

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

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. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и др.

Эти схемы дают детальное представление о работе системы и служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

При разработке систем автоматизации технологических процессов принципиальные электрические схемы обычно выполняют применительно к отдельным самостоятельным элементам, установкам или участкам автоматизируемой системы, например выполняют схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т.п. Используя эти схемы, составляют в случае необходимости принципиальные электрические схемы, охватывающие целый комплекс отдельных элементов, установок или агрегатов, которые дают полное представление в связях между всеми элементами управления, блокировки, защиты и сигнализации этих установок или агрегатов. Примером таких схем может служить принципиальная электрическая схема управления насосной установкой, состоящей из насоса, вакуум-насоса и нескольких электрифицированных задвижек.

При всем многообразии принципиальных электрических схем в различных системах автоматизации любая схема, независимо от степени ее сложности, представляет собой определенным образом составленное сочетание отдельных, достаточно элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности выполняющих ряд стандартных операций: передачу командных сигналов от органов управления или измерения к исполнительным органам, усиление или размножение командных сигналов, их сравнение, превращение кратковременных сигналов в длительные и, наоборот, блокировку сигналов и т.п. К элементарным цепям могут быть отнесены типовые схемы включения измерительных приборов различного назначения.

Разработка принципиальных электрических схем всегда содержит определенные элементы творчества и требует умелого применения элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, оптимальной компоновки их в единую схему с учетом удовлетворения предъявляемых к схемам требований, а также возможного упрощения и минимизации схем. В практике проектирования принципиальных электрических схем на базе опыта проектирования монтажа, наладки и эксплуатации различного рода систем автоматизации сложились некоторые общие принципы построения электрических схем. Вопрос о методах разработки принципиальных электрических схем в процессе проектирования систем автоматизации технологических процессов следует рассматривать в общем комплексе вопросов, связанных с контролем, управлением и регулированием данного объекта. Во всех случаях помимо полного удовлетворения требований, предъявляемых к системе управления, каждая схема должна обеспечивать высокую надежность, простоту и экономичность, четкость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, четкость оформления.

Надежность. Под надежностью схемы понимают ее способность безотказно выполнять свои функции в течение определенного интервала времени в заданных режимах работы. Это требование обычно обеспечивается целым рядом технических мероприятий, таких как применение наиболее надежных элементов, приборов и аппаратов; оптимальные режимы их работы; резервирование малонадежных или наиболее ответственных элементов или цепей схемы; автоматический контроль за неисправностью схемы; запретные блокировки, исключающие возможность проведения ложных операций; сокращение времени нахождения элементов схемы под напряжением и т.д.

Надежность действия является главным требованием, которое предъявляется к схемам. Если при проектировании обеспечению надежности действия схемы не будет уделено должного внимания, то все другие преимущества, которые имеет схема, могут быть утрачены. Требования к уровню надежности схем регулирования, управления и сигнализации определяются оценкой последствий отказов их действия для конкретных участков технологического процесса. Иногда эти отказы могут явиться причинами возникновения или развития тяжелых аварий.

Методы оценки надежности и способы ее повышения применительно к электрическим схемам подробно освещены в технической литературе.

Простота и экономичность проектируемых схем обеспечивается применением стандартной, наиболее дешевой аппаратуры и типовых (нормализованных) узлов; сокращением до минимума числа элементов в схеме и ограничением их номенклатуры; применением систем электропривода производственных механизмов, обеспечивающих высокие энергетические показатели в установившихся и переходных режимах работы, и т.п.

Существенное, а иногда и решающее значение при выборе схемы контроля и управления процессом на расстоянии имеет стоимость соединительных кабелей или проводов.

При проектировании принципиальной электрической схемы необходим тщательный анализ предъявляемых к этой схеме требований. Если некоторые второстепенные требования значительно усложняют и удорожают схему, то эти требования следует пересмотреть. Решая вопросы экономичности схемы, необходимо учитывать не только капитальные вложения, но и ежегодные эксплуатационные расходы.

Четкость действия схемы при аварийных режимах. Каждая принципиальная электрическая схема в системах автоматизации технологических процессов должна быть построена таким образом, чтобы при возникновении аварийных режимов, вызванных неисправностями в цепях управления, а также при полном исчезновении или снижении и последующем восстановлении напряжения питания в главных (силовых) цепях управления обеспечивалась безопасность обслуживающего персонала и предотвращалось дальнейшее развитие аварии, приводящее к повреждению механического или электрического оборудования и браку продукции.

При анализе работы схемы в аварийных режимах следует учитывать возможность перегорания предохранителей или отключения автоматов; появление короткого замыкания или замыкания на землю в различных точках схемы (в основном во внешних единениях); обрыв проводов; сгорание катушек контакторов или реле; приваривания контактов и т.п. Принято рассматривать аварийный режим, возникающий в результате появления какой-либо одной неисправности, так как вероятность появления одновременно двух или более неисправностей в одной и той же схеме достаточно мала.

Удобство оперативной работы. Принципиальная электрическая схема должна обеспечивать оптимальные условия для работы оперативного персонала. Это требование предусматривает упрощение операций, производимых обслуживающим персоналом при управлении; сокращение числа органов управления; возможность простого и быстрого выбора необходимого режима работы; пере-га с автоматического управления на ручное и обратно; снятие и введение блокировочных связей и зависимостей и т.д.

Удобство эксплуатации. Принципиальная электрическая схема должна быть спроектирована так, чтобы ее эксплуатация в производственных условиях была предельно простой, требовала минимум затрат и внимания эксплуатационного персонала, обеспечивала возможность проведения ремонтных и наладочных работ с соблюдением необходимых мер безопасности.

Четкость оформления. Оформление любой электрической схемы следует выполнять ясно, просто и компактно. Графическое оформление схемы должно способствовать наилучшему восприятию содержания схемы.

В процессе проектирования систем автоматизации различных технологических процессов принципиальные электрические схемы разрабатывают обычно в следующем порядке:

1) на основании функциональной схемы автоматизации составляют четко сформулированные технические требования, предъявляемые к принципиальной электрической схеме;

2) применительно к этим требованиям устанавливают условия и последовательность действия схемы;

3) каждое из заданных условий действия схемы изображают в виде тех или иных элементарных цепей, отвечающих данному условию действия;

4) элементарные цепи объединяют в общую схему;

5) производят выбор аппаратуры и электрический расчет параметров отдельных элементов (сопротивлений обмоток реле, нагрузки контактов и т. п.);

6) корректируют схему в соответствии с возможностями принятой аппаратуры;

7) проверяют в схеме возможность возникновения ложных или обходных цепей или ее неправильной работы при повреждениях элементарных цепей или контактов;

8) рассматривают возможные варианты решения и принимают окончательную схему применительно к имеющейся аппаратуре.

При составлении принципиально новых сложных электрических схем помимо проектной проработки и необходимых расчетов требуется тщательная экспериментальная проверка и отладка разработанной схемы на макете или на опытной установке.

Описанный метод разработки принципиальных электрических схем (интуитивный или, как его еще называют, ручной) в значительной мере зависит от способностей и опыта проектировщика, так как сам процесс составления схем по существу является творческим и основан на приспособлении к данным условиям отдельных, уже ставших стандартными решений или интуитивном отыскании новых. Сложность построения оптимального варианта усугубляется тем, что одним и тем же условиям может удовлетворять значительное число различных схем.

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению в практику проектирования автоматизированных (машинных) способов выполнения схем, в том числе и принципиальных электрических, что призвано значительно улучшить качество документации и сократить сроки проектирования. Автоматизация проектирования в первую очередь необходима для разработчиков сложных систем автоматизации технологических процессов.

2. Правила выполнения схем

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, приведены в разделе «Справочные материалы» методического обеспечения курса.

Из перечисленных там стандартов [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, а [ГОСТ 2.710-81](#) - к буквенно-цифровым обозначениям элементов схем.

Общие требования по выполнению принципиальных схем систем автоматизации содержатся в [ГОСТ 21.408-93](#) (п.4.4). В этом ГОСТе указывается, что в зависимости назначения и применяемых средств автоматизации разрабатывают:

- принципиальные электрические и пневматические схемы контуров контроля регулирования и управления;
- принципиальные схемы питания.

Принципиальные электрические схемы управления электроприводами оборудования и трубопроводной арматуры включают в состав основного комплекта при управлении ими со щитов и пультов систем автоматизации.

Принципиальные схемы контуров контроля и регулирования допускается не разрабатывать, если взаимные связи приборов и аппаратов, входящих в них, просты и однозначны и могут быть показаны на других чертежах основного комплекта. Допускается совмещение схем различного функционального назначения (например, схемы питания со схемой управления) с соблюдением правил выполнения этих схем.

Все остальные стандарты устанавливают условные графические обозначения элементов схем. **ГОСТ 2.701-84** помимо классификации схем, общих требований к их выполнению содержит также определение основных понятий, используемых в стандартах.

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

- цепи управления, регулирования, измерения, сигнализации, электропитания, силовые цепи;
- контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах, и контакты аппаратов других схем;
- диаграммы и таблицы включений контактов переключателей, программных устройств, конечных и путевых выключателей, циклограммы работы аппаратуры;
- таблицы применяемости;
- поясняющая технологическая схема, схема блокировочных зависимостей работы оборудования;
- циклограмма работы оборудования;
- необходимые пояснения и примечания;
- перечень элементов;
- основная запись.

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

В качестве примеров выполнения принципиальных электрических схем на **рис.9.1** и **9.2** приведены схемы управления и сигнализации, которые иллюстрируют изложенные в настоящем разделе требования стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем, обозначению цепей. Схемы выполняются без соблюдения масштаба; действительное пространственное расположение составных частей системы автоматизации, как правило, не учитывается или, при необходимости, учитывается приближенно.

Графическое обозначение элементов и соединяющие их линии связи необходимо стремиться располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о взаимодействии ее составных частей. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее число изломов и взаимных пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Линии связи показываются, как правило, полностью. Однако в случае, когда это затрудняет чтение схем, допускается обрывать линии связи. Место обрыва линии связи заканчивается стрелкой, около которой указывают, куда эта линия подключается и (или) необходимые характеристики цепей, например обозначение цепи, полярность и др. (см. **рис.9.2**, обрывы линий 402, 404 и др.). Линии связи, переходящие с одного листа на другой, обрывают за пределами изображения схем. Рядом с обрывом указывается обозначение, присвоенное этой линии, например: маркировка провода и в круглых скобках номер листа схемы, на который переходит линия связи (см. **рис.9.2**, обрывы линий 806 и А805).

Если в состав принципиальной схемы входит какое-либо устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, то выделяется (очерчивается) сплошной линией, равной по толщине линии связи. Например, на **рис.9.1** указанным образом выделено устройство А1, представляющее стандартный блок управления электродвигателем, имеющий собственную принципиальную электрическую схему.

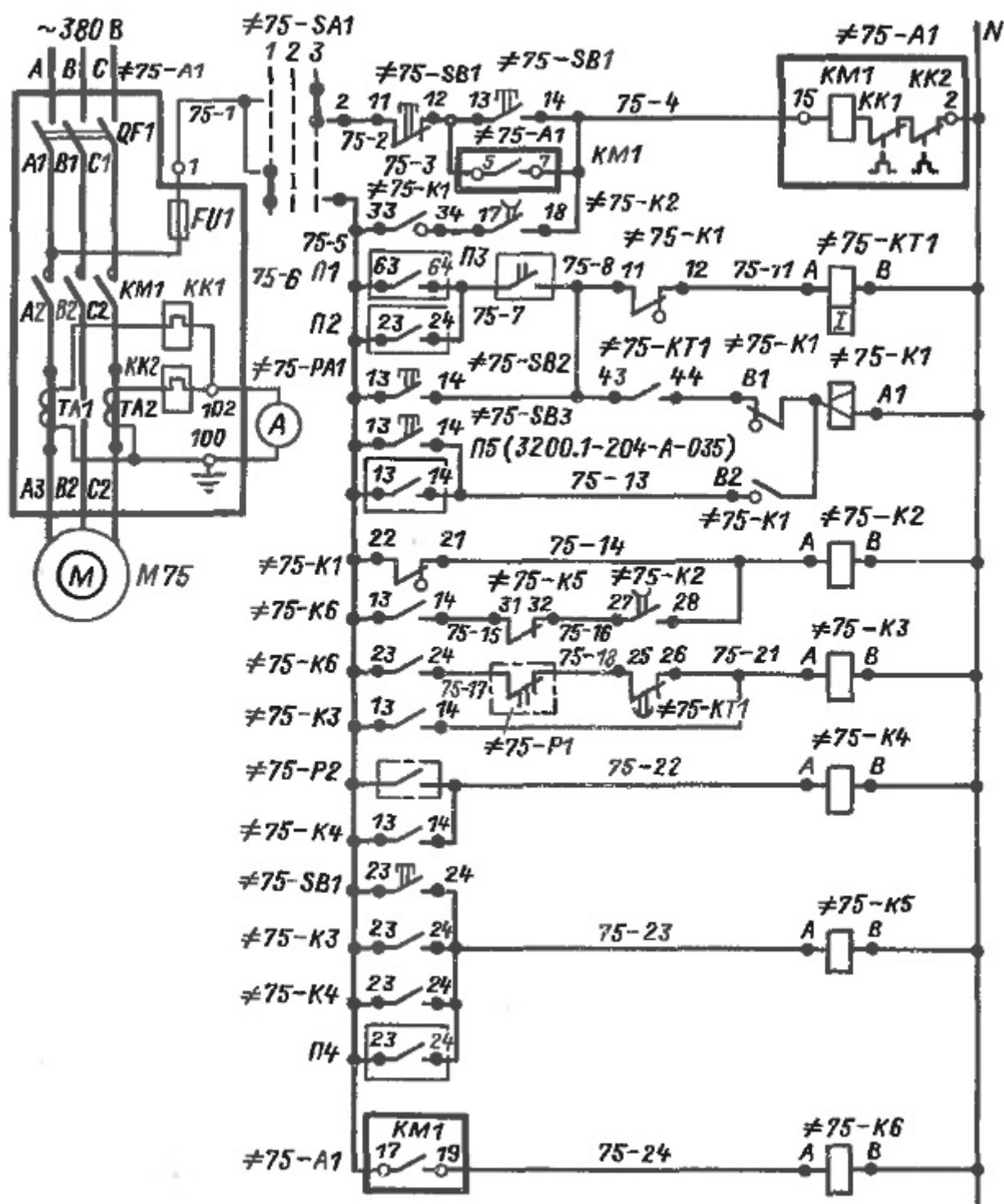
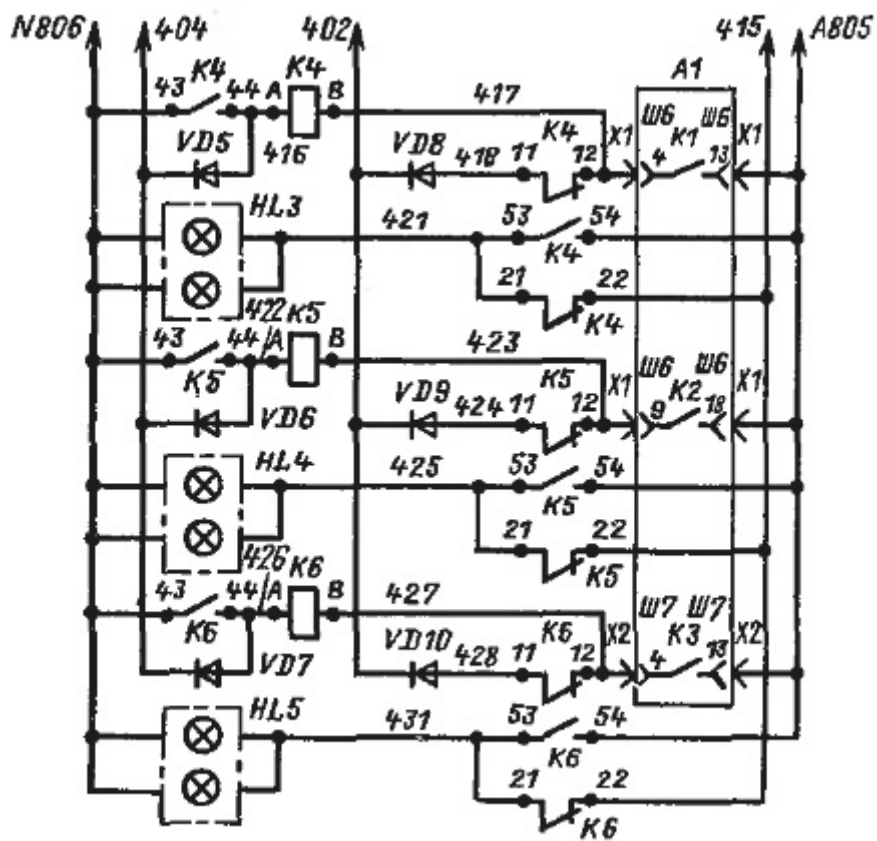
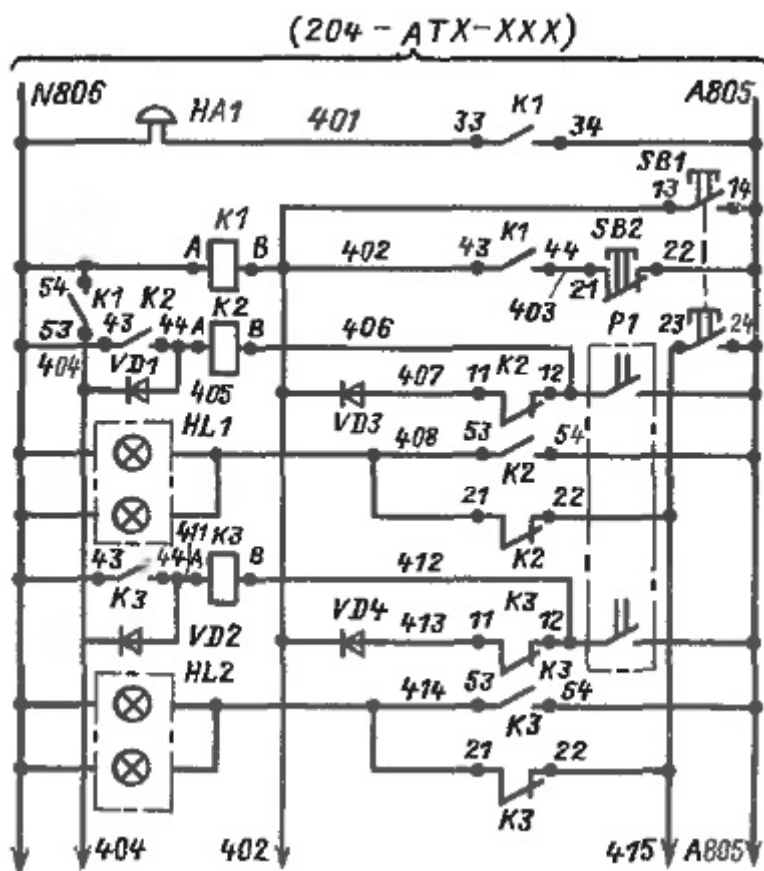


Рис. 9.1. Пример выполнения принципиальной электрической схемы управления



a)



б)

Рис. 9.2. Пример выполнения принципиальной электрической схемы сигнализации

Элементы, составляющие функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, могут на схемах выделяться штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи, при этом указывается наименование функциональной группы, а для устройства - наименование и (или) его тип и (или) обозначение документа, на основании которого это устройство применено. На схемах можно также разграничить штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи, элементы и устройства, расположенные в разных помещениях, с указанием наименования и (или) номера помещений.

На принципиальных электрических схемах при необходимости могут показываться элементы схем другого вида, например элементы пневматических, гидравлических или кинематических схем, а также элементы, не входящие в данную установку, но необходимые для разъяснения принципа ее работы. Графическое обозначение таких элементов и устройств отделяют на схеме штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи, и помещают надписи, указывая в них местонахождение этих элементов, а также необходимые данные. Так, на [рис.9.2](#) показано устройство Р1, представляющее собой поплавковое реле. Его данные и указания о местонахождении приводятся в перечне элементов данной схемы.

Схемы, как правило, выполняют для систем (объектов автоматизации), находящихся в отключенном (нерабочем) состоянии. Однако в случаях, когда возникает необходимость, допускается изображать отдельные элементы схем в каком-либо выбранном рабочем положении, оговаривая это на поле чертежа.

Элементы и устройства на принципиальных электрических схемах 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). Этот способ находит применение при изображении, например, регулирующих устройств, устройств промышленного телевидения и др.

При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. В этом случае схема состоит из ряда цепей, расположенных слева направо или сверху вниз, как правило, в порядке последовательности действия отдельных элементов схемы (строчный способ).

Предпочтительно отдельные цепи располагать в горизонтальную строчку, чтобы они читались слева направо, а вся схема, в целом, сверху вниз аналогично чтению текстового материала. При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами. Схемы, изображенные на [рис.9.1](#) и [9.2](#), являются примерами схем, выполненных разнесенным способом. Чтобы при разнесенном способе принципиальная электрическая схема читалась просто и понятно, необходимы специальные меры, которые позволили бы легко установить принадлежность элемента к соответствующему аппарату или устройству, а также отличительный признак элемента (катушка, контакт, ключ управления и т.п.). Это достигается, во-первых, введением специальной системы условных графических обозначений аппаратов и их отдельных элементов и, во-вторых, системой буквенно-цифровых обозначений элементов схем.

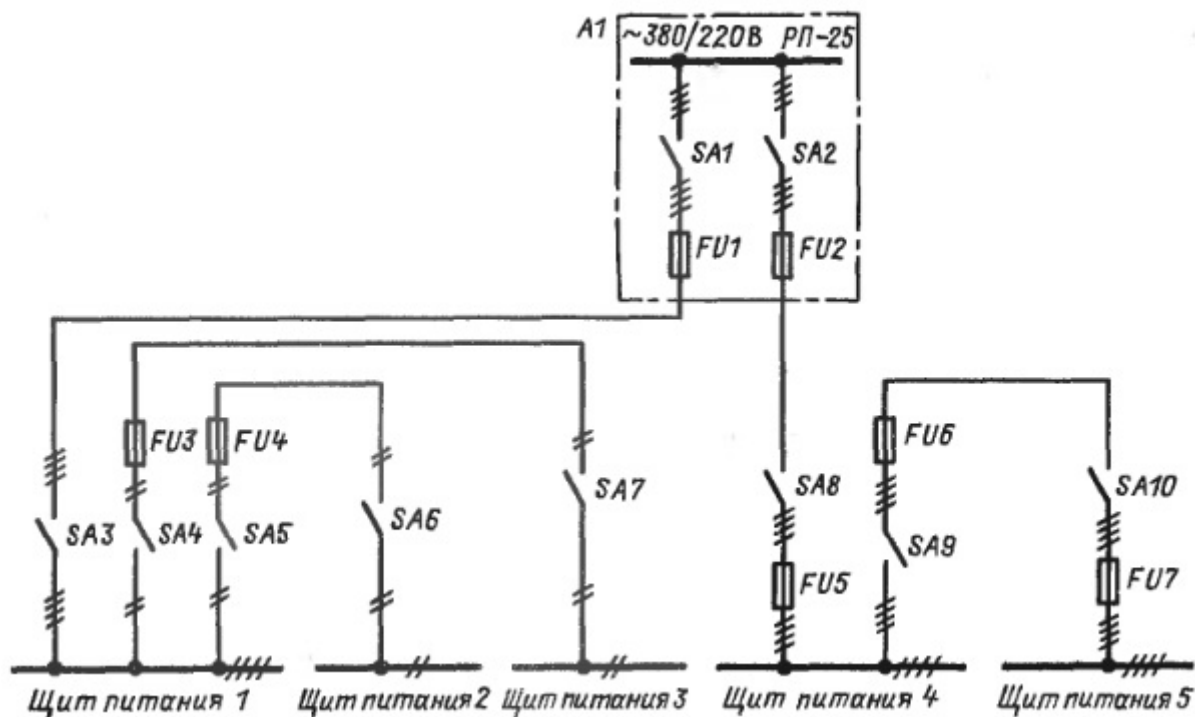


Рис. 9.3. Пример выполнения принципиальной электрической схемы питающей сети (однолинейное изображение)

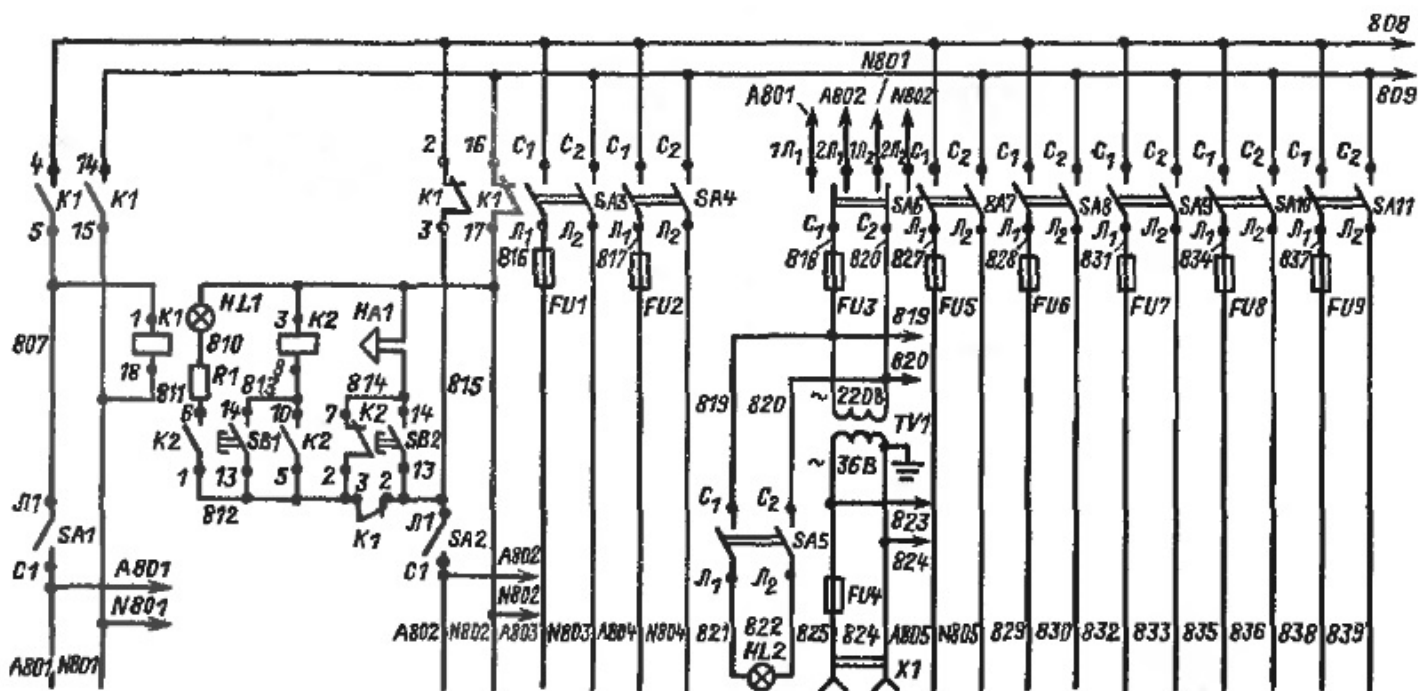


Рис. 9.4. Пример выполнения принципиальной электрической схемы распределительной сети

При составлении принципиальных электрических схем иногда бывает целесообразно некоторые элементы показывать разнесенным способом, а другие (обычно конструктивные более сложные) совмещенным. Допускается также при изображении элементов разнесенным способом на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения элементов, выполненные совмещенным способом, например схемы реле. Элементы, используемые в изделии частично, изображают полностью с указанием используемых и неиспользуемых частей (у реле, например изображены все контакты).

Принципиальные электрические схемы питания, управления, измерения, сигнализации выполняют, как правило, в многолинейном изображении. Так, в частности, выполнены схемы

на рис.9.1 и 9.2. Однако схемы питающей сети системы электропитания иногда целесообразно выполнять в однолинейном изображении, так как в этом случае достигается сокращение объема графических работ и уменьшение размеров схемы без какой-либо потери наглядности и удобства пользования ею (рис.9.3). При многолинейном выполнении схемы каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, - отдельными условными графическими обозначениями. При однолинейном выполнении цепи с идентичными функциями изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей - одним условным графическим обозначением.

Принципиальные электрические схемы электропитания выполняют, как правило, отдельно для питающей и распределительной сетей. Схема питающей и распределительной сетей могут изображаться на отдельных листах либо на одном, если распределительная сеть состоит из небольшого числа групп питания.

В нижней части схемы распределительной сети (рис.9.4) помещается таблица, в которой перечисляют все электроприемники, питающиеся с данного щита питания, с указанием их позиций по заказным спецификациям, потребляемой мощности, напряжения и места установки.

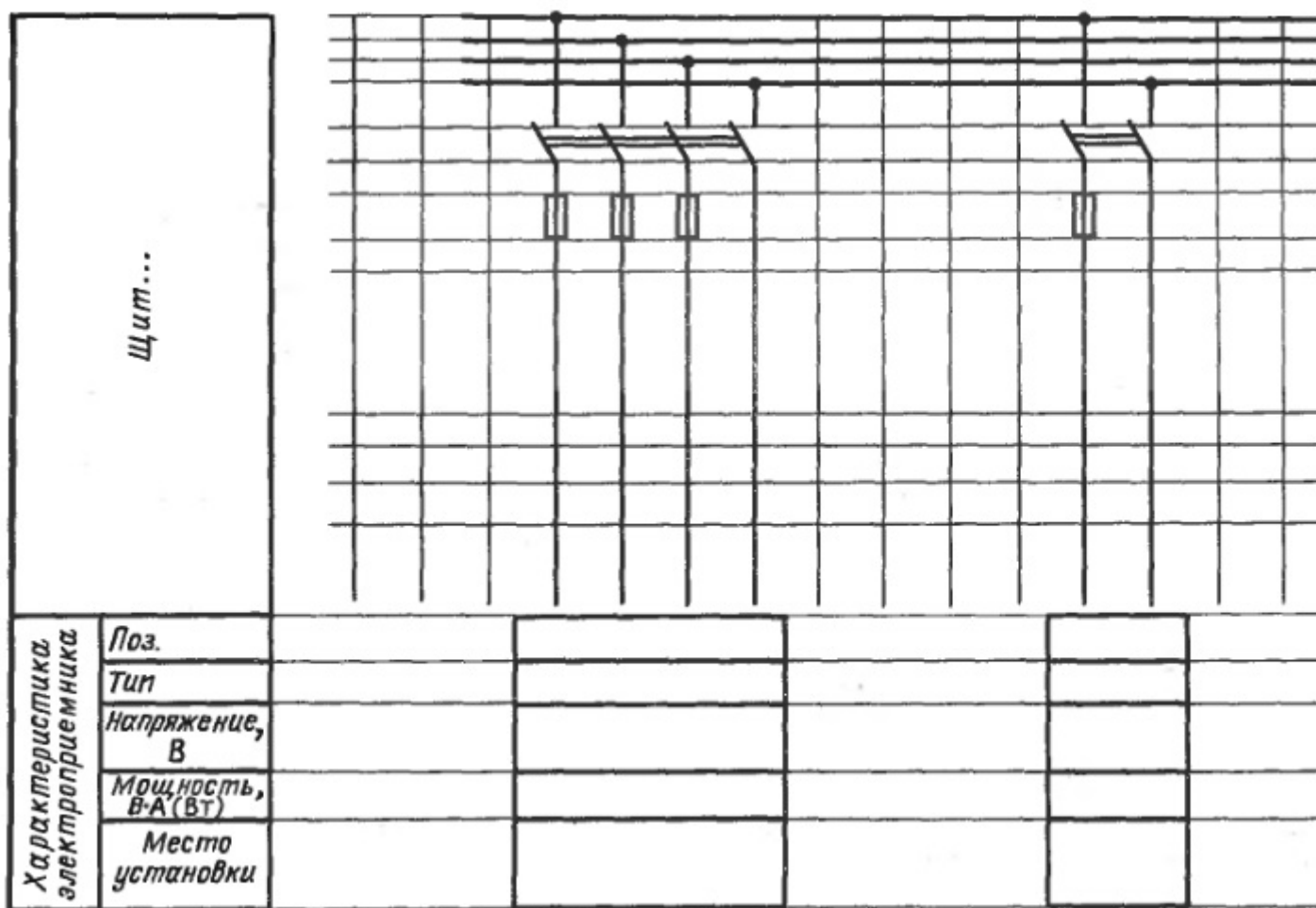


Рис. 9.5. Пример выполнения матрицы для принципиальной электрической схемы распределительной сети

Перечень элементов схемы на рис. 9.3

Таблица 9. 1

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Щит питания 1			
FU3, FU4	Вставка плавкая ВП2Б-1В, 5 А, 250 В, ОЮО. 481. 005ТУ Выключатели пакетные, ОСТ 16. 0-526. 001-77:	2	Держатель ДВП-2В, ГаО. 481. 014ТУ
SA3	ПВ3-25	1	-

SA4, SA5	ПВ2-10	2	
Щит питания 2			
SA6	Выключатель пакетный ПВ2-10, ОСТ 16. 0-526. 001-77	1	-
Щит питания 3			
SA7	Выключатель пакетный ПВ2-10, ОСТ 16. 0-526. 001-77	1	-
Щит питания 4			
FU5	Плавкая вставка на 6 А, 500 В к предохранителю ПР-2У4 на 15 А, заднее присоединение, ТУ 16-522. 091-72	1	
FU6	Плавкая вставка на 35 А, 500 В к предохранителю ПР-2У4 на 60 А, заднее присоединение, ТУ 16-522. 091-72 Выключатели пакетные, ОСТ 16. 0-526. 001-77:	1	
FA8	ПВ3-60	1	-
FA9	ПВ3-10	1	-
Щит питания 5			
FU7	Плавкая вставка на 6 А, 500 В к предохранителю ПР-2У4 на 15 А, заднее присоединение, ТУ 16-522. 091-72		
SA10	Выключатель пакетный ПВ3-10, ОСТ 16. 0-526. 001-77	1	

При составлении принципиальных электрических схем питания рекомендуется использовать специальную матрицу ([рис.9.5](#)), позволяющую внести единообразие в выполнение схем. Матрицы должны быть предварительно изготовлены и размножены на отдельных листах. Матрица представляет собой разграфленную тонкими линиями заготовку для будущей схемы распределительной сети. При выполнении схемы необходимые цепи прочерчиваются жирным карандашом по линиям матрицы.

Данные об элементах, входящих в состав принципиальной электрической схемы - аппаратах, приборах и т.п., должны быть записаны в перечень элементов, который оформляется в виде таблицы. Пример выполнения перечня элементов сравнительно простой принципиальной электрической схемы приведен в [табл.9.1](#). Это перечень элементов схемы питающей сети, изображенной на [рис.9.3](#) (выключатели SA1, SA2 и предохранители FU1, FU2, установленные на питающей сборке РП-25, в настоящий перечень элементов не включены, так как они предусмотрены в проекте электроснабжения данного объекта).

В [табл.9.2](#) дан пример выполнения перечня элементов сложной принципиальной схемы, в которой имеется разбиение элементов на функциональные группы и поле схемы с целью облегчения поиска элементов разбито на зоны. Эти два примера иллюстрируют изложенные ниже требования к выполнению перечней элементов принципиальных электрических схем.

Связь перечня с условными графическими обозначениями элементов осуществляется через позиционные обозначения.

Перечень элементов помещают на первом листе над основной надписью схемы или выполняют в виде отдельного документа на листах формата А4 (в [табл.9.1](#) и [9.2](#) показано выполнение перечней элементов в виде отдельного документа). Продолжение перечня элементов, если они не размещаются над основной надписью, помещают слева от нее, повторяя заглавие таблицы.

Пример выполнения перечня элементов сложной схемы

Таблица 9.2

Зона	Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Щит нагнетательный				
11В	К13, К14	Реле МКУ48-С, РАЧ. 509. 023П, РАО. 450. 002ТУ	2	-
11В	КТ, КТ3	Реле РВП72-3222-00У4-220/50, ТУ 16-523. 472-79	2	-
12А	SB6	Пост КУ 123-11У2, горизонтальное положение, ТУ 16-526. 278-76	1	-
	=75, =81	Элементы управления электродвигателями М75, М81	2	
11А	HL1 - HL3	Табло ТСМ-Ш-У3-01, ТУ 16-535. 424-79	3	Лампа Ц220-10, ГОСТ 5011-77
3В	КТ1	Реле РВП72-3222-00У4-220/50, ТУ 16-523. 472-79	1	-
3В	К1	Реле промежуточное типа РП-12УХЛ, 220 В, присоединение переднее, ТУ 16-523. 072-75	1	-
3В	К2	Реле РП-256-У4, 220 В, 1 А, ТУ 16-523. 483-78 Реле МКУ48-С, РАО. 450. 002ТУ:	1	-
3В	К3, К4	РАЧ. 509. 019П	2	-
3А	К5, К6	РАЧ. 509. 023П	2	-
11А	К7	РАЧ. 509. 017П	1	-
4В	РА1	Амперметр Э335, 600 А, 50 Гц, ТУ 25-04-051-66	1	-
4В	SA1	Переключатель универсальный УП5313-0322, ТУ 16-524-074-75	1	-
4В	SB1	Пост КУ 123-12У2, горизонтальное положение, ТУ 16-526. 278-76	1	-
12А	VD1, VD3,	Диод Д226, ЩБЗ. 362. 002ТУ	3	-
	= 77 =77	Элементы управления электродвигателем М77		
10В	HL1, HL3	Табло ТСМ-Ш-У3-01, ТУ 16-535. 424-79	3	Лампа Ц220-10, ГОСТ 5011-77
7А	КТ1	Реле РВП72-3222-00У4-220/50, ТУ 16-523. 472-79	1	-
7А, 5В	К1, К2	Реле промежуточное типа РП-12, 220 В, ТУ 16-523. 072-75	2	-
5В	К3	Реле РП-256-У4, 220 В, 1 А, ТУ 16-523. 483-78 Реле МКУ48-С, РАО. 450. 002ТУ:	1	-
5В	К4, К5	РАЧ. 509. 019П	2	
5В	К6	РАЧ. 509. 023П	1	
5А	К7	РАЧ. 509. 019П	1	-
5А	К8	РАЧ. 509. 023П	1	
5А	К9	РАЧ. 509. 019П	1	
5А	К10	РАЧ. 509. 023П	1	
11А	К11, К12	РАЧ. 509. 017П	2	-

В графах перечня указывают следующие данные: в графе «Позиционное обозначение» - позиционное обозначение элемента, устройства или обозначение функциональной группы; в графе «Наименование» - наименование элемента в соответствии с документом

(государственным или отраслевым стандартом, техническими условиями), на основании которого этот элемент применен, а также обозначение этого элемента; в графе «Количество» - количество элементов; в графе «Примечание» - технические данные элементов, не содержащихся в его наименовании (при необходимости); в графе «Зона» (для случаев, когда поля схемы разбиты на зоны) - обозначение зоны или номер строки (при строчном способе выполнения схемы), в которой расположен данный элемент.

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. Например, в перечне элементов [табл.9.1](#) элементы разбиты на группы по щитам питания и в пределах каждой группы они расположены в алфавитном порядке и в порядке возрастания 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.

Элементы одного типа с одинаковыми электрическими параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу «Позиционное обозначение» вписывают только позиционное обозначение с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, а в графу «Количество» - общее количество таких элементов (см., например, запись VD1-VD3 и т. д. в [табл.9.2](#)). При записи элементов, имеющих одинаковую первую часть позиционных обозначений, допускается записывать наименование элементов в графе "Наименование" в виде общего наименования (заголовка) один раз на каждом листе перечня либо записывать в общем наименовании (заголовке) обозначения документов, на основании которых эти элементы применены. Так, например, записаны реле от К4 до К12 в [табл.9.2](#). Все они типа МКУ-48-С и изготавливаются по общим техническим условиям РАО. 450. 002ТУ. Если в схеме выделяют отдельные функциональные группы и позиционные обозначения элементам присваивают в пределах этих функциональных групп, то в перечень элементы записывают отдельно по функциональным группам. Запись начинается с соответствующего заголовка в графе «Наименование» перечня; заголовок подчеркивается. В перечне элементов [табл.9.2](#) выделены функциональные группы =75, =81, наименование которых «Элементы управления электродвигателями М75, М81» подчеркнуто. Также выделена функциональная группа = 77. Если в схеме имеются элементы, не входящие в функциональные группы, то при заполнении перечня записывают эти элементы без заголовка, а затем уже под соответствующим заголовком элементы, входящие в функциональные группы. Так, в [табл.9.2](#) в начало перечня внесены реле К13, К14 и ряд других элементов, которые не входят ни в одну функциональную группу.

В тех случаях, когда в схеме имеется несколько одинаковых выделенных функциональных групп, в перечне указывают количество элементов, входящих в одну функциональную группу, а общее количество одинаковых функциональных групп указывают в графе «Количество» на одной строке с заголовком. В перечне элементов [табл.9.2](#) в графе «Количество» рядом с наименованием функциональных групп =75 и =81 «Элементы управления электродвигателями М75 и М81» стоит цифра 2. Это означает, что количество элементов, указанных в перечне для одной функциональной группы, должно при заказе быть увеличено в 2 раза.

Если позиционное обозначение элементов в схеме принято составным, например состоящим из позиционного обозначения элемента и обозначения функциональной группы, то в перечень в графу «Позиционное обозначение» записывают только позиционное обозначение элемента без обозначения функциональной группы. Например, все элементы, входящие в функциональную группу = 75, на схеме имеют обозначения: =75-НЛ1, = 75-КТ1 и т. д., а в перечень элементов в графу «Поз. Обозначение» внесено только их позиционное обозначение: НЛ1, КТ1 и т.д.

Принципиальные электрические схемы проектов автоматизации рекомендуется, как правило, выполнять на форматах чертежей, не превышающих формат А4 по гост 2.301-68, что создает определенные удобства при выполнении схем и при последующей работе с ними в процессе монтажа, наладки и эксплуатации систем автоматизации.

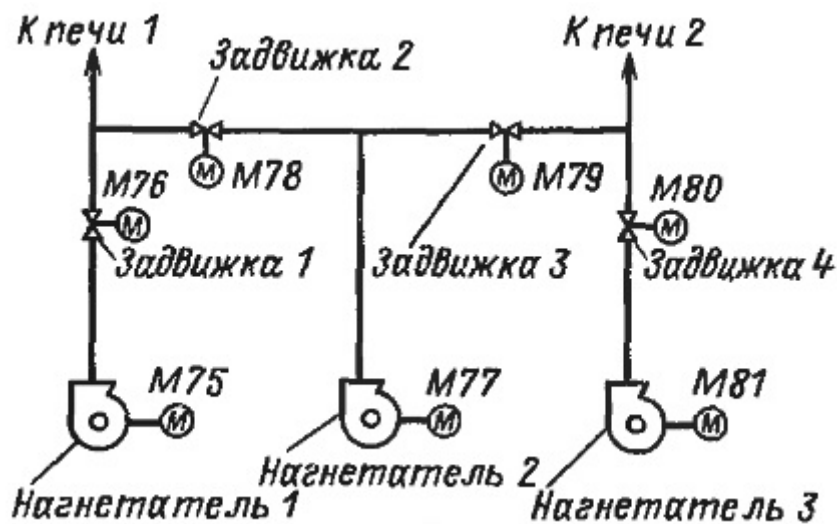


Рис. 9.6. Пример выполнения поясняющей технологической схемы

На поле схемы допускается при необходимости помещать указания о марках, сечениях и расцветках проводов и кабелей, которыми должны быть выполнены соединения элементов, а также указания о специфических требованиях к электрическому монтажу данной схемы.

Принципиальные электрические схемы систем автоматизации со сложными технологическими процессами рекомендуется дополнять поясняющей технологической схемой и схемой блокировочных зависимостей работы оборудования. Поясняющая технологическая схема выполняется в упрощенном виде с указанием всех агрегатов, входящих в состав данного технологического узла и участвующих в данной электрической схеме. Пример выполнения поясняющей технологической схемы приведен на рис.9.6. На схеме показана технологическая связь трех нагнетателей с задвижками, электродвигатели которых управляются по определенной программе. Схема блокировочных зависимостей и циклограмма работы оборудования должны указывать последовательность его работы.

Циклограммы работы аппаратуры, таблицы применяемости, пояснения и примечания помещают на принципиальных электрических схемах только в случаях, когда они необходимы и способствуют более легкому прочтению схемы.

В сложных схемах для облегчения нахождения составных частей реле, изображенных разнесенным способом, рекомендуется разбивать поле схемы на зоны, а около графического обозначения обмотки реле (справа) помещать таблицу с указанием в ней типов контактов реле (размыкающий, замыкающий), обозначений (номеров) контактов и место на схеме, адрес, где контакты эти расположены. По вертикали поля схемы границы зоны обозначаются буквами латинского алфавита (А, В...); по горизонтали - арабскими цифрами (1, 2, 3...).

Схема, изображенная на рис.9.1, представляет собой часть общей схемы управления группой нагнетателей, которая располагается на трех листах. Листы эти разбиты на зоны. У реле, изображенных на схеме рис.9.1, показано выполнение таблиц, в которых указаны места расположения контактов данного реле. Например, замыкающие контакты (в таблице они обозначаются буквой «з») реле =75 - КЗ расположены в зонах 4 В, 4 А, 12А, 1В, а размыкающие «р» - в зоне 12А. Число клеток в таблице соответствует числу контактов реле. Незаполненные клетки указывают на то, что часть контактов данного реле в схеме не используется. Рекомендуется также на схеме помещать надписи, поясняющие назначение отдельных цепей схемы и т. п., как это показано на рис.9.1 и 9.2 и др.

3. Условные графические обозначение элементов схем

Графическое обозначение элементов схем устанавливаются группой стандартов «Обозначения условные графические в схемах». С помощью этих графических изображений

могут быть выполнены принципиальные электрические схемы проектов автоматизации практически любой сложности. Возможны случаи, когда возникает необходимость в применении каких-либо графических изображений, не предусмотренных стандартами. Тогда допускается принять не стандартизированные графические обозначения, приводя при этом необходимые пояснения на схеме. В проектах автоматизации находят применение многие условные графические обозначения, предусмотренные стандартами.

Условные графические обозначения элементов схем изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения (ГОСТ 2.747–68, ГОСТ 2.755–74, ГОСТ 2.756–76).

Условные графические обозначения элементов, размеры которых в стандартах не установлены, изображаются на схемах в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах на условные графические обозначения.

Допускается все обозначения пропорционально уменьшать, однако при этом просвет между двумя соседними линиями условного графического обозначения должен быть не менее 1 мм. Размеры условных графических обозначений можно и увеличивать, если это, например, необходимо для вписывания в них поясняющих знаков. Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол кратный 90°, если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается также условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный 45°, или изображать зеркально повернутыми. Если при повороте или зеркальном изображении условных графических обозначений может нарушиться смысл или ухудшиться читаемость обозначений, то такие обозначения изображаются только в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Условные графические обозначения, содержащие буквенные, цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90 или 45°.

Графические обозначения должны выполняться линиями той же толщины, что и линии связи. Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то они должны выполняться толще линий связи в 2 раза. Сами линии связи могут выполняться толщиной от 0,2 до 1 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. При форматах схем 24 и меньше рекомендуется толщину линий связи принимать в пределах от 0,3 до 0,4 мм. Если на одной схеме изображаются цепи различного функционального назначения (например, силовые цепи, цепи управления и т.д.), то допускается их изображать линиями различной толщины. На одной схеме рекомендуется применять не более трех размеров линий по толщине. Для упрощения схемы допускается несколько электрически не связанных линий связи сливать в общую линию. При подходе общей линии к элементам каждую линию связи вновь изображают отдельной линией. В месте слияния линий связи каждую линию с обеих сторон помечают соответствующим обозначением цепи по ГОСТ 2.709–72.

4. Обозначение цепей

Обозначение участков цепей служит для их опознания и может также отражать их функциональное назначение в электрической схеме. Требования к обозначению цепей принципиальных электрических схем определены ГОСТ 2.709–72 и проиллюстрированы на рис. 9.1, 9.2, 9.4. Согласно этому стандарту все участки электрических цепей, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разное обозначение. Участки цепей, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, должны иметь одинаковые обозначения. При необходимости стандарт допускает участкам цепей, проходящим через разъемные контактные соединения, присваивать разные обозначения. Для возможности различения участков цепей, относящихся, например, к разным агрегатам, допускается в обозначении цепей добавлять последовательные числа и другие принятые для агрегатов обозначения, отделяя их дефисом.

Например, в схеме на [рис.9.1](#) перед всеми обозначениями цепей управления стоит цифра 75, указывающая на принадлежность этих цепей электродвигателю М75.

Для обозначения участков цепей принципиальных электрических схем применяют арабские цифры и прописные буквы латинского алфавита. Цифры и буквы, входящие в обозначения, следует выполнять одним размером шрифта.

Последовательность обозначений должна быть от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки цепи обозначают сверху вниз в направлении слева направо. Реализация этого требования хорошо видна из [рис. 9.1](#), [9.2](#) и [9.4](#). В процессе обозначения цепей допускается оставлять резервные номера.

При разработке принципиальных электрических схем следует придерживаться следующего порядка обозначения отдельных участков цепей:

1) цепи переменного тока обозначают: L1, L2, L3... с добавлением последовательных чисел. Например, участки цепи первой фазы L1: L11, L12 и т. д.; участки цепи второй фазы L2: L21, L22 и т. д.; участки цепи третьей фазы L3: L31, L32 и т. д.

Допускается, если это не вызывает ошибочного подключения, обозначать фазы цепей переменного тока буквами А, В, С на [рис. 9.1](#) принято последнее обозначение);

2) силовые цепи постоянного тока обозначают: нечетными числами - участки цепей положительной полярности, четными - участки цепей отрицательной полярности; входные и выходные участки цепи обозначают с указанием полярности: плюс «L+» и минус «L-». Допускается применять только знаки «+» или «-». Средний проводник обозначают буквой М. Допускается также обозначать силовые цепи постоянного тока последовательными числами;

3) цепи управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения обозначают последовательными числами в пределах изделия или установки. Допускается перед обозначениями проставлять обозначения, характеризующие функциональное назначение цепи. В этом случае последовательность чисел допускается устанавливать в пределах функциональной цепи. При необходимости перед обозначениями цепей управления, защиты, сигнализации и измерения можно проставлять обозначение фаз переменного тока А, В, С (такие обозначения, например, показаны на [рис. 9.1](#) и [9.2](#)). Допускается в однофазных (фаза - нуль, фаза - фаза) схемах переменного тока участки цепей обозначать четными и нечетными числами.

На принципиальных электрических схемах обозначения, как правило, проставляются: при горизонтальном расположении цепей - над участком проводника, при вертикальном расположении цепей - справа от участка проводника. В технически обоснованных случаях допускается проставлять обозначения под изображением цепи.

Чтение принципиальных электрических схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощается, если при разработке схем производить обозначение цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Так, например, может быть рекомендовано для цепей управления, регулирования и измерения использовать группу чисел 1 - 399, для цепей сигнализации 400 - 799, для цепей питания 800 - 999.

Вместо групп цифр функциональная принадлежность цепей принципиальной схемы может быть выражена и условно принятыми буквами.