

2. Правила выполнения и анализа электрических схем

2.1. Условные буквенно – цифровые обозначения

Общие определения

Электрическая схема – это упрощенное и наглядное изображение связей между отдельными элементами электрической цепи, выполненное при помощи условных обозначений.

Электрическая цепь – совокупность электротехнических устройств, образующих путь для электрического тока.

Электрическая цепь обязательно включает в себя источник электрической энергии; приёмник электрической энергии, соединительные провода или проводники. Также в её состав могут входить измерительные приборы, коммутирующая аппаратура.

Электрический ток – направленное движение зарядов в электрическом поле.

Электрический ток в электрических цепях всегда идёт по замкнутому контуру, внутри которого должен быть источник.

Классификация схем

Согласно ГОСТ 2701-84, все схемы разделяются на виды:

I. В зависимости от видов элементов и связей между ними:

Э – электрические схемы;

Г – гидравлические;

П – пневматические;

Гз – газовые и т.д.

II. В зависимости от основного назначения каждый вид схемы делится на типы:

1 – структурные схемы;

2 – функциональные схемы;

3 – принципиальные (полные) схемы;

4 – схемы соединений (монтажные);

5 – схемы подключения;

6 – общие схемы;

7 – схемы расположения;

0 – объединенные схемы.

Таким образом, наименование схемы определяется её видом и типом и обозначается буквенно-цифровым обозначением (БЦО).

Пример. Обозначение **Э3** – это электрическая принципиальная схема.

Условные буквенно-цифровые обозначения (БЦО) в электрических схемах

Буквенно-цифровые обозначение (БЦО) предназначены для записи в сокращённой форме сведений об элементах электрической цепи. Для этого используются прописные буквы латинского алфавита и арабские цифры. Для

уточнения вида элементов применяются двухбуквенные и многобуквенные коды.

Таблица 2.1

Буквенные обозначения элементов электрической цепи

Первая буква кода	Наименование группы элементов	Примеры наименований элементов	Двух-буквенный код
1	2	3	4
<i>A</i>	Устройства	Усилитель, прибор	
<i>B</i>	Преобразователи неэлектрических величин в электрические	Телефон Тепловой датчик Датчик давления	<i>BF</i> <i>BK</i> <i>BP</i>
<i>C</i>	Конденсаторы		
<i>D</i>	Схемы интегральные, микросборки	Схема памяти Логические элементы Схема задержки	<i>DC</i> <i>DD</i> <i>DT</i>
<i>E</i>	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная	<i>EK</i> <i>EL</i>
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, защитные устройства	Предохранитель плавкий Разрядник	<i>FU</i> <i>FV</i>
<i>G</i>	Генераторы источники питания	Аккумуляторная батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Устройства индикации и сигнализации	Звуковой прибор Световой прибор	<i>HA</i> <i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	Реле тока Реле управления Реле электротепловое Контактор (магнитный пускатель) Реле времени Реле напряжения	<i>KA</i> <i>KC</i> <i>KK</i> <i>KM</i> <i>KT</i> <i>KV</i>
<i>L</i>	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентной лампы	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигатели		
<i>P</i>	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии Часы (секундомер) Вольтметр Ваттметр	<i>PA</i> <i>PI</i> <i>PK</i> <i>PT</i> <i>PV</i> <i>PW</i>
<i>Q</i>	Выключатели, разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	<i>QF</i> <i>QK</i> <i>QS</i>
<i>R</i>	Резисторы	Терморезистор Измерительный шунт	<i>RK</i> <i>RS</i>

1	2	3	4
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации, измерения	Переключатель (ключ управления) Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Переключатель температуры Переключатель уровня Переключатель давления Переключатель положения (“путевой”)	<i>SA</i> <i>SB</i> <i>SF</i> <i>SK</i> <i>SL</i> <i>SP</i> <i>SQ</i>
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформаторы	Силовой трансформатор Трансформатор тока Трансформатор напряжения	<i>T</i> <i>TA</i> <i>TV</i>
<i>U</i>	Устройства связи, преобразователи электрических величин в электрические	Выпрямитель	<i>UZ</i>
<i>V</i>	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Диод Электровакуумный прибор Тиристор Транзистор	<i>VD</i> <i>VL</i> <i>VS</i> <i>VT</i>
<i>W</i>	Линии и элементы сверхвысоких частот, антенны		
<i>X</i>	Соединения контактные	Скользящий контакт Штырь (“вилка”) Гнездо (“розетка”) Соединение разборное (клеммник)	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i>
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	<i>YA</i>
<i>Z</i>	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Фильтр кварцевый	<i>ZQ</i>

Текстовая информация в схемах

На схемах рекомендуется помещать следующие текстовые данные:

1. Наименование или характеристики электрических сигналов.
2. Обозначение электрических цепей (маркировка).
3. Технические характеристики электрических аппаратов и других устройств в виде текста, таблиц, диаграмм. Текст выполняется по ГОСТ 2.701-84, должен быть кратким, точным без сокращений (кроме общепринятых) по возможности справа и сверху от электрического аппарата, рядом с линиями, в конце или в разрыве, на свободном поле, по возможности горизонтально. Таблицы должны иметь наименование, раскрывающее содержание, располагаться на свободном поле. Все надписи выполняются чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81. Допускаются шрифты различных размеров.

2.2. Условные графические обозначения

Устройства коммутационные и контактные соединения

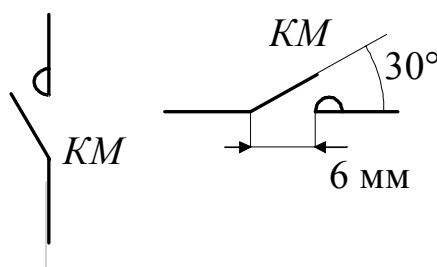
Условные графические обозначения (УГО) на устройства коммутационные и контактные соединения регламентируются ГОСТ 2.755-87.

Квалифицирующие символы, поясняющие принцип работы коммутационных устройств

Функции:

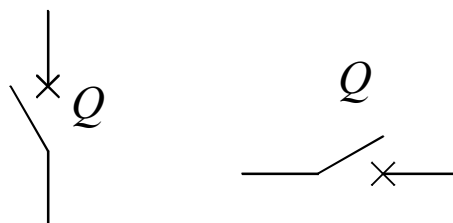
1)  – контактор.


Контактор – то электрический аппарат, предназначенный для дистанционной коммутации силовых электрических цепей низкого напряжения:



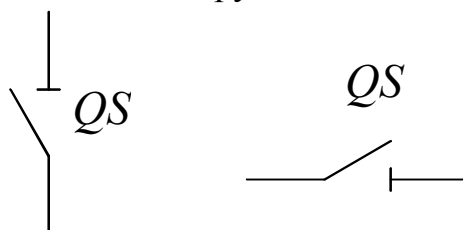
2)  – выключатель.

Выключатель – коммутационный электрический аппарат, имеющий два коммутационных положения и предназначенный для включения, отключения электрического тока нагрузки:



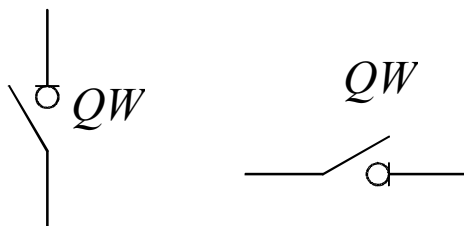
3)  – разъединитель.

Разъединитель – коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации участков электрической цепи высокого напряжения (выше 1000В) при отсутствии тока или при силе тока значительно меньше номинальной. Для обеспечения безопасности персонала разъединитель имеет в отключенном положении изоляционный промежуток (видимый разрыв). В цепях низкого напряжения такую функцию выполняет рубильник:



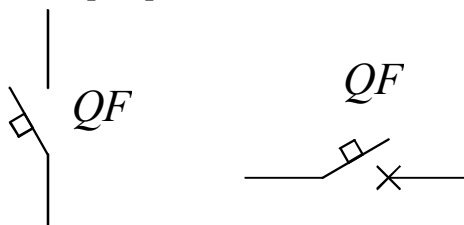
Рубильник – коммутационный аппарат, предназначенный для ручного включения, отключения в электрических цепях низкого напряжения. В отключенном состоянии обеспечивает видимый разрыв.

4) \bigcirc – выключатель-разъединитель – коммутационный аппарат, имеющий два коммутационных положения и предназначенный для включения, отключения электрического тока нагрузки и обладающий функцией видимого разрыва:

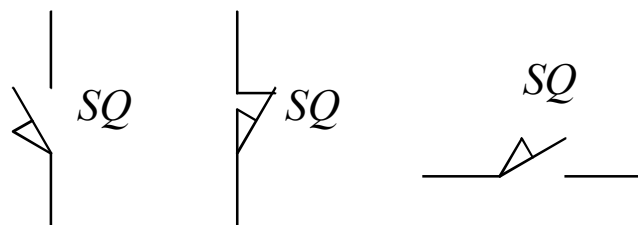


5) \square – автоматическое срабатывание, т.е. данный коммутационный аппарат срабатывает автоматически при превышении какого-либо параметра сверх заданного.

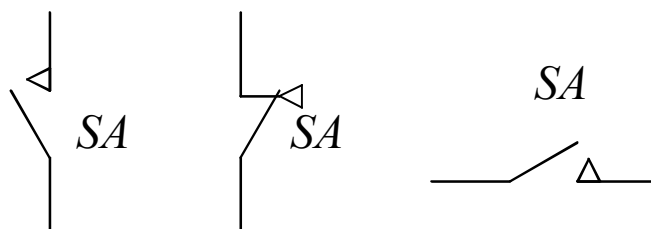
Размер квадрата: $1,5 \times 1,5$ [мм]:



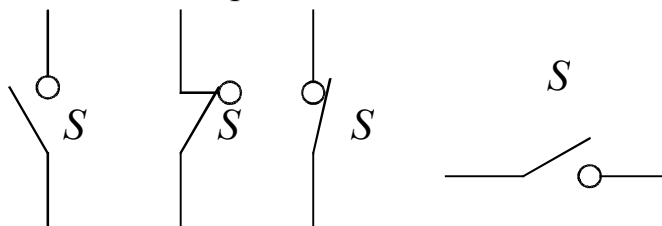
6) \triangle – путевой или концевой выключатель, т.е. происходит срабатывание данного коммутационного аппарата при достижении объектом какого-то пространственного положения:



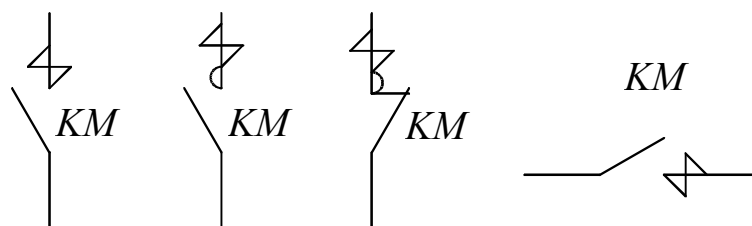
7) \triangleleft – самовозврат, т.е. контакт возвращается в исходное положение после того, как воздействие на него заканчивается:



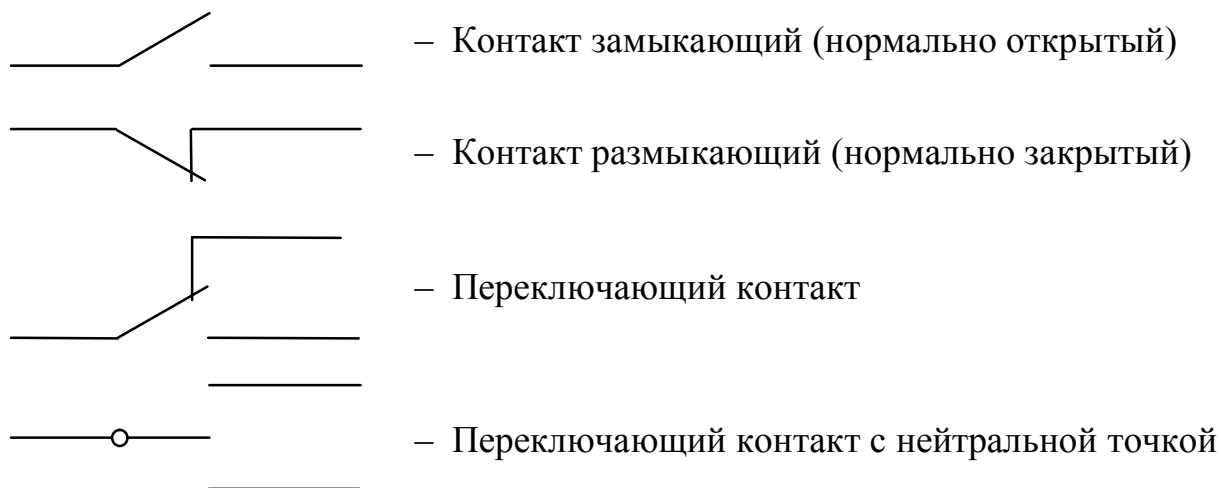
8) \bigcirc – отсутствие самовозврата:



9)  – дугогашение:



Примеры построения контактных коммутирующих устройств

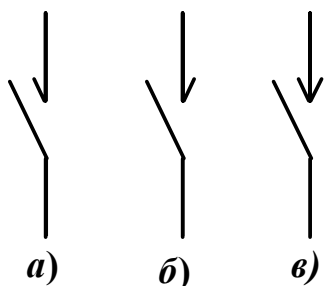


Дополнительно используемые символы

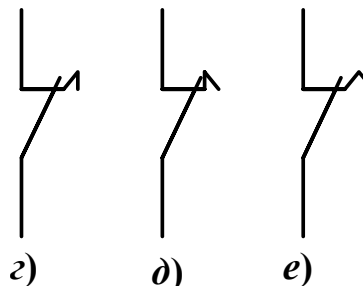
1. Контакты импульсные:

Контакты импульсные – это контакты, которые замыкаются (размыкаются) на незначительный промежуток времени (*a* и *г* – при срабатывании; *б* и *д* – при возврате; *в* и *е* – при срабатывании и при возврате):

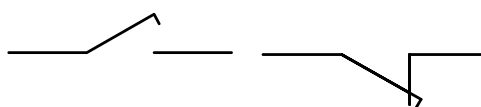
Замыкающие контакты



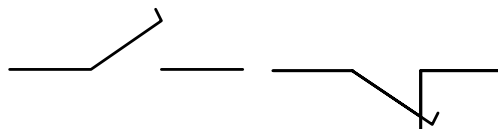
Размыкающие контакты



2. Контакты в контактной группе, срабатывающие раньше по отношению к другим контактам:

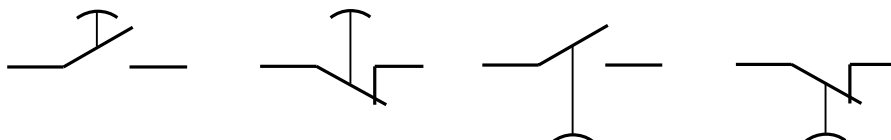


3. Контакты в контактной группе, срабатывающие позднее по отношению к другим контактам:

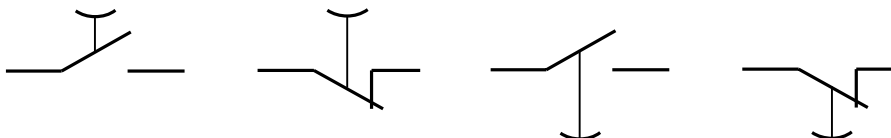


4. Контакты замедления:

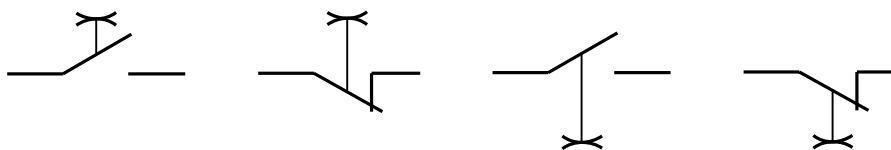
а) при срабатывании;



б) при возврате;



в) при срабатывании и при возврате:



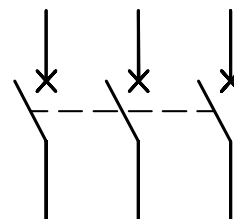
Контакты двухпозиционных коммутационных устройств

1. Контакт замыкающий выключателя:

Однополюсный



Трёхполюсный



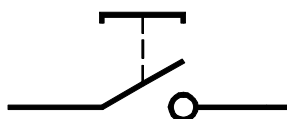
Однолинейное
изображение

Многолинейное
изображение

Пунктирная линия показывает, что все полюса замыкаются и размыкаются одновременно.

2. Контакт замыкающий нажимного кнопочного устройства:

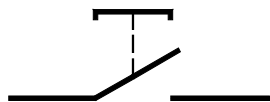
а) без самовозврата;



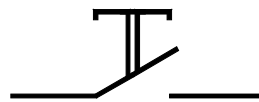
б) размыкание и возврат элемента управления происходит:

– автоматически;

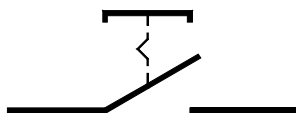
Действующий стандарт



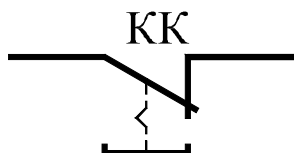
Устаревший стандарт



– посредством вторичного нажатия кнопки;

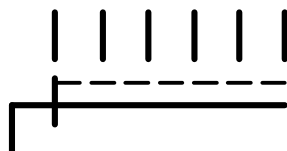


– посредством отдельного привода (например, нажатия кнопки “сброс” у теплового реле КК):

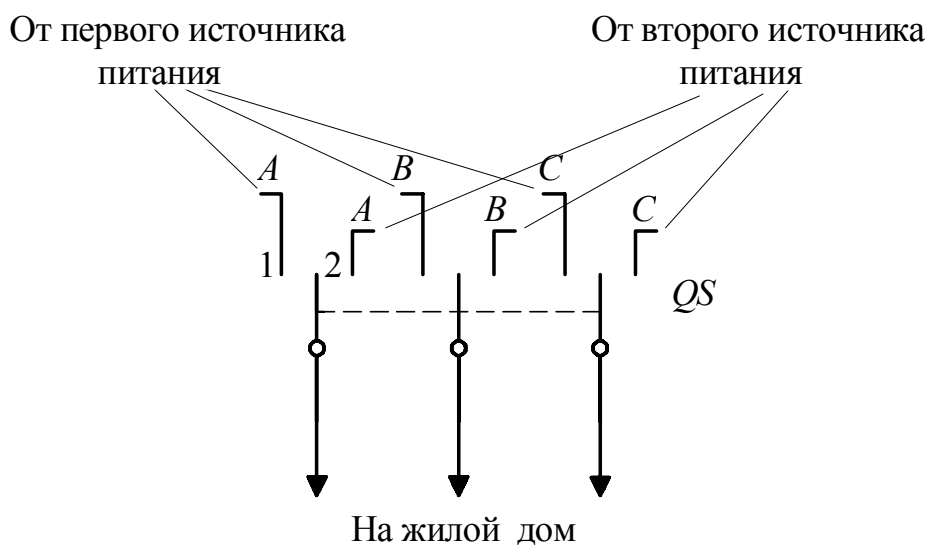


Многопозиционные коммутационные устройства

1. Переключатель однополюсный многопозиционный:



2. Трехпозиционный переключатель с нейтральным положением:



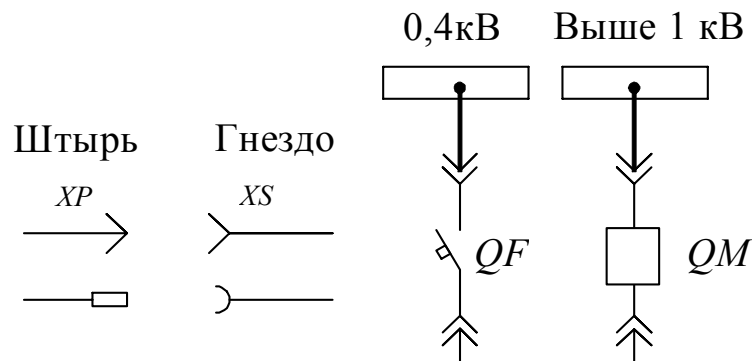
3. Ключ управления:



Утолщенная черточка или точка указывает на замкнутое состояние контактов ключа. Например, цепь 1–2 разомкнута в первом и втором положении ключа и замкнута в третьем положении ключа.

Контакты контактных соединений

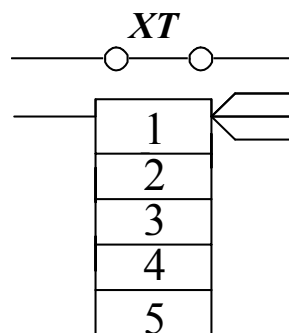
а) разъемное соединение



Гнездо конструктивно выполняется на подвижном элементе силовоточного электрического аппарата, так как это более сложный узел, который легче обслуживать, когда аппарат выведен из ячейки распределительного устройства и не находится под напряжением электрической сети. Наоборот, для переносных электроприемников (в том числе бытовых) - штырь является элементом подвижной части, а гнездо (розетка) – неподвижный элемент электрической сети.

б) разборное соединение или клемма —○—.

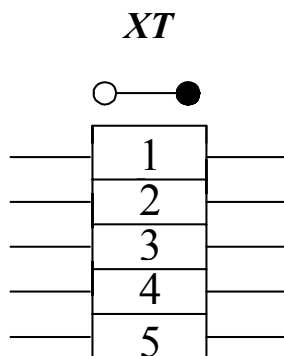
Пример. Колодка зажимов (клеммник) с разборными контактами



Проводники с двух сторон клеммника зажимаются при помощи винта.

в) неразборное соединение (пайка) —●—.

Пример. Клеммник с разборными и неразборными контактами



Размеры УГО могут выполняться в стандарте или пропорционально увеличенными. Ориентация УГО должна быть такая, чтобы обеспечивался наиболее простой рисунок схемы с минимальным количеством изломов и пересечений линий связи.

Линии в электрических схемах

Линиями изображают:

- элементы взаимосвязи (функциональные, логические и т.п.);
- пути прохождения электрического тока (электрические связи);
- механические взаимосвязи;
- материальные проводники (провода, кабели, шины);
- экранирующие оболочки, корпуса приборов и т.п.;
- условные границы устройств и функциональных групп.

Толщины линий выбираются в зависимости от формата схемы и размеров УГО. На одной схеме рекомендуется применять не более трех типоразмеров линий по толщине: b – тонкая линия; $2b$ – утолщённая; $3b...4b$ – толстая.

Линии должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь минимальное количество изломов и взаимных пересечений. Допускается применение наклонных линий связи, но длину этих линий по возможности следует ограничивать. Электрические связи изображают, как правило, тонкими линиями ($b = 0,2 \div 1,0$ мм). Для выделения наиболее важных цепей (например, цепи силового питания) используют утолщенные ($2b$) и толстые ($3b$, $4b$) линии. УГО и линии связи в пределах одной схемы выполняются линиями одной толщины. Рекомендуется толщина линий $b = 0,3 \div 0,4$ мм.

Линии групповой связи

Линии групповой связи предназначены для уменьшения количества линий, изображаемых на схеме. Каждая сливаемая линия в месте слияния должна быть помечена цифрой, буквой или их сочетанием. Сливаемые линии не должны

иметь разветвлений, то есть каждый условный номер должен встречаться два раза. При наличии разветвлений их количество указывается через дробную черту.

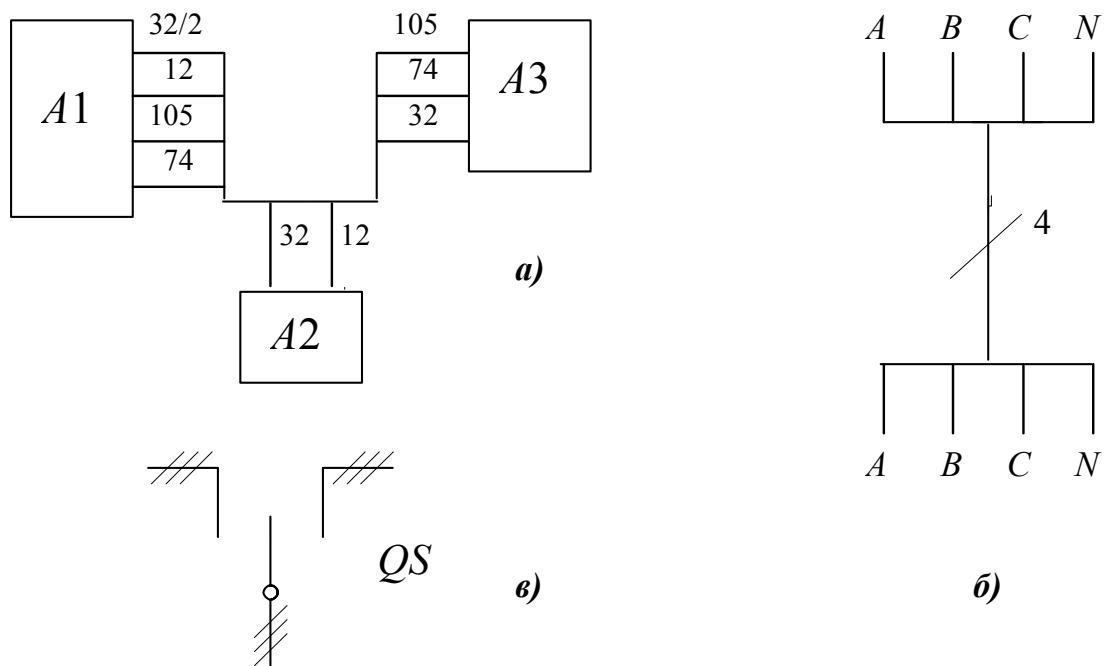


Рис. 2.1. Применение линий групповой связи:

a – три устройства *A1*, *A2*, *A3*, между которыми проходят проводники с маркировкой 12, 32, 74, 105; *б* – четыре проводника от источника к приемнику; *в* – УГО трехполюсного перекидного рубильника

Таблица 2.2

Примеры видов и толщин линий

Наименование линий ГОСТ 2303-68	Начертание	Толщина	Основное назначение
Сплошная тонкая	—————	<i>b</i>	Линия электрической связи, провод, кабель, шина, линия групповой связи, линия УГО
Сплошная толстая основная	—————	<i>2b, 3b ... 4b</i>	То же. <i>Примечание:</i> для линий групповой связи и силовых электрических цепей применяются утолщенные (<i>2b</i>) и толстые (<i>3b-4b</i>) линии
Штриховая	-----	<i>b</i>	Линия механической связи, линия экранирования
Штрихпунктирная тонкая	— · — · — · — · —	<i>b</i>	Линия для выделения на схеме групп элементов, составляющих устройства
Штрихпунктирная с двумя точками	— · — · — · — · —	<i>b</i>	Линия разъединительная, для графического разделения частей схемы

Обозначение цепей в электрических схемах

В ГОСТ 2.709-72 выделены следующие виды цепей: силовые, защиты, управления, сигнализации, автоматики, измерения. Наиболее распространённый тип маркировки называется независимым. В этом случае одинаковую марку присваивают электрическим цепям, связанным между собой точками с одинаковым потенциалом не зависимо от того, к каким приборам и аппаратам относятся эти точки. Участки цепи, разделённые электрическими аппаратами или их контактами, имеют разную маркировку, а участки, проходящие через разборные или неразборные контакты, имеют одинаковую маркировку. Как правило, используются арабские цифры и латинские буквы.

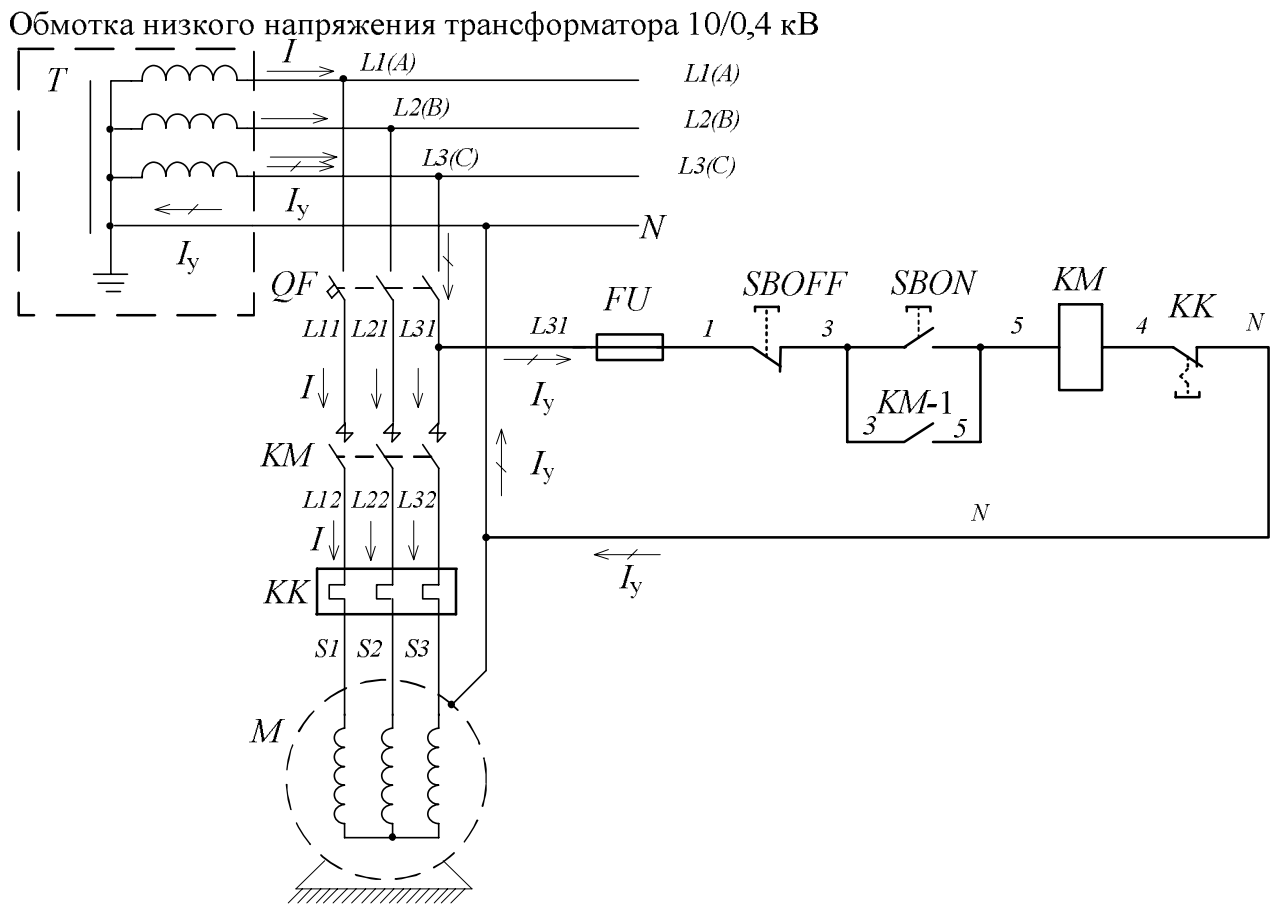


Рис. 2.2. Пример электрической схемы (подключение электрического двигателя)

Фаза (рис. 2.2) – это проводник в трехфазной линии, связанный с источником ЭДС (с выводом трансформатора) в отличие от нулевого проводника (провод, соединенный с нейтралью трансформатора). Фазы обозначаются буквами **A, B, C** или **Ж, З, К**, так как шины, присоединенные к разным фазам, окрашивают желтой, зеленой и красной краской. Нулевой провод (ноль) обозначают цифрой **0** или буквой **N** (нейтраль).

Зависимая маркировка применяется для облегчения чтения монтажных схем, цепей вспомогательного тока. При этом каждому виду цепей присваивается определенная буква и определенный порядок цифр, например:

- цепи постоянного тока, защиты и управления распределительных устройств имеют маркировку 1-99;
- цепи переменного тока, защиты и управления распределительных устройств - 101-199;
- цепи трансформаторов напряжения 201-299;
- цепи трансформаторов тока 301-399;
- цепи аварийной сигнализации 501-599;
- цепи предупредительной сигнализации 601-699;
- цепи электропривода 701-799.

Прерывание линий

Допускается обрывать линии, если они мешают чтению схемы. Обрывы обозначаются стрелками, около которых указывается БЦО. Если схема продолжается на другой лист, то указывается маркировка и адрес в круглых скобках.

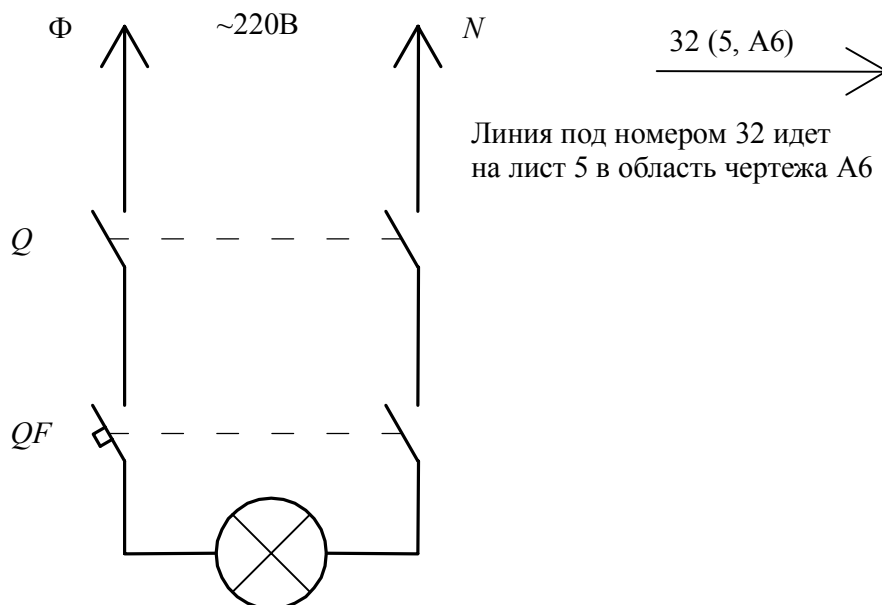
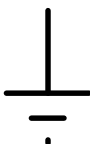


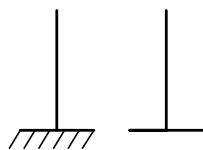
Рис. 2.3. Пример обозначения продолжения электрических цепей

Обозначение заземлений и возможных повреждений изоляции

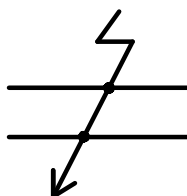
Заземление – электрическое соединение с потенциалом земли:



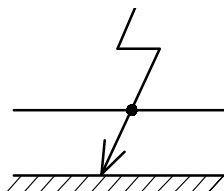
Соединение с корпусом, корпус бывает или заземлен, или присоединен к защитной шине:



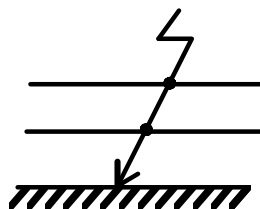
Повреждение изоляции между проводами:



Повреждение изоляции между проводом и землей:

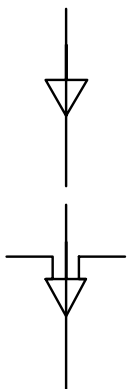


Двойное замыкание на землю:



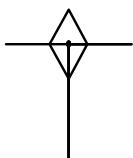
Обозначение муфт в электрических схемах

Муфта – это устройство в месте присоединения проводников (жил) кабеля к ЭА распределительных устройств или в месте соединения проводников двух и более кабелей, предотвращающее проникновение влаги внутрь кабеля:



– Концевая муфта

– Концевая муфта с ответвлениями



– Соединительная муфта с ответвлениями

2.3. Правила техники чтения электрических схем

Чтение схемы дает возможность:

- 1) понять принцип действия электроустановки;
- 2) выяснить назначение ее элементов;
- 3) определить, что с чем и как должно быть соединено;
- 4) обнаружить ложные цепи;
- 5) проверить правильность выбора режима электрооборудования;
- 6) оценить предусмотренные схемой меры безопасности.

Для чтения схем необходимо:

- а) знать и понимать УГО и БЦО и правила их применения;
- б) располагать достаточными знаниями из курса теоретических основ электротехники;
- в) уметь пользоваться приёмами чтения и анализа схем.

Прочитать схему – это значит почерпнуть из неё необходимые сведения.

Чтение и анализ схем неразрывно связаны, так как в процессе чтения схем необходимо оценивать правильность сделанных предположений, пользуясь приёмами, либо подтверждающими, либо опровергающими их.

Анализ схем – дело сложное, кропотливое, требующее большого внимания и аккуратности.

Существующие ГОСТы

1. ГОСТ 2.701-84. “ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.”
2. ГОСТ 2.702-75. “ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.”
3. ГОСТ 2.708-81. “ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.”
4. ГОСТ 2.709-89. “ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.”
5. ГОСТ 2.710-81. “ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.”

Обозначение **7** – это номер группы стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Правила техники чтения схем, базирующиеся на законах Кирхгофа

1. Электрический ток в электрической цепи проходит по замкнутому контуру от условного начала источника ЭДС к его концу (внутри контура протекания тока должен быть источник ЭДС).

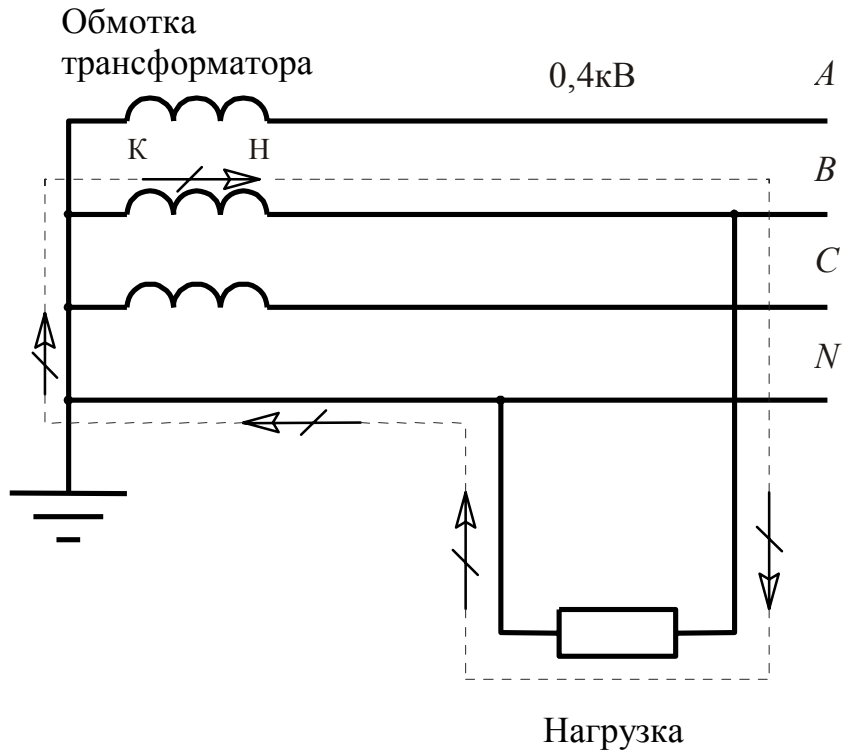


Рис. 2.4. Пример одного контура протекания тока

2. Если в схеме присутствует несколько источников ЭДС, то каждый из них создаёт ток, протекающий независимо от токов других источников (принцип суперпозиции полей).

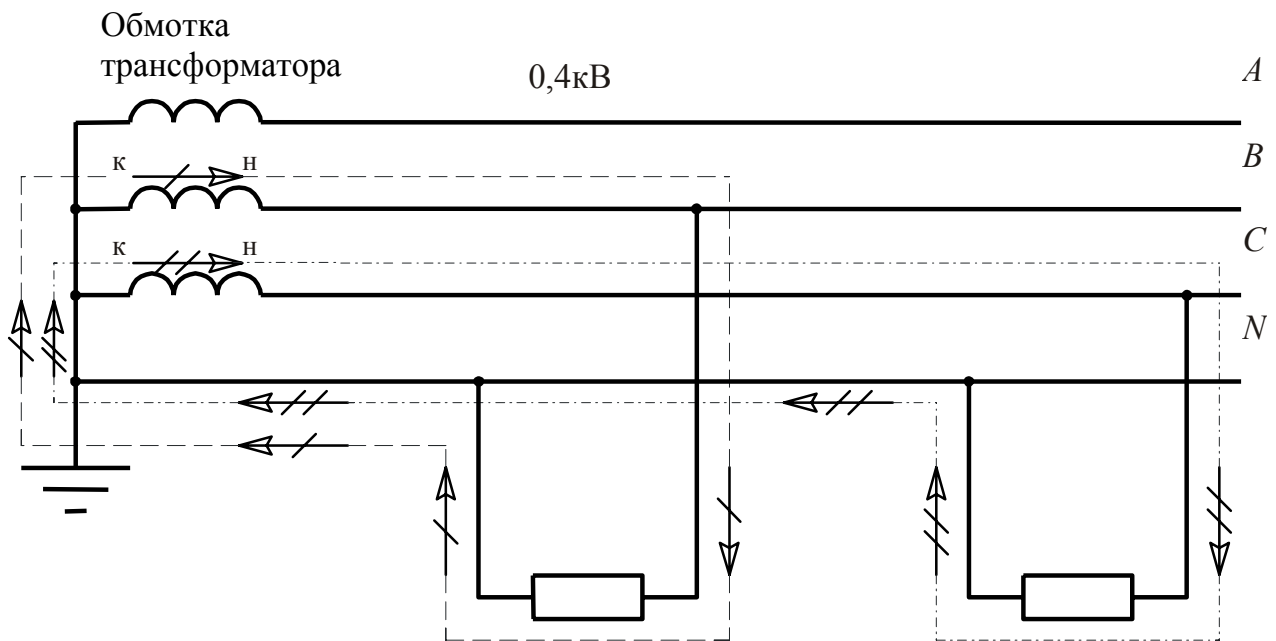


Рис. 2.5. Пример двух контуров для протекания тока

3. При наличии нескольких контуров электрический ток в них распределяется обратно пропорционально их сопротивлению.

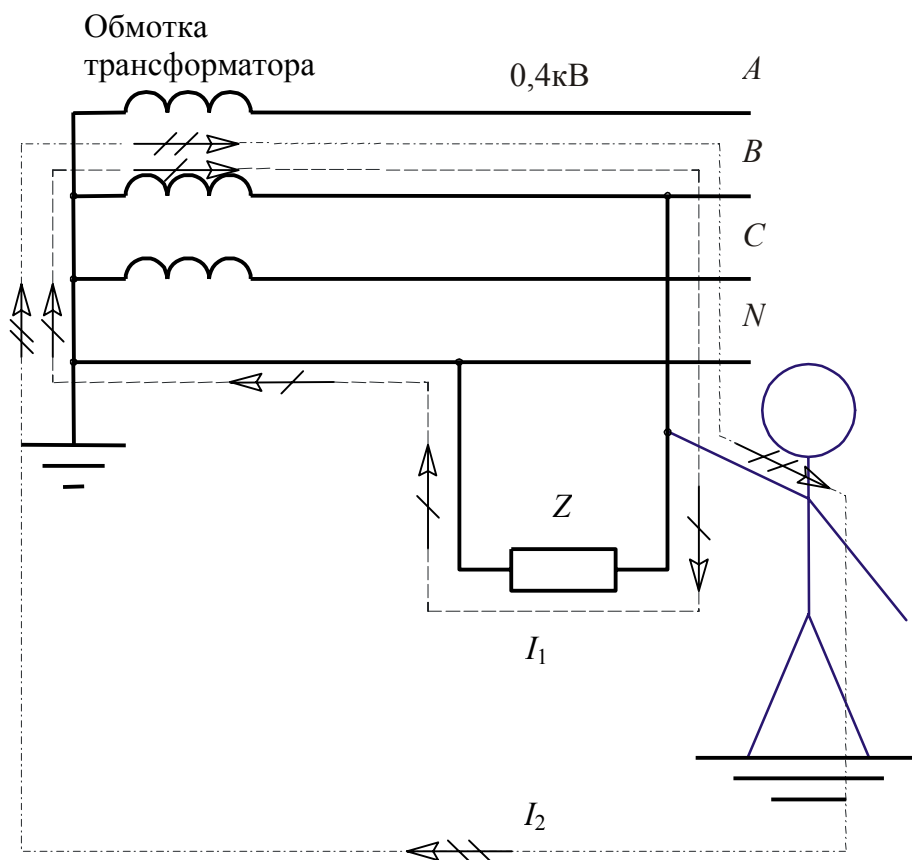


Рис. 2.6. Пример распределения тока обратно пропорционально сопротивлению

Пример

Задано:

- Значение фазного напряжения в месте подключения нагрузки: $U_{\phi} = 220 \text{ В}$.
- Мощность нагрузки Z : $S = 1100 \text{ ВА}$.
- Сопротивление цепи человек – контакт с землей – сопротивление заземления нейтрали трансформатора: $R = 1000 \text{ Ом}$.

Определение тока в каждом контуре:

Значение сопротивления нагрузки:

$$Z = \frac{U^2}{S}; \quad Z = \frac{220^2}{1100} = 44 \text{ Ом}.$$

Определение значения токов I_1, I_2 :

$$I_1 = \frac{U}{Z}; \quad I_1 = \frac{220}{44} = 5 \text{ А},$$

$$I_2 = \frac{U}{R}; \quad I_2 = \frac{220}{1000} = 0,22 \text{ А}.$$