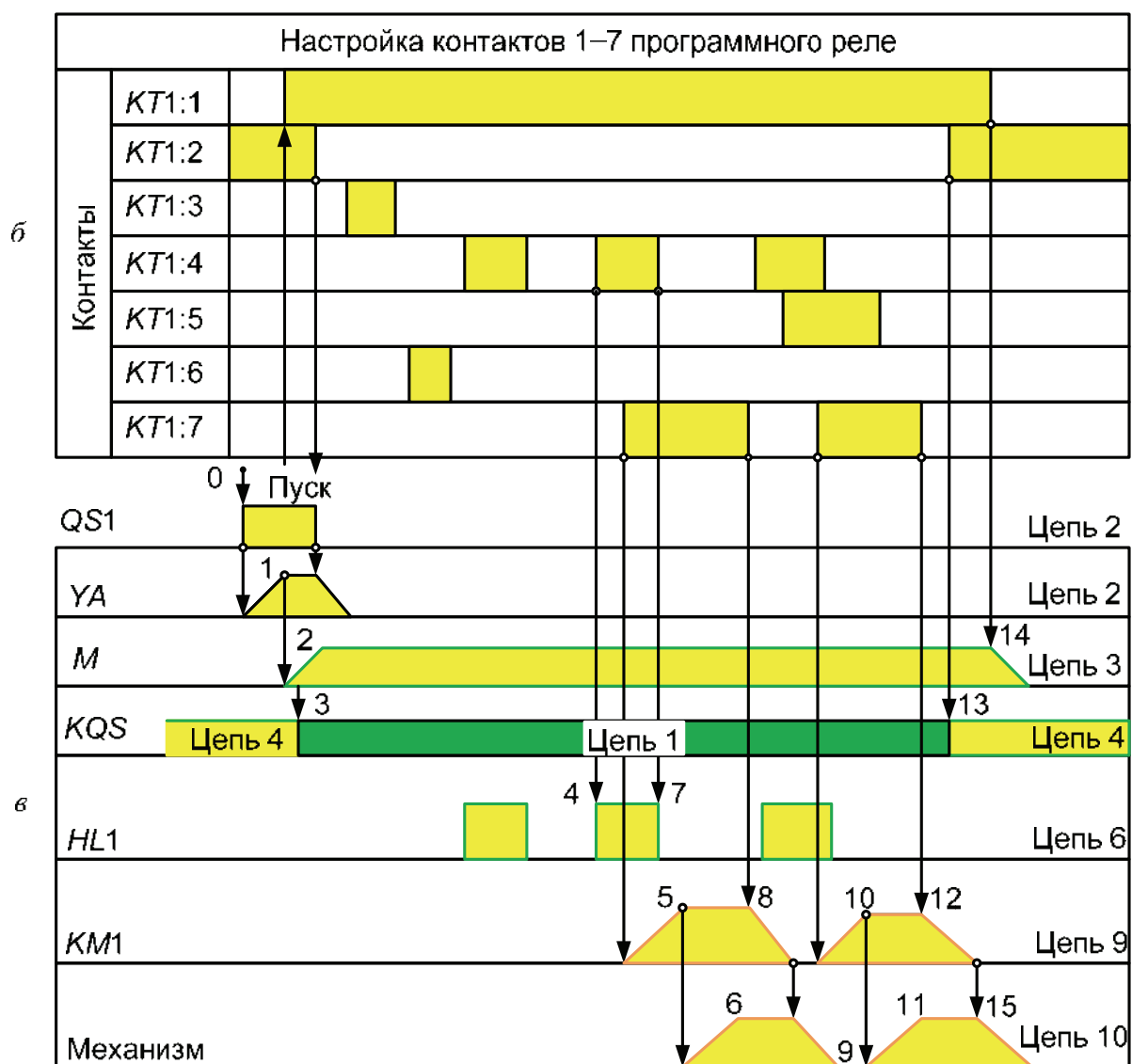
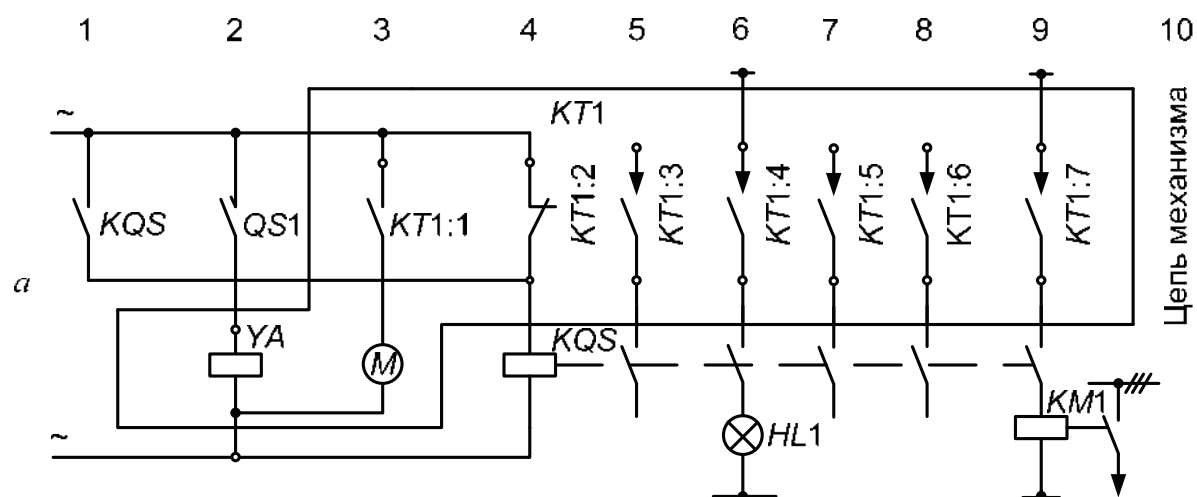


Рис. 5.11. Электрическая схема управления механизмом (а), таблица настройки контактов программного реле времени (б), диаграмма взаимодействия контактов программного реле времени (в)

У п р а ж н е н и е 5.2. Составить диаграмму взаимодействия для схемы, которая приведена на рис. 5.11, *а*. Как изменятся условия действия, если в цепи 2 контакт $QS1$ заменить перемычкой? Объяснить назначение реле KQS .

Для выполнения этого упражнения надо знать принцип работы прибора. Его пуск осуществляется с помощью импульса, который в нашем случае подает контакт $QS1$ на электромагнит YA по цепи 2. Электромагнит освобождает защелку контакта $KT1:1$, который по цепи 3 включает двигатель M : валик, переключающий контакты, начинает движение. Контакт в цепи 3 автоматически размыкается по завершении цикла, благодаря чему двигатель останавливается. Обратите внимание: прибор не имеет самовозврата в исходное положение, поэтому при исчезновении питания он останавливается, а после его восстановления продолжает работу.

Чтобы «связать» таблицу настройки контактов (рис. 5.11, *б*) с диаграммой взаимодействия (рис. 5.11, *в*), между ними в учебных целях проведены вспомогательные линии.

Ответ. Пусковой контакт $QS1$ подает импульс (точка 0) в цепь электромагнита YA (цепь 2). Электромагнит срабатывает (точка 1) и освобождает защелку контакта $KT1:1$. Контакт замыкается и включает двигатель M (цепь 3, точка 2). Через некоторое время $KT1:4$ замыкается и по цепи 6 включает лампу $HL1$ (точка 4). Затем замыкается $KT1:7$ (цепь 9, точка 5), $KM1$ срабатывает и включает механизм (цепь 10, точка 6). Контакт $KT1:4$ размыкается (точка 7) и отключает лампу. Контакт $KT1:7$ размыкается (точка 8) и отключает механизм (точка 9). Через некоторое время $KT1:7$ снова замыкается, включая $KM1$ механизм. Затем $KT1:7$ размыкается и отключает $KM1$: механизм останавливается (точки 10–12, 15). Контакт $KT1:1$ размыкается и отключает двигатель M (точка 14) – цикл закончен.

Обратите внимание: за один цикл механизм включался дважды, но в первый раз на меньшее время (отрезок 6–9 короче отрезка 11–15), а лампа трижды. На рис. 5.11, *в* показано одно включение.

Если контакт $QS1$ заменить перемычкой или контактом выключателя, то прибор будет работать непрерывно, пока выключатель включен.

Как было сказано выше, прибор не имеет самовозврата, из-за чего может возникнуть, если не принять специальных мер, в высшей степени опасная ситуация. Поясним ее суть следующим примером. Пусть контакты $KT1:3$ – $KT1:7$ использованы для включения пяти механизмов. Прибор, приведенный в действие автоматикой (или персоналом), правильно включил три механизма. Но затем питание прибора нарушилось,

из-за чего он остановился. Персонал, видя, что четвертый и пятый механизмы не включились, может приступить к их осмотру с целью выяснения причин сбоя в работе элементов схемы. Но если в это время питание восстановится, то прибор «самопроизвольно» продолжит работу и неожиданно включит эти механизмы, что в новых условиях может привести к недопустимым и даже опасным последствиям. Их предотвращает реле *KQS*. Оно присоединено таким образом, что при неработающем приборе его катушка получает питание по цепи 4 (левее точки 3 и правее точки 13) через контакт *KT1:2*. Но как только прибор начинает работать, этот контакт размыкается и остается разомкнутым вплоть до окончания работы прибора, благодаря чему катушка реле *KQS* получает питание только через его собственный замыкающий контакт по цепи 1. Это значит, что при любом нарушении питания реле *KQS* немедленно возвращается в исходное положение (отпускает) и, как видно на рис. 5.11, *а*, размыкает все оперативные цепи управления механизмами. А раз оперативные цепи разомкнуты, то переключения контактов при работе прибора после перерыва его питания безопасны. Используя общепринятую терминологию, можно сказать, что реле *KQS* осуществляет нулевую защиту.

5.4. Анализ работы электрических схем

5.4.1. Критерии анализа схем

Чтобы анализировать схемы, нужно располагать определенными критериями, дифференцировать электроустановки по предъявляемым к ним требованиям, учитывать условия, в которых они будут работать. Другими словами, оценивать схемы нужно с конкретных позиций, а не вообще.

Необходимо принимать во внимание следующее:

1. Способ обслуживания.

Так, для подстанций без дежурного персонала деблокировка защиты требует аппаратуры, управляемой дистанционно, например, с помощью телемеханики. На подстанциях с дежурным персоналом достаточно иметь для этой цели кнопочный выключатель.

2. Квалификацию обслуживающего персонала.

Чем выше квалификация персонала, тем проще может быть схема, так как можно установить строгий порядок обслуживания. Если нельзя рассчитывать на соблюдение персоналом установленного порядка, то схему приходится усложнять.

3. Категории электроустановок по надежности электроснабжения, установленную ПУЭ.

Нельзя во всем сомневаться. Сомнения в надежности всех элементов приведут к нагромождению защит, блокировок, предупреждающих сигналов и т. п., которые до того усложнят схему, что она, вместо того чтобы действовать, сама станет источником неполадок.

Отправными пунктами при составлении и оценке схем являются: данные заводов-изготовителей электротехнических изделий, результаты специально предпринятых испытаний и в конечном итоге опыт эксплуатации.

5.4.2. Причины нереальности схемных решений

Наладчикам электрических схем хорошо известно, что далеко не всегда оказываются работоспособными смонтированные схемные решения, хотя они и не содержат явных ошибок. Другими словами, проектные схемы не всегда реальны. Поэтому одна из задач чтения схем состоит и том, чтобы проверить, могут ли быть выполнены заданные условия.

Основными причинами нереальности схемных решений:

- 1) не хватает энергии для срабатывания аппарата;
- 2) в схему проникает «лишняя» энергия, вызывающая непредвиденное срабатывание аппарата;
- 3) не хватает времени для совершения заданных действий;
- 4) аппаратам задана уставка, которая реально не может быть достигнута;
- 5) совместно применены аппараты, резко отличающиеся по своим свойствам;
- 6) не учтены коммутационная способность, уровень изоляции аппаратов и проводки, не погашены коммутационные перенапряжения;
- 7) возникновение ложных цепей, препятствующих отключению установки;
- 8) не учтены условия, в которых электроустановка будет эксплуатироваться;
- 9) при проектировании электроустановки за основу принимается ее рабочее состояние, но не показано, как ее привести в это состояние и в каком состоянии она окажется, допустим, в результате кратковременного перерыва питания. Исходя из сказанного, необходимо начинать анализировать схему с самого начала, а не с середины или с другого места. Требование стандарта, предусматривает изображать схему

в предположении, что питание на нее не подано. С этого начального состояния и надо строить диаграмму взаимодействия;

10) недооценка важности системы электропитания: неправильно рассчитаны питающие провода; звонок присоединен не к той магистрали, к которой следует его присоединить.

Некоторые из названных позиции попытаемся рассмотреть на реальных примерах.

Пример 5.10. Проанализируем пункт 1. При замыкании контакта $K1-QS$ (рис. 5.12, *a*) ток I_1 через некоторое время (определяющееся сопротивлением резистора $R1$ и емкостью конденсатора $C1$) заряжает конденсатор до напряжения зажигания неоновой лампы HL . Лампа вспыхивает, появляется ток I_2 , и реле $K1$ должно сработать.

Схема правильна, но реле серий МКУ-48, РПУ-2 и т. п. не срабатывают (хотя лампа HL «вспыхивает»). Дело в том, что сопротивление лампы слишком велико, из-за чего в катушку реле поступает недостаточно энергии. Для этой схемы нужно значительно более чувствительное реле.

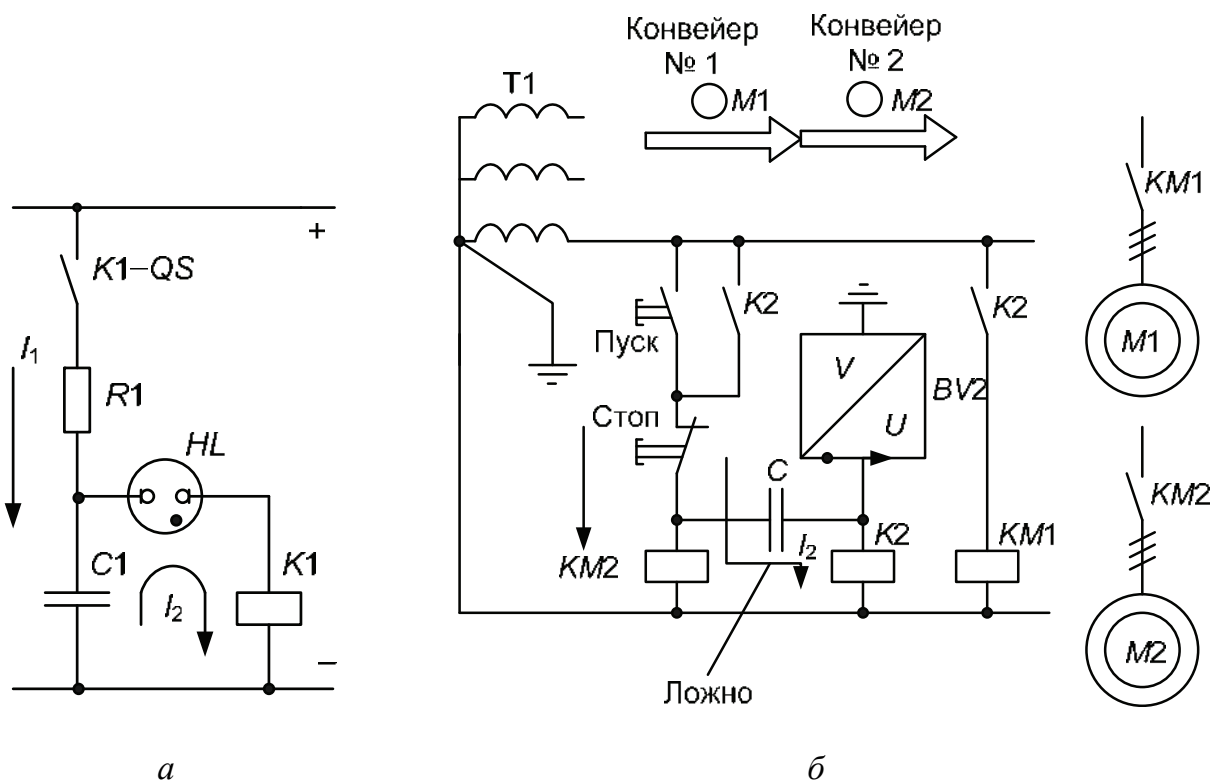


Рис. 5.12. Нехватка энергии для срабатывания реле $K1$ (*a*), и проникновение «лишней» энергии (*б*)

Пример 5.11. Изображенные на схеме конвейеры № 1 и 2 (рис. 5.12, б) должны управляться следующим образом. Кнопочным выключателем «Пуск» включают магнитный пускатель $KM2$ конвейера № 2. Когда он разовьет нормальную скорость и ЭДС датчика скорости $BV2$ достигнет напряжения срабатывания реле $K2$, последнее сработает и включит магнитный пускатель $KM1$ конвейера № 1. При снижении скорости конвейера № 2 реле $K2$ отключит оба конвейера.

Схема правильна. Но в случае если цепи магнитных пускателей и реле $K2$ проходят в одном кабеле, то, как только будет замкнут выключатель «Пуск», возникнет ток I_2 (через паразитную емкость C между жилами кабеля), и реле $K2$ сработает независимо от скорости конвейера № 2. Таким образом, в данном случае в цепь поступает «лишняя» энергия. Следует заметить, что реле $K2$ на схеме рис. 5.12, б – это повторитель весьма чувствительного реле (оно не показано, чтобы не отвлекаться от рассматриваемого вопроса).

Широкое внедрение в электроустановки аппаратов и приборов высокой чувствительности (и весьма быстродействующих) привело к серьезным осложнениям, так как уровень помех стал соизмерим с рабочими параметрами.

Пример 5.12. Для рассмотрения этого примера воспользуемся рис. 5.13, а, где в упрощенном виде показана схема подстанции, питающейся по рабочему вводу 10 кВ и питающей шины 0,4 кВ через трансформатор $T1$. При КЗ в точке A (указана стрелка) подстанция лишается питания. Автоматика должна, по предположению разработчика схемы, сначала отключить выключатель $QF1$ поврежденного ввода, а затем включить выключатель $QF2$ резервного ввода. Но он не включится, так как система электропитания оперативных цепей не рассчитана на этот наиболее тяжелый и важный аварийный режим.

И действительно, при исчезновении напряжения по вводу перестает работать выпрямительное устройство UZ , и напряжение аккумуляторной батареи GB со 113 В сразу снизится до 106 В (в работе 53 элемента). При попытке включить выключатель $QF2$ падение напряжения от батареи до шин оперативного тока и от них до включающего электромагнита $YA2$ его привода, потребляющего 200 А, составит 40 В $[(0,12 + 0,08) \cdot 200 = 40]$. Следовательно, на зажимах привода остается явно недостаточное напряжение $106 - 40 = 66$ В, а нужно, согласно гарантии завода-изготовителя, не менее 93 В.

Пример 5.13. Для этого примера на рис. 5.13, б приведена выборка из схемы подстанции, на которой изображены шины 10 кВ, выключатель $QF3$,

Номинальный ток трансформатора Т2 на стороне ВН $I_{\text{ном}} = 22 \text{ А}$, коэффициент трансформации трансформатора тока – 25/5, уставка токовых реле $I_y = 100 \text{ А}$. Токовые реле, срабатывая, должны включить промежуточное реле К1 (стрелка 1), которое, в свою очередь, отключает *QF3* стрелка 2.

Пример 5.14. На рис. 5.13, б показаны реле контроля наличия напряжения $KV1$ и $KV2$ на шинах 0,4 кВ (изображено одно реле). В нормальном режиме их якоря притянуты, промежуточное реле $K2$ включено (стрелка 3), цепь звонка $HA1$ (стрелка 4) разомкнута.



352

При снижении напряжения до значения уставки реле напряжения (например, до 80 % номинального напряжения) цепь реле *K2* размыкается, и с замедлением возвращаясь в исходное положение включает звонок *HA1*. Замедление нужно, чтобы предотвратить включение звонка при кратковременных снижениях напряжения.

Для обеспечения контроля напряжения применены защитные реле. Это верно, ведь таким реле легко, не нарушая регулировки, можно задать необходимую уставку. Реле *K2* имеет электромагнитное замедление, и это тоже верно: ведь реле с электромагнитным замедлением самые простые и надежные, но катушки некоторых из них (например, катушки реле управления) требуют относительно большого тока, что крайне неблагоприятно для контактов защитных реле напряжения переменного тока. Известно, что якорь таких реле вибрирует, из-за чего их контакты, через которые проходит ток, искрят. Длительное искрение может привести к спеканию контакта, и тогда при понижении напряжения на шинах, реле напряжения не сможет разомкнуть контакт, что вызовет отказ работы узла контроля напряжения.

Пример 5.15. Здесь сделано допущение, что в схеме на рис. 5.13, б контакты в порядке и уставка токовым реле *KA1–KA3* задана правильно (в отличие от примера 5.13). Произошло КЗ в точке Б, но защита не отключила выключатель *QF3*, так как на шинах оперативного тока не оказалось напряжения из-за того, что когда-то перегорел предохранитель *FU1 (FU2)* (или же персоналом была допущена ошибка). Но это осталось незамеченным, так как звонок *HA1* не звонил, потому, что его присоединили к тем самым шинам, об исчезновении напряжения на которых он должен сигнализировать. Ошибка, к сожалению, распространенная.

Следует обратить внимание пользователей на то, что приведенные выше примеры очень просты. На самом же деле они довольно сложны и ответственны. Эта обманчивая «простота», как правило, и подводит.

5.4.3. Возможные ошибки при разработке электрических схем

Как правило, обнаруженные ошибки в схемах при наладке оборудования устраняют до начала эксплуатации. Но чаще они выявляются со временем. Их последствия проявляются не сразу, а в процессе работы, и притом, как всегда, в самое неподходящее время. Нужно, например, ввести резерв, а выключатель не включает из-за того, что составитель схемы ошибся при выборе сечения проводов, питающих привод или отказала электрическая защита, так как в оперативных цепях когда-то

перегорел предохранитель, но сигнал вовремя не сработал, потому что его ошибочно присоединили к тем же предохранителям, неисправность которых он должен контролировать.

Недостатками в схемах, обеспечивающих электропитание, дело не ограничивается. Порой возникают *ложные цепи*, т. е. такие цепи, которые не предусмотрены разработчиком схемы. В результате вместо одного сигнала появляется несколько. Иногда вместо сигнала «Включено» возникает сигнал «Отключено» и т. п.

Ложные цепи могут иметь место по целому ряду различных причин, например:

- а) нарушение изоляции между проводниками различных цепей;
- б) емкостные связи, причем они опасны в установке не только переменного тока, но и при постоянном токе;
- в) перегорание какого-либо предохранителя или незамыкание контакта. В результате с участка цепи снимается фиксированный потенциал («плюс», «минус», «фаза», «нейтраль»), а проводник обращается в шинку, по которой проходит ток ложной цепи;
- г) перераспределение токов и напряжений между электроприемниками. Например, одна группа ламп оказывается соединенной последовательно с другой, а группы неодинаковы, поэтому одни лампы горят тускло, другие перегорают.

Еще пример: ток в электроприемник поступает не только по той цепи, которая предусмотрена, но и по другой, в результате контакт в ней выходит из строя, так как он не рассчитан на такой большой ток.

Кроме этого бывают ошибки и другого плана, которые объясняются несогласованностью времени действия как отдельных аппаратов, работающих совместно, так и между устройствами в целом. При этом несогласованность возникает и в переходных режимах во время переключений.

Другая группа ошибок состоит в следующем. Разработчик схемы считает переключения законченными тогда, когда достигнут заданный оперативный результат (к примеру, при работе автомата повторного включения (АПВ) включился выключатель). Хотя на самом деле цикл можно считать законченным только тогда, когда аппаратура подготовлена к следующему действию.

Ложные цепи. Рассмотрим наиболее распространенные ошибки и приемы их выявления.

Порой необоснованное расположение контактов в схеме может привести как к ложному соединению рабочих цепей с другими (которые в данном режиме не должны работать), так и к косвенному размыканию чужих цепей.

На рис. 5.14, *а* показана оперативная схема распределительного устройства с двумя системами шин I и II. От шин отходят четырнадцать линий. Каждая линия может быть присоединена к той или иной системе с помощью шинных разъединителей: 1 – на первую систему; 2 – на вторую. Выключатели: 3 – линейные; 4 – шиносоединительный (ШСВ). Прямоугольники 5 условно обозначают комплекты защиты линий. В нашем примере показаны две линии – № 3 и 14. Линия № 3 (и аналогично линии № 1, 2, 4–13) получают питание от первой системы шин, к которой присоединен ввод. Выключатель линии № 14 выведен в ремонт, он отключен (зачернен) и отсоединен, а линия питается через временную перемычку от второй системы шин через шиносоединительный выключатель (ШСВ) (рис. 5.14, *а*).

Очевидно, что защита линии № 14 должна действовать в данном случае на отключение ШСВ.

Схема перевода действия защиты линий, выключатели которых временно выведены из работы, показана на рис. 5.14, *б*. Здесь: 5 – контакты реле защиты; 6 – отключающие электромагниты приводов; 7 – кнопочные выключатели «Отключить»; 8 – гнезда разъемов; 9 – шлейф, соединяющий нижние (по схеме) гнезда с цепью отключения ШСВ; 10 – вилки, штифты которой закорочены, в нашем случае вилка вставлена в гнезда, относящиеся к линии № 14, благодаря чему при срабатывании защиты этой линии отключится ШСВ, что и требуется. Цепь отключения показана штрихпунктирной стрелкой.

К недостаткам схемы можно отнести следующие:

- а) оперативные цепи линии № 14 связаны с цепями ШСВ;
- б) на отключение действует не только защита (это верно), но и кнопочный выключатель 7 линии № 14, из-за чего при опробовании привода выключателя линии № 14 во время ремонтных работ по ложной цепи будет ошибочно отключен ШСВ (штрихпунктирная стрелка);
- в) если после обратного перевода питания линии на рабочий выключатель вилка ошибочно останется вставленной в гнездо, то при отключении ШСВ (например, при опробовании резерва) по «обратной» ложной цепи будет отключена и работающая линия – штрихпунктирная стрелка. Для выявления ложных цепей нужно условно проследить все возможные пути тока от одного полюса к другому через параллельно соединенные контакты (в данном примере 5 и 7) и в прямом направлении (от цепей привода линии к цепям ШСВ), и в обратном (от цепей ШСВ к цепям привода).

Схему легко исправить. Для этого надо соединители 8 (рис. 5.14, *б*) заменить на переключатели 12 и проложить провод 11 (рис. 5.14, *в*).

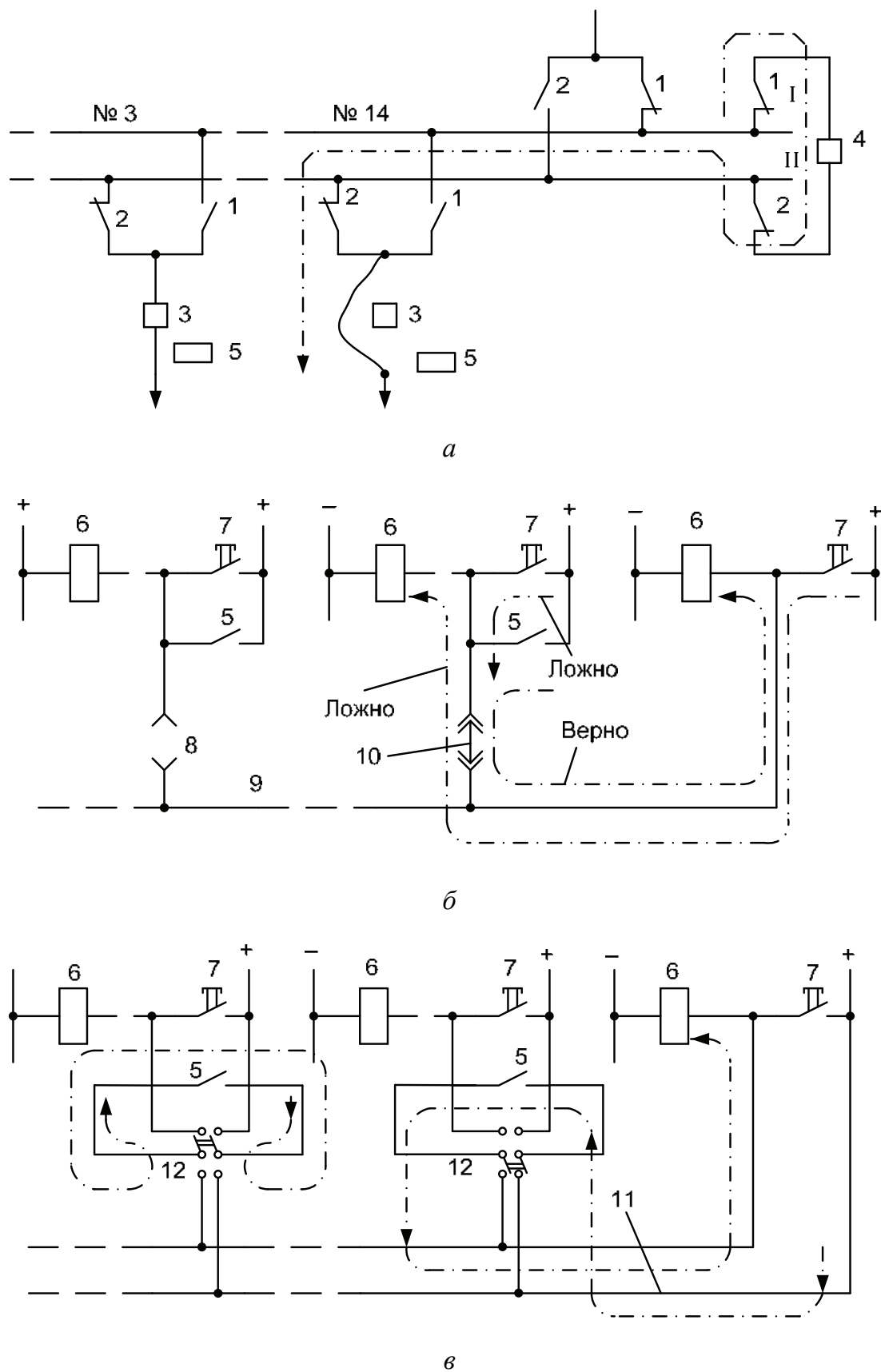


Рис. 5.14. Ложные цепи через шинку, образующуюся при переключении действия защиты ремонтируемого линейного выключателя 3 на шиносоединительный 4

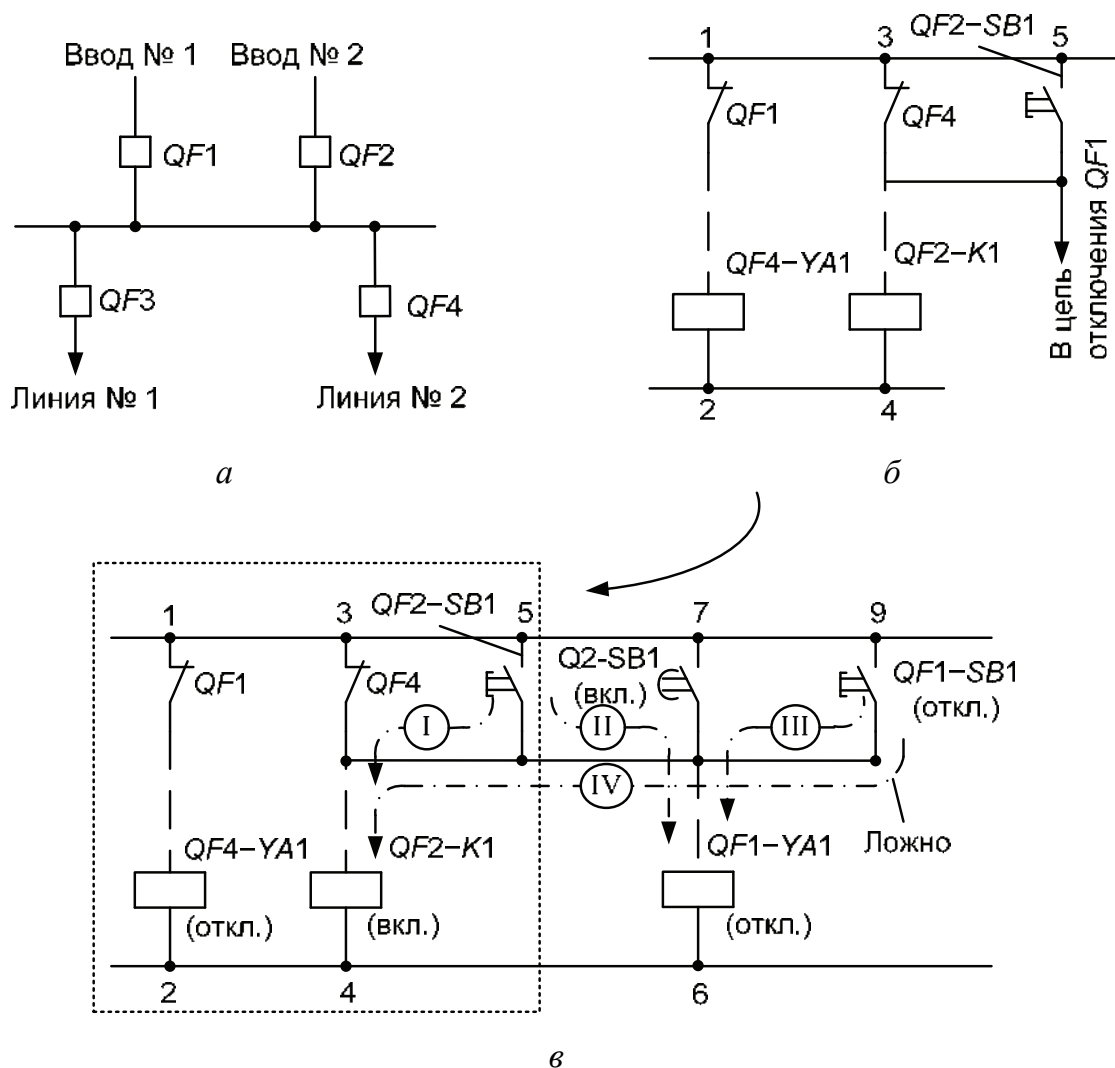


Рис. 5.15. Ложные цепи, не выявленные при проектировании

Тогда защита линии № 3 действует только на привод ее выключателя (переключатель включен вверх, по схеме), а защита линии № 14 — только на привод ШСВ (рубильник включен вниз).

На рис. 5.14, *a* и *б* контакты 5 принадлежат промежуточному реле или реле времени защиты, катушка которого получает питание от оперативных цепей своего выключателя. В то же время выключатель линии 3 заменяют шиносоединительным обычно в связи с ремонтными работами и при этом снимают питание с оперативных цепей ремонтируемого выключателя. Но это равносильно отключению защиты.

На рис. 5.15, *a* показаны шины, нормально питающиеся от мощного ввода № 1. В аварийном режиме питание переводится на ввод № 2, который имеет ограниченную мощность и не может работать параллельно с вводом № 1. Для удовлетворения этих условий была предложена схема на рис. 5.15, *б*, ее действие сводится к следующему. При от-

ключении выключателя $QF1$ его вспомогательный контакт по цепи $1-2$ отключает выключатель $QF4$ с помощью отключающего электромагнита $QF4-YA1$, чем достигается разгрузка шин. Затем вспомогательный контакт $QF4$ по цепи $3-4$ включает промежуточный контактор $QF2-K1$, включающий, в свою очередь, выключатель $QF2$ (не показано). Во избежание включения $QF2$ кнопочным выключателем $QF2-SB1$ по цепи $5-4$ при включенном выключателе $QF1$ (что по условию недопустимо) на рис. 5.15, б стрелкой показана необходимость присоединить кнопочный выключатель $QF2-SB1$ к цепи отключения $QF1$. На первый взгляд всё верно. И действительно, если при включенном $QF1$ кнопочным выключателем $QF2-SB1$ по ошибке включают $QF2$ (цепь $5-4$, стрелка I на рис. 5.15, в), то это же действие приводит к отключению $QF1$ по цепи $5-6$ (стрелка II). Это верно. Если же, не ограничиваясь стрелкой на рис. 5.15, б, изобразить схему полностью (рис. 5.15, в), то обнаружится ложная цепь $9-4$ (стрелка IV), из-за которой не удастся снять напряжение с шин. Эта цепь возникнет, когда с целью отключения $QF1$ по верной цепи $9-6$ (стрелка III) нажмут кнопочный выключатель $QF1-SB2$; при этом по ложной цепи $9-4$ включится $QF2$.

Перераспределение напряжений и токов в электрических схемах. Наиболее распространенными и очень важными элементами схем являются резисторы. С помощью резистора ограничивают ток, вводя его в цепь лампы, если ее номинальное напряжение ниже напряжения сети.

С помощью резисторов ускоряют срабатывание реле путем уменьшения постоянной времени цепи.

С резисторов «снимают» необходимое напряжение для работы полупроводниковых приборов и т. д. Резисторы широко используют в измерительной технике. Но иногда применение такого простого элемента, как резистор, может обернуться непредсказуемыми последствиями. Это можно увидеть на следующем примере.

На рис. 5.16, а показана схема включения лампы $HL1$ и поворотного сигнала $E1$, встроенного в мнемоническую схему.

Лампа $HL1$ горит, если масляный (электромагнитный, вакуумный) выключатель $Q1$ отключен, и, следовательно, свечение лампы является сигналом, разрешающим манипулировать разъединителями, ограждающими выключатель. Для экономии вспомогательных контактов выключателя лампа (цепь $1-2$) и одна из катушек поворотного сигнала (цепь $1-4$) включены через один и тот же размыкающий контакт. В схеме на рис. 5.16, а всё верно: стрелка I указывает направление тока в лампе, стрелка II – в левой катушке $E1$ (выключатель $Q1$ отключен), стрелка III – в правой (выключатель включен).

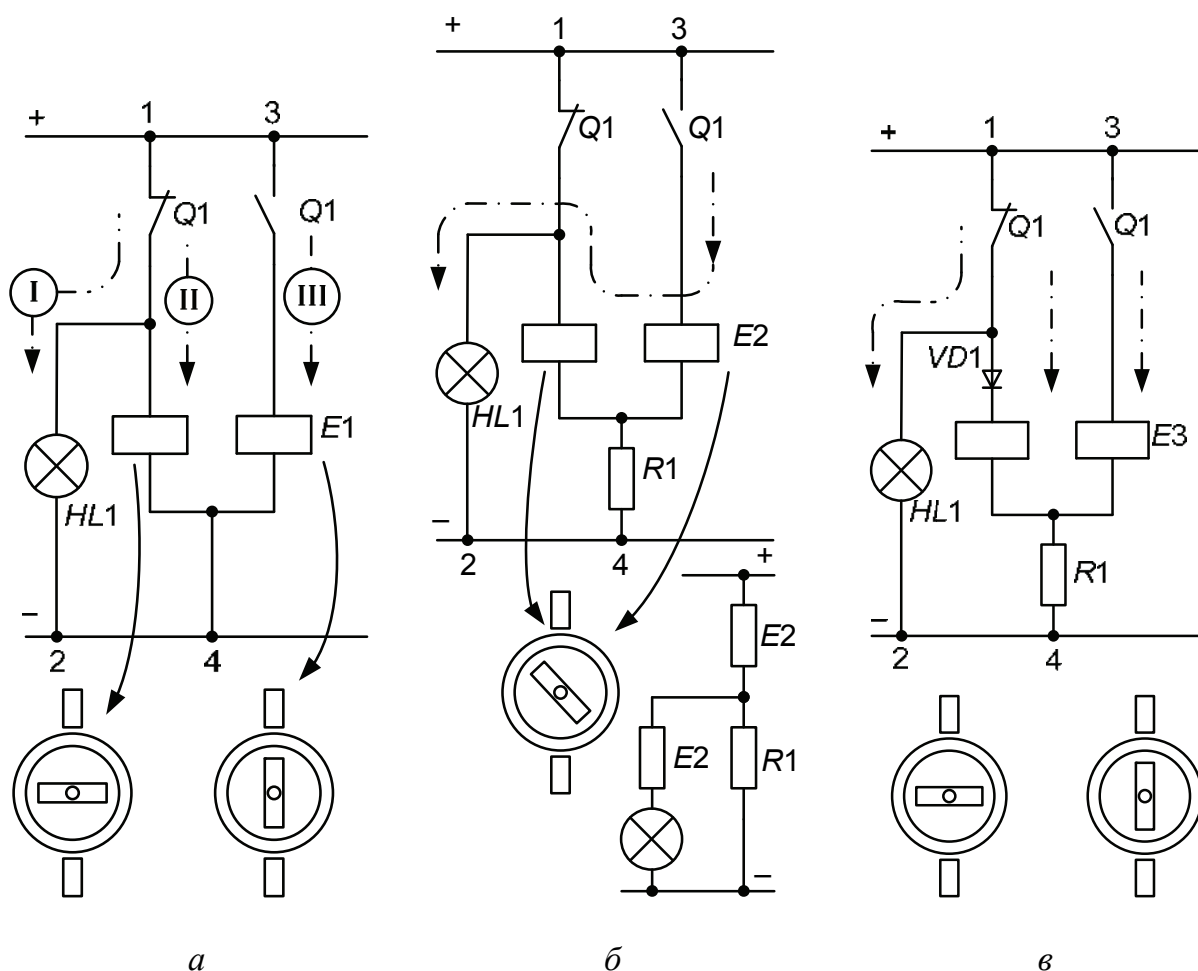


Рис. 5.16. Ложные цепи, возникающие при перераспределении токов

Но для уменьшения размеров прибора параметры катушек изменили, что потребовало введения в их цепь добавочного резистора $R1$ (рис. 5.16, *б*), и тотчас образовалась ложная цепь (штрихпунктирная стрелка), из-за которой указатель поворотного сигнала $E2$ занял нейтральное положение, а лампа засветилась неполным накалом.

Причина образования ложной цепи заключается в перераспределении токов вследствие того, что последовательно с правой катушкой оказалось введенное сопротивление резистора, падение напряжения на нем стало достаточным для создания в левой катушке тока, соизмеримого со значением рабочего тока. Но ложное свечение лампы разрешает манипулировать разъединителями при включенном выключателе, что крайне опасно. В аналогичных случаях путем простейших расчетов надо проверять значения токов, ответвляющихся в ложные цепи, оценивать последствия и, если необходимо, то предотвращать их, например, путем введения в схему диода $VD1$ (рис. 5.16, *в*).

Данный двигатель может управляться со щита или с диспетчерского пункта. При управлении со щита промежуточный контактор $KM1$ включают кнопочным выключателем $SB1$ (стрелка I). Затем $KM1$ самоблокируется (стрелка II) и включает двигатель (стрелка III). Когда процесс включения завершается, конечный выключатель $SQ1$ автоматически отключает контактор.

При управлении с диспетчерского пункта контактор $KM1$ включается при срабатывании реле $K1$ (стрелка IV) через предохранитель $F1$ с плавкой вставкой на 1 А – это верно. Но двигатель получает питание по двум цепям. Одна из них правильна (стрелка III), а другая ложна (стрелка V). По ложной цепи двигатель питается через предохранитель $F1$; последний перегорает от пускового тока, который для него слишком велик.



Чтобы исправить схему, нужно ввести в нее резистор $R1$ (рис. 5.17, б). Его сопротивление в несколько ом не мешает уверенному срабатыванию контактора $KM1$, но направит ток в электродвигатель в основном через предохранитель $FU2$ со вставкой на 15 А, разгрузив таким образом предохранитель $FU1$.

Несогласованность времени действия. В эксплуатационной практике приходится сталкиваться с неполадками:

а) в пределах отдельных схем ввиду того что какой-либо аппарат не успевает срабатывать или срабатывает больше раз, чем требуется;

б) причинами которых являются несогласованность времени действия устройств в целом, например устройств автоматики и телемеханики, устройств автоматики с электрической защитой и т. п.

Причины появления ошибок в схемах. Здесь рассмотрим вопросы, связанные как с проектированием новых схем, так и с внесением изменений в существующие схемы, поскольку и в том и другом случае иногда допускаются типичные ошибки. Поэтому на них следует обратить внимание.

Напомним, что схема (чертеж) и электроустановка – это далеко не одно и то же и когда говорится о схеме, всегда подразумевается не собственно изображение, а то, что изображено. Ведь очевидно, что электроустановка должна работать, т. е. выполнять возложенные на нее функции, быть долговечной и безопасной. Если эти требования выполняются, то говорят, что схема хорошая, а если не выполняются – схему считают плохой.

Справедливы ли такие оценки?

С точки зрения людей, которые только пользуются электроустановками (и отождествляют их со схемами), такие оценки вполне справедливы. Но специалист так рассуждать не может. Нередки случаи, когда по одной и той же схеме смонтированы две электроустановки, но одна из них работает хорошо, а другая дает сбой. Но ведь дело здесь во все не в схеме, а в том, что одна электроустановка хорошо смонтирована, налажена, отрегулирована и систематически обслуживается (т. е. неукоснительно выполняются требования ПУЭ и ПТЭ), другая же смонтирована кое-как, не налажена, а эксплуатация поручена недостаточно квалифицированному персоналу.

Вот еще один пример: по одной и той же схеме смонтированы две электроустановки. Одна из них работает хорошо, а другую не удастся наладить. Почему же схема для одной электроустановки хороша, а для другой неудовлетворительна? Дело в том, что электроустановки выполнены

на разной аппаратной базе: одна, например, на телефонных реле, а другая – на кодовых. Схему же составляют не вообще «на все случаи жизни», а для конкретных условий, в данном случае исходя из свойств телефонных реле, но не кодовых. Так что причина неудачи состояла не в том, что схема плохая, а в том, что ее применили в условиях, для которых она не предназначена. Отсюда следует вывод: схему можно применять только в тех условиях, которые были приняты при ее составлении.

В эксплуатации нередки случаи, когда правильно примененная схема начинает давать отказы после ремонта какого-либо ее элемента. Так, например, нарушение работы двигательного привода разъединителя возникло из-за того, что во время ремонта были перекрещены выводы одной из двух обмоток возбуждения. В результате получился не тот двигатель, для которого была составлена схема.

Подобные явления могут иметь место при замене электрооборудования новым. Например, когда истек срок службы привода масляного выключателя, привод был заменен новым, подходящим во всех отношениях, но с другой кинематикой, что потребовало другой регулировки вспомогательных контактов. Привод работал хорошо. Поэтому эксплуатационный персонал не обратил внимания на то, что после отключения выключателя отключающий электромагнит его привода остается под током. Заметили эту ошибку (и скорректировали схему, учтя особенности нового привода) только после того, как электромагнит сгорел.

Аналогичные неполадки нередко являются следствием внесения в схему каких-либо дополнительных элементов (контактов, резисторов, конденсаторов) или исключения элементов, которые принимают за лишние. Эти изменения вносят для решения частных задач (понадобился, например, дополнительный сигнал, или возникло желание упростить схему), а в результате могут нарушиться основные зависимости.

Приведенных ранее примеров достаточно, чтобы сделать следующий вывод: *при любой замене оборудования, а также при введении в схему или исключении из нее какого-либо элемента, не предусмотренного составителем схемы, ее необходимо самым тщательным образом проверить, исходя из новых условий.*

Наиболее распространенная ошибка – составление схемы без учета реальных условий работы электроустановки. В результате появляются практически невыполнимые решения.

Обратим внимание на особенно опасные ошибки, в результате которых электрическая защита, предусмотренная ПУЭ, выполнена только формально, т. е. изображена на схеме, но расчетом не проверено, сможет ли она сработать.

В других случаях отказы возможны из-за того, что не проверено согласование параметров взаимодействующих аппаратов, и, как результат, не хватает времени для выполнения заданных переключений. Не исключено также возникновение лишних переключений, далеко не всегда безопасных.

Встречаются и неблагоприятные сочетания параметров цепи (индуктивности и емкости), которые могут привести к многократным ложным срабатываниям. Из этого следует вывод: *схему можно считать полноценной, лишь убедившись с помощью расчета или построения диаграммы взаимодействия в ее работоспособности.*

Еще одна из типичных ошибок, часто допускаемых разработчиками схем, состоит в том, что не учитываются реальные условия работы оборудования. В результате оборудование выходит из строя, не выполнив работу, для которой оно предназначено.

Иногда разработчик схемы, предусматривая защиту электродвигателя от перегрузки с помощью электротепловых реле, не учитывает, что через тепловые (нагревательные) элементы при КЗ проходит ток, который может расплавить элементы, если в их цепь не введена достаточно чувствительная защита предохранителями или автоматическими выключателями. Разработчику необходимо помнить о том, что схема должна обеспечивать безусловную сохранность электрооборудования.

Авторы схемных решений часто недооценивают важности обеспечения надежного электропитания оперативных цепей, рассчитывая их только на нормальный режим. Последствия такого недопустимого подхода при аварийном режиме могут вызвать отказ автоматического ввода резерва (АВР).

Разработчики нередко ошибаются при секционировании шин оперативного тока, а также допускают соединение оперативных цепей различных линий. Непродуманная система электропитания цепей релейной защиты может иметь опасные последствия. Поэтому следует отметить, что оперативные цепи, которые иногда называют «вторичными» (чтобы отличить их от первичных, силовых сетей), отнюдь не являются второстепенными.

Большую опасность представляют ложные цепи. Типичные случаи и причины их возникновения, а также способы выявления и устранения, были рассмотрены выше.

В данном учебном пособии рабочие чертежи не рассматриваются (за исключением нескольких примеров), так как их выполняют по отраслевым нормативным документам. Однако основанием для выполне-

ния рабочей документации являются принципиальные схемы. Следовательно, составитель принципиальной схемы обязан, в необходимых случаях, обратить внимание исполнителей рабочей документации на те особенности, которые обязательно нужно учитывать. Иными словами, *составляя принципиальную схему, надо всегда думать о том, какими средствами и как она будет осуществлена.*

Практика показывает, что в случаях, когда вопрос о применении того или иного изделия и порядке присоединения к нему проводов решает не монтажник и не исполнитель рабочей документации, а тот, кто составляет принципиальную схему. Последний должен:

а) предусмотреть всё необходимое, чтобы увязать новую электроустановку с уже действующей;

б) дать указания о том, как следует проверить новую электроустановку;

в) четко сформулировать, на что она рассчитана и как надлежит ею пользоваться.

Таким образом, составление схемы – дело значительно более сложное, чем это иногда представляется людям без достаточного опыта.

Ввиду того что составление схем – процесс творческий, его нельзя заключать в заранее заданные рамки. И вместе с тем при проектировании надо считаться с рядом ограничений, которые можно разделить на несколько групп:

1) ограничения, вытекающие из требований ПУЭ, СНиП, стандартов и других нормативных и руководящих документов;

2) ограничения, обусловленные свойствами и особенностями электротехнических изделий;

3) строительные ограничения. Например, нормируемые размеры проходов и пролетов, расположение водопроводных, теплофикационных и электрических сетей, прочность перекрытий и т. п. На составление принципиальных схем эти ограничения, как правило, не оказывают влияния, но исполнители рабочей документации должны принимать их во внимание;

4) привязочные ограничения. Они вызваны тем, что новая электроустановка неизбежно должна связываться с действующей, например получать от нее питание, присоединяться к уже существующей системе сигнализации и т. п.;

5) ограничения, возникающие в процессе проектирования. Так, например, остановившись на определенной электрической схеме, выбрав для нее оборудование, составитель схемы уже связан, и его дальнейшие решения уже ограничены им же самим.

5.4.4. Условные гарантии надежной работы электрических схем

При квалифицированном проектировании, полноценных монтаже и наладке, профилактических осмотрах и ремонтах и испытаниях силами достаточно хорошо обученного персонала (все это является требованиями ПУЭ) могут быть, например, гарантированы:

1) включение и отключение выключателей, контакторов, реле при повышенном и пониженном напряжении оперативного тока в интервале, регламентированном ГОСТом, например, для некоторых изделий от $1,1U$ до $0,85U$. При напряжении ниже $0,85U$ аппарат может «недотянуть»; при напряжении более $1,1U$ возможны серьезные нарушения работы аппарата. При повышенном напряжении сокращается срок службы агрегатов. Одним словом, более жесткие требования предъявлять нельзя;

2) электрическая прочность и сопротивление изоляции проводов и кабелей, исключающие в пределах электропомещений замыкания между соседними проводниками;

3) надежные соединения (пайка, сварка, сжим), исключающие разрывы цепей;

4) механическая прочность креплений электрооборудования и его деталей, тяг к вспомогательным контактам;

5) отсутствие ржавчины на пружинах, шплинтах, магнитопроводах, запинания якорей, сердечников, недопустимого настывания смазки и других причин, препятствующих безусловному и быстрому возврату механической части аппаратов в исходное положение;

6) безусловное размыкание цепей контактами при их переключении, безусловное отпирание и запираение цепей с бесконтактными переключающими устройствами.

В случаях, когда хотя бы одна из перечисленных гарантий отсутствует, нельзя рассчитывать на правильную работу схемы.

В то же время практика показывает, что должны считаться возможными:

1) незамыкание контакта (например, разомкнутый контакт может загрязниться);

2) нарушение изоляции между проводами, выходящими за пределы электростанций и подстанций;

3) одновременное возникновение, как правило, одной причины повреждения, но со всеми вытекающими из нее последствиями. Например, выход из строя катушки одного реле или ее цепи нарушает работу всех цепей, в которые входят его контакты.

В отдельных, особых, случаях рассматривают и другие вероятные нарушения.

5.4.5. Сравнение схемных решений

Важным моментом грамотного чтения схем является их сравнение. Многие организации, проектирующие электроустановки, решают одни и те же задачи различными способами. Из-за трудностей с получением нужного прибора его заменяют другим, сходного назначения. Новую электроустановку присоединяют к действующей, используя уже имеющиеся источники питания. Поэтому имеется достаточно причин для сравнения схем, чтобы от неудовлетворительных вариантов сразу отказаться, удачные принять, а не совсем удачные своевременно скорректировать. Сказанное нетрудно увидеть на приведенных ниже примерах.

Пример 5.17. Рассмотренная ранее схема (рис. 5.10) автоматического управления насосом с помощью поплавковых реле показала всю ее сложность. Но эту же задачу легко решить путем погружения электродов на заданную глубину, присоединив их к стандартному реле контроля сопротивления. Этот вариант, конечно, лучше, но поплавковое реле хотя и простой, но всё же механизм. А так как вода при включении насоса бурлит, это вынуждает для троса, на котором подвешены поплавки и противовес, применять направляющие, чтобы левая и правая ветви троса не могли схлестнуться. Электроды же неподвижны, а реле контроля сопротивления – готовое изделие, требующее только присоединения к его выводам катушки магнитного пускателя и сигнальных ламп.

Пример 5.18. Далее рассмотрим рис. 5.18, *а*, на котором в упрощенном виде приведены три варианта защиты электродвигателя. Любой из них обеспечивает защиту от тока КЗ и перегрузки, и тем не менее они не равноценны.

Вариант 1:

а) один автоматический выключатель $QF1$ обеспечивает оба вида защиты;

б) автоматически отключившийся $QF1$ остается отключенным; самопроизвольно он включиться не может – это хорошо.

Вариант 2:

а) для защиты от перегрузки необходимы электротепловые реле $KK1$;

б) перегорание одного предохранителя $FU1$ создает опасный неполнофазный режим.

Вариант 3:

а) для защиты от перегрузки необходимы электротепловые реле $KK1$;

б) при КЗ срабатывают токовые реле $KA1$ и отключают контактор $KM1$. Но после его отключения токовые реле немедленно возвращаются в исходное положение (отпускают). Это может вызвать самопроизвольные включения на повреждение в течение времени, пока пусковая цепь подготовлена. Однако в случае если кнопочный выключатель «Пуск» (или контакт реле дистанционного управления) замкнут 5 с, то контактор успеет включиться (и отключиться) на повреждение несколько раз, что крайне опасно.

Пример 5.19. На рис. 5.18, б и в одна и та же схема изображена дважды. Но в одном случае она получает питание со стороны выключателей $SA1$ и $SA2$, а в другом – со стороны катушек управляемых ими реле $K1$ и $K2$. Линия воздушная, т. е. подверженная сообщениям между проводами.

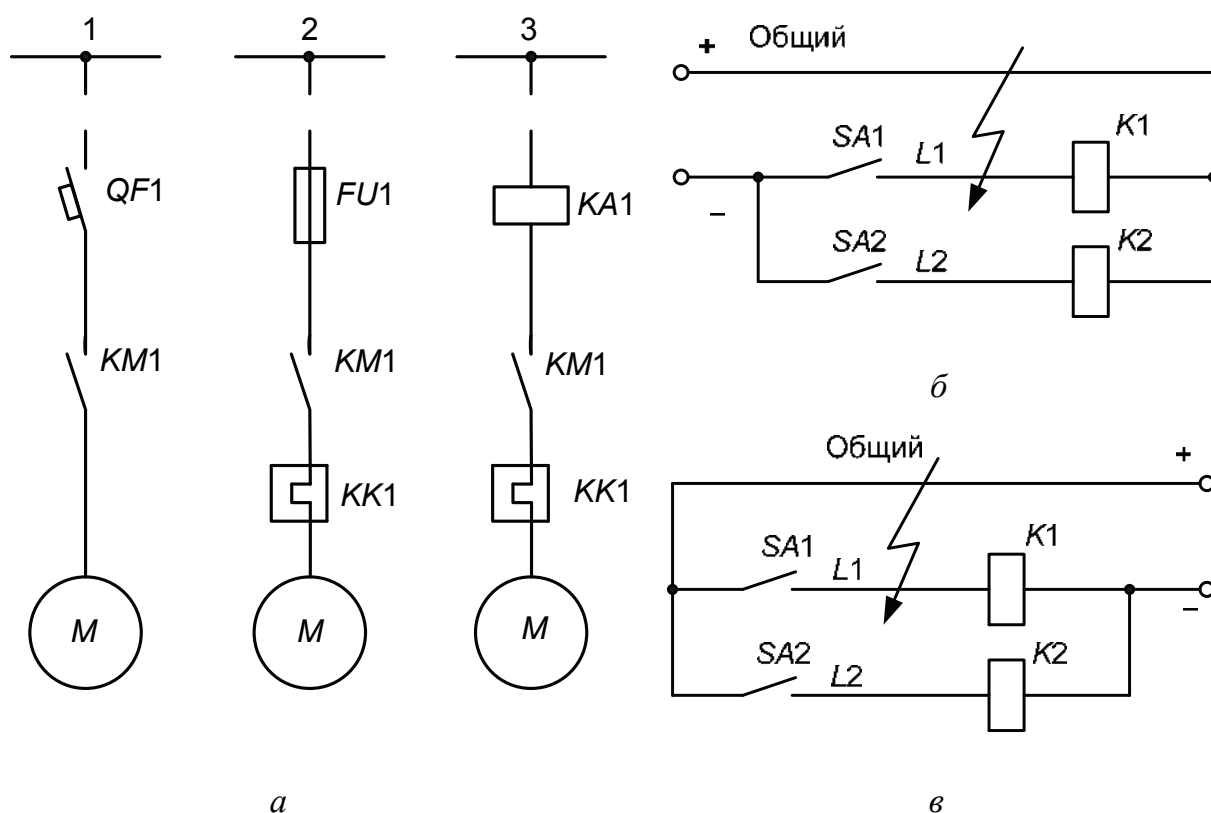


Рис. 5.18. Сравнение схем

Сравнение схем показывает, что их эксплуатационные свойства различны. Так, в схеме на рис. 5.18, б возникновение соединения между общим проводом и проводом $L1$ остается незамеченным. Но когда включают выключатель $SA1$, произойдет короткое замыкание, а реле $K1$ не сработает (отказ). В схеме на рис. 5.18, в замыкание немедленно приведет к ложному срабатыванию реле $K1$.

5.5. Правила чтения электрических схем и чертежей

Для того чтобы читать электрические схемы, нужно хорошо знать наиболее распространенные условные обозначения элементов электротехнических устройств: обмоток, контактов, трансформаторов, двигателей, выпрямителей, ламп и т. п., условные обозначения, применяющиеся в той области, с которой преимущественно приходится сталкиваться в силу профессии, схемы наиболее распространенных узлов электроустановок, например двигателей, выпрямителей, освещения лампами накаливания и газоразрядными и т. п., свойства последовательного и параллельного соединений контактов, обмоток, сопротивлений, индуктивностей и емкостей.

Любая электроустановка удовлетворяет определенным условиям действия. В связи с этим при чтении схем в первую очередь нужно выявить эти условия, затем определить, отвечают ли полученные условия задачам, которые должны решаться электроустановкой. Далее следует проверить, не закрались ли попутно «лишние» условия, и оценить их последствия. При чтении такие схемы нужно сначала мысленно разделить на простые цепи, чтобы проверить действие каждого элемента, а затем рассмотреть их совместно в работе.

5.5.1. Порядок чтения электрических схем и чертежей

Сначала необходимо ознакомиться с имеющимися чертежами (или составить оглавление, если его нет) и систематизировать чертежи по назначению (если этого не сделано в проекте).

Чертежи упорядочивают таким образом, чтобы чтение каждого последующего являлось логическим продолжением чтения предыдущего. Затем уясняют принятую систему обозначений и маркировки.

Если она не отражена на чертежах, то ее выясняют и записывают.

На выбранном чертеже читают все надписи, начиная со штампа, затем примечания, экспликации, пояснения, спецификации и т. д. При

чтении экспликации обязательно находят на чертежах аппараты, в ней перечисленные. При чтении спецификации все элементы сопоставляют с экспликациями.

Если на чертеже имеются ссылки на другие чертежи, то нужно найти эти чертежи и разобраться в содержании ссылок. Например, в одну схему входит контакт, принадлежащий аппарату, изображенному на другой схеме. Значит, нужно уяснить, что это за аппарат, для чего служит, в каких условиях работает, и т. п.

При чтении чертежей, отражающих электропитание, электрическую защиту, управление, сигнализацию и т. п.:

1) определяют источники электропитания, род тока, величину напряжения и т. п. Если источников несколько или применено несколько напряжений, то уясняют, чем это вызвано,

2) разделяют схему на простые цепи и, рассматривая их сочетание, устанавливают условия действия. Рассматривать схему всегда начинают с того аппарата, который в данном случае интересует. Например, если не работает двигатель, то нужно найти на схеме его цепь и посмотреть, контакты каких аппаратов в нее входят. Затем находят цепи аппаратов, управляющих этими контактами, и т. д.;

3) строят диаграммы взаимодействия, выясняя с их помощью: последовательность работы во времени, согласованность времени действия аппаратов в пределах данного устройства, согласованность времени действия совместно действующих устройств (например, автоматики, защиты, телемеханики, управляемых приводов и т. п.), последствия перерыва электропитания. Для этого поочередно, предполагая отключенными выключатели и автоматы электропитания (например, предохранители перегорели), оценивают возможные последствия и вероятность возвращения устройства в рабочее положение из любого состояния, в котором оно могло оказаться, например после ревизии;

4) оценивают последствия вероятных неисправностей: замыкание контактов – поочередно по одному, нарушения изоляции относительно «земли» поочередно для каждого участка;

5) проверяют схему на нарушение изоляции между проводами воздушных линий, выходящих за пределы помещений, и т. п.;

6) проверяют схему на отсутствие ложных цепей;

7) оценивают надежность электропитания и режим работы оборудования;

8) проверяют соблюдение правил безопасности организации работ, регламентированных действующими нормативными документами (ПУЭ, СНиП и т. п.).

5.5.2. Методика чтения схем вспомогательных цепей

Схемы вспомогательных цепей нужно начинать читать после предварительного ознакомления со схемой главной цепи.

Перед чтением схемы какого-либо устройства, нужно прежде всего ознакомиться с ее типом и видом (сведения в угловом штампе), а также с примечаниями, приведенными на том же листе или на других листах (что оговаривается соответствующими ссылками), а иногда с пояснительной запиской или спецификацией.

Читать схемы следует начинать от источников питания. Так как обычно схема состоит из нескольких электрически не связанных между собой цепей, рекомендуется знакомиться по очереди с каждой цепью.

Для облегчения чтения монтажной схемы вспомогательных цепей нужно по возможности подобрать соответствующие принципиальные схемы и установить вид принятой маркировки. Чтение следует начинать с наборных зажимов, к которым подключается цепь трансформаторов тока (маркировка 301–399), а потом рассматривать цепи, присоединенные к наборным зажимам, токи управления. В каждом случае необходимо проследить цепь от одного наборного зажима до другого зажима той же сборки через элементы схемы, подключенные к этой сборке.

У п р а ж н е н и е 5.3. Будет полезно следующее упражнение для самостоятельного составления и чтения схем вспомогательных цепей.

1. Составить любую разнесенную схему управления асинхронным двигателем со щита управления при помощи магнитного пускателя. Предусмотреть на щите установку двух сигнальных ламп, показывающих включенное и выключенное положения магнитного пускателя, который для этого имеет дополнительные блок-контакты.

2. По разнесенной схеме (п.1) составить монтажную схему.

3. Затем составить разнесенную схему управления реверсивным асинхронным двигателем со щита управления при помощи магнитного пускателя. У кнопочной станции предусмотреть установку двух сигнальных ламп, показывающих направление вращения двигателя.

4. По разнесенной схеме (п. 3), составить монтажную схему.

5.5.3. Особенности чтения схем электрических цепей с элементами электроники

В современных схемах управления и автоматизации широко внедряются электронные приборы и устройства. Это обстоятельство несколько усложняет чтение таких схем, поскольку требует знания особенностей их

построения и некоторых особенностей при их чтении. Для того чтобы прочитать схему, имеющую электронные приборы, необходимо иметь определенные знания в области элементарной теории электронных цепей. В первую очередь надо ясно представить себе механизм прохождения электрических зарядов через различные элементы цепей, применяемых в электронике приборов. Необходимо хорошо понимать назначение и принцип действия управляющих элементов в них. Таким образом, чтение схем электроники значительно труднее чтения электрических схем.

В схемах с элементами электроники всегда имеется несколько отдельных цепей. Каждая из них рассчитана на определенное напряжение, которое создается или отдельными источниками электроэнергии, или для всех цепей используют общий источник через соответствующий делитель напряжения. В другом случае напряжение для каждой из цепей получают присоединением их к делителю напряжения, т. е. к последовательно включенным в цепь источника резисторам различного номинала.

Так как питание основных цепей в электронных устройствах принято однопроводное, то на многих схемах не изображают обратный провод. Вместо него вводят условные обозначения присоединения конца цепи к корпусу аппарата. Корпуса электронных аппаратов обычно заземляют, присоединение к корпусу обозначают на схемах как заземление.

Здесь ограничимся разбором лишь принципиальных схем некоторых несложных электронных устройств. Подобные схемы могут встретиться электромонтажникам, электромонтерам и электрослесарям при обслуживании различных промышленных установок.

Схемы, содержащие электронные устройства, включают в себя нескольких цепей, что значительно усложняет чтение этих схем. Чтобы прочесть схему какого-либо сложного электронного аппарата, нужно уметь разбить ее на части (выпрямительную, усилительную низкой и высокой частоты, фильтры и др.), а это требует высокой квалификации. Чтобы хорошо разбираться в сложных схемах, следует освоить чтение схем отдельных элементов, входящих в состав сложной схемы. Поэтому сначала рассмотрим простейшие схемы.

Так, на рис. 5.19 показана схема двухполупериодного выпрямителя, в котором в качестве вентилях используют два диода – $VD1$ и $VD2$. Первичная обмотка силового трансформатора T имеет три вывода, что позволяет использовать трансформатор для трех значений первичного однофазного напряжения: 220, 127 и 110 В. Трансформатор имеет две

вторичные обмотки: силовую I (число витков этой обмотки подбирают в зависимости от необходимого значения выпрямленного напряжения) и обмотку II для питания цепи сигнальной лампы. Для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения в схему включен П-образный сглаживающий фильтр, состоящий из конденсаторов $C1$, $C2$ и дросселя LR .

На рис. 5.20 показана трехфазная мостовая выпрямительная схема с использованием полупроводниковых вентилей. Схема состоит из шести полупроводниковых диодов, образующих две группы ($VD1$, $VD2$, $VD3$ и $VD4$, $VD5$, $VD6$). К каждой фазе подключаются по два диода, причем противоположными концами. Вследствие этого при прохождении тока через один диод фазы другой оказывается запертым. Как следует из схемы, диоды каждой группы включены параллельно и, как известно из теории, ток проходит через тот диод, который будет иметь в данный момент наибольший положительный потенциал. Таким образом, одна из групп (диоды $VD1$, $VD2$ и $VD3$) является плюсом выпрямителя, а другая (диоды $VD4$, $VD5$ и $VD6$) – его минусом.

На выходе выпрямителя имеется индуктивный сглаживающий фильтр – LR , включенный в рассечку выходного провода. Назначение фильтра – создать индуктивное сопротивление для переменной составляющей выпрямленного тока и тем снизить ее значение.

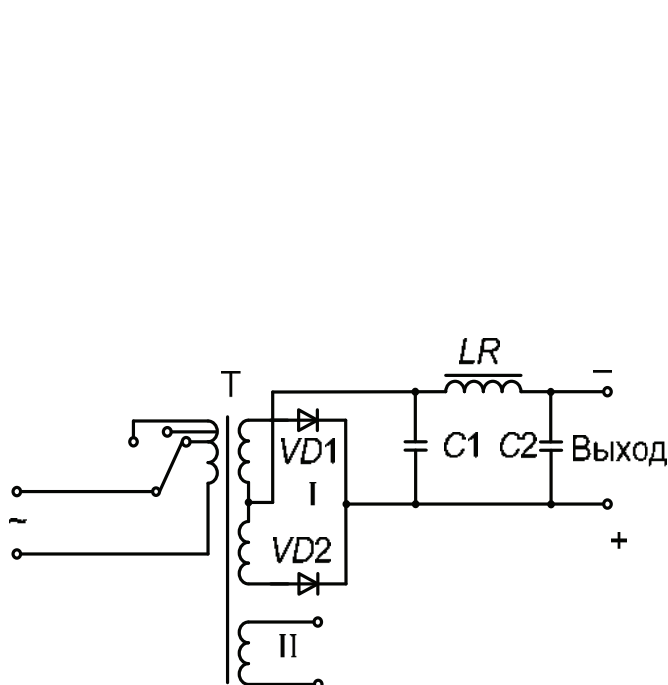


Рис. 5.19. Принципиальная схема двухполупериодного выпрямителя

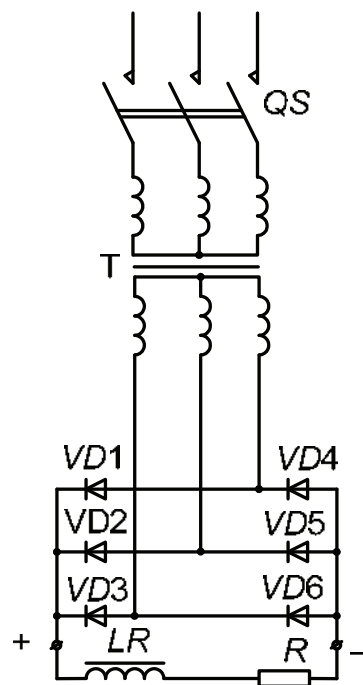


Рис. 5.20. Принципиальная схема трехфазного мостового выпрямителя

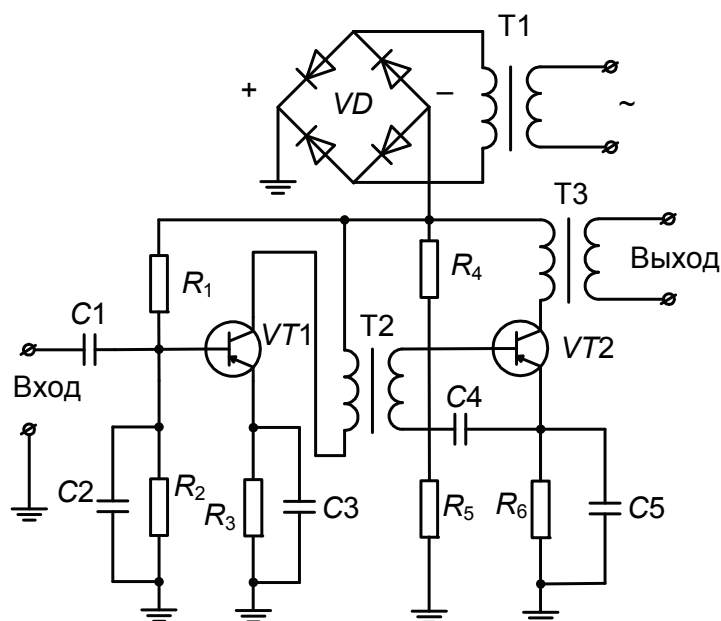


Рис. 5.21. Принципиальная схема двухкаскадного усилителя на транзисторах

На рис. 5.21 показана принципиальная схема двухкаскадного усилителя на транзисторах с трансформаторной связью. Из схемы следует, что усилитель питается от однофазной сети переменного тока через трансформатор $T1$ и двухтактный выпрямитель VD . Положительный полюс выходного напряжения подают на корпус, а отрицательный подводят к делителям напряжения R_1-R_2 и R_4-R_5 . Каждый из этих делителей подключен к корпусу (т. е. к положительному полюсу источника питания).

Усиление производят посредством двух транзисторов $VT1$ и $VT2$, включенных по схеме с общим эмиттером. Связь между каскадами осуществлена при помощи межкаскадного трансформатора $T3$, первичная обмотка которого включена в коллекторную цепь триода $VT1$, а вторичная – между базой и эмиттером триода $VT2$ (через конденсатор $C4$).

Сигнал подается между базой и эмиттером транзистора $VT1$ через конденсаторы $C2$ и $C3$. Для отделения постоянных составляющих сигнала на входе установлен разделительный конденсатор $C1$. Под воздействием сигнала в коллекторном токе триода $VT1$ появляется переменная составляющая, которая индуцирует во вторичной обмотке трансформатора $T2$ ЭДС, являющуюся выходным напряжением первого каскада и входным напряжением второго каскада (напряжение между базой и эмиттером транзистора $VT2$).

На выходе усилителя установлен трансформатор $T3$, первичная обмотка которого включена в цепь коллектора транзистора $VT2$.

Порядок чтения схем цепей с элементами электроники. Приступая к чтению схем какого-либо электронного устройства, необходимо прежде всего узнать из углового штампа или главной надписи, какое устройство изображено на схеме. Если устройство сложное, изучение схемы рекомендуется начать с ее разбивки на ряд элементарных схем. После этого необходимо определить источники сетевого питания и связанные с ними выпрямительные устройства. Затем следует из обозначенных на схеме конденсаторов, индуктивностей и резисторов выделить те, которые относятся, например, к сглаживающим фильтрам и определить типы фильтров. После этого надо разобраться во всех приведенных на схеме полупроводниковых приборах и установить их тип и схему использования. Далее следует установить все цепи анодного тока и все цепи смешанные, а также все элементы связи между отдельными частями (каскадами) схемы.

Приведенный порядок (алгоритм) чтения является ориентировочным, поскольку схемы, содержащие электронные устройства, настолько разнообразны, что дать исчерпывающую методику их чтения просто невозможно.

5.5.4. Указания по чтению схем цепей электроосветительных и электрических сетей

Электроосветительные сети производственных помещений обычно изображают на упрощенных чертежах цеха, а сети жилых, складских и культурно-бытовых помещений – на упрощенных строительных чертежах. Как правило, все элементы осветительной установки, включая и соответствующие сети, можно с исчерпывающей точностью показать на поэтажных планах освещаемых помещений. Только в исключительных случаях, когда принято необычное строительное решение, затрудняющее чтение чертежа (например, имеются площадки, антресоли, полуэтажи), или когда работа в помещении производится на разных уровнях, для изображения осветительной установки используют также разрезы.

Объектами изображения на типовых чертежах являются светильники, устройства для их включения и выключения (выключатели), а также для присоединения переносных светильников (штепсельные розетки, понижающие низковольтные трансформаторы), распределительные групповые электрические сети и соответствующие распределительные и групповые щитки.

Марку провода, использованного для групповой сети и сети местного освещения, указывают отдельной надписью на плане. Например,

надпись АПР (2×4) по магистральному коробу означает, что данный участок сети выполнен в специальном коробе двумя многожильными проводами АПР сечением 4 мм² каждый. Если на чертеже нет указаний о способе прокладки, это значит, что практически возможен только один какой-нибудь способ.

Электрические сети. Выяснив из углового штампа или надписей характер изображенной на чертеже установки, следует подобрать планы всех этажей, а иногда и разрезы, если они имеются. Подбор облегчается тем, что обычно на одном из листов (чаще всего на плане первого этажа) дается экспликация всех чертежей, находящихся в составе проекта, с указанием их номера.

Затем следует установить (например, по плану первого или второго этажа) источники питания (подстанцию, магистральную сеть), а также вводы всех питающих кабельных и воздушных линий и выяснить, с какими распределительными шкафами (ШР), силовыми пунктами (СП) или групповыми щитками (ГЩ) связана каждая из этих линий. Далее следует найти все ШР и СП и установить, какие вторичные распределительные или групповые пункты от них питаются.

После этого можно приступить к изучению схем электрических сетей, распределительных пунктов и присоединенных к ним электроприемников, а также сетей заземления.

Все вышеизложенное представляет собой лишь обобщенную методику чтения чертежей электроустановок. В каждом конкретном случае в зависимости от характера, назначения и сложности устройства могут быть те или иные отклонения.

5.6. Особенности схемных решений при проектировании схем электроснабжения предприятий

5.6.1. Схемные решения внешнего электроснабжения промышленных предприятий

Создание крупных производств на небольшой территории приводит к образованию мощных нагрузочных узлов. Различие конкретных условий, которые необходимо учитывать при проектировании электроснабжения различных отраслей, приводит к многообразию схем внешнего электроснабжения. Но практика проектирования для этих потребителей позволила найти общий подход и создала ряд характерных схем, для этих предприятий.

При проектировании выбор схемы и напряжения сети внешнего электроснабжения осуществляется на основе технико-экономического сравнения возможных вариантов с учетом перспективы развития предприятия (чтобы осуществление первой очереди не приводило к большим затратам, связанным с последующим развитием этого же предприятия).

При разработке схемы электроснабжения промышленного предприятия необходимо учитывать потребность в электроэнергии всех потребителей района, города, поселка и объектов сельского хозяйства.

Главным источником электроснабжения, как правило, являются энергетические системы. Исключение составляют предприятия с большим теплотреблением, для которых основным источником может являться ТЭЦ. При этом обязательно предусматривать связь ТЭЦ с энергосистемой, как правило, на напряжении 110 кВ или 220 кВ.

Построения современных схем электроснабжения промышленных предприятий предусматривают применение глубоких вводов (ГВ) – максимальное приближение источников питания к электроустановкам предприятий, сведение к минимуму количества сетевых звеньев и ступеней трансформации, дробление трансформаторной подстанции высокого напряжения (ТП ВН) при размещении предприятий на значительной территории.

Напряжения, применяемые для внешнего электроснабжения промпредприятий, зависят от напряжения электрических сетей энергосистемы в районе размещения предприятий и от их нагрузки.

Для предприятий с небольшой нагрузкой используются сети 10 кВ с питанием их от ближайших ТП 110 кВ энергосистемы; для электроснабжения средних и крупных предприятий применяются сети 110 кВ, а иногда – 220 кВ и выше.

При проектировании используются несколько вариантов схемы распределения электроэнергии:

- главная понижающая подстанция (ГПП) предприятия 220–500/110 кВ для распределения электроэнергии между ТП глубоких вводов 110/10 кВ; ГПП в отдельных случаях целесообразно совмещать с ТП энергосистемы, предназначенной для электроснабжения района;
- ряд ТП 110/10 кВ, присоединяемых к сети 110 кВ системы;
- подстанция глубоких вводов (ПГВ) 220/10 кВ – для крупных предприятий с сосредоточенной нагрузкой.

подавляющее большинство крупных промышленных предприятий имеет потребителей 1 и 2-й категорий, поэтому их внешнее электроснабжение осуществляется не менее чем по двум линиям. Предпочтительной является схема, при которой линии выполняются на отдельных опорах и идут по разным трассам (или каждая ТП питается по двум це-

пям, подвешенным на опорах разных двухцепных ВЛ). Выбор пропускной способности питающих линий производится таким образом, чтобы при выходе из работы одной из них оставшиеся обеспечивали питание приемников электроэнергии 1 и 2-й категорий, необходимых для функционирования основных производств.

Подстанции глубоких вводов выполняются по простейшим схемам с минимальным количеством оборудования на высокое напряжение (ВН).

На рис. 5.22–5.26 приведены примеры схем внешнего электроснабжения крупных промышленных предприятий.

Для обеспечения потребности в тепле химкомбината (рис. 5.22) предусмотрена ТЭЦ мощностью 200 МВт. Недостающая мощность подается из системы по сети 220 кВ. Для приема этой мощности предусмотрена ГПП 220/110/10 кВ, которая служит для питания нагрузок электролиза на 10 кВ, для распределения электроэнергии по территории комбината к ТП с ГВ 110/10 кВ и приема мощности от ТЭЦ на напряжении 110 кВ.

Небольшое потребление тепла машиностроительным заводом (рис. 5.23) обеспечивается от котельной; 90 % электрической нагрузки приходится на потребителей 1-й категории. В связи с этим три ГВ 110/10 кВ выполняют по схеме двух блоков «линия – трансформатор» с возможностью покрытия всей нагрузки от одного блока.

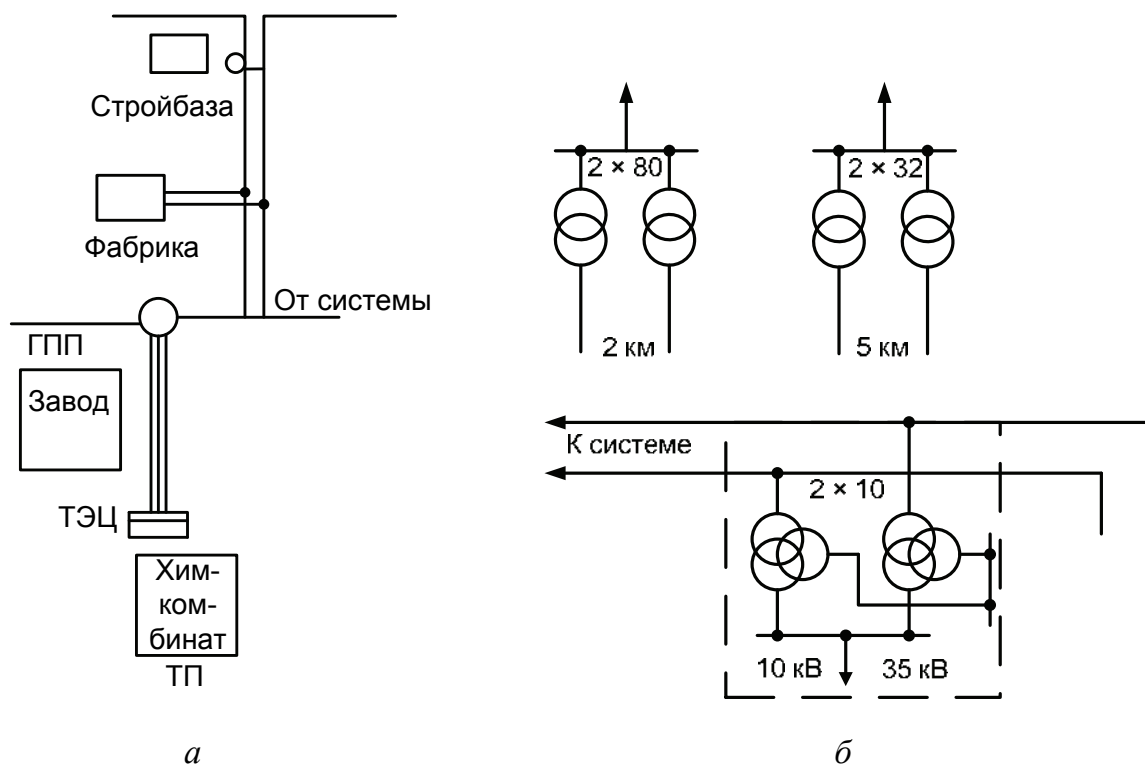


Рис. 5.22. Схема внешнего электроснабжения химкомбината:
а – схема сети; б – схема подстанции

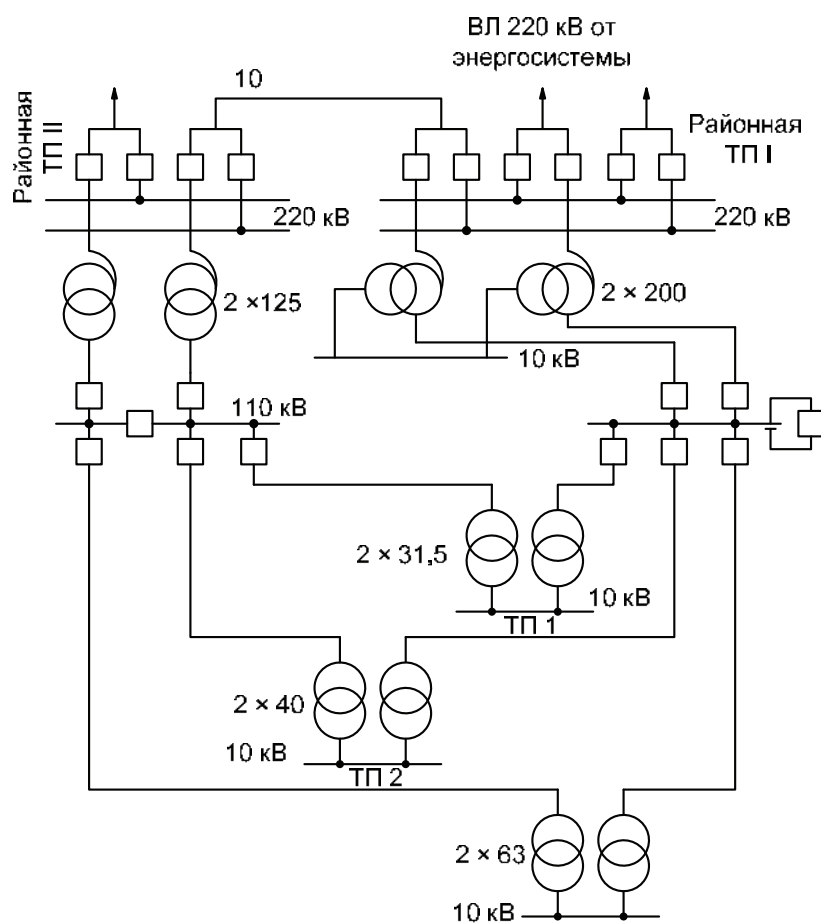


Рис. 5.23. Схема внешнего электроснабжения машиностроительного завода

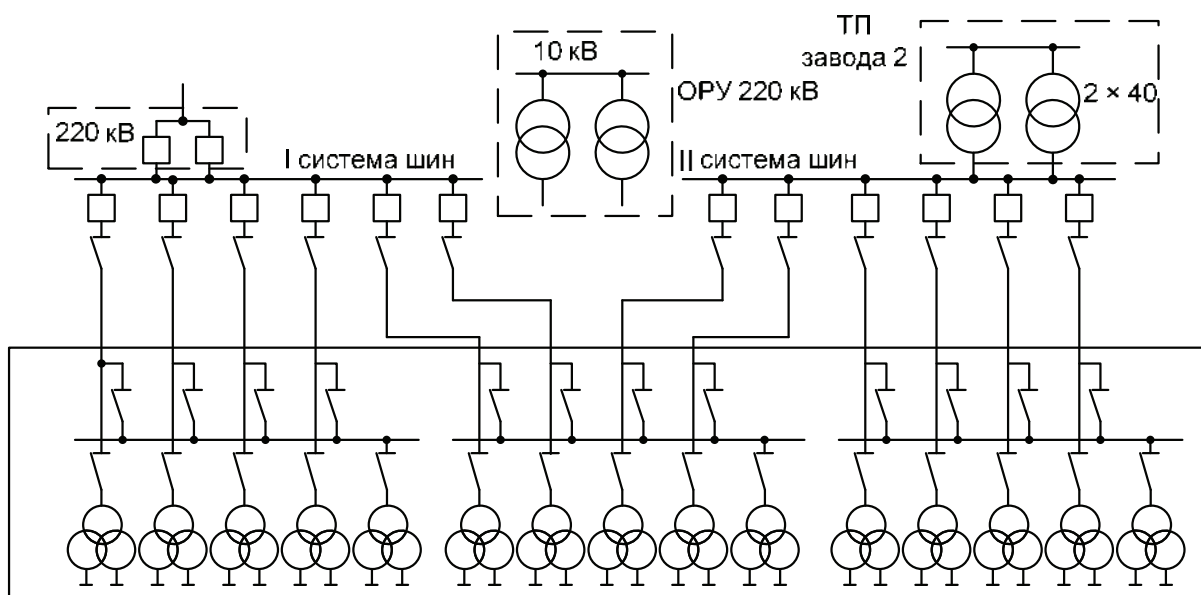


Рис. 5.24. Схема внешнего электроснабжения горно-обогатительного комбината

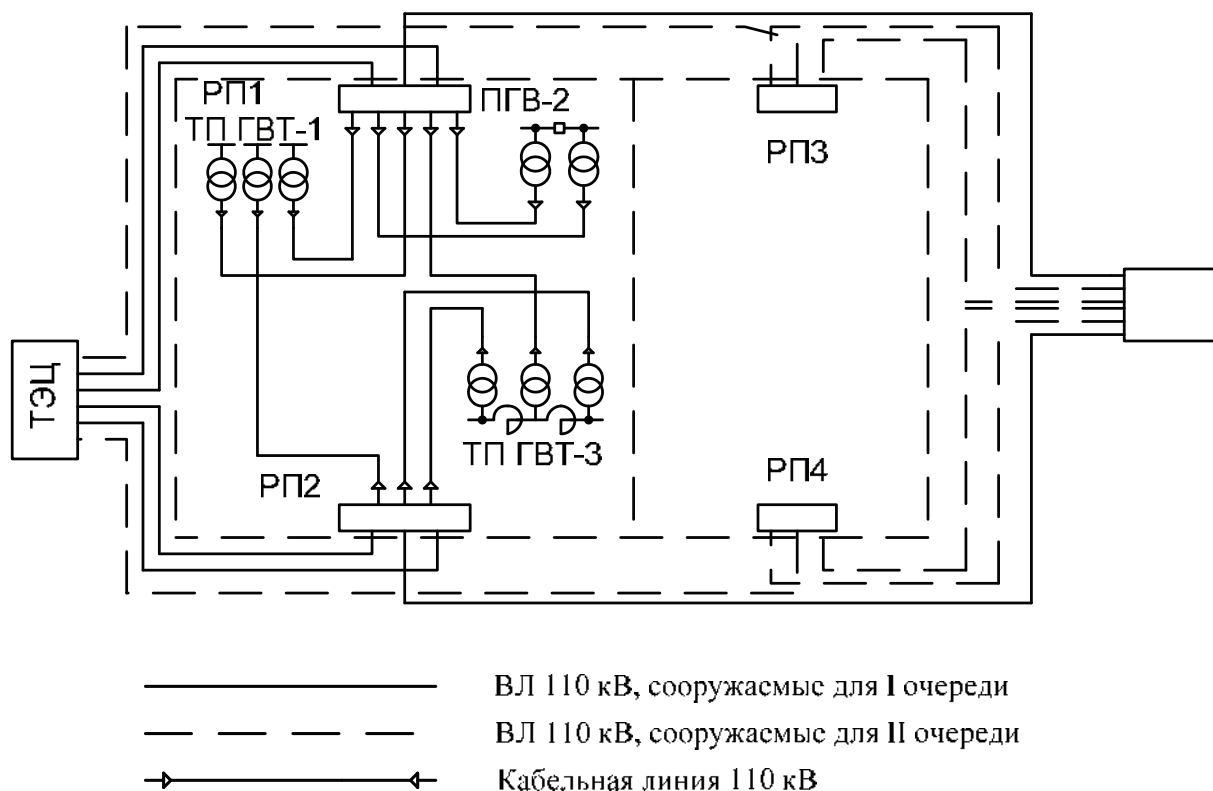


Рис. 5.25. Схема электроснабжения крупных металлургических заводов

Потребность в тепле горно-обогатительного комбината (рис. 5.24) удовлетворяется от ТЭЦ мощностью 150 МВт, дефицит электрической мощности – от районной ТП 220/110 кВ. Мощность распределяется как от шин 10 кВ ТЭЦ, так и от ТП ГВ 110/10 кВ.

Увеличение нагрузок и их плотности, повышение требований к надежности электроснабжения привели к появлению схем, приведенных на рис. 5.25. К кольцевой сети 110 кВ, питаемой от районных ТП и ТЭЦ, присоединяется ряд распределительных пунктов (РП); ТП ГВ питаются от РП по кабельным линиям (КЛ) 110 кВ; ПГВ выполняются по схеме «блок – кабельный линии – трансформатор» с установкой от одного до четырех трансформаторов. Данные схемы применяют и в настоящее время для вновь строящихся заводов.

При наличии на заводах дуговых сталеплавильных печей необходимо проверить их влияние на системы электроснабжения. При необходимости повышения мощности в общих центральных распределительных пунктах (ЦРП) печей и других потребителей могут проводиться следующие мероприятия:

- питание дуговых сталеплавильных печей через отдельные трансформаторы;

- уменьшение индуктивного сопротивления питающих линий (например, продольная компенсация на ВЛ, соединяющих ЦРП с источниками);

- включение на параллельную работу двух питающих дуговую печь линий и трансформаторов на стороне ВН и НН.

Масштабное освоение нефтяных месторождений и переработка попутного газа в Западной Сибири, отличающихся сложными климатическими условиями и высокими требованиями к надежности электроснабжения, вызвали появление особых требований к построению схем электроснабжения. На основании проектов технологической части, обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации систем электроснабжения таких объектов установлены категории отдельных электроприемников по надежности электроснабжения. Существует положение о том, что электроснабжение объектов нефтедобычи и переработки попутного газа должно обеспечиваться без ограничений как в нормальных, так и в послеаварийных режимах при отключении любого элемента электрической сети. Положение о проектировании схем электроснабжения нефтяных месторождений и переработки попутного газа устанавливает следующие требования:

- электроснабжение вновь вводимых нефтяных месторождений, как правило, осуществляется на напряжении 110 кВ, а при наличии обоснований – на 220 кВ;

- на нефтяных месторождениях с объемом добычи нефти до 2 млн. т в год допускается предусматривать сооружение одной ТП, более 2 млн. т в год – не менее двух ТП; в первом случае рекомендуется присоединение ТП в транзит ВЛ с двусторонним питанием или двумя одноцепными тупиковыми ВЛ (допускается двухцепная ВЛ на стальных опорах – при наличии обоснований), во втором случае ТП должны питаться от независимых источников не менее чем по двум ВЛ, прокладываемым по разным трассам;

- для электроснабжения компрессорных станций (КС) газлифта, водозаборов, газоперерабатывающих заводов и головных КС при каждом объекте сооружается ТП 110–220 кВ, подключаемая к независимым источникам питания не менее чем по двум одноцепным ВЛ или заходом одной цепи ВЛ с двусторонним питанием;

- размещение ТП принимается с максимально возможным приближением к технологическим объектам;

- на ТП предусматривается установка двух трансформаторов из условий резервирования 100 % нагрузки;

- для ВЛ 110 кВ в качестве рационального рекомендуется сталеалюминиевый провод марки АС сечением 120×150 (при наличии обоснований – до АС-240), для ВЛ 220 кВ – АС-240×300.

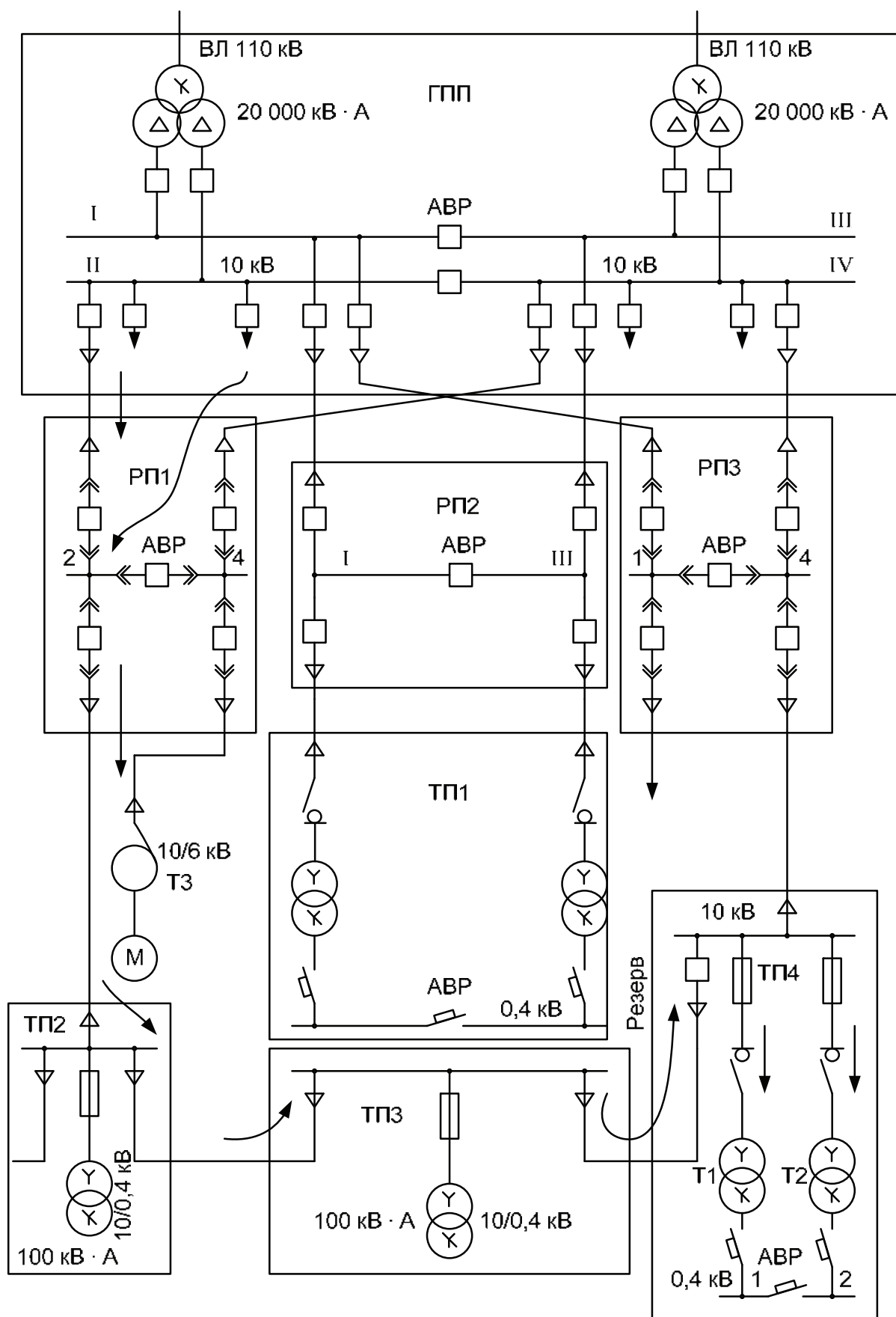


Рис. 5.26. Схема электроснабжения промышленного предприятия

Чтение любой из приведенных выше электрических схем и приведенных далее всегда преследует определенную цель, т. е. подчинено задачам выполняемой работы. Так, например, если нужно узнать систему электроснабжения, то схему начинают читать сверху вниз (слева направо), т. е. от источников энергии к ее потребителям. Когда же нужно выяснить возможные варианты питания электроприемников, то схему читают снизу вверх, т. е. чтение начинают с этого электроприемника и затем идут к источнику энергии. В случае если отказал какой-либо элемент схемы или он работает неверно, чтение схемы начинают с этого элемента и от него идут к источнику питания.

Из сказанного читателю должно быть ясно, что, прежде чем начать читать полную схему, нужно сначала подобрать все взаимосвязанные схемы, также хорошо уяснить принятую систему обозначений. На схеме следует прочесть все надписи, начиная с основной, и разобраться в поясняющих схемах и таблицах переключений. Следует также прочесть перечни элементов и обязательно найти на схеме всё перечисленное в перечне.

При наличии приведенных ссылок на другие схемы надо разобраться в каждой из них. Например, если в схему входит контакт аппарата, изображенного на другой схеме, нужно уяснить, что это за аппарат, для чего служит, в каких условиях работает и т. п.

Чтение схемы электроснабжения иллюстрируют примеры 5.20 и 5.21. На рис. 5.26 приведена (с некоторыми сокращениями) общая схема электроснабжения промышленного предприятия. Оно питается от ТП4. На схеме приняты сокращения: ВЛ – воздушная линия; ГПП – главная понижающая подстанция; АВР – устройство автоматического включения резерва; РП1–РП3 – распределительные пункты; ТП1–ТП4 – трансформаторные подстанции. Эти сокращения общеприняты, поэтому они в подписи к рисункам не расшифрованы.

Разобравшись в надписях, обращаемся к графическим условным обозначениям. Среди них нет нестандартных и необщепринятых. Поэтому можно приступить к чтению схемы.

Пример 5.20. Приступая к чтению схемы сверху вниз, видим трехобмоточные трансформаторы мощностью по 20 000 кВ · А. Обмотка трансформатора 110 кВ соединена в звезду с выведенной нейтральной точкой. Две вторичные обмотки напряжением 10 кВ соединены в треугольник. Вблизи изображений трансформаторов нет надписей, однако из надписей 110 кВ у ВЛ и 10 кВ у шин совершенно ясны напряжения обмоток трансформаторов. Далее встречаются: выключатели высокого напряжения (квадраты); кабели (на кабель указывает обозна-

чение разделки в виде треугольника); выкатные выключатели на РП1 и РП3, на что указывают обозначения разъемов; автотрансформатор ТЗ, понижающий напряжение с 10 до 6 кВ для питания двигателя *М*; разъединители-выключатели на ТП1 и ТП4: двухобмоточные трансформаторы на ТП1 и ТП4; автоматические выключатели на ТП1 и ТП4; предохранители высокого напряжения на ТП2–ТП4.

А теперь более подробно рассмотрим систему электроснабжения, читая схему сверху вниз, т. е. начиная с источников питания. Заметим, что каждая ВЛ 110 кВ через свой трансформатор питает шины 10 кВ на ГПП. Шины разделены на четыре секции I–IV, которые присоединены к раздельным обмоткам трансформаторов. Секции I и III, II и IV соединены выключателями с АВР. Каждый распределительный пункт РП1–РП3 получает питание по двум вводам с разных секций ГПП, например РП1 с секций II и IV (около шин РП1 написаны цифры II и IV).

Шины РП1–РП3 секционированы и имеют АВР. От РП1 питаются ТП2, ТП3 и двигатель *М*.

Следуя в том же порядке, рассматривают схемы РП2, РП3, ТП1–ТП4.

Пример 5.21. Рассмотрим другой пример. Допустим, что на секции 2 шин 0,4 кВ подстанции ТП4 нет напряжения, но на шинах 10 кВ напряжение есть. Проследим по очереди все пути от шин 0,4 кВ до шин 10 кВ. Таких путей два: либо через трансформатор Т2, либо через трансформатор Т1 и секционный выключатель шин 0,4 кВ. Обратите внимание: мы искали пути, отправляясь от секции 2 шин 0,4 кВ (именно на них надо подать напряжение), а стрелки направлены от источника питания (в нашем случае от шин 10 кВ) к шинам 0,4 кВ.

Пример 5.22. Далее рассмотрим более сложный случай: выключатель, питающий ТП4, на РП3 отключен для ремонта, из-за чего на шинах 10 кВ ТП4 нет напряжения. Чтобы выяснить, как подать на них напряжение, «пойдем» от шин 10 кВ к источнику энергии. Нам встретятся: выключатель резервного ввода на ТП4, затем линия от ТП4 до ТП3, шины ТП3, линия от ТП3 до ТП2, шины ТП2, линия от ТП2 до РП1, выключатель и секция II РП1. Если на этой секции напряжение есть, то задача питания ТП4 решена, причем однозначно, так как других путей от РП1 до ТП4 нет.

А если на секции II РП1 напряжения нет? Тогда нужно искать пути от этой секции к ГПП. И здесь возможны варианты: либо по линии от секции II РП1 до секции II ГПП, либо через секционный выключатель, секцию IV РП1 и линию на секцию IV ГПП.

Как видим, чтение схем электроснабжения необходимо для решения целого ряда важных вопросов о нормальном и аварийных режимах, возможной последовательности оперативных переключений, выборе электрической защиты, местах установки разрядников, заземляющих ножей разъединителей и т. п.

5.6.2. Схемные решения распределения электроэнергии между промышленными потребителями

Для питания промышленных потребителей служат электрические сети преимущественно трехфазного тока напряжением до 1 000 В.

Трехлинейная и однолинейные с выделением и без выделения нулевого провода принципиальные схемы распределения электроэнергии между промышленными потребителями показаны на рис. 5.27.

К шинам 0,4 кВ заводской подстанции (рис. 5.27, *а*) подключены батарея конденсаторов *СВ* через автоматический выключатель *QF1* и распределительная сборка (или распределительный токопровод) через автоматический выключатель *QF2*. От распределительной сборки питаются электродвигатели *М1* и *М2*, включенные через магнитные пускатели *КМ1* и *КМ2* и предохранители *FU1* и *FU2*, а также электропечь *ЕК*, включенная через выключатель *S* и предохранители *FU3*.

На рис. 5.27, *б* все три фазы *А*, *В* и *С* даны одной линией (слияние трех линий в одну отмечено тремя черточками), а нулевой провод изображен отдельно. Такое выполнение схем целесообразно, в частности, когда показано распределение электроэнергии между трехфазными и однофазными приемниками. На рис. 5.27, *в* слияние трех линий в одну отмечено тремя черточками, а четырех – четырьмя.

На рис. 5.28 приведена принципиальная однолинейная схема электрической подстанции на 10 кВ, к которой питание подается по линии *W1* через линейный *QS1* и шинный *QS2* разъединители и высоковольтный выключатель *QF1*. Линейный разъединитель снабжен заземляющими ножами *QSG1*. Распределительное устройство напряжением 10 кВ имеет сборные шины с подключенными к ним разрядником *FV* через разъединитель *QS3*, силовым трансформатором *Т* через разъединитель *QS4* и выключатель *QF2* и трансформатором напряжения *TV* через разъединитель *QS7*. От шин 10 кВ отходят также линии *W2* и *W3*, подключенные через разъединители *QS5* и *QS6*, выключатели *QF3* и *QF4* и реакторы *LR1*, *LR2*. В цепи трансформатора *Т* и линий *W2* и *W3* включены измерительные трансформаторы тока *TA1–TA3*.

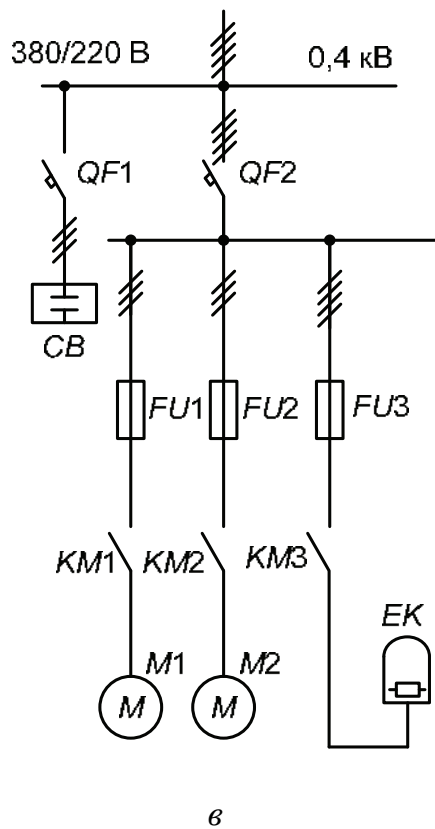
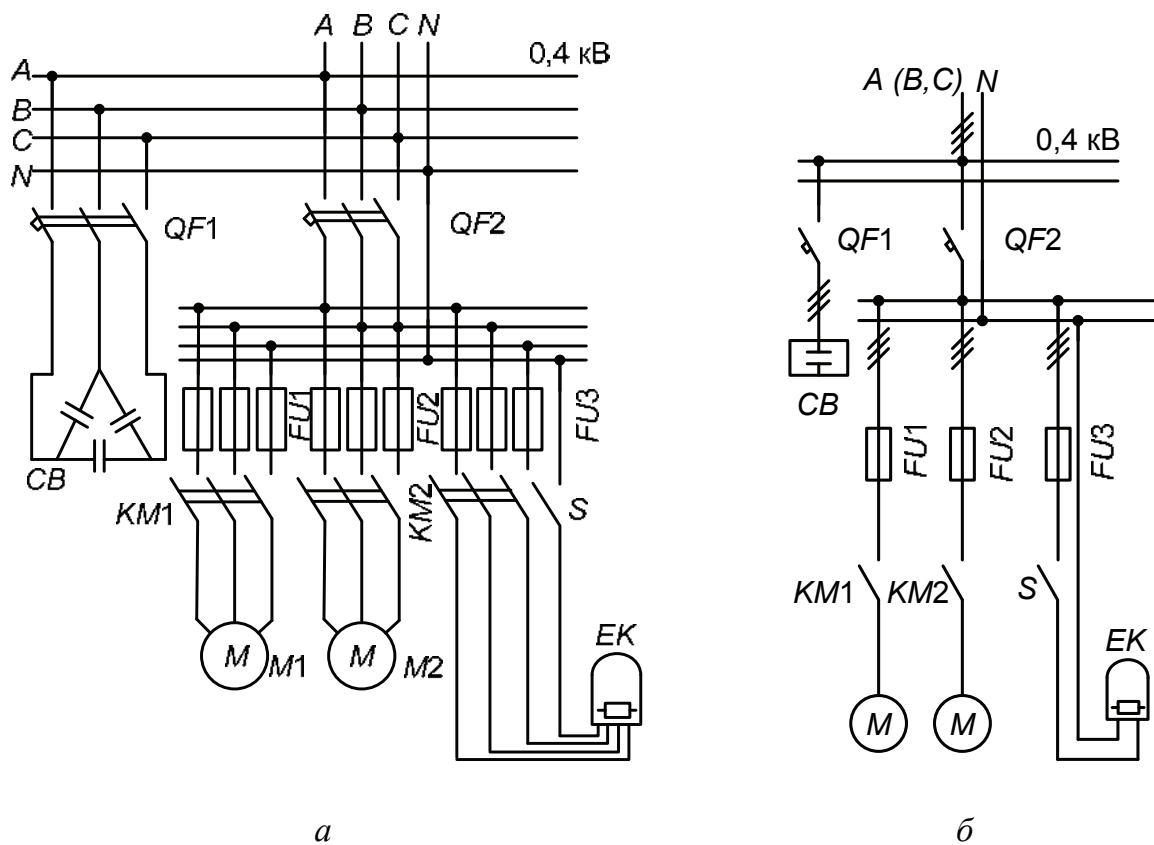


Рис. 5.27. Принципиальные схемы распределения электроэнергии между промышленными потребителями

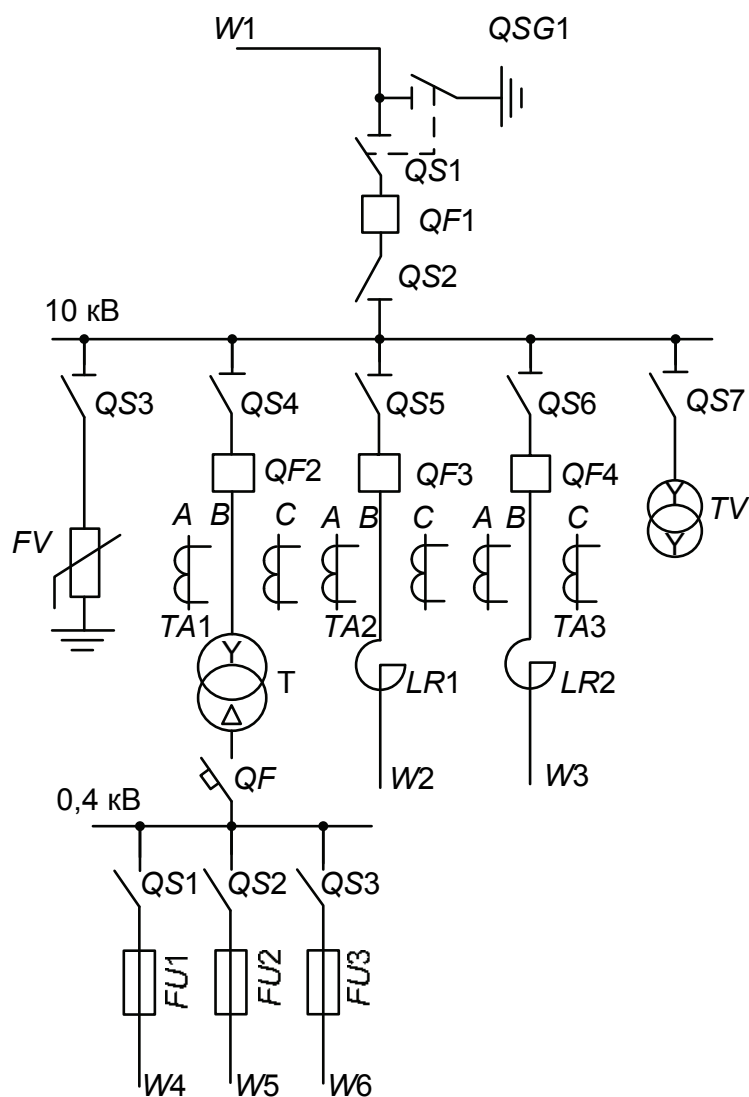


Рис. 5.28. Принципиальная однолинейная схема электрической подстанции на 10 кВ

От трансформатора Т через автоматический выключатель QF питание подается на шины распределительного устройства 0,4 кВ, от которых через разъединители $QS1$ – $QS3$ и предохранители $FU1$ – $FU3$ отходят линии $W4$ – $W6$.

На этой схеме нет необходимости обозначать число линий, сливаемых в одну, поскольку известно, что сети 10 кВ выполняют с изолированной нейтралью (без нулевого провода), а вторичные обмотки трансформатора Т соединены в треугольник, что следует из его условного обозначения.

Однолинейная схема подстанции с тремя распределительными устройствами напряжением 110/35/10 кВ показана на рис. 5.29.

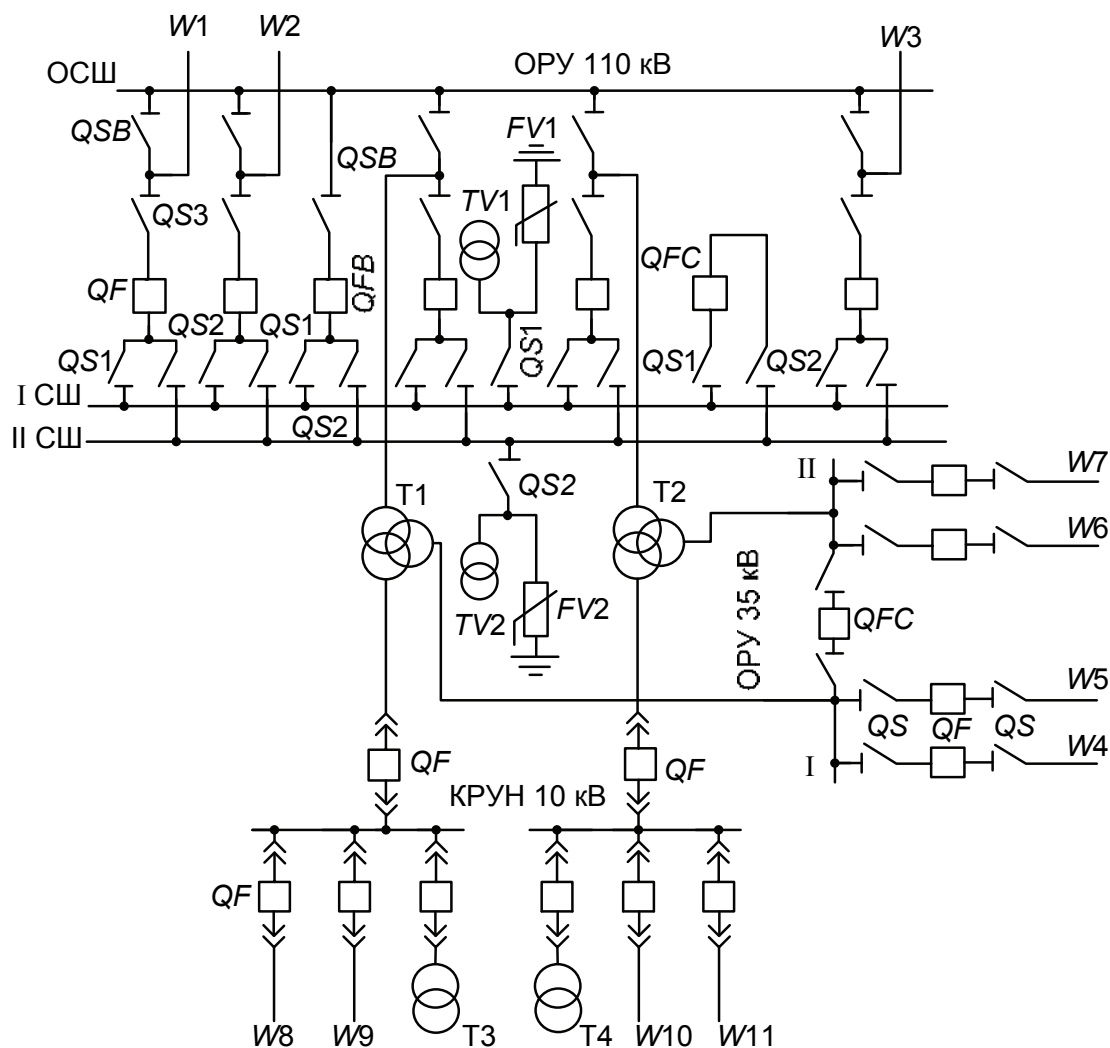


Рис. 5.29. Принципиальная однолинейная схема электрической подстанции на 110/35/10 кВ

Открытое распределительное устройство (ОРУ) на 110 кВ выполнено с тремя системами шин (двумя рабочими I СШ и II СШ и одной обходной ОСШ), имеет присоединения линии электропередачи $W1$, $W2$ и $W3$, силовых трехобмоточных трансформаторов $T1$ и $T2$, а также обходной QFB и шиносоединительный QFC выключатели, измерительные трансформаторы напряжения $TV1$ и $TV2$ и разрядники $FV1$ и $FV2$.

Такая схема позволяет выводить из работы для ремонта любую систему шин отключением связанных с ней разъединителей ($QS1$ – при ремонте I СШ, $QS2$ – при ремонте II СШ и QSB – при ремонте ОСШ) или выключатель любого присоединения (например, линии $W1$, отключив выключатель QF и разъединители $QS1$, $QS2$ и $QS3$). Чтобы не прерывалось электроснабжение, линию $W1$ подключают через обходную систему шин и обходной выключатель к одной из рабочих систем шин.

Любое присоединение, например линию $W1$, можно выделить также на одну из освобожденных систем шин (I СШ или II СШ), включив разъединители $QS1$ и $QS2$ шиносоединительного выключателя QFC и этот выключатель.

Открытое распределительное устройство (ОРУ) на 35 кВ имеет одну систему шин с двумя секциями I и II, которые могут быть соединены секционным выключателем QFC . Через секцию I от обмотки 35 кВ трансформатора Т1 питаются линии $W4$ и $W5$, а через секцию II от обмотки 35 кВ трансформатора Т2 – линии $W6$ и $W7$.

Комплектное распределительное устройство наружной установки (КРУН) на 10 кВ имеет две секции I и II, подключенные соответственно к обмоткам 10 кВ трансформаторов Т1 и Т2. От первой секции питаются линии $W8$, $W9$ и трансформатор собственных нужд Т3, а от секции II – линии $W10$, $W11$ и трансформатор собственных нужд Т4. В рассмотренных схемах распределения электроэнергии показаны только силовые цепи, однако любая электроустановка должна иметь средства управления и контроля этими цепями.

На рис. 5.30 показана схема электроснабжения жилого помещения. От магистрали после счетчика PU отходят две линии: осветительная через автоматический выключатель $QF1$ и розеточная через автоматический выключатель $QF2$. К осветительной линии подключены лампа $EL1$ через выключатель $S1$, люстра с лампами $EL2$ – $EL4$ через переключатель $S2$, лампа $EL5$ через выключатель $S4$ и лампы $EL6$ и $EL7$ через выключатель $S3$.

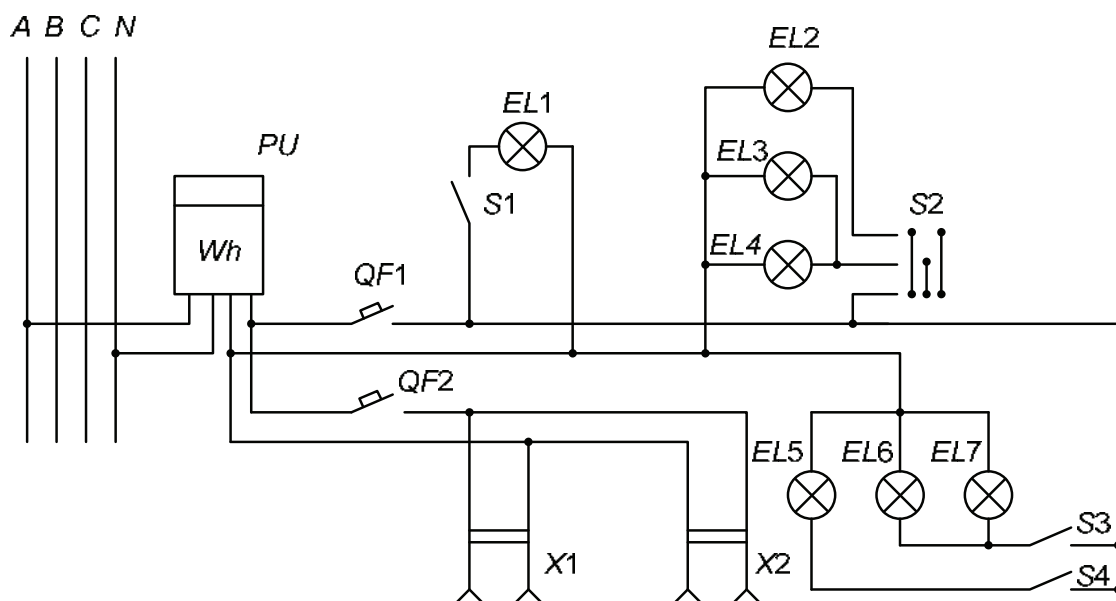


Рис. 5.30. Схема электроснабжения жилого помещения

К розеточной линии подключены штепсельные розетки $X1$ и $X2$ для подключения к ним настольных ламп или электробытовых приборов. Питание потребителей осуществляется от магистрали сети трехфазного тока фазы A (ввод проводки подключен к проводам фазы A и нулевому проводу N).

5.6.3. Схемные решения измерительных цепей

Далее рассмотрим измерительные цепи (рис. 5.31) линии трехфазного тока, отходящей от шин напряжением 0,66 кВ через автоматический выключатель QF . Принципиальная схема выполнена двумя способами: совмещенным (рис. 5.31, a) и разнесенным (рис. 5.31, $б-д$). Схемы силовых цепей даны в трехлинейном (рис. 5.31, a) и в однолинейном (рис. 5.31, $б$) изображениях.

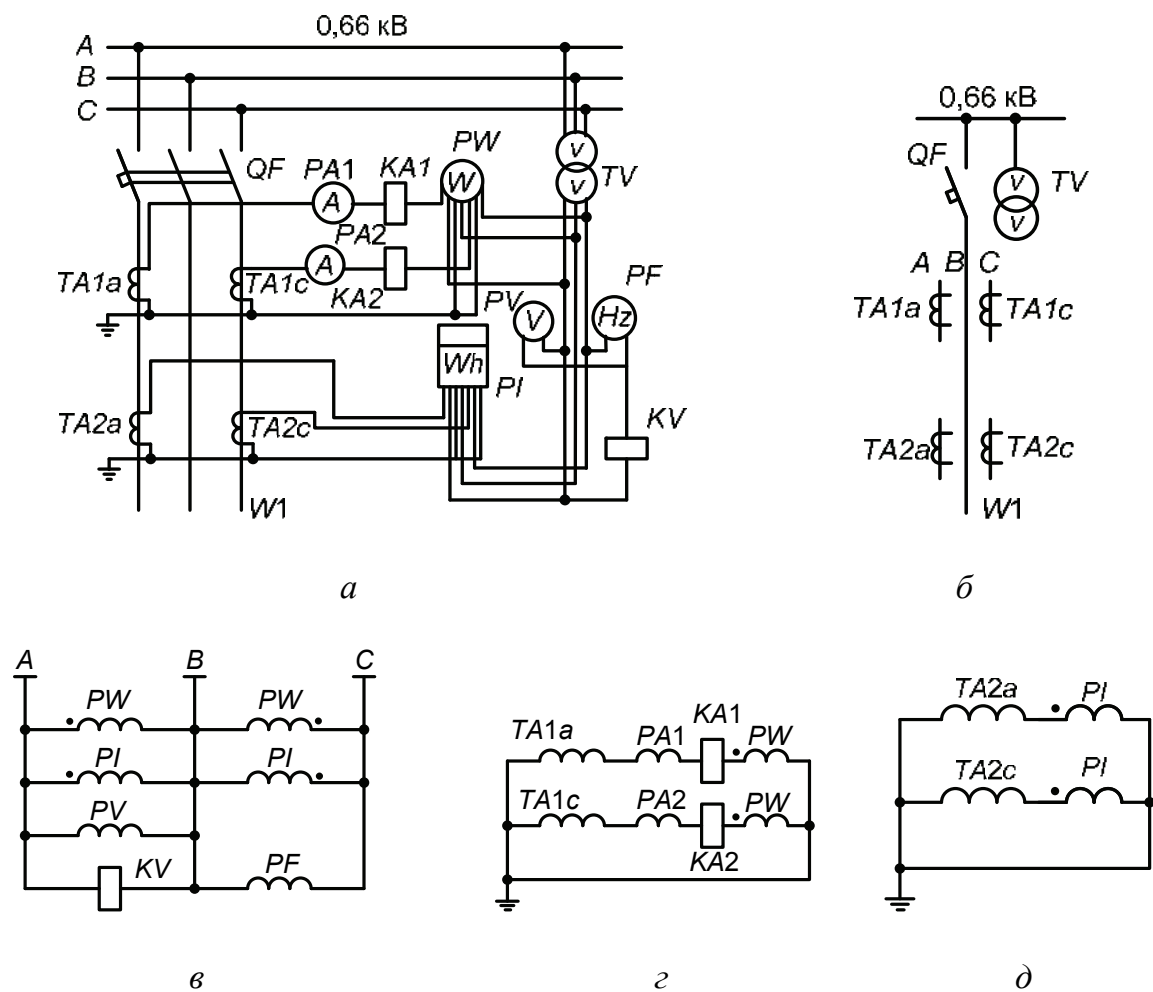


Рис. 5.31. Принципиальные схемы измерительных цепей электрической линии, выполненные совмещенным (a) и разнесенным ($б, в$) способами

Вначале рассмотрим схему, приведенную на рис. 5.31, *а*, на которой показаны измерительные приборы: ваттметр PW , два амперметра $PA1$ и $PA2$, электрический счетчик $P1$, вольтметр PV и частотомер PF . Измерительные цепи питаются от измерительных трансформаторов тока $TA1$ и $TA2$ и трансформатора напряжения TV . Кроме измерительных приборов на схеме показаны обмотки токовых реле $KA1$ и $KA2$ и реле напряжения KV . Амперметры $PA1$ и $PA2$ и токовые обмотки ваттметра PW , а также обмотки токовых реле $KA1$ и $KA2$ питаются от трансформаторов тока $TA1_a$ и $TA1_c$, соответственно включенных в фазы *A* и *C*. Токовые обмотки электросчетчика $P1$ питаются от трансформаторов тока $TA2a$ и $TA2c$, а вольтметр PV , частотомер PF , обмотки напряжения ваттметра PW и электросчетчика $P1$ – от трансформатора напряжения TV . В рассматриваемой схеме совмещены не только элементы таких приборов, как ваттметр и электросчетчик, но и силовые измерительные цепи.

При разнесенном способе выполнения схемы выделены силовые цепи линии (рис. 5.31, *б*), а также измерительные цепи трансформатора напряжения TV (рис. 5.31, *в*) и трансформаторов тока $TA1$ (рис. 5.31, *з*) и $TA2$ (рис. 5.31, *д*). На схеме силовой цепи (рис. 5.31, *б*), являющейся поясняющей, указаны места измерительных трансформаторов напряжения и тока и дано название присоединения – линия $W1$. В цепях трансформатора напряжения TV (рис. 5.31, *в*) показаны вольтметр PV , частотомер PF , обмотка реле напряжения KV и по две обмотки напряжения ваттметра PW и электросчетчика $P1$. В цепи трансформаторов тока $TA1$ (рис. 5.31, *з*) вошли амперметры $PA1$ и $PA2$, обмотки токовых реле $KA1$ и $KA2$, две токовые обмотки ваттметра PW , а в цепи трансформаторов тока $TA2$ – две токовые обмотки электросчетчика $P1$.

Даже из этого простого примера следует, что при совмещенном способе выполнения схемы разобраться в ней трудно. Если на схеме показать также другие приборы, например регистрирующие, и цепи защиты, управления и сигнализации, то прочесть ее будет значительно труднее. Поэтому схемы вторичных цепей (управления, сигнализации и др.) преимущественно выполняют разнесенным способом.

5.7. Потребительские трансформаторные подстанции в сельском хозяйстве

Мощность и число трансформаторов понижающей потребительской подстанции в сельском хозяйстве выбирают по расчетной мощности на шинах низшего напряжения с учетом перегрузочной способности

трансформаторов и требований по обеспечению необходимой степени надежности электроснабжения потребителей.

Расчетную мощность участка линии при суммировании с учетом коэффициента одновременности определяют по формулам

$$Pq_{\Sigma} = k_0 \Sigma Pq_i, \quad (5.1)$$

$$Pb_{\Sigma} = k_0 \Sigma Pb_i, \quad (5.2)$$

где Pq_{Σ} , Pb_{Σ} – расчетные дневная и вечерняя нагрузки на участке линии или на шинах трансформаторной подстанции, кВт; k_0 – коэффициент одновременности (по табл. 5.2); Pq_i , Pb_i – дневная и вечерняя нагрузки на вводе i -го потребителя или i -го элемента сети, кВт.

В небольших сельских населенных пунктах, а также садово-огородных товариществах, в дачных поселках и т. д. с преобладающей коммунально-бытовой нагрузкой устанавливают одну или две трансформаторные подстанции ТП 10/0,4 кВ с трансформаторами мощностью до 63 и реже 100 кВ · А.

Площадку для строительства ТП нужно выбирать на незаселенной местности, незатопляемой паводковыми водами, в центре нагрузок или вблизи от него. Площадка должна иметь по возможности инженерно-геологические условия, допускающие строительство без устройства дорогостоящих заземлений и фундаментов под оборудование и не вызывать большого объема планировочных работ.

Таблица 5.2

**Коэффициенты одновременности для суммирования
электрических нагрузок в сетях 0,4 кВ**

Наименование потребителя	Число потребителей										
	2	3	5	7	10	15	20	50	100	200	500 и более
Жилые дома с удельной нагрузкой на вводе: до 2 кВт свыше 2 кВт	0,76	0,66	0,55	0,49	0,44	0,40	0,37	0,30	0,26	0,24	0,22
	0,75	0,64	0,53	0,47	0,42	0,37	0,34	0,27	0,24	0,20	0,18
Жилые дома с электроплитами и водонагревателями	0,73	0,62	0,50	0,43	0,38	0,32	0,29	0,22	0,17	0,15	0,12
Производственные потребители	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,47	0,40	0,35	0,30

При выборе типа подстанции предпочтение следует отдавать подстанциям типа КТП (комплектные трансформаторные подстанции) заводского изготовления.

На рис. 5.32 показано присоединение КТП мощностью до 160 кВ · А к воздушным линиям 10 кВ и 0,4 кВ. Комплектная трансформаторная подстанция установлена на двух железобетонных фундаментах-столбах на высоте 1,8 м над уровнем земли. Разъединитель с приводом устанавливают на концевой опоре ВЛ 10 (6) кВ, что обеспечивает при отключенном разъединителе безопасность работ в любой точке подстанции.

Электрическая схема КТП изображена на рис. 5.33. Для защиты отходящих линий от междуфазных и однофазных коротких замыканий применяют устройства ЗТИ-0,4 УЗ. Уличное освещение выполнено централизованным с автоматическим или дистанционным управлением. Следует отметить, что схемы электрических соединений сельских потребительских подстанций независимо от конструктивного исполнения принципиально не отличаются одна от другой.

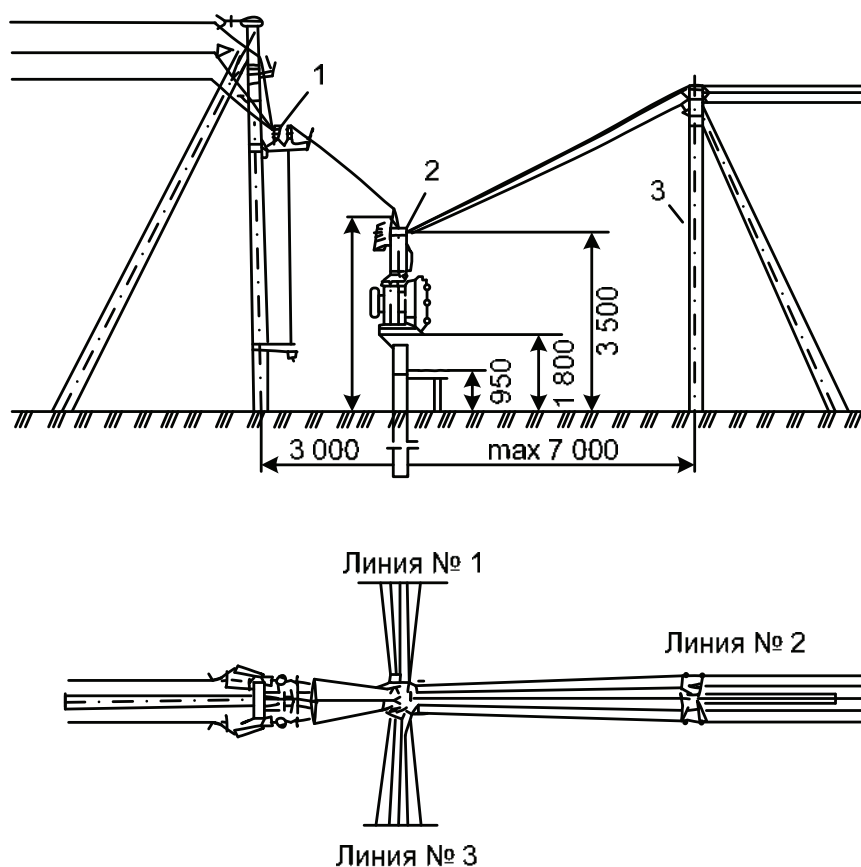


Рис. 5.32. Схема присоединения ВЛ 10(6) и 0,38 кВ в комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ: 1 – разъединитель; 2 – КТП; 3 – концевая опора ВЛ 380 В

Пониженное трансформаторной подстанцией напряжение по отходящим линиям распределительной сети подается потребителям. Отходящие линии обычно выполняют четырьмя проводами: три фазных провода, а четвертый – нулевой (нейтральный). Если по трассе линии предусмотрено уличное освещение, то для него пускают еще один провод – фонарный.

На схеме КТП, приведенной на рис. 5.33, предусмотрено три линии распределительной сети с устройствами автоматической защиты от перегрузки.

Нулевой провод обязательно заземляют на ТП. Кроме того, через каждые 100–200 м по линии устраивают его повторные заземления путем присоединения к заземляющему спуску, проложенному по опоре. На опорах с заземляющим спуском к нему присоединяют также крюки, на которых укреплены изоляторы. При железобетонных опорах в качестве заземляющего спуска используют арматуру. Заземляющий спуск соединяют с заземлителем (трубой, полосой) или какой-либо иной металлической массой, заложеной в землю.

Отводы от воздушной линии уличной магистрали показаны на рис. 5.34. К каждому садовому или дачному домику от магистрали обычно ответвляются два провода: один – фазный, другой – обязательно нулевой. Такое двухпроводное ответвление называют однофазным. Можно встретить также четырехпроводное ответвление. Четырехпроводное ответвление от магистрали делают при трехфазном вводе. Необходимость в нем возникает, когда нужно подключить трехфазный электродвигатель или равномерно распределить по фазам однофазные нагрузки. К каждому из фазных проводов подключают приблизительно равное число ответвлений от домов, к фонарному проводу подключают по одному фазному проводу от каждого светильника и одному нулевому проводу.

В трехфазной электрической сети различают линейное и фазное напряжения. *Линейное* (его называют также междуфазным или межфазным) – это напряжение между двумя фазными проводами. *Фазное* – между нулевым проводом и одним из фазных.

Линейные напряжения при нормальных эксплуатационных условиях одинаковы и в 1,73 раза больше фазных, т. е. напряжение между нулевым и фазным проводом (фазное) составляет 58 % линейного напряжения. Напряжение трехфазной сети принято оценивать по линейному напряжению. Для отходящих от ТП трехфазных линий установлено номинальное линейное напряжение 380 В, что соответствует фазному 220 В. В обозначении номинального напряжения трехфазных четырехпроводных сетей указывают обе величины, т. е. 380/220 В. Этим

подчеркивается, что к такой сети можно подключать не только трехфазные электроприемники на номинальное напряжение 380 В, но и однофазные на 220 В.

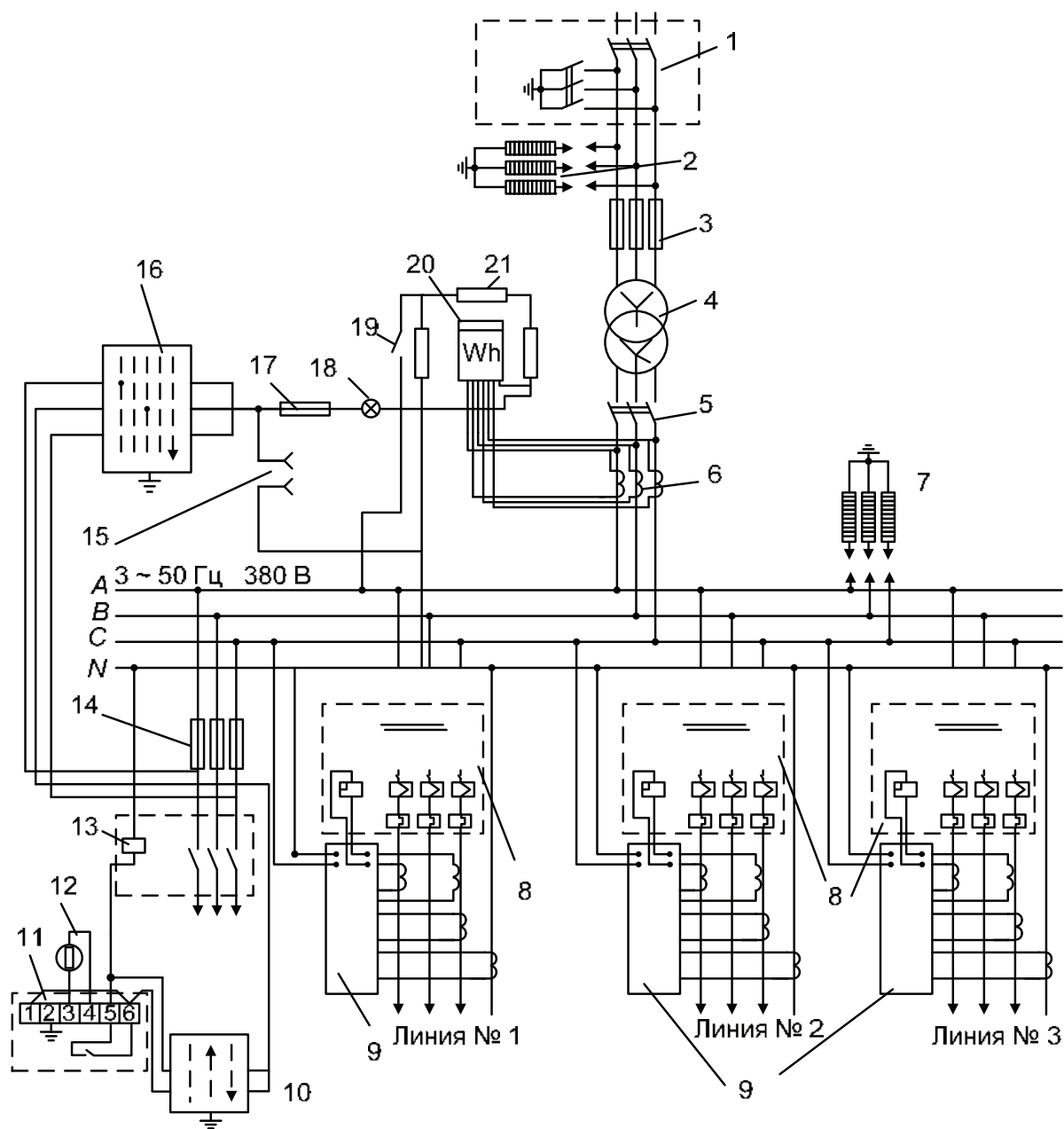


Рис. 5.33. Электрическая схема КТП мощностью 63, 100 и 160 кВ · А с защитой ЗТИ-0,4 УЗ: 1 – разъединитель РЛНД; 2, 7 – разрядники РВО-10 и РВН-1У1; 3 – предохранитель ПК-10; 4 – трансформатор ТМ-10/0,4 кВ; 5 – рубильник Р-32УЗ; 6 – трансформатор тока ТК-20УЗ; 8 – автоматические выключатели АЕ-2058-32; 9 – защитные приставки ЗТИ-0,4УЗ; 10 – переключатель ПК 10-1-2-П; 11 – фотореле ФР-2; 12 – фоторезистор ФСК-П; 13 – магнитный пускатель ПМЕ-211; 14, 17 – предохранители Е-27, П-25/3 80УЗ; 15 – штепсельная розетка; 16 – переключатель ПМОФ-45; 18 – лампа накаливания НВ27; 19 – выключатель на 6 А; 20 – счетчик САЧУ-И672М; 21 – резистор ПЭ-75

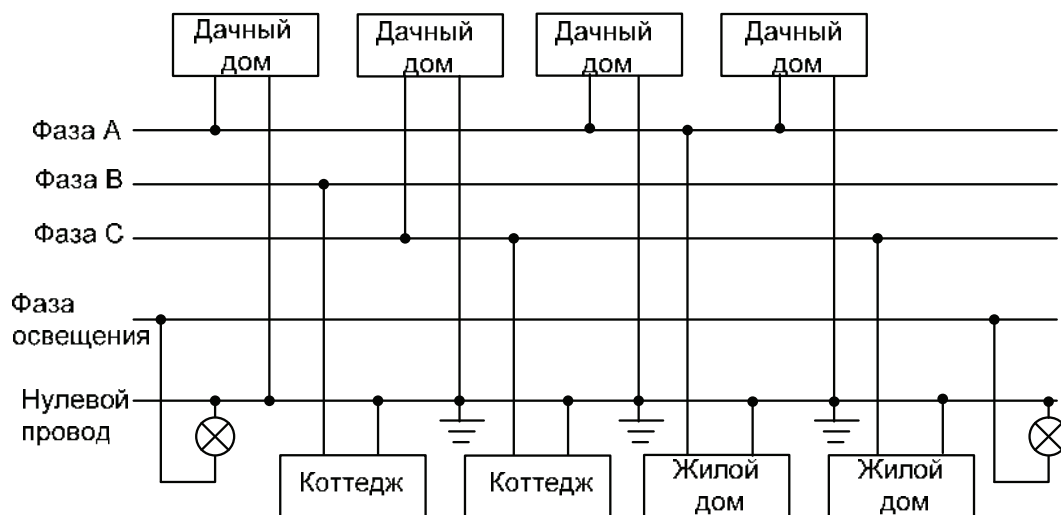


Рис. 5.34. Электрическая схема подключения потребителей к магистрали 380/220 В

Трехфазная система 380/220 В с заземленной нейтралью получила наибольшее распространение, но в некоторых населенных пунктах и садовых кооперативах можно встретить иные системы распределения электроэнергии. Например, трехфазную с линейным напряжением 220 В и незаземленной (изолированной) нейтралью. Однофазные электроприемники 220 В подключают на линейное напряжение между любой парой фазных проводов, а трехфазные – к трем фазным проводам. При этой системе нулевой провод не требуется, а незаземленная нейтраль снижает вероятность поражения электрическим током в случае нарушения изоляции. Однако выявление нарушений изоляции в такой системе сложнее, чем при заземленной нейтрали.

Прохождение электрического тока по проводам сопровождается потерями, и напряжение у потребителей оказывается несколько меньшим, чем в начале линии у ТП. Чтобы обеспечить приемлемые уровни напряжения вдоль всей линии, на ТП приходится поддерживать напряжение выше номинала, т. е. не 380/220 В, а 400/230 В. В электрических сетях сельских районов у потребителей, согласно действующим нормам, допускаются отклонения напряжения на 7,5 % от номинального значения. Значит, на трехфазном электроприемнике допускается напряжение в пределах 350–410 В, а на однофазном – 200–240 В.

Отклонения напряжения. Бывают случаи, когда величина напряжения выходит за допустимые пределы. При понижении напряжения заметно падает интенсивность электрического освещения от ламп накаливания, уменьшается производительность электронагревательных приборов, нарушается устойчивость работы телевизоров и других радио-

электронных приборов с электропитанием от сети. Повышение напряжения приводит к преждевременному выходу из строя электроламп и нагревательных приборов. Электродвигатели в меньшей степени чувствительны к отклонениям напряжения.

Использование однофазных и трехфазных вводов. Однофазными электроприемниками потребитель может пользоваться как при однофазном, так и при трехфазном вводе, а трехфазный электроприемник можно включать только при наличии трехфазного ввода. Трехфазный ввод предоставляет более широкие возможности применения электроэнергии, но для электроснабжения частных домов в сельской местности, для садоводческих участков и дачных домиков его используют редко.

В пылесосах, электрополотерах, стиральных машинах, компрессионных электрохолодильниках, различных кухонных машинах, а также в электроинструментах применяют однофазные электродвигатели, хотя они по сравнению с трехфазными более сложны по конструкции, менее экономичны и более громоздки. Чем больше мощность, тем в большей мере проявляются недостатки однофазных электродвигателей. При мощности 1,3 кВт и более однофазные электродвигатели для бытовых машин не применяются. Некоторые сельскохозяйственные орудия личного пользования, а также бытовой электроинструмент для строительных и монтажных работ требуют мощность, превышающую 1,5 кВт. Отсюда возникает потребность в бытовых трехфазных электроприемниках и, как следствие, в трехфазном вводе для сельского дома.

ВНИМАНИЕ! *Электрические сети прежней постройки не были рассчитаны на присоединение современных бытовых электроустановок большой мощности. Поэтому, согласно «Правилам пользования электрической и тепловой энергией», на применение трехфазных электроприемников для бытовых нужд, а также на установку бытовых машин и электроприборов мощностью более 1,3 кВт необходимо специальное разрешение от энергоснабжающей организации.*

В остальных случаях достаточно выполнить электропроводку согласно требованиям «Правил устройства электроустановок» и для включения ее под напряжение подать заявление в электроснабжающую организацию, предъявить электропроводку для контроля инспектору энергонадзора и сдать технический минимум по обслуживанию электроустановок и электропроводок.

Ответственность за техническое состояние, эксплуатацию электропроводки и электрооборудования, а также за технику безопасности при использовании электрической энергии в квартирах, на подсобных, приусадебных или садовых участках возлагается на лиц, пользующихся

электроэнергией (жильцов квартир или владельцев участков). Они, согласно «Правилам пользования электрической и тепловой энергией», должны приобрести необходимые технические знания.

5.8. Чтение схем управления электроприводами

Для управления электрооборудованием силовых электрических цепей применяют различные устройства дистанционного управления, защиты, телемеханики и автоматики, воздействующие на его аппараты. Рассмотрим ряд схем управления асинхронными электродвигателями.

5.8.1. Схема управления нереверсивным электродвигателем

Принципиальная схема нереверсивного управления асинхронным электродвигателем, выполненная совмещенным и разнесенным способами, показана на рис. 5.35.

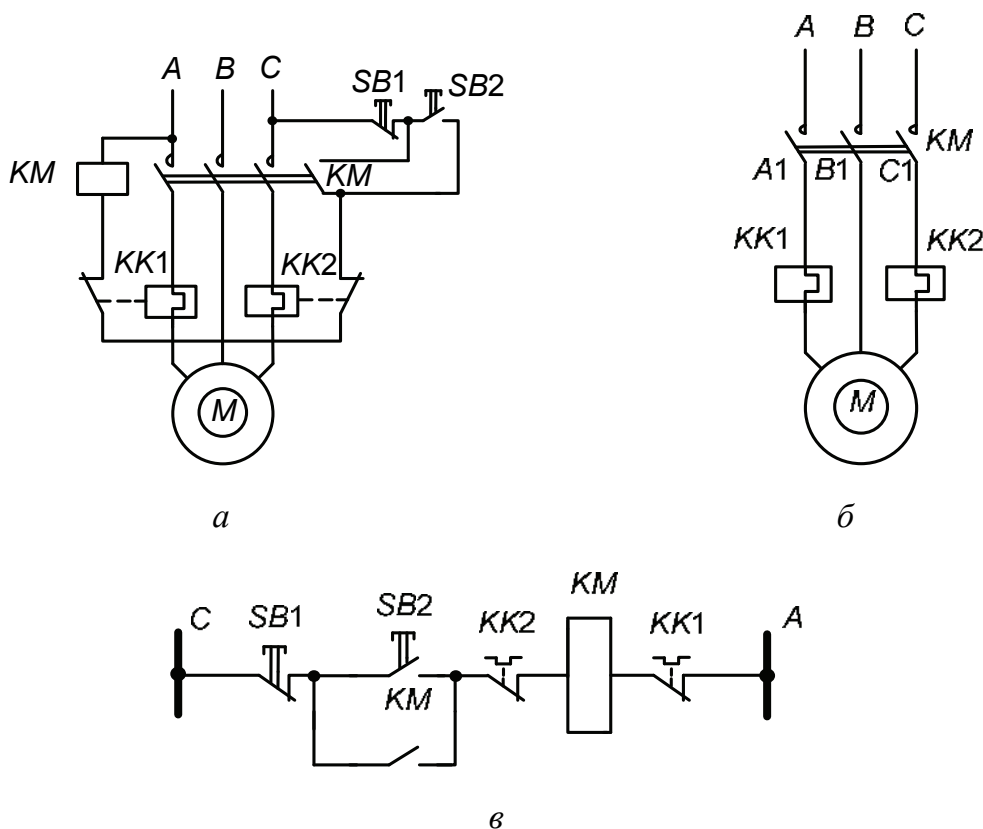


Рис. 5.35. Принципиальные схемы управления асинхронным двигателем:
a – совмещенным способом; *б, в* – разнесенным способами

Элементы, составляющие схему управления; кнопки *SB1* и *SB2*, контакты электротепловых реле *KK1* и *KK2*, катушка магнитного пускателя *KM* – образуют одну цепь, включенную между фазами *C* и *A* той же электрической сети, к которой подключен управляемый электродвигатель *M*.

Для включения электродвигателя *M* нажимают на кнопку *SB2*, замыкающую цепь катушки магнитного пускателя *KM*, который включается и замыкает свои силовые контакты и вспомогательный контакт, шунтирующий кнопку *SB2*. Этим обеспечивается удержание магнитного пускателя во включенном положении после отпускания кнопки *SB2*.

Для отключения электродвигателя *M* нажимают кнопку *SB1*, размыкающую цепь катушки магнитного пускателя *KM*.

При перегрузке электродвигателя срабатывают электротепловые реле *KK1* и *KK2*, размыкающие свои контакты в цепи управления; магнитный пускатель отключается и электродвигатель останавливается.

5.8.2. Электрические принципиальные схемы управления электродвигателями с помощью магнитных пускателей

На схемах рис. 5.36–5.38 показаны контакты пускателей *KM*, нагревательные элементы тепловых реле *KK*, включенные в цепи питания электродвигателей, кнопочные элементы *SB1* и *SB2*, катушки пускателей *KM*, предохранители *FU* в цепях управления.

В системах с глухозаземленной нейтралью питающей сети показан четвертый провод *N* как нулевой защитный проводник, присоединенный к корпусу электродвигателя; к этому проводу обычно присоединяются цепи управления и сигнализации для получения напряжения 220 В в этих цепях.

В схеме рис. 5.36 включение магнитного пускателя происходит при нажатии на кнопку *SB1*, когда катушка *KM* пускателя будет под напряжением. После включения магнитного пускателя его вспомогательный замыкающий контакт *KM* включается параллельно кнопочному элементу *SB1*, и кнопку можно отпустить. Отключение магнитного пускателя можно произвести кнопкой *SB2* «Стоп».

Пускатель отключается автоматически: при перерыве в электропитании (нулевая защита); при коротких замыканиях в питающей сети до *M*; при срабатывании автоматического выключателя, который может быть установлен в цепи питания нескольких *M*; при перегрузке *M*, когда срабатывает тепловое реле *KK*; при коротком замыкании в цепи управления, когда перегорает предохранитель *FU*.

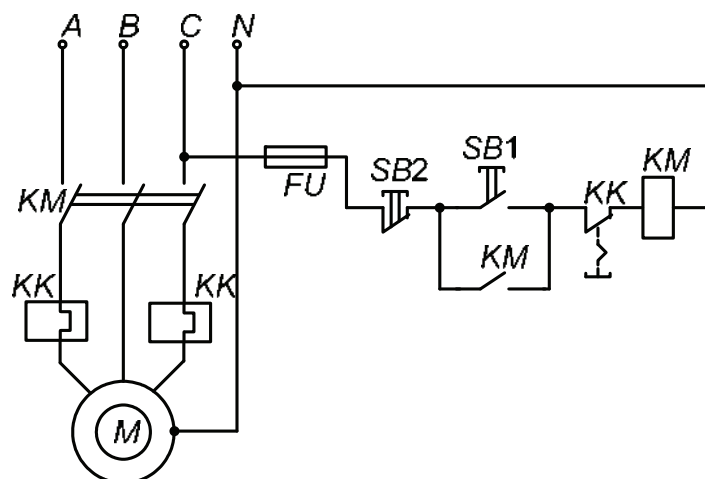


Рис. 5.36. Электрическая принципиальная схема магнитного пускателя с защитой одним двухфазным тепловым реле

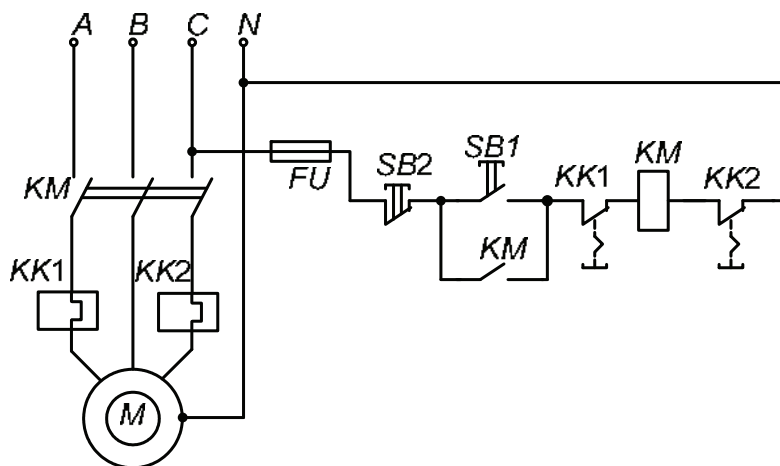


Рис. 5.37. Электрическая принципиальная схема магнитного пускателя с защитой двумя однофазными тепловыми реле

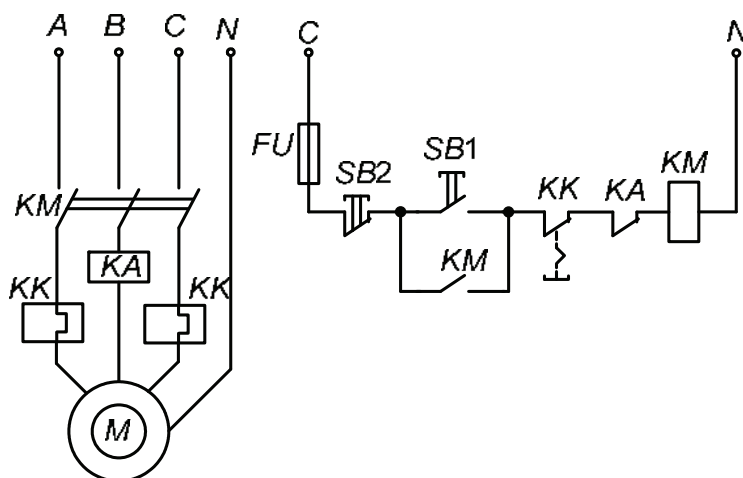


Рис. 5.38. Электрическая принципиальная схема магнитного пускателя с применением реле максимального тока (реле устанавливается отдельно)

На схеме (рис. 5.36) показано двухфазное тепловое реле с одним размыкающим контактом *KK*.

Отличием схемы на рис. 5.37 от схемы рис. 5.36 является применение в схеме рис. 5.37 двух однофазных тепловых реле *KK1* и *KK2* с двумя контактами в цепи управления.

На схеме рис. 5.38 показана цепь управления пускателем с применением реле максимального тока и силовая цепь электродвигателя, в одной фазе которой включено реле максимального тока *KA*, контакт которого есть в цепи управления. Применено двухфазное тепловое реле *KK*.

Тепловые реле последних разработок являются трехфазными с одним размыкающим контактом.

5.8.3. Схема управления реверсивным электродвигателем

Теперь рассмотрим более сложную схему, предусматривающую реверсивное управление асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором. Такая схема показана на рис. 5.39. Управление осуществляется контакторами *KM1* и *KM2* реверсивного магнитного пускателя.

Цепи 1 управления и цепи 2–4 сигнальных ламп *HLR1*, *HLR2* и *HLG* питаются от той же сети, что и электродвигатель *M*. В цепи 1 общими для участков катушки *KM1* первого контактора и катушки *KM2* второго контактора являются кнопка отключения *SBT* и контакты электротеплового реле *KK*.

При перегрузке электродвигателя срабатывают электротепловые реле *KK1* и *KK2*, размыкающие свои контакты в цепи управления; контакты магнитного пускателя отключаются, и электродвигатель останавливается.

В исходном положении горит сигнальная лампа *HLG*, показывающая отключенное состояние обоих контакторов (ее цепь замкнута через их размыкающие контакты *KM1:3* и *KM2:3*) и электродвигателя *M*.

Для включения электродвигателя *M* с вращением в другую сторону нажимают кнопку *SBC2*, и ее контакт *SBC2:1* в цепи катушки контактора *KM2* замыкается, а контакт *SBC2:2* в цепи катушки контактора *KM1* размыкается. Контактор *KM2* при этом срабатывает, электродвигатель включается и начинает вращаться, но в другую сторону, поскольку чередование фаз, подводимых к его обмотке, изменяется: к выводам *C1*, *C2* и *C3* подводятся соответственно фазы *A*, *C* и *B* электрической сети (в первом же случае подводились фазы *A*, *B* и *C*).

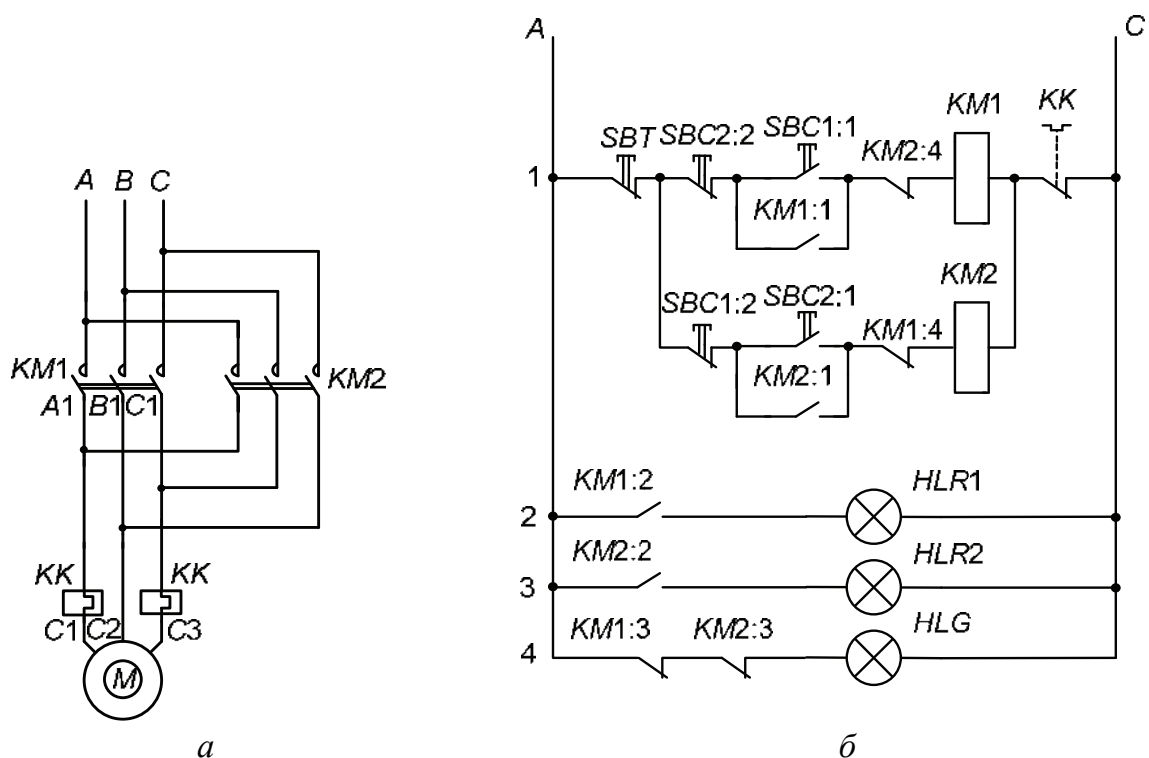


Рис. 5.39. Принципиальная схема реверсивного управления асинхронным электродвигателем: *а* – силовой блок; *б* – блок управления

Для отключения электродвигателя нажимают кнопку *SBT*, разрывая тем самым цепь *1*, в которую включены обмотки обоих контакторов.

При перегрузке электродвигатель отключается электротепловым реле *KK*, контакт которого входит в цепь *1*.

При срабатывании контактора *KM1* его вспомогательный контакт *KM1:2* замыкается, а *KM1:3* размыкается, лампа *HLG*, сигнализирующая об отключенном состоянии электродвигателя *M*, гаснет, а лампа *HLR1* загорается, указывая, что двигатель *M* включен и вращается, например, «Вперед». При срабатывании контактора *KM2* его вспомогательный контакт *KM2:2* замыкается, а *KM2:3* размыкается, лампа *HLG* гаснет, а лампа *HLR2* загорается, указывая, что он включен и вращается в обратном направлении («Назад»).

Введение в цепь включения контактора *KM1* размыкающего контакта *SBC2:2* кнопки включения контактора *KM2* и его вспомогательного контакта *KM2:4*, а в цепь включения контактора *KM2* размыкающего контакта *SBC1:2* кнопки включения контактора *KM1* и его вспомогательного контакта *KM1:4* обеспечивает электрическую блокировку. Такая блокировка предотвращает одновременное включение обоих контакторов или включение одного из них при включенном состоянии

другого, что может привести к короткому замыканию между фазами *B* и *C* электрической сети.

На рис. 5.40 приведена электрическая принципиальная схема управления реверсивным магнитным пускателем. На схеме показаны контакты пускателей *KMB* (вперед) и *KMH* (назад), одноименные катушки и добавочные контакты.

Для включения двигателя *M* вперед нужно нажать кнопку «Вперед» (*SB1.1*), и катушка пускателя *KMB* будет под напряжением по цепи: предохранитель *FU* – кнопка «Стоп» (*SB3*) – контакты кнопочного элемента *SB2.2* кнопки «Назад» (во избежание одновременного включения пускателей) – контакты кнопочного элемента *SB1.1* кнопки «Вперед» – добавочные размыкающие контакты *KMH* пускателя *KMH* (во избежание одновременного включения пускателей) – катушка пускателя *KMB* – контакты теплового реле *KK* – нулевой провод *N* (если катушка пускателя рассчитана на напряжение 220 В. При напряжении катушки 380 В вместо присоединения к проводу *N* должно быть присоединение к проводу *A* или *B*). При включении пускателя его добавочный контакт *KMB* включается параллельно кнопке *SB1.1*, и эту кнопку можно отпустить.

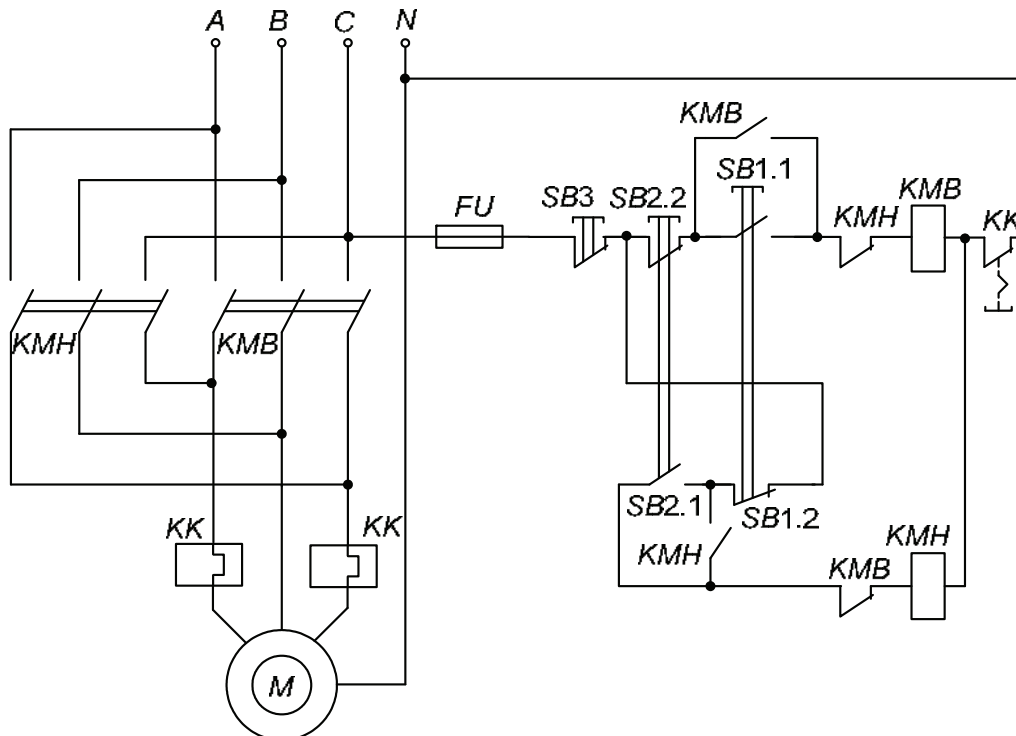


Рис. 5.40. Электрическая принципиальная схема реверсивного магнитного пускателя

Для включения двигателя M назад нужно нажать кнопку «Назад» ($SB2.1$), и катушка пускателя KMH будет под напряжением по цепи: предохранитель FU – кнопка «Стоп» ($SB3$) – контакты $SB1.2$ кнопочного элемента кнопки «Вперед» (во избежание одновременного включения пускателей) – контакты $SB2.1$ кнопки «Назад» – размыкающие контакты KMB пускателя KMB (во избежание одновременного включения пускателей) – катушка пускателя KMH – контакты теплового реле KK – провод N . После включения пускателя KMH его дополнительный контакт KMH включается параллельно контактам $SB2.1$ кнопки «Назад», и эту кнопку можно отпустить.

5.8.4. Схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором

Управление асинхронным электродвигателем (АД) с фазным ротором показано на рис.5.41.

В силовой блок (рис. 5.41, *а*) входят рубильник S , предохранители FU , силовые контакты магнитного пускателя $KM1$, через которые питание подается к обмотке статора, а также воспринимающая часть электротеплового реле KK . К обмотке ротора электродвигателя подключены резисторы R .

В блок управления (рис. 5.41, *б*), входят кнопки $SB1$ и $SB2$, контакт электротеплового реле KK , катушки магнитного пускателя $KM1$, контактов $KM2$ – $KM4$ и реле времени $KT1$ – $KT3$. Блок управления питается от той же электросети, что и силовой, и подключен к фазе A и нулевому проводу N . Нужно иметь в виду, что все реле времени срабатывают без выдержки времени, а возвращаются с выдержкой. Для удобства чтения схемы на ней даны номера цепей управления. В схемах вторичных цепей (управления, сигнализации, защиты и др.) вместо номеров часто указывают их функциональное назначение. Так, в рассматриваемой схеме вместо номера 1 можно написать цепь управления магнитным пускателем $KM1$, вместо номера 2 – цепь катушки реле времени $KT1$ и т. д.

В исходном состоянии (до включения рубильника S) питание к цепям управления не поступает, поэтому магнитный пускатель $KM1$ и реле времени $KT1$ – $KT3$ отключены. После включения рубильника S подводится питание к цепям управления. При этом по замкнутой контактом $KM1:2$ магнитного пускателя $KM1$ цепи 2 будет проходить ток через катушку реле времени $KM1$, которое сработает, замкнув контакт $KT1:1$ и разомкнув контакт $KT1:2$ соответственно в цепях 3 и 5.

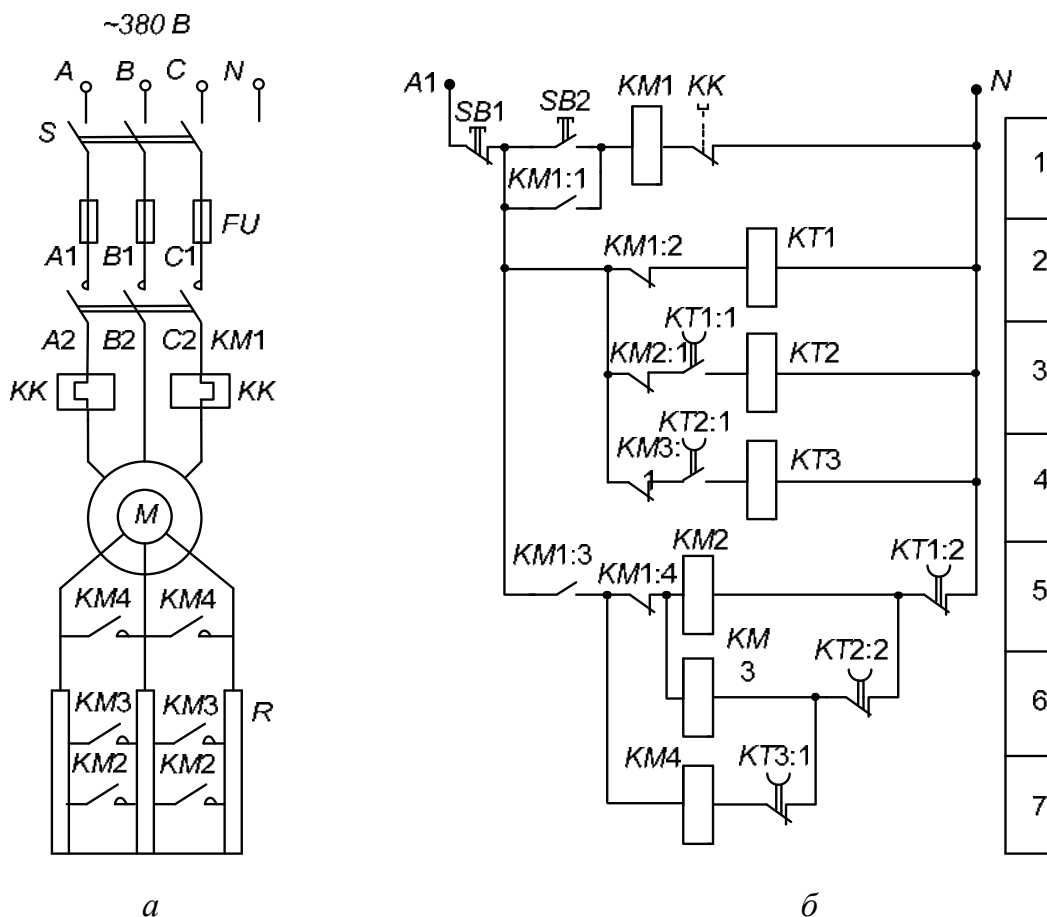


Рис. 5.41. Схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором:
а — силовой блок; б — блок управления

После срабатывания реле времени $KT1$ окажется замкнутой цепь катушки реле времени $KT2$, которое сработает, замкнув контакт $KT2:1$ и разомкнет при этом контакт $KT2:2$ соответственно в цепях 4 и 6. После срабатывания реле времени $KT2$ окажется замкнутой цепь катушки реле времени $KT3$, которое сработает и разомкнет свой контакт $KT3:1$ в цепи 7.

Таким образом, после включения выключателя цепи управления перейдут в состояние готовности к пуску электродвигателя M : реле времени $KT1$ – $KT3$ будут включены, их контакты $KT1:1$, $KT2:1$ – замкнуты, а $KT1:2$, $KT2:2$ и $KT3:1$ – разомкнуты.

Для запуска электродвигателя M нажимают кнопку $SB2$, замыкающую цепь 1 магнитного пускателя $KM1$, который включается, замыкая свои силовые контакты, подводящие питание к двигателю, а также вспомогательный контакт $KM1:1$, шунтирующий контакт кнопки $SB2$, и $KM1:3$, подготавливающий цепи 5–7. Одновременно размыкается контакт $KM1:2$ в цепи 2, и дальнейший процесс увеличения частоты вращения электродвигателя до нормальной происходит автоматически.

Реле времени $KT1$ вследствие размыкания цепи его катушки контактом $KM1:2$ магнитного пускателя $KM1$ через заданное время возвращается в исходное положение, замкнув контакт $KT1:2$ и разомкнув контакт $KT1:1$ соответственно в цепях 5 и 3. Так как цепь 5 катушки контактора $KM2$ оказывается замкнутой, контактор срабатывает, замыкая свои силовые контакты и частично уменьшая сопротивление резисторов в цепи ротора электродвигателя M , который начнет вращаться с большей частотой.

Размыкание контакта $KT1:1$ в цепи 3 катушки реле времени $KT2$ приводит к тому, что реле через заданное время возвращается в исходное положение, замкнув контакт $KT2:2$ и разомкнув контакт $KT2:1$ соответственно в цепях 6 и 4. При этом срабатывает контактор $KM3$, который замыкает свои силовые контакты, что приводит к дальнейшему уменьшению сопротивления резисторов в цепи ротора и увеличению частоты вращения электродвигателя M .

Размыкание контакта $KT2:1$ в цепи 4 катушки реле времени $KT3$ вызывает возврат этого реле в исходное положение через заданное время. При замыкании контакта $KT3:1$ реле срабатывает контактор $KM4$, его силовые контакты замыкают обмотку ротора электродвигателя M и его частота вращения возрастает до нормальной. Контакт $KM4:1$ контактора $KM4$ размыкает цепи 5 и 6 контакторов $KM2$ и $KM3$, и они отключаются.

На этом пуск электродвигателя M заканчивается. Включенными оказываются только магнитный пускатель $KM1$ и контактор $KM4$. Отключается электродвигатель при срабатывании электротеплового реле KK или нажатии кнопки $SB1$, вследствие чего размыкается цепь 1 катушки магнитного пускателя $KM1$, вспомогательные контакты $KM1:3$ которого разрывают цепь катушки контактора $KM4$, и он отключается, а вся схема приходит в состояние, предшествующее пуску электродвигателя M .

На рис. 5.42 приведена одна из схем автоматического управления пуском трехфазного двигателя M с фазным ротором в функции времени. Пуск начинается нажатием кнопки $SB1$ («Ход»), при этом включается пускатель $KM1$, подавая напряжение на статор двигателя M . В цепь ротора включены все резисторы ($R1-R3$). Пускатель самоблокируется вспомогательными контактами пускателя $KM1$.

С выдержкой времени замыкается контакт $KT1$ механического реле времени, пристроенного к пускателю $KM1$, и включается пускатель $KM2$, отключающий в цепи ротора резистор $R1$. С выдержками времени замыкаются контакты реле времени $KT2$, $KT3$, пристроенных к пускатель-

лям $KM3$ и $KM4$. Этим контакты отключают резисторы $R2$ и $R3$ в цепи ротора двигателя M , и ротор становится короткозамкнутым. На этом пуск двигателя M заканчивается.

Защита двигателя M от перегрузки осуществляется тепловыми реле KK , а от коротких замыканий – автоматическим выключателем OF . Защита цепи управления от коротких замыканий осуществляется предохранителями $FU1$ – $FU2$.

Реверсивный магнитный пускатель, как и обычный, можно включать из нескольких мест. На рис. 5.43 приведена электрическая принципиальная схема управления реверсивным магнитным пускателем с управлением из двух мест. При этом кнопки $SB3$ («Стоп»), $SB1.1$ («Вперед»), $SB2.1$ («Назад») находятся на кнопочном посту, установленном на ящике с реверсивным магнитным пускателем или около него, и имеется кнопочный пост $KП$ в другом месте, например, на другом конце транспортера. На этом кнопочном посту имеются кнопки $SB4$ («Стоп»), $SB 1.1$ («Вперед»), $SB2.1$ («Назад»).

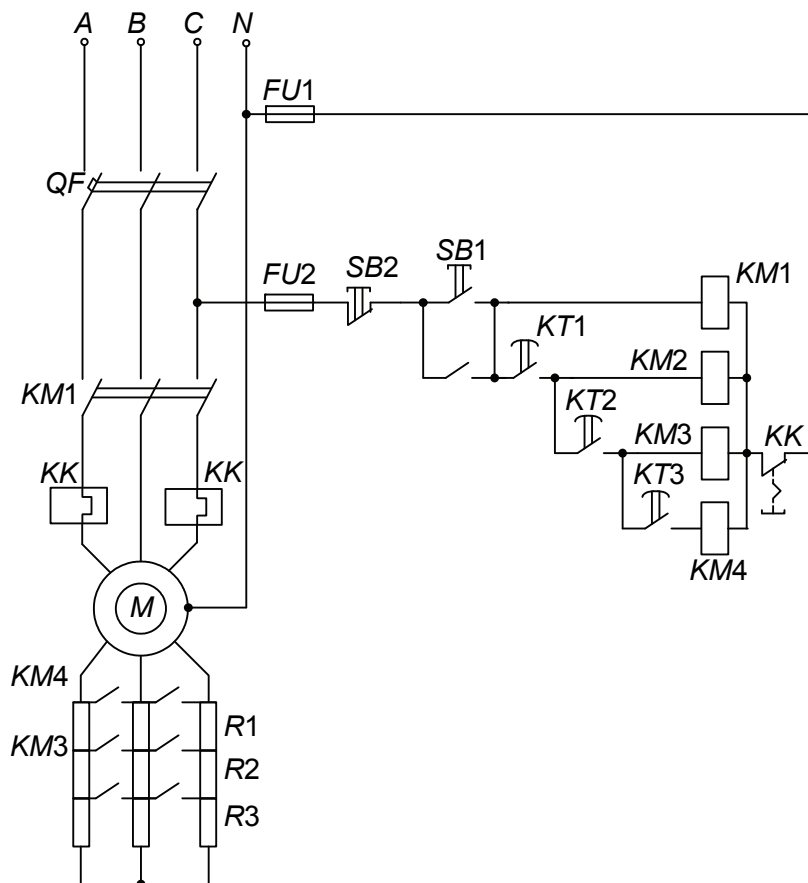


Рис. 5.42. Электрическая принципиальная схема пуска трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором

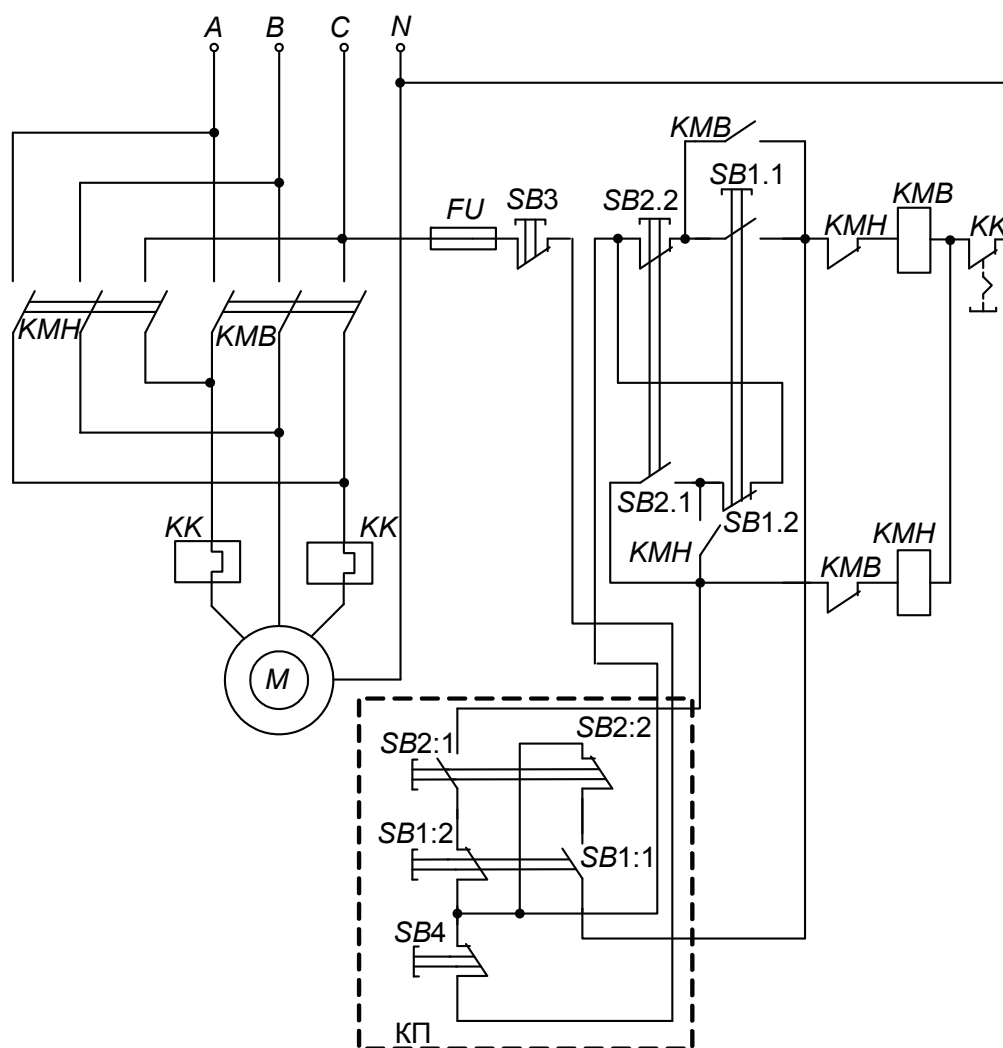


Рис. 5.43. Электрическая принципиальная схема управления магнитным пускателем из двух мест

Для включения M вперед с первого поста управления нужно нажать кнопку $SB1.1$ («Вперед») на кнопочном посту вблизи пускателя. При этом катушка пускателя KMB получает напряжение по цепи: предохранитель FU – кнопка $SB3$ («Стоп») – кнопка $SB4$ («Стоп») на втором посту управления (для возможности остановки с обоих мест) – кнопка $SB2.2$ – кнопка $SB1.1$ – размыкающий контакт KMH – катушка KMB – размыкающие контакты KK – провод N .

Для включения M назад с первого поста управления нужно нажать кнопку $SB2.1$ («Назад»), при этом катушка пускателя KMH получает напряжение по цепи: кнопка $SB3$ («Стоп») – кнопка $SB4$ («Стоп») – кнопка $SB1.2$ – кнопка $SB2.1$ («Назад») – размыкающий контакт пускателя KMB – катушка пускателя KMH – контакты реле KK – провод N .

Для включения со второго поста управления M вперед нужно нажать кнопку $SB1.1$ («Вперед») на втором посту управления. При этом

катушка пускателя *KMB* получает напряжение по цепи: кнопка *SB3* («Стоп») – кнопка *SB4* («Стоп») – размыкающие контакты *SB2.2* кнопки «Стоп» второго поста – контакты *SB1.1* кнопки «Ход» второго поста – размыкающие контакты *KMH* пускателя – катушка пускателя *KMB* – контакты *KK* – провод *N*. При включении пускателя замыкаются его дополнительные контакты *KMB* и катушка получает напряжение по цепи: кнопка *SB3* («Стоп») – кнопка *SB4* («Стоп») – размыкающие контакты *SB2.2* – замыкающие контакты *KMB* – размыкающие контакты *KMH* – катушка *KMB* – контакты *KK* – провод *N*.

Для включения со второго поста управления *M* назад нужно нажать на втором посту управления кнопку *SB2.1* («Назад»), и катушка пускателя *KMH* получает напряжение по цепи: кнопка *SB3* («Стоп») – кнопка *SB4* («Стоп») на втором посту управления – замыкающие контакты *SB2.1* кнопки «Назад» на втором посту управления – размыкающие контакты пускателя *KMB* – катушка *KMH* – контакты реле *KK* – провод *N*. После включения пускателя *KMH* его дополнительные контакты *KMH* замыкаются, и катушка получает напряжение по цепи: кнопка *SB3* («Стоп») – кнопка *SB4* («Стоп») – размыкающие контакты *SB1.2* кнопки «Вперед» на первом посту управления – замыкающие контакты пускателя *KMH* – размыкающие контакты пускателя *KMB* – катушка *KMH* – контакты *KK* – провод *N*.

5.8.5. Схема с применением защит, блокировок, сигнализации и измерительных приборов

Для защиты питающей сети электроустановки от коротких замыканий применены автоматические выключатели *QF1* (рис. 5.44) на вводе в шкаф с электрооборудованием электроустановки и *QF2* на ответвлении к электродвигателю *M3* (другие электродвигатели и схемы их управления не показаны).

Для защиты цепей управления применен автоматический выключатель *SF*. Электроэнергия в цепь управления подается только при включении реле управления *KY* нажатием кнопки *SB1*; после включения реле *KY* его катушка самоблокируется контактом реле *KY*. После исчезновения напряжения и его появления вновь, напряжение в цепи управления не появится до нажатия на кнопку *SB1*, чем обеспечивается нулевая защита, предотвращающая самовключение электродвигателей при появлении напряжения вновь.

После включения реле *KY* напряжение подается на переключатель *SA1*, положения рукоятки которого могут быть: О – отключено, Р – работа, Н – наладка.

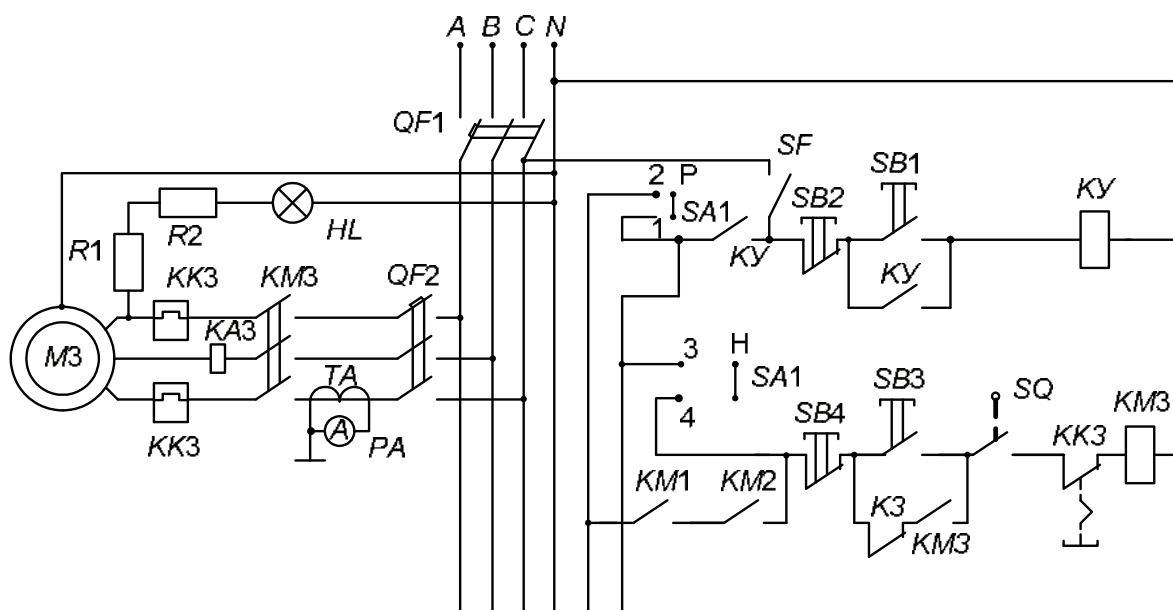


Рис. 5.44. Принципиальная схема с элементами защиты в силовых цепях и в цепях управления с сигнализацией

При положении переключателя «Работа» замыкаются контакты 1 и 2 в цепи управления и напряжение от переключателя *SA1* подается к вспомогательному контакту *KM1* пускателя электродвигателя *M1* (на схеме не показан).

Напряжение в цепи управления пускателя *KM3* электродвигателя *M3* появится только при включении магнитных пускателей *KM1* и *KM2* электродвигателей *M1* и *M2*, что соответствует очередности включения согласно технологическому процессу. Электродвигатель *M3* можно включить нажатием кнопки *SB3*, если при этом замкнуты контакты *KM1* и *KM2*, *SQ* конечного выключателя и не сработало реле тепловое *KK3*. Пускатель *KM3* самоблокируется контактом *KM3*, если не сработало реле максимального тока *KA3*.

В положении переключателя «Наладка» соединяются точки 3 и 4 цепи управления, и напряжение подходит к контактам кнопки *SB4*, минуя контакты *KM1* и *KM2*. При этом можно включить пускатель *KM3* нажатием кнопки *SB3*, если не сработал конечный выключатель *SQ* и тепловое реле *KK3*. Пускатель самоблокируется контактом *KM3*, если не сработало реле *KA3*.

Сигнальная лампа *HL* показывает, что напряжение на электродвигатель подано. Она присоединена к проводу, идущему к *KM3*, через резисторы и к нулевому проводу. Величину тока, потребляемого электродвигателем, показывает амперметр *PA*, включенный через трансформатор тока *TA*.

5.8.6. Схема с блоком встроенной температурной защиты

Схема блока встроенной температурной защиты (БВТЗ) не имеет элементов в силовой цепи электродвигателя M , а реагирует на нагрев его обмоток через встроенный в обмотки терморезистор RK , сопротивление которого изменяется при нагреве. В пластмассовом корпусе блока находится печатная плата с элементами электронной схемы.

На рис. 5.45 приведена принципиальная схема блока встроенной температурной защиты. Напряжение питания устройства подается на клеммы и к ним присоединяются провода от датчиков температуры RK . Выходным элементом БВТЗ является промежуточное реле K , при срабатывании которого размыкаются контакты K реле в цепи питания катушки пускателя электродвигателя, присоединяемые к клеммам 2 и 3. Срабатывание реле происходит при увеличении сопротивления датчиков, когда температура обмотки электродвигателя достигает предельно допустимого значения.

Схема БВТЗ осуществляет самоконтроль, т. е. отключение электродвигателя M при неисправности в цепи термодатчиков.

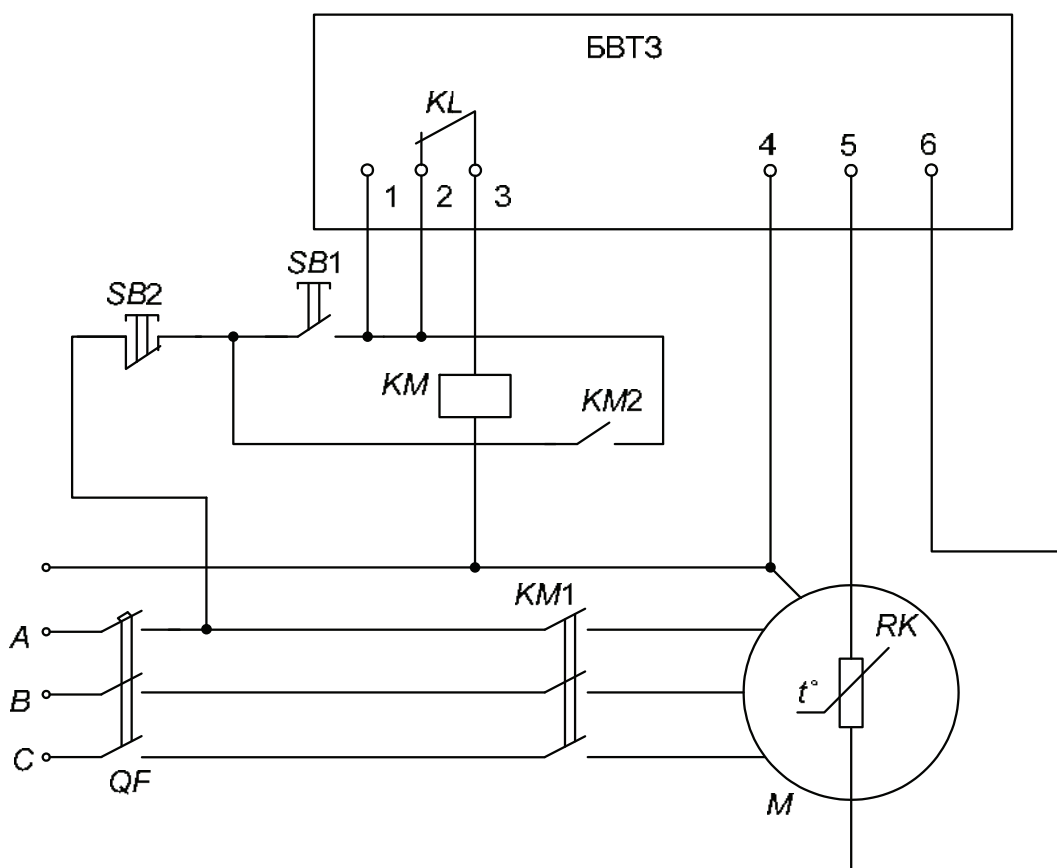


Рис. 5.45. Принципиальная схема блока встроенной тепловой защиты

Блок встроенной температурной защиты должен отключать электродвигатель при следующих аварийных режимах:

- обрыве провода в цепи питания электродвигателя;
- обрыве нулевого провода;
- длительных перегрузках и нарушении охлаждения;
- заклинивании ротора электродвигателя;
- повышении температуры окружающей среды выше допустимой;
- колебаниях напряжения сети в пределах 80–110 % номинального;
- обрыве или коротком замыкании в цепи датчиков температуры.

При пуске электродвигателя нажатием кнопки *SB1* подается напряжение на БВТЗ и через контакт *KL* реле на катушку магнитного пускателя *KM*, и пускатель включается. При отпускании кнопки *SB1* ее блокирует контакт *KM2* пускателя. При превышении температуры обмоток электродвигателя БВТЗ срабатывает, размыкая контакт и отключает магнитный пускатель *KM*.

5.8.7. Схема пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Этот способ пуска АД применяется с целью облегчения начального режима работы двигателя. В первый момент пуска концы фазных обмоток статора АД включают на схему «звезда», т. е. соединяются вместе, а через некоторое время концы обмоток пересоединяются на схему «треугольник» (рис. 5.46).

Пуск АД начинается при включенных автоматических выключателях *QF1* и *OF2* нажатием кнопки *SB1* («Ход»). При этом включается пускатель *KM1* и самоблокируется контактом *KM1.1*, присоединяя начала обмоток АД *C1*, *C2*, *C3* к сети. Одновременно замыканием контакта пускателя *KM1.2* включается магнитный пускатель *KM2*, включая концы обмоток АД на звезду, и включается реле времени *KT1*.

После разгона АД размыкается контакт *KT1.1* реле времени *KT1* в цепи катушки пускателя *KM2*, и пускатель отключается, а контакт *KT1.2* реле времени замыкается и включает пускатель *KM3*, переключающий обмотки АД на треугольник, и АД продолжает работать на этой схеме включения обмоток.

Защита силовой сети от коротких замыканий осуществляется автоматическим выключателем *QF1*, защита сети к АД от коротких замыканий и АД от перегрузки осуществляется автоматическим выключателем *OF2*.

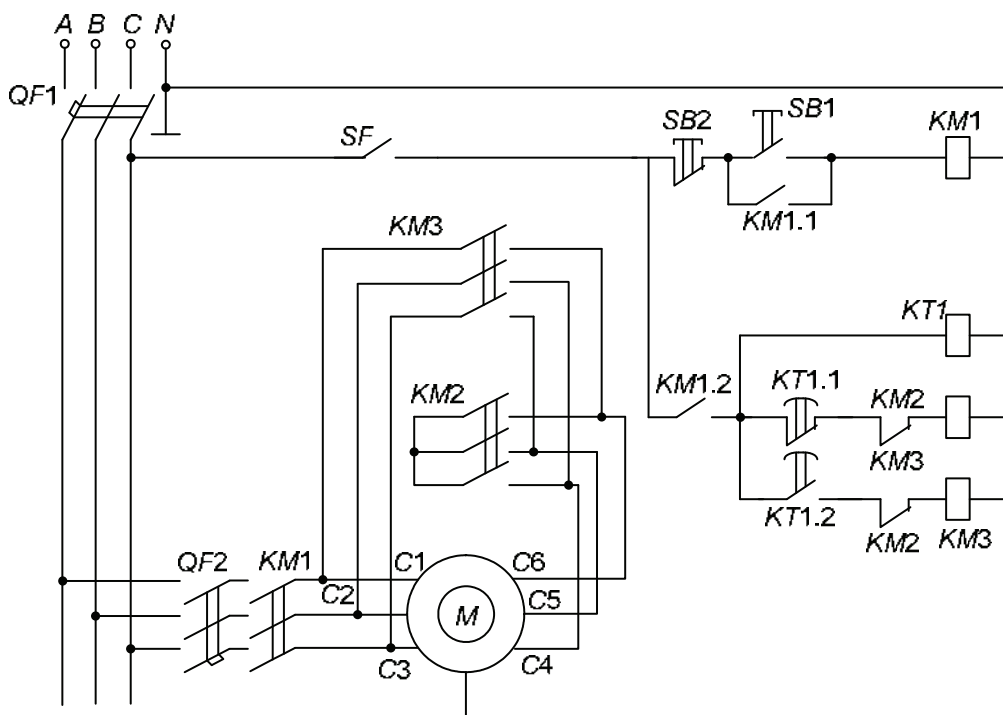


Рис. 5.46. Принципиальная схема пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором переключением со «звезды» на «треугольник»

Защита цепи управления от коротких замыканий осуществляется автоматическим выключателем *SF*.

5.8.8. Схема пуска и динамического торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

На рис. 5.47 показан пример схемы автоматического управления пуском и торможением АД. В схему входят пускатели *KM* включения двигателя и *KM1* динамического торможения, реле времени *KT*, выпрямители *VD1–VD4*, регулировочный резистор *R*, автоматический выключатель *QF*, тепловое реле *KK*, предохранители *FU1, FU2*.

Пуск АД происходит при нажатии на кнопку *SB1*, при этом происходит срабатывание магнитного пускателя *KM*, подключающего АД к сети. Магнитный пускатель самоблокируется контактом *KM1*. При замыкании контакта срабатывает реле времени *KT*, замыкая свой контакт *KT* в цепи тормозного контактора *KM1*, но контактор не срабатывает, так как разомкнут контакт *KM2* в цепи катушки *KM1*.

Для остановки двигателя нажимают кнопку *SB2*, при этом отключается пускатель *KM*, отсоединяя двигатель от сети. Вспомогательный контакт *KM2* включает тормозной пускатель *KM1*, а вспомогательный контакт *KM3* отключает реле времени *KT*.

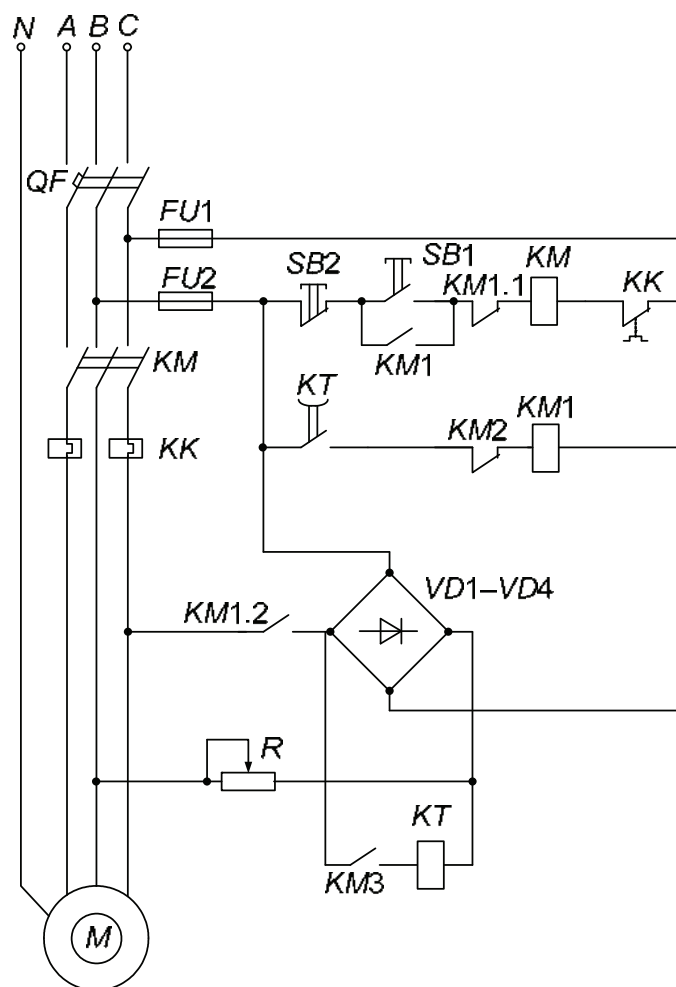


Рис. 5.47. Принципиальная схема пуска и динамического торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

При замыкании контакта $KM1.2$ в обмотку двигателя подается постоянное напряжение и начинается динамическое торможение двигателя. Через промежуток времени, необходимый для динамического торможения, отключается контакт реле времени KT в цепи пускателя динамического торможения $KM1$, пускатель отключается, и торможение заканчивается.

Постоянный ток в обмотке статора двигателя регулируется резистором. Для предотвращения одновременного включения пускателей KM и $KM1$ в цепи их катушек включены размыкающие контакты $KM1$ и $KM2$ соответственно.

5.8.9. Схемы тиристорных пускателей

Тиристорные пускатели (ТП) серии ПТТ выпускаются двух видов: бесконтактный коммутационный аппарат, тиристорный преобразова-

тель переменного напряжения, оснащенный системой автоматизированного пуска и останова привода.

Бесконтактные коммутационные аппараты имеют только два состояния – включен и отключен, поэтому они называются неуправляемыми или нерегулируемыми и применяются редко.

На рис. 5.48 показаны упрощенные электрические схемы тиристорных пускателей серий ПТТ и ПТТ-ПП (для плавного пуска электропривода). Пускатели имеют силовую часть, состоящую из встречно-параллельно включенных тиристоров, электронную защиту, входные цепи управления, формирователи импульсов для управления тиристорами.

Управляемые, или регулируемые, ТП имеют, кроме этого, системы импульсно-фазового управления (СИФУ), системы автоматизированного пуска и останова привода.

Тиристорный пускатель серии ПТТ-ПП для плавного пуска имеет облегченную систему охлаждения и используется совместно с контактором *КМ*, который включается при завершении плавного пуска и шунтирует тиристоры. Контактник отключается без дуги, так как в момент остановки привода ток некоторое время протекает через тиристоры. При нажатии кнопки «Стоп» с системы управления ТП уменьшается угол отпирания тиристоров и снимаются поступающие на них импульсы, затем подается сигнал на отключение контактора.

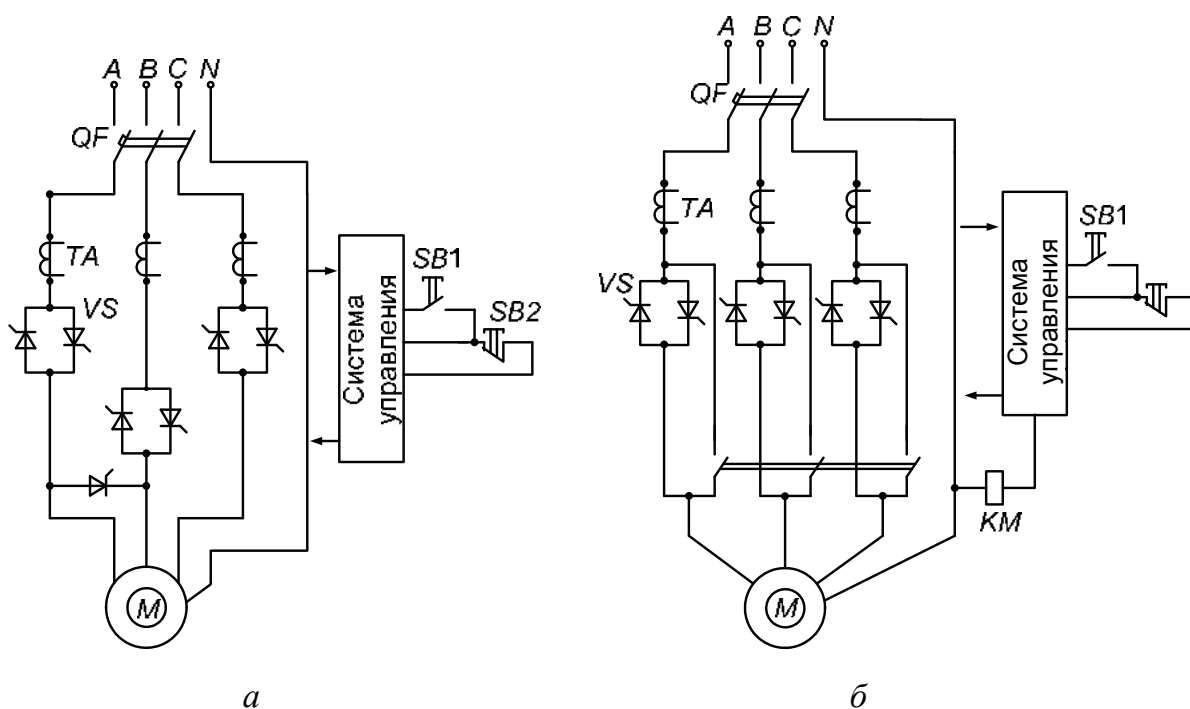


Рис. 5.48. Схемы тиристорных пускателей: *а* – ПТТ; *б* – ПТТ-ПП для плавного пуска электропривода

Пускатели серии ПТТ-ПП оборудованы переключателем для перевода привода в режим прямого пуска – через шунтирующий контактор. Это можно делать при неисправности ТП, когда требуется срочный пуск АД. При этом управление осуществляется без участия электронной схемы ТП.

Тиристорный пускатель содержит защиты АД и силовых тиристоров:

- быстродействующую максимально-токовую защиту;
- защиту от перегрузки;
- защиту от обрыва фазы и неотпирания тиристора;
- защиту от перегрева тиристоров.

Технические данные пускателей серии ПТТ (без шунтирующего контактора):

- номинальное напряжение силовой цепи – 220, 380, 660 В;
- частота питающей сети – 50, 60 Гц;
- номинальный ток – 10, 25, 40, 63, 100, 160, 200, 320, 400, 630, 1 000 А;
- длительность допустимых перегрузок при работе пускателя в продолжительном режиме:
 - длительность перегрузок – 120, 90, 20 с;
 - продолжительность пуска – 0,5–120 с;
 - время плавного останова или динамического торможения – 0,5–120 с;
- климатическое исполнение – УХЛЗ.1;
- режим работы – продолжительный или повторно-кратковременный.

Тиристорные пускатели серии ПТТ-ПП, если они не будут нагреваться, могут быть размещены в шкафах тиристорных комплектных станций управления типа ТСУ-К с высокой степенью защиты от окружающей среды.

В комплект ТСУ-К входят шкаф со степенью защиты IP21, содержащий на вводе автоматический выключатель, тиристорный пускатель ПТТ-ПП и шунтирующий контактор. Для управления ТСУ-К нужно присоединить один или несколько кнопочных постов с кнопками «Пуск» и «Стоп».

Один из вариантов ТСУ-К имеет возможность подключать преобразователь частоты. Такая схема применяется там, где необходим плавный пуск или останов. В данном случае ТП может на непродолжительное время заменить преобразователь частоты (ПЧ). Имеется блокировка, позволяющая включать только ТП или ПЧ.

5.8.10. Схема управления электродвигателем с фазочувствительным устройством защиты

На рис. 5.49 приведена схема управления электродвигателем погружного насоса. Защита электродвигателя осуществляется при следующих аварийных режимах: перегрузка, короткое замыкание, работа на двух фазах.

Аварийный сигнал поступает на станцию управления от соответствующих трансформаторов $TA1-TA3$ (датчика тока).

При перегрузках, обрыве фазы или коротком замыкании, сопровождаемых током, сигнал от датчика тока поступает на затвор транзистора $VT1$.

Время срабатывания защиты определяется временем заряда конденсатора $C2$ до величины напряжения, равной пороговому значению напряжения транзистора $VT1$. При достижении этого напряжения на затворе транзистора $VT1$ он откроется, и в нем начнет течь ток-исток. При этом открывается транзистор $VT2$ базовым током, протекающим по цепи: эмиттер $VT2-R4$ – сток-исток $VT1$; загорается лампа HL «Авария».

Сигнал аварии с коллектора $VT2$ через диод $VD10$ поступает в цепь управления, закрывает транзистор $VT3$, и реле K отключается.

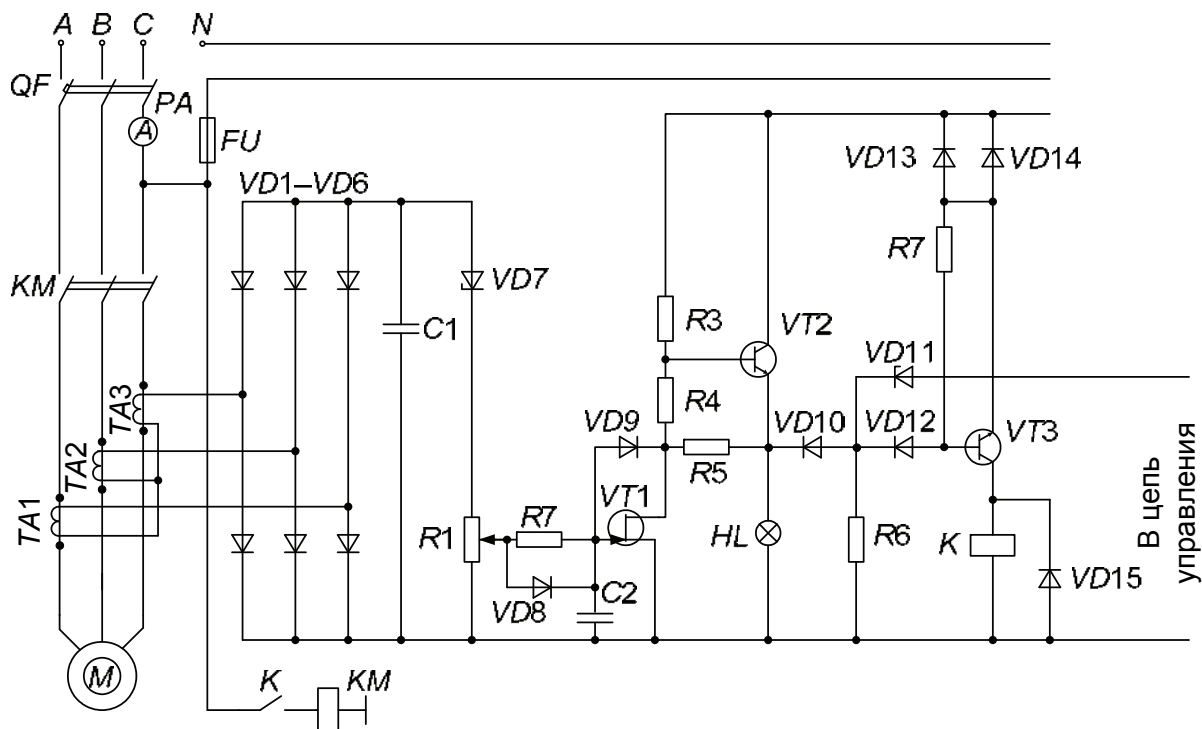


Рис. 5.49. Принципиальная схема управления электродвигателем погружного насоса

С помощью цепи $R5$ и диода $VD9$ создается релейный эффект при открывании транзистора $VT1$ и сигнал аварии запоминается. При этом исключается повторный автоматический пуск электродвигателя. Контакт реле K включен в цепь катушки пускателя KM электродвигателя, и электродвигатель отключается при отключении реле K .

Для повторного запуска электродвигателя нужно снова включить напряжение на схему автоматическим выключателем QF . На схему также поступают сигналы от устройств местного и телемеханического управления и датчиков автоматики от дополнительных схем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главными техническими документами электроустановки, в которой должен хорошо разбираться не только инженер-электрик, но и электро-монтажник или электромонтер, являются ее чертеж и электрическая схема.

Конкретный чертеж электроустановки дает представление о форме, размере, материале и составе изделия. Но во многих случаях, когда данное изделие состоит из целого ряда элементов, по чертежу не всегда можно понять взаимную функциональную связь между ними. Для того чтобы разобраться в этих связях, и служит электрическая схема.

Электрическая схема – это наглядное изображение связей между отдельными элементами электрических цепей, выполненная с помощью условных обозначений и позволяющая понять принцип действия данного электротехнического устройства.

Поэтому, для того чтобы понять или прочесть схему, необходимо знать все условные обозначения, которые использованы при ее составлении. Они должны полностью соответствовать требованиям стандартов и ЕСКД.

Составление и чтение электрических схем проектируемых и эксплуатируемых электроустановок без знания Единой системы конструкторской документации невозможно. Так же невозможно и составление электрических схем без знания условных обозначений как электрических, так и электронных устройств и приборов. Необходимые сведения можно найти в различных источниках, что является трудоемким процессом. Более того, отдельные источники невозможно найти в библиотечных фондах учебных заведений.

Уникальностью настоящего пособия является то, что в нем объединены все разрозненные сведения, касающиеся чтения и составления электрических схем, с которыми встретятся на практике будущие инженеры, техники, электромонтажники, электрослесари и электромонтеры.

Основное внимание в пособии уделено базовым понятиям, связанным с правилами изображения электрических аппаратов, их соединения и взаимодействия между ними при разработке схемных решений.

В учебном пособии приведены основные сведения о стандартах, применяемых в электротехнических чертежах, подробно рассмотрены условные графические и буквенно-цифровые обозначения, принятые Единой системой конструкторской документации. Пособие иллюстрировано множеством схемных решений, взятых из реальных проектов,

конструкторских указаний, инструкций заводов-изготовителей, каталогов и других источников. В примерах рассмотрены наиболее распространенные схемы электроустановок, которые представляют большой интерес для многих читателей: электриков, проектировщиков, электромонтажников, инженеров, техников, преподавателей и студентов электротехнических специальностей и всех интересующихся электротехникой.

Автор надеется, что данное учебное пособие поможет как молодым, так и умудренным опытом специалистам в области электротехники решать задачи, связанные с разработкой и чтением электрических схем различного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каминский, Е. А. Техника чтения схем электроустановок / Е. А. Каминский. – М. : Энергия, 1972. – 120 с.
2. Камнев, В. Н. Чтение схем и чертежей электроустановок / В. Н. Камнев. – М. : Высш. шк., 1986. – 144 с.
3. Кисаримов, Р. А. Справочник электрика / Р. А. Кисаримов. – М. : КУБК-а, 1997. – 320 с.
4. Суворин, А. В. Современный справочник электрика / А. В. Суворин. – Ростов н/Д. : Изд-во «Феникс», 2010. – 510 с.
5. Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В. П. Шеховцов. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2009. – 136 с.
6. Кисаримов, Р. А. Электропривод : справ. / Р. А. Кисаримов. – М. : РадиоСофт, 2008. – 352 с.
7. Суворин, А. В. Электрическое освещение / А. В. Суворин, А. С. Амузаде, Т. П. Рубан. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 28 с.
8. Гетлинг, В. Б. Чтение схем и чертежей электроустановок / В. Б. Гетлинг : учеб. пособие для сред. проф.-техн. училищ. – М. : Высш. шк., 1980. – 120 с.
9. Зорин, А. Ю. Условные и графические обозначения в электрических схемах / А. Ю. Зорин; под ред. А. И. Питолина. – М. : Изд. дом МЭИ, 2007. – 74 с.
10. Усатченко, С. Т. Выполнение электрических схем и ЕСКД : справ. / С. Т. Усатченко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 325 с.
11. ГОСТ 2.710–81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
12. Каминский, Е. А. Практические приемы чтения схем электроустановок / Е. А. Каминский. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 368 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
1. Единая система конструкторской документации при проектировании электрических схем	7
1.1. Общие положения Единой системы конструкторской документации.....	7
1.2. Виды изделий и комплектность конструкторских документов	8
1.3. Форматы. Надписи на конструкторских документах.....	15
1.4. Общие требования к текстовым документам.....	23
1.5. Объем и содержание проектных материалов для электрического освещения	48
2. Условные графические обозначения на электрических схемах....	58
2.1. Геометрические образы в условных графических обозначениях на электрических схемах	58
2.2. Обозначение устройств и частей электроустановок	63
2.2.1. Общие сведения	63
2.2.2. Размеры условных графических обозначений.....	79
2.3. Обозначения в монтажных схемах.....	125
3. Разработка электрических схем	153
3.1. Нормативные документы и стандарты для разработки электрических схем	153
3.1.1. Главные нормативные документы	154
3.1.2. Руководящие указания и материалы.....	166
3.2. Общие правила выполнения схем	169
3.2.1. Общие сведения об электрических схемах	169
3.2.2. Размещение графических обозначений и надписей на схеме	173
3.2.3. Правила разработки схемных решений.....	178
3.3. Классификация электрических схем.....	192
3.3.1. Электрические структурные схемы	196
3.3.2. Электрические функциональные схемы.....	199
3.3.3. Электрические принципиальные схемы.....	202
3.3.4. Электрические схемы соединений и подключения	208
3.3.5. Электрические схемы расположения	217
3.3.6. Электрические общие схемы.....	217
3.3.7. Анализ электрической схемы автоматического электропроводонагревателя.....	220

3.4. Схемы электрического освещения	227
3.4.1. Основной комплект рабочих чертежей марки ЭО	228
3.4.2. Разновидности схем, применяемых в осветительных сетях.....	240
3.5. Проектирование схем питания и распределения электро-энергии	245
3.5.1. Выбор напряжения и требования к источникам питания	246
3.5.2. Выбор схемы электропитания	250
4. Буквенно-цифровые обозначения на электрических схемах.....	255
4.1. Надписи на электрических схемах	255
4.1.1. Общие сведения	255
4.1.2. Перечень элементов схемы	268
4.1.3. Упрощения на схеме	277
4.2. Обозначение электрических цепей	279
4.2.1. Общие положения.....	279
4.2.2. Буквенно-цифровые обозначения на реальных электрических цепях	280
4.3. Обозначения отдельных элементов.....	293
4.4. Обозначения на схемах вычислительной техники	303
5. Техника чтения схем.....	307
5.1. Что нужно знать, чтобы читать схемы.....	307
5.1.1. Электрические принципиальные схемы.....	307
5.1.2. Схема управления разъединителем с электрическим приводом	318
5.1.3. Схемы управления, защиты электроустановок и сигнализации	322
5.1.4. Приведение схем к виду удобному для чтения	326
5.2. Условия работы схем и простые цепи	327
5.3. Диаграммы взаимодействия.....	331
5.3.1. Предварительные условия и масштабы.....	331
5.3.2. Схема автоматического управления насосом	335
5.3.3. Таблицы переключений	343
5.4. Анализ работы электрических схем.....	348
5.4.1. Критерии анализа схем.....	348
5.4.2. Причины нереальности схемных решений	349
5.4.3. Возможные ошибки при разработке электрических схем.....	353
5.4.4. Условные гарантии надежной работы электрических схем.....	365
5.4.5. Сравнение схемных решений	366
5.5. Правила чтения электрических схем и чертежей	368
5.5.1. Порядок чтения электрических схем и чертежей.....	368

5.5.2. Методика чтения схем вспомогательных цепей.....	370
5.5.3. Особенности чтения схем электрических цепей с элементами электроники	370
5.5.4. Указания по чтению схем цепей электроосветительных и электрических сетей	374
5.6. Особенности схемных решений при проектировании схем электроснабжения предприятий	375
5.6.1. Схемные решения внешнего электроснабжения промышленных предприятий	375
5.6.2. Схемные решения распределения электроэнергии между промышленными потребителями.....	384
5.6.3. Схемные решения измерительных цепей.....	389
5.7. Потребительские трансформаторные подстанции в сельском хозяйстве	390
5.8. Чтение схем управления электроприводами.....	397
5.8.1. Схема управления нереверсивным электродвигателем	397
5.8.2. Электрические принципиальные схемы управления электродвигателями с помощью магнитных пускателей	398
5.8.3. Схема управления реверсивным электродвигателем.....	400
5.8.4. Схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором	403
5.8.5. Схема с применением защит, блокировок, сигнализации и измерительных приборов	408
5.8.6. Схема с блоком встроенной температурной защиты.....	410
5.8.7. Схема пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	411
5.8.8. Схема пуска и динамического торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	412
5.8.9. Схемы тиристорных пускателей	413
5.8.10. Схема управления электродвигателем с фазочувствительным устройством защиты	416
Заключение.....	418
Библиографический список	420

Учебное издание

Суворин Алексей Васильевич

РАЗРАБОТКА И ЧТЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Учебное пособие

Редактор *А. А. Гетьман*

Корректор *Э. А. Королькова*

Компьютерная верстка *О. А. Кравченко*

Подписано в печать 22.08.2012. Печать плоская. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 24,65. Тираж 100 экз. Заказ № 5126

Редакционно-издательский отдел
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел/факс (391)206-21-49, e-mail: rio@lan.krasu.ru

Отпечатано полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел/факс (391)206-26-58, 206-26-49
E-mail: print_sfu@mail.ru; <http://lib.sfu-kras.ru>