

8 и 9 Лекция: НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

8.1 Общие требования

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств, а также связей между ними, действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Как правило, принципиальная схема дает детальное представление о принципах работы установки или изделия.

Основным назначением принципиальных схем является отражение взаимной связи отдельных приборов, средства автоматизации и вспомогательной аппаратуры, входящих в состав функциональных узлов систем автоматизации, с учетом последовательности их работы и принципа действия.

Принципиальные схемы служат для изучения принципа действия системы. Они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

Схемы выполняются применительно к определенным самостоятельным элементам, установкам или участкам автоматизированной системы, например: схема управления регулирующим клапаном; схема регулятора уровня; схема сигнализации уровня в резервуаре.

Принципиальные схемы являются основанием для разработки:

- монтажных схем и таблиц;
- чертежей щитов и пультов;
- схем внешних проводок;
- схем подключения и др.

Принципиальная схема представляет собой сочетание элементарных электрических цепей, выполняющих в заданной последовательности ряд стандартных операций:

- передачу командных сигналов от органов управления или измерения к исполнительным органам;
- усиление или размножение командных сигналов, их сравнение;
- блокировку сигналов и т.д.

Принципиальные схемы составляют на основании схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления, на основании общих технических требований, предъявляемых к автоматизируемому объекту.

Принципиальные схемы могут подразделяться на схемы:

- управления;
- технологического контроля;
- автоматического регулирования;
- сигнализации;
- питания.

Принципиальные схемы по видам могут быть:

- электрическими;
- пневматическими;
- гидравлическим;
- комбинированными.

Наиболее часто применяемые на практике схемы – электрические принципиальные.

Во всех случаях помимо полного удовлетворения требований, предъявляемых к системе управления, каждая схема должна обеспечить:

- высокую надежность;
- простоту и экономичность;
- четкость действия при аварийных режимах;
- удобство оперативной работы, эксплуатации;
- четкость оформления.

8.2 Порядок разработки принципиальных электрических схем

Разработка принципиальных электрических схем всегда содержит элементы творчества. Требуется применения элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, оптимальной компоновки их в единую схему с учетом предъявляемых требований.

Оформление любой электрической цепи следует выполнять ясно, просто и компактно. Они разрабатываются обычно в следующем порядке:

- на основании функциональной схемы составляют технические требования к принципиальной электрической схеме;
- ставят условия и последовательность действия схемы;
- каждое из заданных условий действий схемы изображают в виде тех или иных элементарных цепей;
- элементарные цепи объединяют в общую схему;
- производят выбор аппаратуры и электрический расчет параметров отдельных элементов (сопротивления обмоток реле, нагрузки контактов и т.п.);
- корректируют схему в соответствии с возможностями принятой аппаратуры;
- проверяют в схеме возможность неправильной ее работы;
- принимают окончательную схему применительно к имеющейся аппаратуре.

8.3 Содержание принципиальных электрических схем

На чертежах принципиальных электрических схем в системах автоматизации в общем случае должны изображаться:

- цепи управления, регулирования, сигнализации, электропитания, силовые цепи;
- контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах, и контактов аппаратов других схем;

- диаграммы и таблицы включений контактов переключателей, программных устройств, конечных и путевых выключателей, циклограммы работы аппаратуры;
- таблицы применяемости;
- поясняющая технологическая схема, схема блокировочной зависимости работы оборудования, циклограмма работы оборудования;
- необходимые пояснения и примечания;
- перечень элементов;
- основная надпись.

Схемы выполняют для систем, находящихся в отключенном состоянии.

В зависимости от сложности проектируемого объекта указанные цепи смогут изображаться совмещено на одном чертеже или нескольких, либо для каждой из цепей разрабатывается отдельные схемы, например, принципиальные электрические схемы управления, сигнализации и т.п.

8.4 Способы изображения элементов принципиальных электрических схем

8.4.1 Элементы и устройства могут выполняться совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов, например, катушки, контакты и т.п., изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу, как в собранном виде (рисунок 8.1).

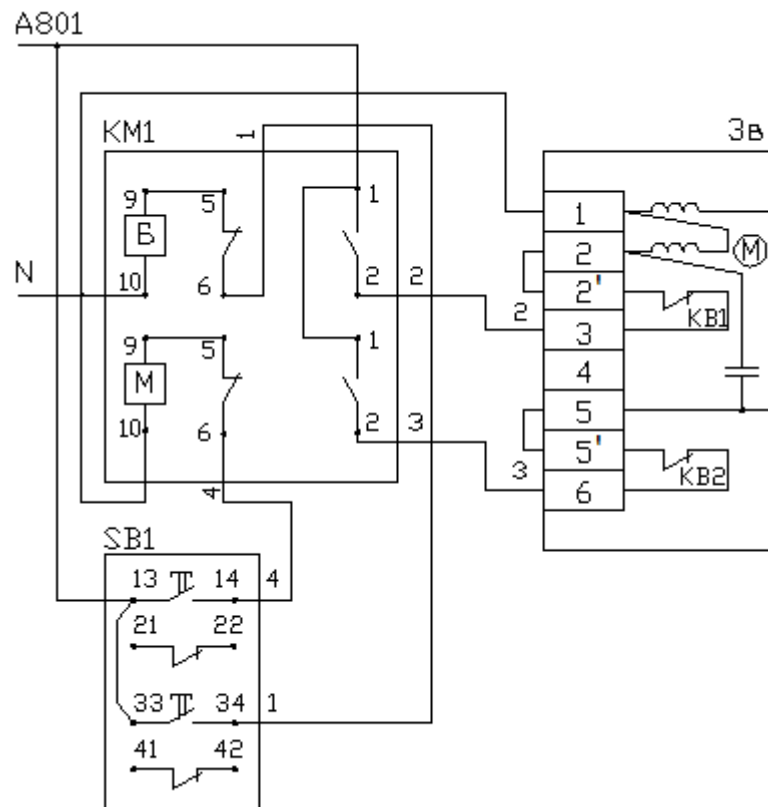


Рисунок 8.1 – Совмещенный способ выполнения принципиальных электрических схем: KM1 – пускатель магнитный ПМЕ 124, SB1 – пост

управления кнопочный ПКЕ-22-2, 3в – механизм исполнительный МЭО6,3/10 – 0,25

8.4.2 При разнесенном способе составные части элементов и устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы цепи были изображены наиболее наглядно (рисунок 8.2).

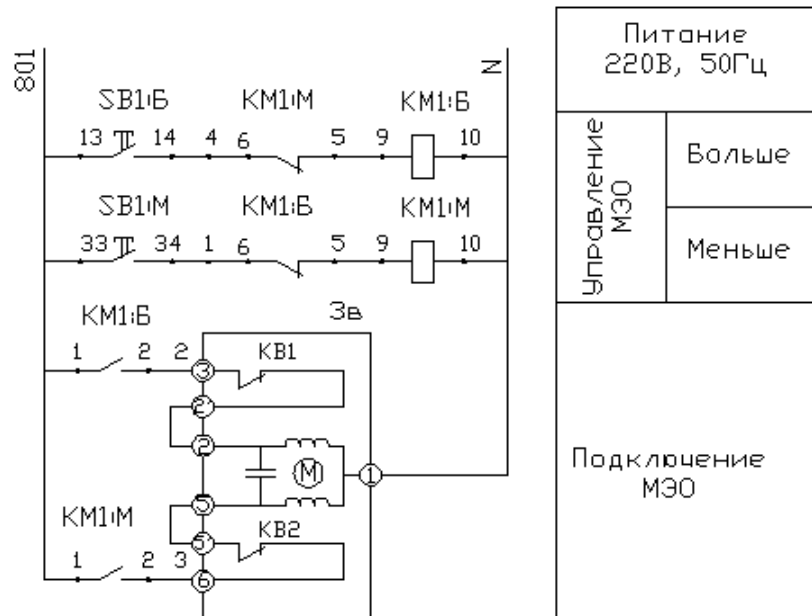


Рисунок 8.3 – Разнесенный способ выполнения принципиальных электрических схем способ выполнения

8.4.3 На схемах, в которых используют многопозиционные аппараты (ключи, переключатели, программные устройства и т.п.), помещают диаграммы (рисунок 8.3 а) и таблицы переключений их контактов (рисунок 8.3 б). В таблицах приводят данные, отражающие тип аппарата, вид рукоятки (спереди) и схему расположения контактов (сзади), тип рукоятки и пакета, номер контактов и режим работы. Неиспользованные в схеме контакты обозначают звездочкой (*). Значение звездочки поясняют в примечании. Над таблицей указывают наименование и буквенно-позиционное обозначение аппарата.

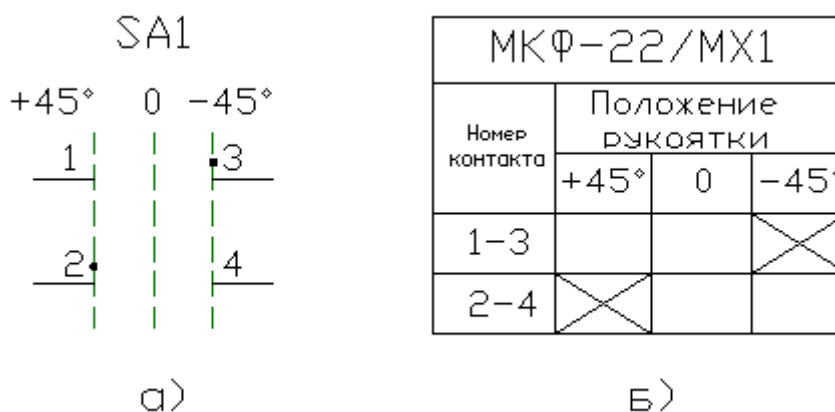


Рисунок 8.3 – Диаграмма многопозиционного переключателя SA1 а) и таблица переключений его контактов б)

8.5 Нормативно-техническая документация

Принципиальные электрические схемы управления, регулирования, измерения, сигнализации, питания, входящие в состав проектов автоматизации технологических процессов, выполняют в соответствии с требованиями государственных стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим обозначениям, маркировке цепей и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем.

Исключением является основная надпись чертежа, которую оформляют так же, как и основные надписи других чертежей, входящих в состав проекта; обозначение (шифр) схемы имеет порядковый номер по описи материалов проекта.

Перечень стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем, обозначению цепей, распространяемых на выполнение принципиальных электрических схем проектов автоматизации технологических процессов:

ГОСТ 2.710 – 81 Обозначение условные буквенно-цифровые в электрических схемах.

ГОСТ 2.721 – 74 Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

ГОСТ 2.722 – 68 Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.

ГОСТ 2.733 – 68 Обозначения условные графические детекторов ионизирующих излучений в схемах (для случаев, когда эта аппаратура используется в схемах автоматизации технологических процессов).

ГОСТ 2.736 – 68 Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные. Линии задержки (для случаев, когда эти элементы используются в схемах автоматизации технологических процессов).

ГОСТ 2.741 – 68 Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические.

ГОСТ 2.742 – 68 Обозначения условные графические в схемах. Источники тока электрохимические.

ГОСТ 2.743 – 82 Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.

ГОСТ 2.747 – 68 Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.

ГОСТ 749 – 84 Элементы и устройства железнодорожной сигнализации, централизации и блокировки (для случаев, когда эта аппаратура используется в схемах автоматизации технологических процессов).

ГОСТ 2.752 – 71 Обозначения условные графические в схемах. Устройства телемеханики (для случаев, когда эти устройства используются в схемах автоматизации технологических процессов).

ГОСТ 2.755 – 87 Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.

ГОСТ 2.756 – 76 Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.

ГОСТ 2.701 – 84, ГОСТ 2.702 – 75 и ГОСТ 2.708 – 81 определяют общие требования и правила выполнения схем. ГОСТ 2.709 – 72 устанавливает требования к обозначению цепей и ГОСТ 2.710 – 81 к буквенно-цифровым обозначениям элементов схем.

Все остальные стандарты устанавливают условные графические обозначения элементов схем.

ГОСТ 2.701 – 84 помимо классификации схем, общих требований к их выполнению содержит так же определение основных понятий, используемых в стандартах.

8.6 Обозначение элементов схемы

8.6.1 Элемент схемы - составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части (реле, резистор, диод, магнитный пускатель и т.д.). Элементы схемы на чертеже выполняют в виде условных графических обозначений, определенных стандартами (п.8.5). Например, контакты коммутационного устройства по ГОСТ 2.755-85 «Устройства коммутационные и контактные соединения» изображаются на чертеже электрической принципиальной схемы так, как показано на рисунке 8.4.

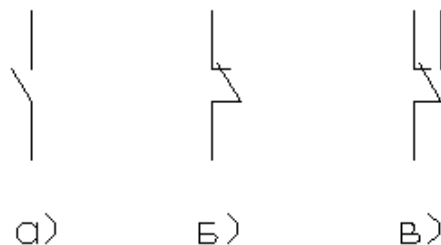


Рисунок 8.4 – Контакты коммутационного устройства: а) замыкающий, б) размыкающий, в) переключающий

На рисунке 8.5 изображен элемент схемы – однообмоточное реле с двумя переключающими и одним импульсным контактами. Вводы реле пронумерованы заводом изготовителем, их номера 1 – 10 заключены в кружки. Переключающие контакты присоединены к выводам 1, 3, 5, и 2, 4, 6, а импульсный контакт – к выводам 9 и 10.

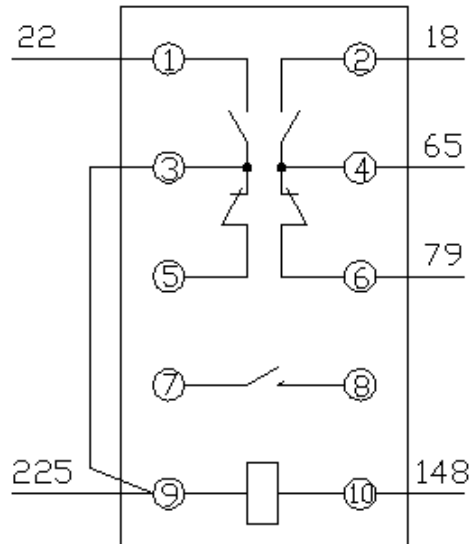


Рисунок 8.5 – Реле однообмоточное

Устройство - совокупность элементов, представляющая собой единую конструкцию (блок, измерительный прибор и т.д.). Например, блок питания постоянного напряжения 24В Sitop smart (рисунок 8.6).

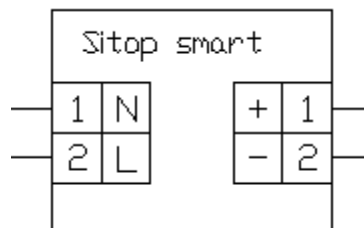


Рисунок 8.6 – УГО блока питания постоянного напряжения 24В Sitop smart на принципиальной электрической схеме

8.6.2 Графические обозначения элементов и линий связи располагают так, чтобы обеспечить наилучшее представление о взаимодействии ее составных частей.

8.6.3 Допускается все обозначения пропорционально уменьшать. Увеличивать размер можно только, если необходимо вписывать в них пояснительные знаки.

8.6.4 Поворачивать обозначения без надписей можно на угол кратный 90 градусов, 45 градусов или изображать зеркально повернутыми относительно положения, указанного в стандарте, если при этом не нарушается смысл изображения и читаемость чертежа (рисунок 8.7). Обозначения, содержащие буквенные или цифровые обозначения, поворачивают только против часовой стрелки на угол 90 или 45 градусов.

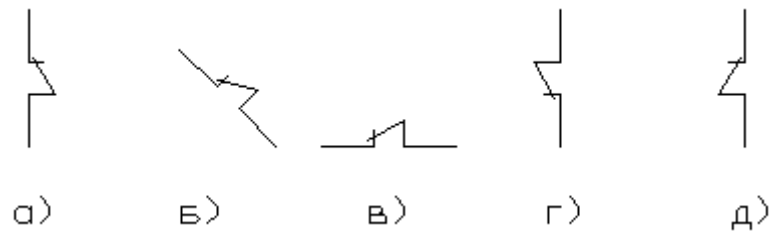


Рисунок 8.7 – Поворот условного графического изображения размыкающего контакта относительно изображения в стандарте а) изображение по стандарту, б) на угол 45 градусов, в) на угол 90 градусов, г) на угол 180 градусов, д) зеркальное изображение

8.6.5 Условные графические обозначения выполняются той же толщиной, что и линии связи (0,2...1) мм. Рекомендуется толщина (0,3...0,4) мм.

8.6.6 Каждый элемент схемы, устройство или функциональная группа элементов без исключения имеет позиционное обозначение в соответствии с требованиями ГОСТ 2.710 – 81 «Обозначения условные буквенно-цифровые, применяемые в электрических схемах».

Система условных обозначений позволяет проводить в сокращенной форме запись сведений об элементах, показанных на схеме в графической форме и делать ссылки на соответствующие объекты в перечнях элементов, пояснительной записки и т.п.

Условные буквенно-цифровые обозначения составляют из букв латинского алфавита и арабских цифр, записанных последовательно без пробелов в одну строку, например: *R1*; *SF4*; *C2*. Все знаки в обозначении имеют одинаковую высоту.

Наиболее распространены позиционные обозначения, состоящие из двух частей:

- первая часть содержит одну или несколько букв, обозначающих вид элемента (таблица 8.1), например: *R* – резистор, *C* – конденсатор, *DA* – микросхема аналоговая, *DD* – микросхема цифровая и т.д.;

- вторая часть обозначения записывается одной или несколькими цифрами в зависимости от числа элементов данного вида, например: *R1*, *R2*, ..., *R12*; *C1*, *C2*, ..., *C15*. Если на схеме элемент или устройство показано разнесенным способом, то для удобства практикуют добавление к порядковому номеру условного номера изображенной части. Например, *DD13.2* – это цифровая интегральная микросхема *DD13*, второй логический элемент микросхемы (рисунок 8.8).

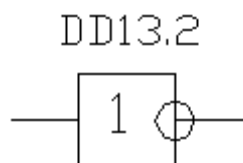


Рисунок 8.8 – Обозначение второго элемента тринадцатой цифровой микросхемы на чертеже

ГОСТ 2.710-81 устанавливает деление элементов на виды с присвоением каждому виду буквенного кода. Коды видов элементов приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 - Буквенные коды наиболее распространенных видов элементов

Однобуквенный код	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
А	Устройство (общее назначение)	-	-
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические или наоборот (кроме генераторов и источников питания); аналоговые или многоуровневые преобразователи или датчики, используемые для указания или измерения	Громкоговоритель	ВА
		Магнитострикционный элемент	ВВ
		Детектор ионизирующих излучений	ВД
		Сельсин-приемник	ВЕ
		Телефон (капсюль)	ВФ
		Сельсин-датчик	ВГ
		Термопара, тепловой датчик	ВК
		Фотоэлемент	ВЛ
		Микрофон	ВМ
		Датчик давления	ВП
		Пьезоэлемент	ВQ
		Датчик скорости	ВV
Звукосниматель	BS		
Тахогенератор	BR		
С	Конденсаторы	-	-
D	Микросхемы интегральные, микросборки	Микросхема интегральная аналоговая	DA
		Микросхема цифровая, логический элемент	DD
		Устройство хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
Е	Элементы разные	Лампа осветительная	EL
		Нагревательный элемент	EK
		Пиропатрон	ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Предохранитель плавкий	FU

		Дискретный элемент для защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Элементы индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный и на жидких кристаллах	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
K	Реле, контакторы, пускатель	Реле указательное	KH
		Реле токовое	KA
		Реле электротепловое	KK
		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле поляризованное	KP
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели		-
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счетчик реактивной энергии	PK
		Счетчик активной энергии	PJ
		Омметр	PR
		Записывающий инструмент	PS
		Часы, измеритель времени	PT
		Вольтметр	PV
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический	QF
		Разъединитель	QS
		Короткозамыкатель	QK
R	Резисторы	Термистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RV
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и т.п. Примечание: обозначение применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF

		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от уровня	SL
		от давления	SP
		от положения (путевой)	SQ
		от угловой скорости	SR
		от температуры	SK
Т	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	ТА
		Трансформатор напряжения	ТВ
		Электромагнитный стабилизатор	ТС
U	Устройства связи и преобразователи электрических величин в электричестве	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		Дискриминатор	UJ
		Преобразователь частотный, инвертор, выпрямитель, генератор частоты	UZ
V	Приборы, электровакуумные, полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Линии и элементы СВЧ	Антенны	WA
		Ответвитель	WP
		Короткозамыкатель	WK
		Вентиль	WS
		Трансформатор	WT
		Аттенюатор	WU
X	Соединения контактные	Токоъемник, контакт скользящий	XA
		Соединение разъемное: Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Гнездо испытательное	XSJG
		Штырь испытательный	XPJG
		Соединитель высокочастотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз с электромагнитным приводом	YB

		Муфта электромагнитным приводом	с	УС
		Электромагнитный патрон или плита		УН
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Ограничитель		ZL
		Фильтр кварцевый		ZQ

8.6.7 Обозначение электрического контакта записывают в виде цифр либо в виде цифр и букв. В качестве обозначения записывают маркировку контакта по паспорту завода изготовителя. Если таковая отсутствует, то записывают условно принятую разработчиком проектной документации маркировку контактов с соответствующими пояснениями на чертеже. На рисунке 8.9 изображены фрагменты схемы с обозначением контактов магнитного пускателя (1, 3, 5, и 2, 4, 6) и кнопочного поста (13, 14 и 41, 42) по паспорту изготовителя.

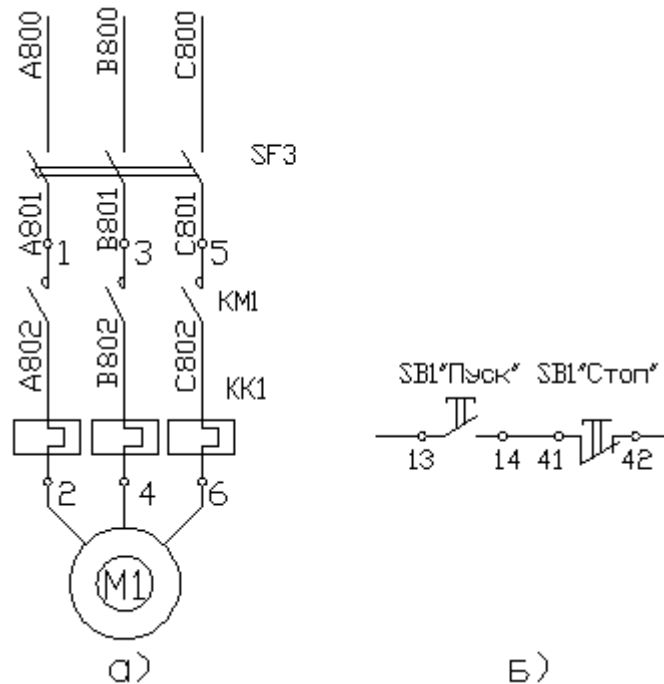


Рисунок 8.9 – Маркировка контактов элементов электрической принципиальной схемы: а) магнитного пускателя (1, 3, 5, и 2, 4, 6); б) кнопочного поста (13, 14 и 41, 42)

8.6.8 Проставлять позиционные обозначения элементов (устройств) на электрической принципиальной схеме следует справа стороны или над ним.

8.7 Обозначение цепей

8.7.1 Линия взаимосвязи – отрезок линии, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия. Функциональная цепь - линия, канал, тракт определенного назначения.

8.7.2 Линии связи чертят горизонтально и вертикально, они должны иметь наименьшее число изломов и взаимных пересечений. Расстояние между параллельными линиями связи – 3 мм. Допускается обрывать линии связи, тогда место обрыва заканчивается стрелкой, около которой указывают цифрами, куда эта линия подключается.

8.7.3 Систему маркировки цепей сигнализации, автоматического управления и регулирования, контроля и защиты в электрических схемах определяют ГОСТ 2.709 – 72 или другие действующие в отраслях нормативно-технические документы. Обозначение участков цепей (маркировка) служит для их опознавания и отражает их функциональное назначение в электрических схемах.

Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, электрических машин, трансформаторов, резисторами, конденсаторами и др., считаются разными участками и имеют разную маркировку.

Участки, сходящиеся в одном узле принципиальной схемы, а также проходящие через разъемные, разборные контактные соединения, маркируют одинаково.

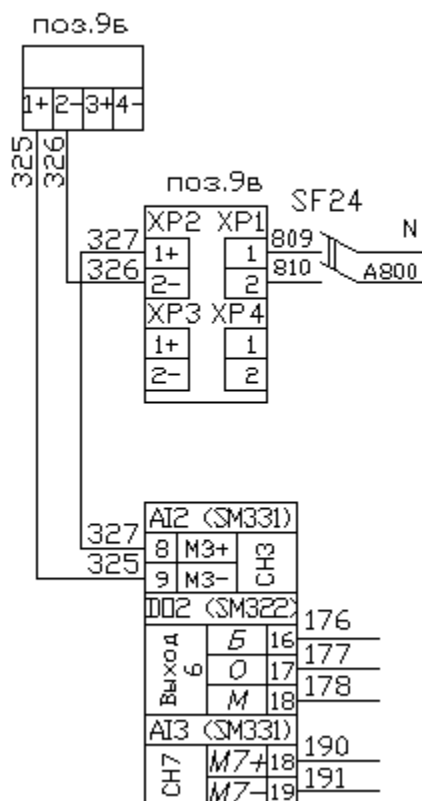


Рисунок 8.10 – Маркировка линий связи на принципиальной электрической схеме контроля и регулирования

Для маркировки применяют цифровую систему, состоящую из ряда последовательных чисел. Участки цепи маркируют независимо от нумерации и

условных обозначений зажимов приборов и аппаратов, к которым подходят концы маркируемого проводника (рисунки 8.5 и 8.10). Рекомендуется обозначать:

- цепи управления, регулирования, измерения группой цифр 1 - 399;
- цепи сигнализации 400 - 799;
- цепи питания 800 – 999.

Маркировку участков цепей на принципиальных электрических схемах при горизонтальном расположении цепей проставляют над участком проводника, а при вертикальном – слева от участка проводника над ним.

Существует следующий порядок маркировки отдельных цепей принципиальных электрических схем в зависимости от рода тока:

А) При постоянном токе используют маркировку порядковую и цифровую. Нечетными цифрами маркируют участки цепей положительной полярности, а четными – отрицательной. Участки цепей, которые в процессе работы могут менять свою полярность, маркируют как четными, так и нечетными цифрами. Примеры обозначений цепей постоянного тока: L+, L-, общая точка M.

Б) При переменном токе используют порядковую буквенно-цифровую или цифровую маркировку. Силовые цепи маркируют буквами, обозначающие фазы, и последовательными цифрами (например, А, А1, А2, ..., В, В1, В2, ..., С1, С2, С3, ..., А800, В800, С800, ..., L1, L2, L3).

В) Маркировку участков цепей в однофазных схемах (фаза – нуль, фаза – фаза) выполняют четными (нейтраль) и нечетными (фаза) цифрами. К цифровой маркировке, как правило, добавляют индекс фазы, который в некоторых случаях может быть опущен.

8.8 Перечень элементов принципиальных электрических схем

8.8.1 Данные об элементах, входящих в состав принципиальной электрической схемы, должны быть записаны в перечень элементов, которые оформляются в виде таблицы. Связь перечня с условными графическими обозначениями элементов на схеме осуществляется через буквенно-цифровые позиционные обозначения этих элементов.

8.8.2 Перечень элементов помещают на первом листе над основной надписью схемы или выполняют в виде отдельного документа на листах формата А4. Продолжение перечня элементов, если они не размещаются над основной надписью, помещают слева от нее.

В графах перечня (рисунок 8.11) указывают следующие данные:

- 1) в графе «Позиционное обозначение» - позиционное обозначение элемента, устройства или обозначение функциональной группы;
- 2) в графе «Наименование» – наименование элемента в соответствии с документом, на основании которого этот элемент применен, а также обозначение этого элемента;

3) в графе «Количество» – количество элементов;

4) в графе «Примечание» – технические данные элементов, не содержащихся в его наименованиях (при необходимости).

15	Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
10	КМ1	Пускатель магнитный реверсивный ПМЕ-124	1	Катушка 220В, 50Гц
	SB1	Пост управления кнопочный ПКЕ-22-2	1	
	Зв	Механизм исполнительный МЭО-6,3/10-0,25	1	
	20	110	10	45

Рисунок 8.11 – Перечень элементов принципиальных электрических схем на рисунках 8.2 и 8.3

8.8.3 Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Для облегчения внесения изменений в перечень допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп – и между элементами.