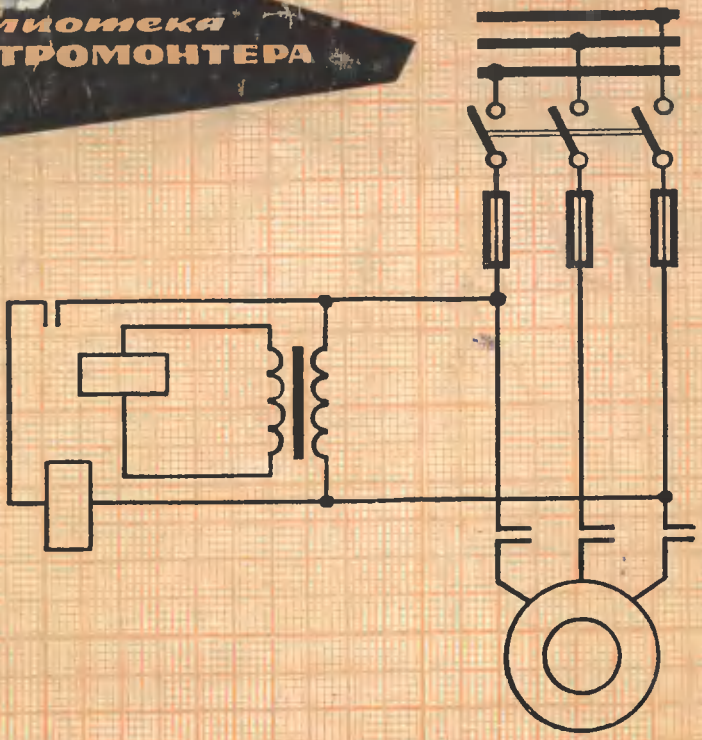
Библиотека электромонтера



Е. А. КАМИНСКИЙ

КАК СДЕЛАТЬ ПРОЕКТ НЕБОЛЬШОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

С-1.232587

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 158

6П2.11
К182

Е. А. КАМИНСКИЙ

КАК СДЕЛАТЬ ПРОЕКТ НЕБОЛЬШОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Издание 2-е, переработанное и дополненное

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Большам Я. М., Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В., Каминский Е. А., Мандрыкин С. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

УДК 621.311.003.63
К 18

Даны общие сведения о проектировании.

Описана и иллюстрирована примерами техника выполнения небольших проектных работ, аналогичных выполняемым обычно в рабочем порядке.

Брошюра предназначена для широкого круга электромонтеров и электротехников, но не для профессионалов-проектировщиков. Она может быть полезна учащимся профессиональных школ и техникумов.

Во 2-м издании учтены замечания и пожелания читателей, внесены уточнения в соответствии с действующими на 1 января 1965 г. Правилами, Нормами, прейскурантами и ценниками.

С.1232587

Каминский Евгений Абрамович.

Как сделать проект небольшой электроустановки, изд. 2

М.-Л., издательство „Энергия", 1965, 80 с. с черт.
(Библиотека электромонтера. Вып. 158)
Бланк-заказ 16/65 № 14

Редактор *Э. Я. Бранденбургская* Техн. редактор *О. П. Печенкина*
Обложка художника *Ярешко Н. Т.*

Сдано в набор 10/XII Подписано к печати 7/IV 1965 г.
Т-03575 Формат 84×108¹/₃₂ Уч.-изд. л. 4,2 Печ. л. 4,1
Тираж 19 000 Цена 15 коп. Заказ 96

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
Шлюзовая наб., 10.

Государственная публичная
библиотека
им. В. Г. Белинского
г. Черновцы
0.3.

138—2

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЕГО ЗАДАЧИ

Электроустановки, как и любые другие сооружения, создаются многими коллективами специалистов разных профессий: строителей, сантехников, монтажников, электриков, а также изготовителей оборудования, проводов, арматуры кабелей и т. п. В каждом коллективе существует узкая специализация. Среди электриков, например, одни выполняют кабельные работы, другие устанавливают силовое электрооборудование, третьи монтируют вторичную коммутацию и т. п.

Сооружение создается не сразу. Сперва строят здание, затем в нем устанавливают оборудование. Установленное оборудование монтируют и т. д. Многие части сооружения изготавливаются на промышленных предприятиях. Они поступают на строительную площадку в виде готовых изделий, а в последнее время нередко целыми блоками (магнитные станции, комплектные распределительные устройства, шкафы автоматики и телемеханики и т. п.). Следовательно, деятельность людей, создающих сооружение, протекает в разное время и нередко на различных территориях; и вместе с тем эта деятельность строго согласована и целеустремлена. Так, например, на стадии строительных работ уже оставляют проемы для прокладки кабелей, закладывают детали для крепления электрооборудования и т. п.

Организующим началом, благодаря которому в результате работы многих людей и в разное время получается стройное сооружение, является проект. Из проекта исполнители узнают:

кто из них, когда, как, и в какой последовательности, из каких материалов и что должен делать;

какое оборудование нужно заказать и к какому сроку;

сколько денег нужно на материалы и оборудование, их транспортировку и хранение, на заработную плату;

сколько рабочих, инженеров и техников той или иной специальности и квалификации нужно привлечь к работам, когда именно и на какой период;

как увязать новое сооружение с ранее построенным, например, присоединить новую подстанцию к существующей электросети, переключить на нее питание некоторых потребителей и т. п.;

как проверить правильность действия нового сооружения и ввести его в эксплуатацию;

на что сооружение рассчитано и как им пользоваться.

Объем и содержание проекта определяются сложностью и особенностями проектируемого сооружения.

Проектирование больших сооружений выполняют специализированные проектные конторы или государственные проектно-изыскательские институты (ГИПРО). В их состав может входить ряд отделов: строительный, сантехнический, электротехнический и т. д. Отделы в свою очередь обычно разделяются на группы по специальностям. В электротехническом отделе, например, могут быть группы: высоковольтных сетей; сетей низкого напряжения; основного оборудования и первичной коммутации; вторичной коммутации, релейной защиты, автоматики и телемеханики и т. п.

Для организации согласованной деятельности всех участников проектирования независимо от их принадлежности к тому или иному отделу при создании больших проектов назначается главный инженер проекта.

В настоящее время приняты две формы проектирования: в три стадии и в две стадии.

При трехстадийном проектировании раньше составляется так называемое проектное задание. В нем в общем виде прорабатывают основные принципиальные вопросы, намечают пути конструктивных форм исполнения будущего сооружения, определяют его стоимость, составляя сметно-финансовый расчет. Затем на основании утвержденного проектного задания разрабатывают технический проект. И, наконец, на третьей стадии выполняют рабочие чертежи и смету. Смета принимается к финансированию. Рабочие чертежи передаются на производство.

Наиболее распространено двухстадийное проектирование. При двухстадийном проектировании после разработки расширенного проектного задания и его утверждения, минуя технический проект, выпускают рабочие чертежи и смету.

Проектирование — процесс творческий. Его нельзя втиснуть в наперед заданные рамки. И вместе с тем при проектировании необходимо считаться с рядом ограничений, которые можно разделить на несколько больших групп.

К первой группе относятся ограничения, вытекающие из требований Правил устройства электроустановок (ПУЭ), Строительных норм и правил (СНиП), Правил технической эксплуатации (ПТЭ), Правил техники безопасности (ПТБ), Государственных стандартов (ГОСТ) и других директивных и обязательных документов. Ими определяются: выбор величины напряжения, марки и сечения проводов и кабелей, минимальные расстояния между токоведущими частями, ширина проходов, высота ограждений и т. п.

Вторая группа вызвана особенностями и свойствами оборудования, например габаритами (наибольшими внешними очертаниями), расположением крепежных отверстий, требованиями к охлаждению и т. п.

Третью группу составляют ограничения строительные. Они возникают не только при расширении сооружений, когда используются существующие здания или делается к ним пристройка, расположение, размеры и очертания которой не произвольны. Дело в том, что и при проектировании нового сооружения необходимо учитывать нормированные размеры пролетов, проемов, проходов, а также правильно взаимно располагать водопроводные, теплофикационные и электрические сети, воздуховоды и т. п. Нельзя, например, прокладывать близко электрические кабели и горячие трубы. Нельзя комплектовать электрооборудование в щиты таких размеров, которые невозможно внести в помещение и т. п. Особое значение имеет прочность перекрытий, которая должна соответствовать весу оборудования.

Так как всякое новое (и особенно реконструируемое) сооружение неизбежно связывается с действующими (хотя бы электросетью, водопроводом), возникает четвертая группа ограничений — привязочных.

К пятой группе относятся ограничения, возникающие в процессе проектирования. Так, например, остановившись на определенной электрической схеме, заказав для нее оборудование, приняв то или иное его взаимное расположение и выдав на этом основании задание строителям и конструкторам, электрик уже связан. Его дальнейшие решения им же самим ограничены.

Все большее распространение получают типовые проекты, выполненные специализированными проектными организациями для многократного применения. Однако в типовых проектах не могут быть решены вопросы, возникающие в тех или иных конкретных условиях, например об источниках электроэнергии. Эти вопросы решаются при привязке типовых проектов. Непривязанные типовые проекты применять нельзя.

Индустриализация электромонтажных работ и развитие электротехнической промышленности привели к широкому использованию типовых изделий, например, смонтированных на электротехническом заводе станций управления электродвигателями. Типовые изделия также требуют привязки, которая состоит в заполнении табличек для надписей, снятии (установке) некоторых перемычек, уточнении тока срабатывания автоматов и т. п.

Содержание проектов различно. Но форма их выполнения должна быть во всяком случае такой, чтобы каждый, кто будет осуществлять проект, безошибочно понимал, что́ от него требуется. И это тоже накладывает ряд ограничений. Все чертежи и схемы должны вычерчиваться по ГОСТ. Если в отдельных случаях приходится применять нестандартные обозначения, то проектировщик обязан дать их расшифровку.

Проект нужно снабдить оглавлением. Расположение документов в проекте не произвольно и должно соответствовать технологической последовательности выполнения работ. В начале обычно помещают общие чертежи и документы, которые поясняют содержание проекта в целом, формулируют условия действия устройств, расшифровывают обозначения и систему маркировки, если они имеют особенности по сравнению со стандартными. Затем следует таблица, по которой легко ориентироваться в проекте, т. е. находить нужные чертежи. Например, для каждого электродвигателя в таблице перечислены:

принципиальные схемы, схемы электроконструкций (пультов, щитов, сборок), схемы внешних соединений.

После общих чертежей идут принципиальные схемы с краткими пояснениями.

Чертежи, по которым монтируются электроустановки, как правило, разделяют на несколько групп:

а) для изготовления электроконструкций (общий вид, экспликация, текст надписей на табличках, спецификация, монтажная схема, монтажные указания);

б) для работ монтажно-заготовительного участка;

в) для установки электрооборудования и электроконструкций и их соединений (планы и разрезы помещений с изображением электрооборудования и электросетей, кабельные журналы, монтажные карты).

Наконец, помещают важнейший документ — сводную спецификацию.

В организациях, утверждающих проекты (например, в энергосбытах, районах электросети и т. п.), приняты и определенный минимум документов, представляемых на утверждение, и форма их исполнения.

2. ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТОВ НЕБОЛЬШИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Естественно поставить перед собой вопросы: имеет ли какое-нибудь отношение все сказанное выше к проектированию небольших электроустановок? И вообще нужны ли проекты для таких работ, как монтаж (или перестановка) электродвигателя, изменение в сети освещения, установка счетчика, внедрение рационализаторских предложений.

Ниже будет показано, что проекты небольших электроустановок не только нужны, но и что при их создании приходится рассматривать те же самые вопросы, что возникают при проектировании крупных сооружений. И рассматриваются они с тех же позиций. Только масштабы меньше и к выполнению проекта привлекаются один-два человека.

И вместе с тем проекты небольших электроустановок (осуществляемых без привлечения специализированных монтажных организаций) имеют свои особенности. В этих проектах нужно очень подробно разрабатывать, например, смету и спецификацию (перечень оборудова-

ния, материалов, проводов и кабелей с необходимыми для заказа техническими характеристиками), предусмотрев не только основные, но и вспомогательные материалы[1]. Нередко приходится приспосабливаться к материалам и оборудованию, имеющимся в наличии, проектировать его модернизацию и т. п.

Наконец, проекты, выполняемые на местах людьми без специальной подготовки, приходится делать дольше, более подробно, с бóльшим количеством промежуточных этапов, чем это делается профессионалами в специализированных организациях.

Все многообразие вопросов, возникающих при проектировании различных электроустановок, нельзя рассмотреть на нескольких десятках страниц. Эта брошюра и не ставит перед собой такой цели.

В ней на обобщенном примере дается к а н в а. Она определяет путь, идя по которому, можно уделить должное внимание каждому из многих важных вопросов и, следовательно, решить их.

Для решения конкретных задач нужно пользоваться справочниками, ПУЭ, СНиП, ПТЭ, ПТБ, а также другими книжками, уже вышедшими и готовящимися к печати в «Библиотеке электромонтера». Перечень рекомендуемой литературы приведен в конце брошюры.

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА НОВУЮ РАБОТУ

Проектирование ведется по этапам и начинается с составления технического задания на новую работу. Чем тщательнее продумано задание, тем легче и успешнее дальнейшее проектирование. Поэтому *задание должно* не только *ставить* перед проектировщиком *задачу,* но *и отвечать на ряд вопросов.*

Для объяснения техники проектирования каждый из вопросов в дальнейшем печатается *курсивом* (наклонным шрифтом). Затем на основании рассматриваемых примеров показано, как эти вопросы решаются.

В задании *должно быть отражено существующее положение.* Если его нельзя достаточно четко сформулиро-

[1] Для капитального строительства сметы составляются по укрупненным показателям и в них вспомогательные материалы не предусматриваются. Это объясняется тем, что специализированные монтажные организации заготавливают вспомогательные материалы в централизованном порядке в больших количествах.

вать словами, следует приложить эскиз. Например, на рис. 1,*а* показан разрез здания. На третьем этаже расположен бак *1* с водой, постепенно расходующейся на охлаждение машин (механизмов, преобразователей) *2*, за работой которых следит дежурный у щита. Другой дежурный находится на третьем этаже и наблюдает за уровнем воды по водомерному стеклу *4*. Время от вре-

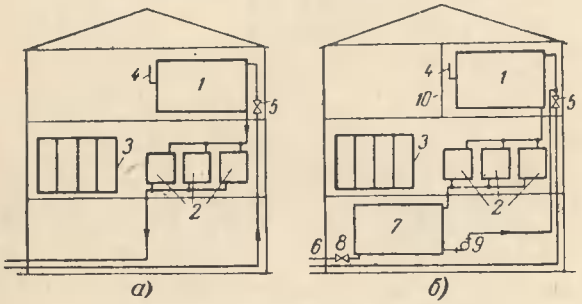


Рис. 1. Технологическая схема реконструируемой электроустановки.

а — существующее положение; *б* — предполагаемые изменения после реконструкции.

мени он открывает кран *5* и пополняет запас воды. Вода, пройдя охлаждающие рубашки, сливается в водосток.

Следует поставить общую задачу предпринимаемой работы: а) уменьшить расход воды; б) уменьшить численность дежурного персонала; в) на освободившейся на третьем этаже площади разместить технический кабинет.

Нужно наметить желательное направление решения поставленной задачи. Для уменьшения расхода воды система водоснабжения реконструируется и автоматизируется. На первом этаже устанавливается сливной бак *7* (рис. 1,*б*). Краны *8* (для опорожнения бака на время ремонтных работ) и *5* (для наполнения бака водой из водопровода) закрыты. При понижении уровня в баке *1* (и повышении уровня в баке *7*) на некоторое время автоматически должен включаться циркуляционный насос *9* и перекачивать воду из бака *7* в бак *1*. Для контроля за работой насоса должна предусматриваться сигнальная лампа, а также должно устанавливаться реле

аварийного уровня. Сигналы нужно вывести на щит *3*. Освободившееся на третьем этаже помещение отделяется от бака *1* перегородкой *10* и будет оборудовано как технический кабинет.

Необходимо сформулировать ограничивающие условия. Взаимное расположение баков, циркуляционного насоса и его тип заданы. Звуковой сигнал аварийного уровня должен присоединяться к существующей схеме предупредительной сигнализации. Сигнальные лампы «Работа насоса» и «Аварийный уровень» должны быть установлены на панели № 2 щита на свободном месте. Двигатель циркуляционного насоса должен питаться по отдельной линии от первой секции шин щита 380 *в* с использованием резервного присоединения. Технический кабинет должен получать электропитание от сети освещения однофазным током и иметь отдельный контрольный счетчик. Расположение ламп, штепсельных розеток, а также схема сети освещения заданы (см. ниже рис. 10).

Не нужно перечислять ограничения, вытекающие из ПУЭ, ГОСТ и других директивных документов.

Следует оговорить особые условия, если нужно на них обратить внимание проектировщика, например с восточной стороны предполагается расширение здания. Значит нельзя использовать эту стену для прокладки кабелей, хотя на ней есть свободные кабельные кронштейны.

Так как в данном случае дело идет о проектировании электроустановки, необходимо (теперь для этого уже накопилось достаточно оснований) *сформулировать задание для электрика* и обусловить, что в конечном итоге должно составить содержание данного проекта, т. е. *перечислить основные документы и определить* таким образом *границы работы проектировщика.* Эта опись, во-первых, заставит составителей задания еще раз проверить, ничего ли не упущено и, во-вторых, избавит от недоразумений, возникающих иногда при приемке проектов.

Проектировщик-электрик должен:

1. Разработать принципиальные схемы: а) питания электродвигателя насоса и автоматического им управления; б) сигнализация контроля за работой насоса и аварийного уровня; в) освещения технического кабинета.

2. Выбрать электрооборудование, провода и кабели и составить спецификацию.

3. Разместить электрооборудование по узлам (щитам, панелям) и нанести его на план (если понадобится, то дать разрезы) помещений.

4. Составить монтажные схемы узлов.

5. Выполнить чертежи (эскизы) установки и крепления электрооборудования, а также трассы прокладки проводов и кабелей.

6. Составить схему внешних соединений узлов между собой, а также схему присоединения вновь сооружаемой установки к ранее действующим установкам.

7. Разработать порядок организации работы и ввода нового устройства в эксплуатацию.

8. Составить смету для финансирования работы.

Техническое задание должно быть утверждено главным инженером, главным энергетиком или другим должностным лицом.

4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВАРИАНТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Из технического задания ясно, что и при каких условиях должно обеспечиваться будущей электроустановкой и это дает возможность р а з д е л и т ь проектируемую схему на основные части и вести дальнейшую работу над каждой из них в отдельности. Поэтому рис. 2 и разделен на три части: а) управление электродвигателем; б) сигнализация уровня; в) освещение технического кабинета.

Далее необходимо *составить первый вариант схемы и отразить в нем два основных положения:*

а) каждое условие действия должно удовлетворяться электрической цепью;

б) каждая электрическая цепь должна содержать хотя бы по одному из следующих элементов: *приемник тока* (электродвигатель, лампа, звонок, печь, катушка реле, контактора, первичная обмотка трансформатора и т. п.), *источник тока* (генератор, аккумуляторная батарея, вторичная обмотка трансформатора, зажимы, на которые подано напряжение), *провода* (прямые и обратные), *контакты аппаратов* (рубильников, реле, контакторов и магнитных пускателей, блок-контакты, путевые выключатели и т. п.).

На рис. 2,*а* условие — электродвигатель насоса перекачки должен автоматически включаться и отключаться в зависимости от уровня воды в баках — удовлетворяется цепями *1, 2, 3*. В них контакты реле уровня *У* включают и отключают электродвигатель *Д* (приемник тока),

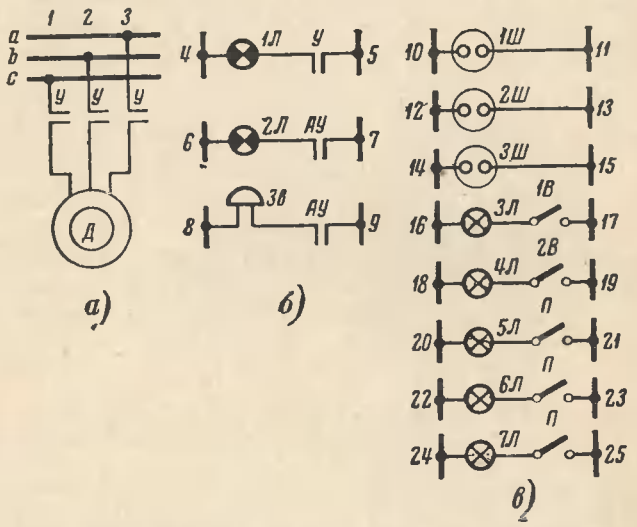


Рис. 2. Первый вариант принципиальной схемы, составленной по заданным условиям действия.

который получает питание от сети трехфазного тока *a*, *b*, *c* (источник тока).

На рис. 2,*б* цепь *4—5* отвечает следующему условию: лампа *1Л* должна включаться на время работы электродвигателя. Цепью *6—7* выполняется условие: лампа *2Л* управляется контактом реле аварийного уровня *АУ* и сигнализирует недопустимое снижение уровня. Другой контакт реле *АУ* управляет цепью *8—9* звонка *Зв*. В цепях *4—5*, *6—7* и *8—9* постоянного или однофазного переменного тока (род тока для каждой цепи определится в процессе дальнейшей работы над схемой) достаточно двух проводов.

На рис. 2,*в* даны схемы штепсельных розеток *1Ш*, *2Ш* и *3Ш*, и ламп *3Л—7Л*, которые должны освещать технический кабинет. Расположение ламп и штепсельных розеток задано планом (см. рис. 10).

Рассмотрим сперва развитие схемы управления электродвигателем. Затем возвратимся к схеме сигнализации и, наконец, закончим схемой освещения технического кабинета.

Кроме элементов, без которых нельзя обойтись,— иначе условия действия не будут выполнены — в схему обычно приходится вводить оборудование, обеспечивающее долговечность электроустановки и безопасность ее обслуживания.

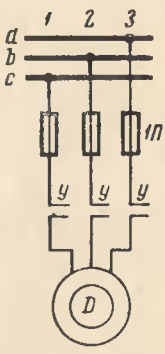


Рис. 3. Второй вариант принципиальной схемы. В схему введена защита предохранителями от тока к. з.

Поэтому на следующем этапе работы *нужно включить предохранители от токов короткого замыкания* (*токи к. з.*) или заменяющие их *максимальные автоматы*. Это и выполнено на рис. 3.

Предохранители хорошо защищают электроустановки от токов короткого замыкания, когда ток резко возрастает. Однако они не способны защитить электродвигатели от перегрузки. Следовательно, придется *переработать те части схемы, в которых возможна перегрузка*, чтобы обеспечить от нее защиту. В нашем примере это касается электродвигателя, который может перегрузиться из-за заедания в насосе, а также при перегорании предохранителя в одной из фаз.

Защиту от перегрузки можно выполнить несколькими способами. Кроме предохранителей (которые в данном случае также необходимы, так как защита от перегрузки не исключает необходимости защиты от тока к. з.), можно установить магнитный пускатель *МП* со встроенной тепловой защитой *1РТ* и *2РТ* (рис. 4,*а*). Можно установить контактор *К* в сочетании с двумя тепловыми реле *3РТ* и *4РТ* (рис. 4,*б*).

Можно не ставить предохранители, магнитный пускатель или контактор с тепловыми реле, а заменить их автоматом с комбинированным расцепителем *АМТ* (рис. 4,*в*). Такие автоматы одновременно защищают электродвигатели от перегрузки (при перегрузке срабатывает тепловой расцепитель) и сети от короткого замыкания (срабатывает электромагнитный расцепитель).

Заметьте, как резко изменилась схема. В цепях *1*, *2*, *3* электродвигателя теперь включены не контакты реле уровня *У*, а контакты магнитного пускателя *МП* (рис. 4,*а*), либо контакты контактора *К* (рис. 4,*б*). Появились новые вспомогательные цепи *26—27* на рис. 4,*а*

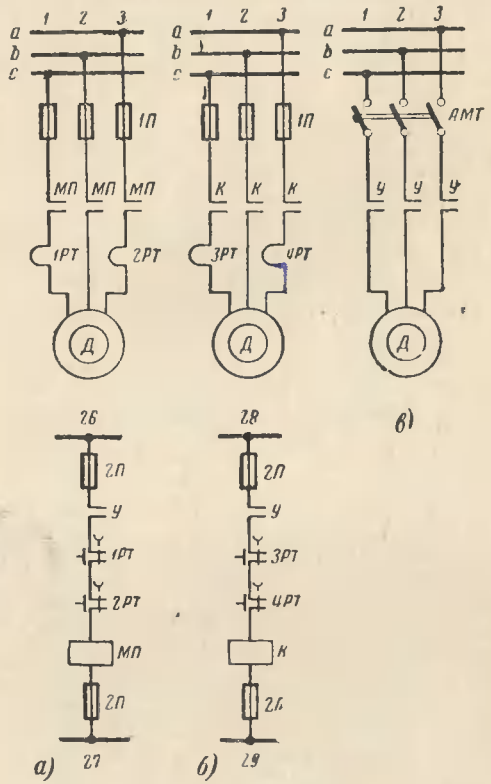


Рис. 4. Третий, четвертый и пятый варианты принципиальной схемы после введения в нее защиты от перегрузки.

и *28—29* на рис. 4,*б*. Этими цепями управляют контакты реле уровня *У* и в них введены контакты реле тепловой защиты.

Несколько ниже, в § 7, рассматривается вопрос о том, почему в схему введено не одно, не три, а два тепловых реле и откуда известно, что их контакты нужно соединять не параллельно, а последовательно. Пока же отме-

тим, что даже в столь простом случае, как управление одним электродвигателем, уже приходится сравнивать варианты, с тем чтобы отдать предпочтение одному из них. Выходит таким образом что по мере продвижения проектирования количество вопросов, подлежащих решению, не уменьшается, а, сколь это ни странно на первый взгляд, возрастает.

Как же быть?

Чтобы *ограничить круг вопросов и не заниматься детальной разработкой маловероятных вариантов, необходимо* время от времени возвращаться к техническому заданию, а также оценивать реальность предполагаемых решений и сразу *исключить нереальные.* В данном случае вариант по рис. 4,*в* отпадает. Во-первых, в задании ясно сказано, что двигатель циркуляционного насоса должен питаться от первой секции шин щита 380 *в* с использованием резервного присоединения, а как следует из рис. 5,*а* на этом щите установлены рубильники и предохранители, а не автоматы. Ради одного присоединения менять принятую систему не следует. Во-вторых, реле уровня *У* имеет два, а не три контакта. Значит схема, требующая трех контактов, просто не осуществима.

Сравнивая схемы на рис. 4,*а* и *б*, следует отдать предпочтение схеме на рис. 4,*а,* так как всегда желательно иметь один аппарат—в данном случае магнитный пускатель—вместо трех (контактор и два тепловых реле). Кроме того, магнитный пускатель имеет кожух и допускает установку на стене и т. п.; для контактора и тепловых реле нужен щиток.

Катушка магнитного пускателя обычно питается от той же сети, что и управляемый двигатель. Поэтому цепи *1*, *2*, *3* и *26—27,* изображенные на рис. 4,*а*, можно совместить. Это и выполнено на рис. 5,*в*. Обратите внимание: цепь *26—27* присоединена выше контактов магнитного пускателя *МП*. В противном случае двигатель нельзя было бы включить.

Осуществив защиту от токов к. з. и перегрузки, *нужно обеспечить безопасность обслуживания.* Для этого:

во-первых, *вводят в схему аппараты, дающие возможность полностью,* т. е. всеми полюсами и фазами, *снять с нее напряжение;* в данном случае это требование уже выполнено: на схеме рис. 5,*в* имеется трехполюсный рубильник *8Р*;

во-вторых, *заземляют корпуса аппаратов.* Чтó и как нужно заземлять, подробно описано в брошюре М. Р. Найфельда «Что такое защитное заземление и как его устраивать?», «Библиотека электромонтера», вып. 2, а также обусловлено 7-й главой первого раздела ПУЭ;

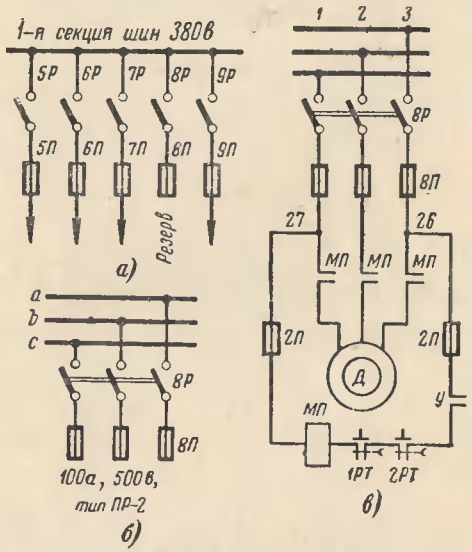


Рис. 5. Присоединение электродвигателя к первой секции щита 380 *в*.

а — однолинейная схема первой секции; *б* — трехлинейная схема резервного присоединения; *в* — присоединение двигателя.

в-третьих, *принимают особые меры безопасности,* если они нужны в данном конкретном случае. В нашем примере такие меры нужны. Действительно, реле уровня *У* установлено на металлическом баке, а его контакт входит в схему, которая получает питание от сети 380 *в*. В этих условиях прикосновение к реле чрезвычайно опасно, и если есть опасения, что персонал прикоснется к токоведущим деталям реле, не отключив предварительно рубильник *8Р* (рис. 5,*в*), то необходимо ввести в схему понижающий трансформатор *ТИ*, который изолирует реле уровня *У* от сети 380 *в*. Трансформатор *ТИ* понижает напряжение до 36 *в*. От вторичной обмотки *ТИ* получает питание через контакт реле уровня *У* его повто-

ритель—реле *1У* (рис. 6,*а*). А в схему катушки магнитного пускателя *МП* вводится не контакт реле *У*, как было сделано на рис. 5,*в*, а контакт реле *1У* (рис. 6,*б*).

Цепи *26—27* и *31—30* целесообразно объединить, как показано на рис. 6,*в*, используя для них предохранители *2П*;

в-четвертых, проверяют, верно ли выбран способ электропитания катушки магнитного пускателя. Дело в том, что Правила устройства электроустановок требуют, чтобы при защите электродвигателя предохранителями катушка магнитного пускателя получала питание от двух фаз (380 *в*). Если же электродвигатель защищен автоматом, то катушку магнитного пускателя можно присоединить между фазой и нулем (220 *в*). Разъяснение этого сложного вопроса, непосредственно связанного с безопасностью персонала, дано в § 7.

Остается *ввести в схему электроизмерительные приборы и счетчики,* если в них есть необходимость.

Напомним, что схему проектируемой установки мы в самом начале работы разделили на три части и вели пока работу только над одной из них. Теперь время приступить к разработке второй части схемы. Но прежде уместно возвратиться к началу § 4 и, перелистывая страницы, прочитать только напечатанное курсивом. Тогда получится план разработки схемы, причем такой план, следуя которому мы не рискуем обойти вниманием ни одного важного вопроса.

Из сказанного, конечно, не следует, что в любой схеме все перечисленные в плане вопросы важны. Но подумать нужно о каждом из них, и если тот или иной вопрос разрабатываться не будет, то отказываться от разработки нужно сознательно.

После этих предварительных замечаний читателям будет ясна техника построения дальнейшего изложения материала: курсивом напечатан рассматриваемый вопрос, затем либо дается на него ответ, либо поясняется, по каким причинам в данном конкретном случае разработка опускается.

Составляем схему сигнализации по условиям действия. Эта работа уже выполнена на рис. 2,*б* и пояснения к нему даны выше.

Вводим защиту (предохранители) *от токов короткого замыкания* (рис. 7,*а*).

Государственная публичная библиотека им. В. Г. Белинского г. Свердловск

с. 123287

Вводим защиту от перегрузки. В данном случае она не нужна, так как в столь простых цепях перегрузки быть не может.

Ограничиваем круг разрабатываемых вопросов. Обращаясь к техническому заданию, выясняем, что звуковой сигнал должен присоединяться к существующей схе-

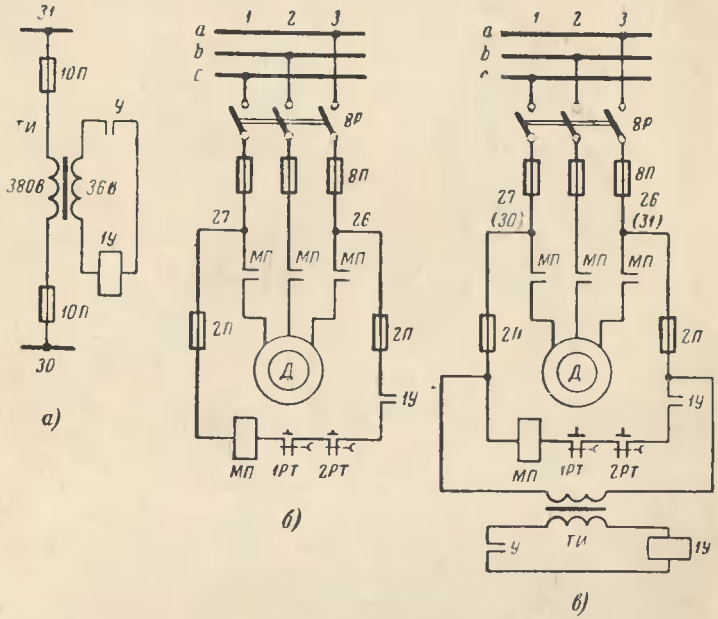


Рис. 6. Обеспечение безопасности в схеме управления электродвигателем.

ме предупредительной сигнализации. Схема приведена на рис. 7,*б* и работает следующим образом. Звонок *Зв* включается по цепи *33—32*, когда срабатывает поляризованное реле *РП*, катушка которого присоединена ко вторичной обмотке трансформатора *Т*. Первичная же его обмотка может присоединяться к источнику питания по любой из цепей *37—36*, *39—36*, *41—36*, *43—36* при замыкании соответственно контактов *А*, *Б*, *В* и *Г*. Этими буквами условно названы реле, сигнализирующие о тех или иных нарушениях в работе. В каждую цепь введена сигнальная лампа *10Л—13Л*. А свойство ламп таково, что при включении, когда нити чрезвычайно быстро на-

греваются от комнатной температуры до 2 500° С, их сопротивление возрастает в 10—15 раз. Соответственно весьма быстро уменьшается ток, который проходит через лампу в первичную обмотку трансформатора *Т*. Резкое же изменение первичного тока приводит к возникновению во вторичной обмотке импульса, которого хватает,

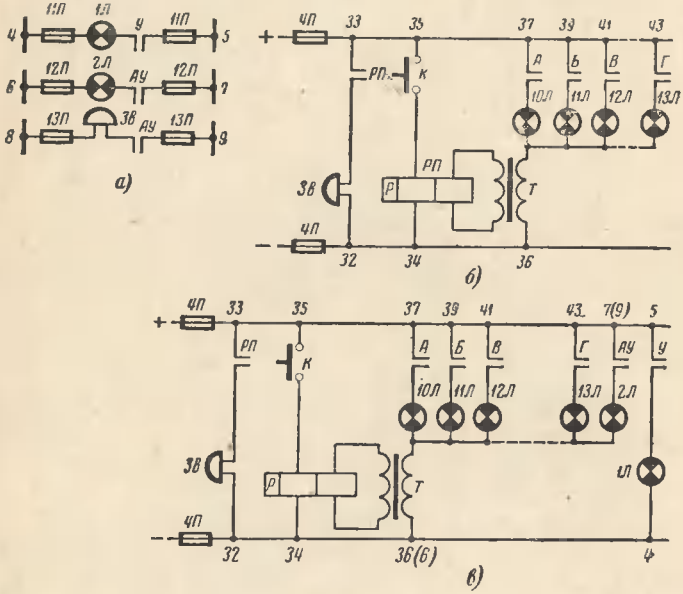


Рис. 7. Схема сигнализации включения насоса и аварийного уровня.

чтобы поляризованное реле *РП* сработало и осталось в таком положении. Чтобы возвратить его в исходное положение и отключить таким образом звонок, достаточно кратковременно замкнуть цепь *35—34* и включить другую обмотку (противоположно направленную) реле *РП*. Трансформатор *Т* не насыщается током, проходящим по нескольким сигнальным цепям, и потому обеспечивает сигнализацию от нескольких причин.

Выполним теперь требования технического задания, присоединив цепь *7—6* (рис. 7,*а*) к первичной обмотке трансформатора *Т* (рис. 7,*в*). Предохранители *12П* теперь явно не нужны, так как их роль выполняют предохранители *4П*, защищающие всю схему сигнализации.

Не нужна и цепь *8—9*: те же контакты реле *АУ* в цепи *7—36* включат уже имеющийся звонок (правда, не непосредственно, а через трансформатор *Т* и реле *РП*). Что же касается цепи *5—4*, то она создана вновь, но не требует предохранителей, так как они уже есть.

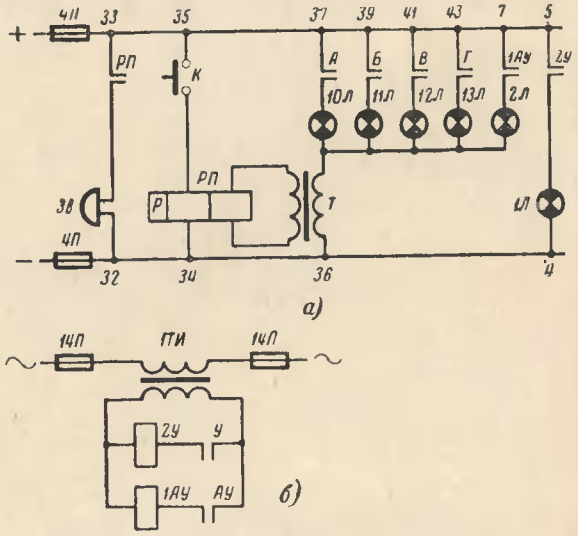


Рис. 8. Обеспечение безопасности в схеме сигнализации.

Обеспечиваем безопасность обслуживания. Электропитание с вновь введенных элементов схемы сигнализации снимается совместно с действующими, и потому новое решение не требуется.

Недопустимо оставлять в цепях *7—36* и *5—4* контакты реле уровня *У* и *АУ*, так как они установлены на металлическом баке в сыром помещении. Нужно воспользоваться понижающим трансформатором *1ТИ*, включить от его вторичной обмотки повторители реле уровня *У* и аварийного уровня *АУ* соответственно реле *2У* и *1АУ* (рис. 8,*б*), а их контакты использовать в схеме сигнализации (рис. 8,*а*).

Вводим в схему электроизмерительные приборы и счетчики. В данном случае они не нужны.

Следующим этапом работы является *объединение технологически связанных первой и второй частей схе-*

мы. Эти схемы технологически связаны, так как вторая часть схемы (сигнализация) контролирует работу первой (управление двигателем насоса). Сравнивая рис. 6 и 8, видим, что надобности в двух понижающих трансформаторах нет: можно обойтись одним. Не нужно так-

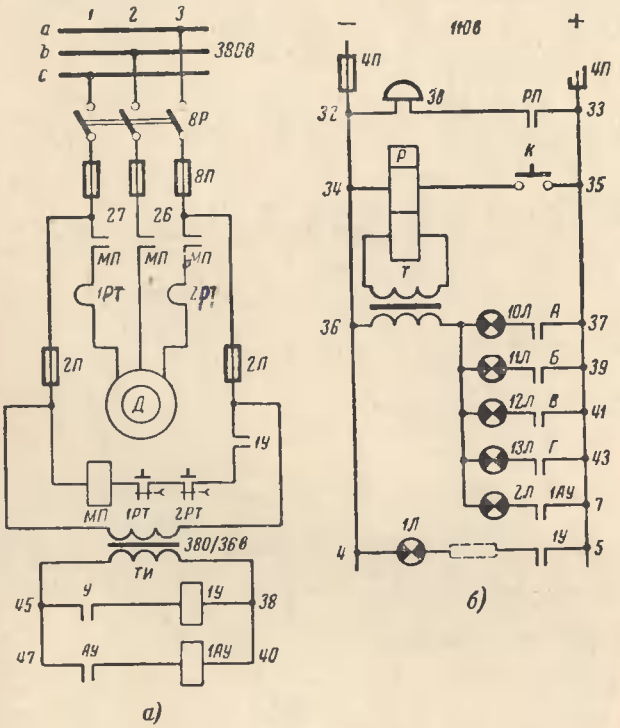


Рис. 9. Предварительный вариант принципиальной схемы управления электродвигателем и сигнализации.

же реле *2У*: можно в цепи *5—4* (рис. 8,*а*) использовать контакт реле *1У* (рис. 6,*в*). С этими изменениями схема управления и сигнализации изображена на рис. 9. Будем ее считать предварительным вариантом принципиальной схемы. Предварительным потому, что в процессе дальнейшей работы не исключено, что в схему снова придется вносить некоторые изменения. Но пока данных для этого еще нет.

Перейдем к третьей части схемы: спроектируем освещение технического кабинета. Схема освещения сильно отличается от рассмотренных ранее. И тем не менее работа над ней может вестись по тому же плану.

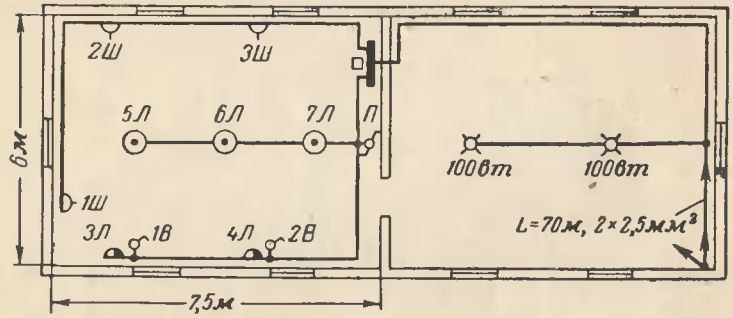


Рис. 10. Расположение ламп и штепсельных розеток, а также однолинейная схема сети, к которой должно присоединяться освещение технического кабинета. Лампы *5Л*, *6Л* и *7Л* должны управляться переключателем *П*; в одном его положении горит лампа *6Л*; в другом — горят две лампы *5Л* и *7Л*.

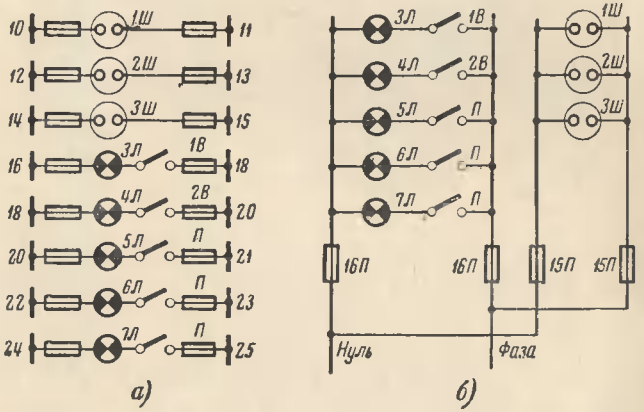


Рис. 11. Защита цепей освещения.

Составляем схему по условиям действия. Эта работа уже выполнена на рис. 2,*в*, где выключатели, лампы и штепсельные розетки обозначены в соответствии с планом (рис. 10).

Вводим защиту от токов короткого замыкания (рис. 11,*а*).

Вводим защиту от перегрузки. В сетях освещения таких явлений, как при управлении электродвигателями, быть не может (работа на двух фазах, связанная с сильным увеличением тока, большая механическая перегруз-

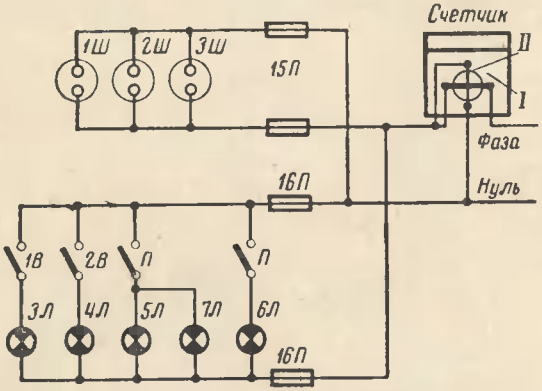


Рис. 12. Предварительный вариант принципиальной схемы освещения технического кабинета.

ка). Поэтому вполне допустимо ограничиваться предохранителями, если они выбраны по сечению проводов и кабелей (см. ниже § 6 и 13).

Ограничиваем круг разрабатываемых вопросов. Из рис. 10 ясно, что провода пойдут от ввода в комнату по двум направлениям. Кстати, и принято питать штепсельные розетки и осветительные лампы от различных магистралей, чтобы нагрузка, временно присоединяемая к штепсельным розеткам, меньше влияла на освещение. По этим соображениям схема освещения приобретает вид, показанный на рис. 11,*б*. Учитывая далее указания в подписи к рис. 10, а именно, управлять лампами *5Л*, *6Л* и *7Л* одним переключателем *П*, еще раз видоизменяем схему (рис. 12).

Обеспечиваем безопасность обслуживания. Полное отключение установки может быть выполнено по группам с помощью предохранителей, так как они установлены в обоих проводах. Специальных мер безопасности в условиях комнаты принимать не надо.

Вводим в схему электроизмерительные приборы и счетчики. Согласно заданию технический кабинет должен получать питание от сети освещения и иметь отдельный контрольный счетчик. Счетчик однофазного тока имеет две обмотки: токовую *I* и обмотку напряжения *II*. На рис. 12 токовая обмотка включена в фазовый (а не в нулевой) провод, причем таким образом, что через нее проходит ток потребителей, расход энергии которых подлежит учету.

Наконец, *нужно произвести объединение технологически связанных частей схемы.* Поскольку цепи освещения с другими частями установки технологически не связаны, объединять нечего. Таким образом, рис. 12 и является предварительным вариантом схемы освещения технического кабинета.

5. ВЫБОР АППАРАТУРЫ

После разработки предварительного варианта принципиальной схемы приступают к выбору аппаратуры. Для этого необходимо сперва отдать себе ясный отчет о тех свойствах, которыми должен обладать каждый аппарат (электрическая машина), и затем подобрать его по каталогу.

Выбор электродвигателя. Для выбора электродвигателя нужно определить его мощность, скорость вращения (число оборотов в минуту), род тока и напряжения, схему соединения обмоток, условия среды, в которых он должен работать, способ сочленения вала электродвигателя с приводным механизмом, способ крепления двигателя и расположение вала (горизонтальное или вертикальное).

Мощность, скорость вращения, способ сочленения валов и крепления, а также расположение вала непосредственно вытекают из свойств насоса. Для нашего случая требуется 2,8 *квт* при 1 420 *об/мин*. Валы расположены горизонтально и соединяются эластичной муфтой. Крепление на салазках.

Род тока (трехфазный переменный) и напряжение (380 *в*) определены схемой на рис. 9. Способ соединения обмоток выяснится после того, как электродвигатель будет выбран. Дело в том, что электродвигатели трехфазного тока, как правило, выпускаются для работы при

двух напряжениях: либо 127 и 220 *в*, либо 220 и 380 *в*. Более низкому напряжению для каждого электродвигателя соответствует соединение в треугольник, более высокому — в звезду [1].

Знание условий среды позволит правильно выбрать наиболее подходящее из возможных исполнений: открытое, защищенное (предохраняет от случайного прикосновения к токоведущим и вращающимся частям, а также от попадания внутрь машины посторонних предметов и капель) или закрытое обдуваемое [2].

Располагая исчерпывающими данными о свойствах электродвигателя, остается взять справочник [3] или каталог и сделать по нему выбор. Нами выбран асинхронный короткозамкнутый двигатель трехфазного переменного тока типа А 42-4, мощностью 2,8 *квт*, 1 420 *об/мин*, напряжением 220/380 *в*, ток 10,5/6,1 *а* (ток соответствует номинальным, т. е. указанным на табличке, мощности, к. п. д. и cos φ). Значение тока левее черты относится к напряжению 220 *в* при соединении в треугольник, правее черты—ток при 380 *в* и соединении в звезду, cos φ = =0,84, к. п. д.=83,5%. Кратность пускового тока равна 5,5, откуда следует, что при пуске электродвигатель потребляет ток в 5,5 раза больше номинального, т. е. 33,6 *а* при 380 *в*. Исполнение защищенное Щ2 (так обозначаются электродвигатели с горизонтальным расположением вала, со станиной и лапами).

Данные выбранного электродвигателя записывают в спецификацию—первая позиция в Приложении. Спецификация представляет собой перечень оборудования, проводов и кабелей с указанием их характеристик; она служит для заказа материалов и оборудования, а также дает необходимые данные для дальнейшей работы над схемой. Особенности составления спецификаций рассмотрены в § 14.

---

[1] Особенности и свойства соединений в звезду и треугольник описаны в брошюре Е. А. Каминского «Звезда и треугольник», «Библиотека электромонтера», вып. 44, 1961.

[2] Подробнее см. брошюру Г. А. Карвовского «Влияние среды на электрооборудование», «Библиотека электромонтера», вып. 134, 1964.

[3] Рекомендуется пользоваться Справочником по асинхронным двигателям и пускорегулирующей аппаратуре, составленным Л. П. Какуевицким, А. Ю. Крупицким, А. Д. Саковым, Госэнергоиздат, 1962.

Кроме электродвигателя, нужно выбрать салазки для его установки. По тому же каталогу выбираем салазки С-4. В комплект входят двое салазок с натяжными болтами для крепления двигателя.

Для крепления салазок к фундаменту следует заказать фундаментные болты.

После того как электродвигатель выбран, т. е. известны его мощность, номинальный и пусковой токи, есть достаточно оснований для выбора аппаратов, которые входят в его цепь, а именно: магнитного пускателя *МП*, нагревательных элементов тепловой защиты *1РТ* и *2РТ*, предохранителей *8П* и рубильника *8Р*.

Выбор магнитного пускателя. Для выбора магнитного пускателя нужно знать: мощность и напряжение управляемого им электродвигателя, нужна ли тепловая защита, необходимое исполнение пускателя (открытое, защищенное и т. п.), напряжение и род тока для питания катушки магнитного пускателя. Располагая всеми этими данными, выбираем по каталогу или справочнику и записываем во вторую позицию спецификации (Приложение): магнитный пускатель переменного тока типа П-222М в защищенном исполнении нереверсивный комплектно с тепловой защитой для двигателей до 5 *квт* при напряжении 380 *в*. Катушка переменного тока напряжением 380 *в* потребляет при включении 0,65 *а*, затем, после того, как якорь пускателя притягивается, ток снижается до 0,065 *а*. Сведения о катушке понадобятся при выборе реле *1У*, контактами которого включается и отключается магнитный пускатель.

Выше было указано, что для выбора магнитного пускателя нужно знать не только мощность, но и напряжение управляемого двигателя, так как при одном и том же токе, но при различных напряжениях мощность различна. Поэтому на табличке пускателя обычно указывают несколько величин. Например пускатель типа П-222М при напряжениях 127, 220, 380 и 500 *в* предназначен для двигателей до 2,5; 4; 5 и 5,5 *квт* соответственно.

Заметьте, мощность в данном случае возрастает не пропорционально напряжению. Это объясняется тем, что с повышением напряжения труднее разрывать дугу и потому приходится снижать ток, проходящий через контакты.

Выбор нагревательных элементов. Для выбора нагревательных элементов нужно знать номинальный ток защищаемого электродвигателя, величину (габарит) и условия установки магнитного пускателя [1].

И ток (6,1 *а*) электродвигателя и величина (*II*) пускателя уже известны, что и дало возможность выбрать нагревательные элементы № 24 на ток 5,80—6,30 *а* для магнитного пускателя второй величины. Эти данные вписаны в третью позицию спецификации. Из схемы видно, что нагревательных элементов нужно два.

Почему необходимо указывать не только номер нагревательного элемента, но и его ток и величину магнитного пускателя? Потому, что нагревательные элементы под одним и тем же номером могут выпускаться на разные токи в зависимости от того, для какого пускателя они предназначены. Например, к пускателю серии П второй величины для двигателя 2,8 *квт* при напряжении 380 *в* нужны нагревательные элементы № 24 на ток 5,80—6,30 *а*. Для пускателя третьей величины нагревательные элементы № 24 рассчитаны на ток 8,5—9,5 *а*; они предназначены для защиты более мощного двигателя при том же напряжении. Иными словами, нагревательные элементы под одним и тем же номером для пускателей разных величин не взаимозаменяемы ни по токам, ни по размерам.

Выбор предохранителя 8П. Предохранители *8П* уже установлены на щите. Тем не менее следует произвести их выбор, так как может оказаться, что они не подходят для защиты данного двигателя или питающего его кабеля.

Техника выбора предохранителей подробно описана в брошюрах «Библиотеки электромонтера» Ф. Ф. Кар-

---

[1] Величина магнитного пускателя серии П определяется первой цифрой в обозначении. Так, пускатели П-222М и П-212М второй величины, пускатели П-322М, П-312М—третьей и т. п.

Условия установки важны по следующей причине. Номинальные токи нагревательных элементов даны в каталоге для пускателей в закрытом исполнении. В открытых пускателях (охлаждающихся лучше) нужно устанавливать нагревательные элементы на номер меньше. При температуре окружающей среды пускателя на 15—20° С выше температуры окружающей среды двигателя — берут нагревательные элементы на номер больше. А при температуре среды пускателя ниже температуры среды двигателя — на один номер меньше.

пова «Как выбрать сечение проводов и кабелей», вып. 1, 1959 и Д. С. Лившица «Нагрев проводников и защита предохранителями в электросетях до 1 000 *в*», вып. 6, 1959 и в Справочнике по расчету проводов и кабелей Ф. Ф. Карпова и В. Н. Козлова, издательство «Энергия», 1964. Здесь же обращается внимание лишь на то, что необходимо знать о предохранителях для решения простейших задач.

В предохранителях различают номинальный ток предохранителя (корпуса, контактных стоек) и номинальный ток плавкой вставки[1]. Например, в один и тот же корпус предохранителя типа ПР-2 на номинальный ток 15 *а* могут быть заряжены вставки на номинальные токи 15, 10 и 6 *а*, но не более 15 *а* и не менее 6 *а*. Значит нужно выбирать и предохранитель, и вставки. Выбор всегда начинают со вставки.

Для выбора номинального тока вставки нужно знать: длительный ток, проходящий через вставку, и пусковой ток электродвигателя. В нашем примере длительный ток 6,1 *а*, пусковой ток 33,6 *а*. Номинальный ток вставки должен быть не меньше длительного тока и не меньше пускового тока, деленного на 2,5. В нашем примере эти величины 6,1 *а* и 33,6 : 2,5 = 13,4 *а*. Из двух величин выбирают бóльшую. Но на 13,4 *а* вставки не выпускаются. Поэтому приходится выбирать между вставками на 15 и 10 *а*. Брать нужно бóльшую.

Номинальный ток предохранителя выбирается по каталогу, исходя из уже известного номинального тока вставки. Вставки на 15 *а* могут быть заряжены в предохранители типа ПР-2 (именно они установлены на щите 380 *в*, как указано на рис. 5,*а*) на 60 и 15 *а*. Из рис. 5,*а*, однако, следует, что на нем установлены предохранители на 100 *а*. Следовательно, их придется переменить.

Для выбора предохранителей знания номинальных токов недостаточно. Нужно знать также номинальные напряжения предохранителя и вставки. Это требует пояснений. Дело в том, что чем выше напряжение сети, тем труднее гаснет дуга, возникающая при перегорании предохранителя. Поэтому предохрани-

[1] Подробно эти вопросы освещены в статье Е. А. Каминского «Предохранители низкого напряжения», Рабочий энергетик», 1953, № 2.

тели выпускаются и I габарита (меньших размеров, короче) для более низкого напряжения (250 *в* постоянного и 380 *в* переменного тока) и II габарита (больших размеров, длиннее) для более высокого напряжения (500 *в*). В нашем случае напряжение 380 *в* переменного тока. Таким образом, подходят вставки и на 250 *в* (380 *в*) и на 500 *в*.

Предохранители, как уже выяснено выше, нужно заменить. На какое же напряжение их выбрать? Лучше взять на 500 *в*, потому что остальные предохранители на щите именно такие.

Остается выбрать способ присоединения предохранителей: переднее присоединение или заднее (с помощью шпилек). В данном случае предохранители ставят сзади готового щита, там же сделан монтаж, и потому применено переднее присоединение.

Итак выбираем и записываем в четвертую позицию спецификации: предохранители типа ПР-2 II габарита, номинальный ток 15 *а*, номинальное напряжение 500 *в* для переднего присоединения проводов со вставками на 15 *а*, 500 *в* — три комплекта.

Выбор рубильника 8Р. Для выбора рубильника нужно знать: сколько полюсов он должен иметь, какой ток будет через него проходить длительно, какой ток отключается рубильником, тип привода, способ установки (на щите или за щитом), способ присоединения — переднее или заднее.

Число полюсов 3 ясно из схемы (рис. 9).

Длительный ток тоже известен — 6,1 *а*. Размыкать ток рубильник не будет, так как размыкание возложено на магнитный пускатель, а рубильник отключается только на время ремонтно-ревизионных работ.

Почему важно подумать о размыкании?

Потому что это самый тяжелый режим, но не во всех случаях необходимый, из-за чего промышленность выпускает рубильники в двух исполнениях: более дешевые, не предназначенные для размыкания цепей, и более дорогие с так называемыми разрывными контактами.

Способ установки, тип привода и способ присоединения определяются не только монтажными соображениями. По условиям безопасности не всегда можно применять открытые рубильники и устанавливать их на лицевой стороне щита.

В нашем примере ничего с рубильником, уже имеющимся на щите, делать не нужно. Он рассчитан на 100 *а* (см. рис. 5,*а*) в сетях до 500 *в*, установлен за щитом, т. е. явно подходит. И тем не менее записать его данные в спецификацию нужно, так как она должна давать исчерпывающие данные не только монтажникам, но и эксплуатационникам, например, чтобы заказать запасное оборудование, знать, чём заменить рубильник, если он выйдет из строя. Необходимо, конечно, в примечании к спецификации отметить: имеется в наличии, заказывать не нужно.

Покончив с выбором аппаратов в основных цепях *1*, *2* и *3* электродвигателя, переходим к вспомогательной цепи *26—27* (рис. 9).

Катушка магнитного пускателя и реле *1РТ* и *2РТ* выбраны ранее. Они представляют собой детали одного комплекта и потому дополнительного согласования не требуют.

Выбор реле [1]. Для выбора реле нужно знать: сколько контактов и каких контактов (размыкающих, т. е. нормально закрытых, и замыкающих, т. е. нормально открытых) должно иметь реле. Какие токи включаются, размыкаются и длительно проходят через каждый контакт. Напряжение цепей, в которые входят контакты. Род тока в этих цепях: постоянный ток или переменный. Характер нагрузки: активная (лампа, печи) или индуктивная (электромагниты, реле, трансформаторы, электродвигатели).

Знание этих данных важно потому, что ими определяются условия работы контактов. Например, включать ток значительно легче, чем размыкать. Чем выше напряжение цепи, тем размыкать ее труднее. Цепи переменного тока размыкаются много легче цепей постоянного тока. Активную нагрузку размыкать гораздо легче, чем индуктивную [2].

---

[1] Здесь рассматриваются простейшие случаи. Техника выбора реле для схем автоматики и телемеханики подробно описана в книге Е. А. Каминского и Я. Л. Быховского «Проектирование схем автотелеуправления тяговыми подстанциями», Трансжелдориздат, 1959.

[2] Подробно эти вопросы освещены в статье Е. А. Каминского «Контакты в цепях управления защиты и сигнализации», «Рабочий энергетик», 1953, № 1.

Уровень изоляции реле нередко ограничивает его применение в цепях с более высоким напряжением, чем то, на которое реле рассчитано.

Если в схеме имеется несколько реле, следует вначале решить, в какой последовательности производить их выбор. Как правило, раньше выбирают то реле, о котором больше всего известно, т. е. то, на которое уже распространяются известные ограничения.

В нашем примере дело идет о выборе четырех реле: *У*, *1У*, *АУ* и *1АУ*.

О реле *У* и *АУ* известно, что они поплавковые и имеют по одному замыкающему контакту в цепях *45—38* и *47—40* (рис. 9). Контакты и замыкают и размыкают цепи промежуточных реле *1У* и *1АУ*. Но что это за реле, пока неизвестно. Значит, заниматься выбором реле *У* и *АУ* пока рано.

Реле *1У* имеет два замыкающих контакта. Один из них в цепи *26—27* включает пусковой ток 0,65 *а* магнитного пускателя *МП* и размыкает ток 0,065 *а* при напряжении 380 *в* переменного тока. Другой контакт замыкает и размыкает цепь *5—4* лампы *1Л*. Каков этот ток, пока неизвестно. Чтобы его узнать, нужно выбрать лампу *1Л*. Катушка реле питается от вторичной обмотки трансформатора *ТИ* при напряжении 36 *в*. Величина тока катушки до выбора реле *1У* неизвестна.

Реле *1АУ* имеет один замыкающий контакт в цепи *7—36*. Контакт замыкает и размыкает цепь первичной обмотки трансформатора *Т* (индуктивная нагрузка) при напряжении 110 *в* постоянного тока. Величина размыкаемого тока ограничена сопротивлением лампы *2Л* и не превышает 0,2 *а* (лампа *2Л* должна быть такой же, как и остальные лампы в схеме сигнализации). Катушка реле питается от вторичной обмотки трансформатора *ТИ* при напряжении 36 *в*.

При выборе реле обычно сталкиваются с необходимостью сравнивать несколько решений, так как промышленность выпускает много реле сходного назначения. В данном случае дело идет о реле переменного тока с одним (реле *1АУ*) и двумя (реле *1У*) замыкающими контактами. С этими данными выпускаются, например, реле типов МКУ-48, ЭРЭ-2161/20, РПМ-02/20, ЭП-43/20, ПЭ4 и т. п.

Сделаем для них извлечения из соответствующих каталогов и затем сравним их.

Реле МКУ-48 допускает переключение цепей постоянного и переменного тока при напряжении до 220 *в*. Этого указания каталога достаточно, чтобы реле МКУ-48 более не рассматривать. Почему? Потому что напряжение в цепи *26—27* (рис. 9) 380 *в*, т. е. выше допустимого для реле этого типа.

Реле ЭРЭ-2161/20 предназначено для коммутации цепей постоянного тока напряжением до 220 *в* и переменного тока напряжением до 380 *в*. Таким образом, по напряжениям цепей, в которые входят контакты реле, оно годится. Контакты допускают длительный ток 20 *а*, включают до 50 *а*, размыкают в индуктивных цепях переменного тока 10 *а* при напряжении 380 *в*. Следовательно, и по току контакты реле типа ЭРЭ-2161/20 подходят с большим запасом. Однако катушки реле типа ЭРЭ-2161/20 выпускаются только на напряжение 127, 220 и 380 *в*, а нам нужно 36 *в*. По этой причине от реле этого типа приходится отказаться.

Реле типа РПМ-02/20 и ЭП-43/02 выпускаются с катушками на 12, 24, 36, 127, 220, 380 и 500 *в* переменного тока. Контакты допускают длительный ток 12 *а*, размыкают в цепи переменного тока при 127 *в* — 10 *а*, при 220 *в* — 8 *а*, при 380 *в* — 6 *а*, при 500 *в* — 4 *а*. Коммутационная способность контактов в цепях постоянного тока не указана, но если ее даже принять в 10 раз ниже по сравнению с коммутационной способностью при переменном токе (что правдоподобно), то для цепей *7—36* и *5—4* (рис. 9) получаются достаточно большие запасы. Остается из серий реле типа ЭП-43/02 или РПМ-02 выбрать исполнение. Нам нужны два замыкающих контакта, чему соответствует исполнение ЭП-43/20 и РПМ-02/20 (первая цифра после дроби указывает количество замыкающих контактов, вторая — количество размыкающих. В данном случае размыкающих контактов нет, поэтому на втором месте написан нуль).

Как указывалось выше, для выбора реле *У* и *АУ* нужно было знать ток, потребляемый катушками реле *1У* и *1АУ*. Теперь эти реле уже выбраны. В каталоге написано, что катушка каждого из них потребляет при включении около 125 *ва*. Зная напряжение — 36 *в*, определяем ток 125 *ва*: 36 *в* ≈ 3,5 *а*.

Возвращаемся к выбору реле *У* и *АУ*. Наиболее удобны для данного случая поплавковые реле уровня типа РМ-51. Но ток 3,5 *а* для их контактов велик. Как же его снизить? Для этого нужно отказаться от реле типа ЭП-43/20 или РПМ-02/20 и выбрать реле типа ПЭ4. Оно подходит по всем данным и, кроме того, его катушка имеет примерно в пять раз меньшее потребление.

В дальнейшем не будет упоминаться, что по мере выбора аппаратуры, арматуры, проводов, кабелей и т. п. их данные вписываются в спецификацию.

Выбор понижающего трансформатора. Для выбора трансформатора нужно знать: первичное и вторичное напряжения и его мощность. Напряжение известно 380/36 *в*. Мощность определяется приемниками тока, присоединенными ко вторичной обмотке. В данном случае это катушки реле *1У* и *1АУ*. Каждая из них потребляет при включении 25—30 *ва*, причем реле *1АУ* включается крайне редко и потому в расчет может не приниматься. Реле *1У* включается 4—5 раз в 1 *ч* на 3—5 *мин*, т. е. представляет собой повторно кратковременную нагрузку. В этих условиях хорошо будет работать любой котельный трансформатор самой малой мощности.

Выбор предохранителей 2П. В цепях, защищаемых предохранителями *2П*, перегрузки быть не может, поэтому их достаточно выбирать только по максимальному рабочему току. В худшем случае этот ток слагается из пускового тока катушки магнитного пускателя (0,65 *а*) и тока реле *1У* и *1АУ*, пересчитанного на напряжение 380 *в* (2×30 *ва* : 380 *в* = 0,16 *а*), т. е. составляет 0,81 *а*. Самые небольшие предохранители типа ПР-2 имеют номинальный ток 15 *а* и могут заряжаться вставками на 6, 10 и 15 *а*. Очевидно, подходит вставка 6 *а*.

Итак, с выбором аппаратуры для схемы управления электродвигателем покончено. Переходя к схеме сигнализации (рис. 9), рассмотрим в ней две новые цепи: *7—36* и *5—4*. В них входят лампы и сопротивления.

Выбор ламп. Для выбора ламп нужно знать их номинальное напряжение и мощность. В ряде случаев приходится выбирать также светильники (для устройств освещения) или арматуру, в которую вставляется лампа (для устройств сигнализации). Светильник и арматура определяют тип цоколя лампы.

В цепи *7—36* трансформатор *Т* имеется. Контакт реле *1АУ* уже выбран. Остается выбрать лампу *2Л* и сопротивление (на рис. 9,*б* пунктир), включенное с ней последовательно. Так как лампа *2Л* и сопротивление являются частью определенной схемы сигнализации, нужно справиться в экспликации (см. § 14) к этой схеме и позаимствовать из нее соответствующие данные.

Лампа *1Л* (цепь *4—5*) будет установлена на щите. Значит, сперва нужно выбрать арматуру, приспособленную для монтажа на щитах, и затем подобрать к ней лампу. Если новая лампа не должна специально выделяться среди других (как особо важная), то берут такую же арматуру, как уже установлена. Если новая лампа должна выделяться, то берут либо другую арматуру, либо применяют линзу, явно отличного цвета.

Для нашего случая выбираем по каталогу арматуру сигнальных ламп типа АСК-0 с желтой линзой. Она приспособлена для работы при напряжении до 220 *в* постоянного и 380 *в* переменного тока, т. е. по этим данным подходит (схема сигнализации на рис. 9 питается от сети постоянного тока 110 *в*).

Надо проверить, подходят ли к данному щиту размеры арматуры (они даются в каталогах, там же имеется чертеж разметки сверлений для крепления) и можно ли ее укрепить на данном щите. Допустим, размеры и крепления подходят.

Арматура типа АСК-0 рассчитана на коммутаторные лампы со специальным цоколем мощностью до 4,5 *вт*. Согласно каталогу на лампы они выпускаются на 24 *в*, 105 *ма*; 48 *в*, 90 *ма* и 60 *в*, 75 *ма*. Любая из них подходит. Какую же выбрать? Если на данной подстанции уже применяются коммутаторные лампы, например на 24 *в*, то новую лампу берут такой же, потому что, чем меньше разнообразных изделий, тем легче создать необходимый эксплуатационный запас.

Итак, выбрана коммутаторная лампа номинальным напряжением 24 *в* при токе 105 *ма*. Схема же питается от сети 110 *в*. Поэтому ее приходится скорректировать, т. е. ввести в цепь *4—5* сопротивление. Назначение сопротивления (на рис. 9,*б* показано пунктиром) погасить 86 *в*, т. е. разность между напряжением сети 110 *в* и номинальным напряжением лампы 24 *в*.

Выбор сопротивлений. В настоящее время широко применяются как проволочные эмалированные сопротивления типов ПЭ и ПЭВ, так и непроволочные, например типа ВС. Независимо от исполнения выбор сопротивления заключается в определении его величины и габарита.

Величину сопротивления находят следующим образом. Сопротивление должно обеспечить нормальное горение лампы, т. е. через него (так же как и через лампу, соединенную с сопротивлением последовательно) должен проходить ток 105 *ма* — 0,105 *а*. Падение напряжения на сопротивлении при этом должно составлять 86 *в*. Откуда его величина 86 *в* : 0,105 *а* = =820 *ом*.

Если нужно продлить срок службы лампы, сопротивление несколько увеличивают, беря не 820 *ом*, а например, 900 или 1 000 *ом*. Тогда напряжение на лампе будет меньше номинального, яркость ее уменьшится (для ламп сигнализации это не имеет значения), а срок службы возрастет в несколько раз.

Габарит сопротивления определяется условиями нагревания и охлаждения и обычно выражается максимально допустимой рассеиваемой мощностью. Чем больше поверхность сопротивления, тем больше и максимальная рассеиваемая мощность. Она обычно обозначается цифрами, стоящими за типом сопротивления. Например, ВС-2 обозначает сопротивление типа ВС, которое можно включать в такие цепи, где мощность, приходящаяся на сопротивление, не превышает 2 *вт*. При этом сопротивление будет нагреваться не выше температуры, допустимой для обеспечения его сохранности.

Чтобы найти мощность на сопротивлении, перемножают ток и падение напряжения на сопротивлении, что в данном случае составляет 0,105 *а*×86 *в*=9 *вт*. Формально можно остановиться либо на проволочном сопротивлении ПЭВ-10, либо на непроволочном — ВС-10. Такое решение, однако, не всегда верно. Дело в том, что при номинальной мощности проволочные сопротивления нагреваются более чем на 300° С. Для них такой нагрев безопасен, но рядом находящаяся изоляция может повредиться. Значит, если сопротивление не может быть достаточно от нее удалено, нужно понизить температуру.

т. е. взять сопротивление большего габарита, например не ПЭВ-10, а ПЭВ-25 *.

Выбор аппаратуры для третьей части схемы, а именно для освещения технического кабинета, произведен ниже.

6. КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Если возвратиться к исходным данным, с которых началась разработка схемы, и проследить, как протекала работа, легко заметить следующие ее характерные особенности:

1. Отдельные этапы работы связаны между собой логической цепью, в силу которой проектировщик, закончив один этап работы, естественно, переходит к следующему и притом вполне определенному. Действительно. Почему выбор начат с электродвигателя? Потому что он является основным в схеме: без него насос не может работать, т. е. не будет решена та задача, ради которой ведется проектирование. Выбору защиты предшествовал выбор электродвигателя потому, что, не зная, что защищать и от чего защищать, нельзя проектировать защиту. Аналогичные соображения относятся и к коммутационным аппаратам: магнитному пускателю и рубильнику. Выбрав магнитный пускатель, естественно было перейти к цепи его катушки и т. д.

2. В работе над схемой тесно переплетались элементы составления схемы и ее анализа. Это значит, что, прежде чем принимать то или иное решение, всегда оценивается, правильно ли оно, а если правильно, то можно ли его выполнить.

3. В процессе проектирования схема несколько раз изменялась.

В простейшем виде схема, созданная только по условиям действия, представлена на рис. 2. А выбор аппаратуры проводился по другой схеме (рис. 9), в которой

---

* Подробно эти вопросы рассмотрены в статье Е. А. Каминского «Нагревание в оперативных цепях», «Энергетик», 1955, № 4 и в брошюре Е. А. Каминского «Что нужно знать об изоляции цепей оперативного тока», Госэнергоиздат, 1959, «Библиотека электромонтера», вып. 8.

был уже учтен ряд обязательных требований электрической защиты, обслуживания и техники безопасности.

Выше схемы на рис. 9 и 12 были названы предварительными вариантами. Этим подчеркивалось, что они, возможно, будут в дальнейшем корректироваться. Но так как в то время оснований для этого еще не было, мы перешли к выбору аппаратуры.

В процессе выбора аппаратуры иногда возникают новые причины корректирования схем. Так, например, в § 5 были выбраны предохранители *2П*. Но каковы их защитные возможности? Они не способны предупредить повреждений катушки магнитного пускателя *МП* и трансформатора *ТИ* и не перегорают при коротком замыкании в цепях его вторичной обмотки [1]. Единственное на что они рассчитаны, — это защитить от короткого замыкания очень простую цепь *26—27*. С другой стороны, из схемы ясно видно, что предохранители *2П* и *8П* соединены последовательно. Значит ток короткого замыкания в цепи *26—27* проходит не только через предохранители *2П*, но и через предохранители *8П*. И если они способны при этом достаточно быстро перегореть, то надобность в предохранителях *2П* минует.

Как же ответить на этот вопрос? Иными словами, как узнать при каких условиях имеющийся предохранитель защищает провода от тока короткого замыкания, проходящего через неповрежденные провода [2]?

---

[1] Предохранители могут перегореть только при весьма значительном увеличении тока. Но ток при повреждении катушки магнитного пускателя может увеличиться только после того, как катушка будет уже разрушена. Это же относится и к трансформатору *ТИ*. При мощности трансформатора 100 *ва* и напряжении 36 *в* номинальный ток вторичной обмотки 2,78 *а*. Ток короткого замыкания в 10—12 раз больше, т. е. составляет 27,8—33,4 *а*. Ток же, проходящий при этом через предохранители *2П*, меньше в 380 : 36=10,55 раза и равен 2,63—3,16 *а*. Ясно, что он не может вызвать перегорания предохранителей.

[2] Подчеркиваем: короткое замыкание не между проводами, а вне проводов, например на выводах катушки магнитного пускателя или на сборке зажимов, но ток короткого замыкания проходит через провода. Если короткое замыкание возникло вследствие повреждения изоляции проводов, то предохранитель их уже не спасет. Однако он необходим, так как предотвращает повреждение проводов, проложенных рядом, пожар и другие недопустимые явления.

В простейших случаях необходимая проверка выполняется следующим образом. Заданный ток плавковой вставки (в нашем примере 15 *а*) умножают на 0,33. Полученная величина $15 \times 0{,}33 \approx 5$ *а* показывает, что данная вставка защищает провода, если они допускают длительный ток не менее 5 *а*. Провода, допускающие бо́льшие длительные токи, подавно защищены предохранителями, так как сечение этих проводов больше и, следовательно, тот же ток нагревает их меньше.

А какие провода приходится защищать в нашем случае? По ПУЭ монтаж выполняется проводами сечением не менее 1 *мм*^{2} (медь) или 2,5 *мм*^{2} (алюминий). Длительно допустимый ток для таких проводов (жил кабелей) значительно больше 5 *а*. Значит предохранители *8П* со вставками 15 *а* защищают и провода и контрольные кабели и, следовательно, предохранители *2П* не нужны. Схема упрощается. Она изображена на рис. 13.

Нередко ограниченные возможности аппаратуры приводят не к упрощению, а к усложнению схемы. Иллюстрируем это на примере схемы освещения технического кабинета (рис. 12). Для нее нужно выбрать: осветительную арматуру, лампы, выключатели, штепсельные розетки, счетчики и щиток под него. К решению этих вопросов можно подойти следующим образом:

В Правилах устройства электроустановок (раздел VI), а также в справочниках легко почерпнуть, что: для классов, лабораторий и кабинетов при лампах накаливания освещенность должна быть не меньше 150 *лк* (люкс); в сухих отапливаемых помещениях можно применять любой тип светильника; для конторских, чистых производственных и бытовых помещений рекомендуется люцетта из цельного молочного стекла; при напряжении 220 *в*, площади помещения от 11 до 100 *м*^{2}, высотой 3—5 *м* при расчетной высоте подвеса 1,5—2,4 *м* и светильниках люцетта при расчетах принимают мощность ламп 40 *вт*/*м*^{2}; люцетты предназначены для ламп мощностью не более 200 *вт*.

Применительно к общему освещению технического кабинета из этого вытекает следующее. Если его площадь 45 *м*^{2} (рис. 10), то суммарная мощность ламп должна быть 45 *м*$^2 \times 40$ *вт*/*м*$^2 = 1\,800$ *вт*. Но к люцеттам подходят лампы мощностью не более 200 *вт*. Значит

ламп нужно не три (как указано на рис. 12), а 1 800 *вт* : 200 *вт* = 9. Схему общего освещения придется переработать, что и выполнено на рис. 14,*а*.

Схема местного освещения (лампы *3Л* и *4Л* на рис. 12) осталась без изменения. В ней рационально

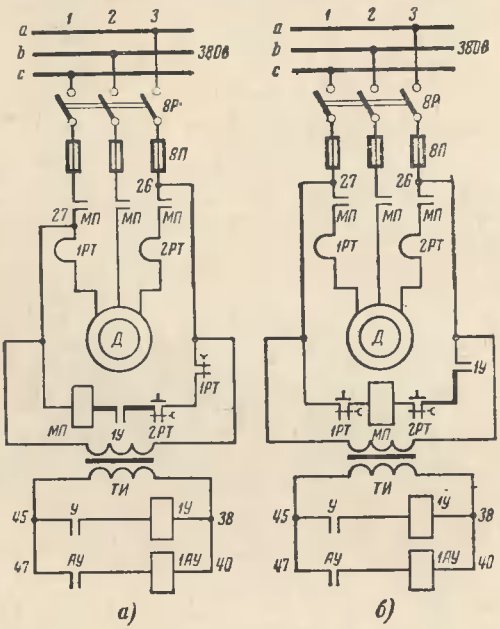


Рис. 13. Принципиальная схема управления электродвигателем после корректирования.
а — неправильно; *б* — правильно. В схеме дана маркировка *8Р* и *8П*, соответствующая принятой на данной подстанции.

применить настенные бра. Так как они могут быть достаточно приближены к рабочему месту, увеличивать количество ламп не нужно.

Зная количество и мощность ламп и руководствуясь указаниями ПУЭ на то, что групповая линия (т. е. линия, отходящая от группового щитка и питающая осветительные и другие приемники) не должна содержать более 20 светильников и защищается вставками не более чем на 20 *а*, оценим схему рис. 14,*а*. С этих позиций в схеме все хорошо, так как в одной группе 11 ламп

по 200 *вт* : 220 *в* = 0,91 *а*, т. е. всего 10 *а*. Однако как только придется выбирать выключатели, окажется, что схему снова нужно изменять. Почему? Потому что выключатели рассчитаны на длительный ток 6 *а*, а восемь ламп потребляют больше: 0,91 × 8 = 7,28 *а*. И это, казалось бы, небольшое увеличение тока приведет к недо-

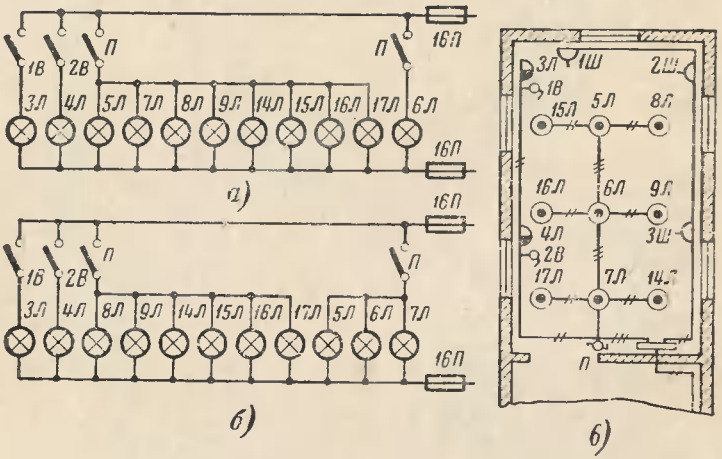


Рис. 14. Принципиальная схема освещения технического кабинета.

а — скорректированная после выбора арматуры и ламп; *б* — скорректированная по возможностям переключателя; *в* — план проводки.

пустимому перегреву выключателя: в его контактах выделится примерно в 1,5 раза больше тепла, чем при его номинальном токе. Схема с измененной группировкой ламп (в одном положении переключатель *П* включает три лампы, в другом — шесть) дана на рис. 14,*б*. Конечно, можно было бы и не изменять схему, но тогда пришлось выбирать не обычный выключатель, а, например, пакетный. В «Библиотеке электромонтера» выпущены брошюры [Л. 1, 7 и 8] по осветительным установкам и счетчикам [Л. 14]. В этих брошюрах и справочниках [Л. 19 и 21] читатели найдут достаточно исчерпывающие сведения по выбору предохранителей, щитков, счетчиков и т. п., поэтому на этих вопросах здесь мы более не будем останавливаться.

Здесь же отметим, что, кроме случаев, рассмотренных выше, в работе над схемами может встретиться еще ряд причин, по которым схемы приходится перерабатывать. К ним, например, относятся:

недостаточная коммутационная способность контактов, из-за которой в схему приходится вводить повторители и промежуточные реле с более мощными контактами, гасить коммутационные перенапряжения, принимать меры против искрения и дугообразования;

недостаточное количество контактов у реле и блок-контактов приводов выключателей;

недостаточная термическая (тепловая) устойчивость катушек, вынуждающая искусственно уменьшать ток или ограничивать длительность его прохождения;

слишком быстрые (или слишком медленные) переключения одних аппаратов, из-за чего другие аппараты, управляемые их контактами, не успевают совершить необходимые переключения или совершают их больше, чем требуется;

неблагоприятные условия среды (повышенные влажность и температура, запыленность) и т. п.

Наконец в практике встречаются причины не принципиального характера, по которым, однако, схема может претерпеть очень серьезные изменения. Например, оборудование или провода нельзя разместить там, где предполагалось. Рассчитывали проложить новый кабель, а приходится воспользоваться свободными жилами в действующем кабеле и этих жил меньше, чем нужно по схеме, и т. д. и т. п.

Типичный пример целесообразности учета монтажных соображений дан на рис. 13. В схеме 13,*а* и *б*, кроме всего прочего, о чем речь идет в § 7, контакты реле *1РТ*, *2РТ*, *1У* и катушка *МП* включены по двум вариантам, причем принципиально они совершенно равноценны, так как в обоих вариантах все перечисленные элементы в цепь *26—27* введены последовательно. Однако правильной является схема рис. 13,*б*: в ней контакты и *1РТ*, *2РТ* и катушка *МП* изображены именно так, как они соединены на заводе внутри магнитного пускателя, а в цепи *26—27* от магнитного пускателя к реле *1У* нужно подвести один провод (выделен жирной линией). Согласно же схеме рис. 13,*а* между магнитным пускате-

лем и реле *1У* нужно проложить два провода (выделены жирными линиями) и, кроме того, произвести пересоединения внутри магнитного пускателя.

Одним словом, при проектировании необходимо своевременно (т. е. *до начала* выполнения следующего этапа работы) учесть все перечисленные обстоятельства, скорректировать в соответствии с ними принципиальную схему и, только убедившись в том, что она правильна, можно приступать к дальнейшей работе.

7. АНАЛИЗ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Итак, принципиальная схема, составленная по условиям действия, подвергалась корректировке и не исключено, что, внося полезные изменения в одни узлы, проектировщик ухудшил условия работы других и даже сделал их неработоспособными и, может быть, опасными. Следовательно, *схему нужно проверить,* как говорят, проанализировать и устранить обнаруженные в ней недостатки.

В общем случае анализ схем имеет целью:

выявить ложные цепи, т. е. такие цепи, которые возникают помимо нашей воли;

проверить правильность согласования времени действия аппаратов;

убедиться в том, что обеспечивается безопасность работы схемы и для обслуживающего персонала и для оборудования;

проверить, нет ли в схеме таких обязательных элементов, неисправность которых не может быть своевременно обнаружена в процессе ее работы; если такие элементы есть (обычно это защита и блокировки безопасности), то нужно обусловить обязательность периодической проверки их действия;

проверить, может ли новая схема работать совместно с остальными электрическими устройствами;

проверить режим работы проводов и оборудования.

Детальное рассмотрение этих вопросов выходит за рамки задач этой брошюры. Читатели могут с ними по-

знакомиться по специальной литературе[1]. Здесь же рассматриваются только простейшие приемы анализа, необходимые во всех без исключения случаях.

Нужно проверить, что в схеме содержатся цепи, удовлетворяющие всем условиям действия. Согласно рис. 13,*б* электродвигатель действительно и включается и отключается в зависимости от уровня, так как в его цепях есть контакты магнитного пускателя *МП*, а катушка последнего включается и отключается контактом повторителя реле уровня *1У*.

Нужно проверить, удовлетворяются ли условия защиты от токов короткого замыкания. В сетях 380 *в* согласно ПУЭ нейтраль (нулевая точка трансформатора) глухо заземляется. Следовательно, соединение провода любой фазы с «землей» приводит к короткому замыканию, и поэтому в каждой фазе должен быть предохранитель. На схеме рис. 13,*б* так и сделано.

Нужно проверить, удовлетворяются ли условия защиты от перегрузки. В цепи *26—27* перегрузки быть не может, поэтому защита не нужна и ее нет. В цепи электродвигателя введены два, а не три тепловых реле. Чтобы убедиться, достаточно ли двух реле, нужно представить себе, что́ происходит при всех возможных причинах перегрузки. При чрезмерно большой механической нагрузке на вал двигателя чрезмерный ток пройдет через нагревательные элементы обоих реле. При перегорании предохранителя на одной из трех фаз чрезмерный ток пройдет через нагревательный элемент хотя бы одного реле. Значит защита обеспечивается.

Нужно проверить, удовлетворяются ли условия безопасности, т. е. не подается ли в какой-либо элемент схемы напряжение, более высокое, чем допускается Правилами, и можно ли полностью снять напряжение с установки. Реле уровня, находящиеся на металлическом баке, присоединены через понижающий трансформатор и напряжение на них 36 *в*. Установка полностью может быть отключена рубильником *8Р*.

---

[1] Техника составления и анализа схем подробно рассмотрены в книге Е. А. Каминского и Я. Л. Быховского «Проектирование схем автотелеуправления тяговыми подстанциями», Трансжелдориздат, 1957, а также в брошюре Е. А. Каминского «Что нужно знать об изоляции цепей оперативного тока», «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1959.

Выше (§ 4) подчеркивалось, что требование ПУЭ питать катушку магнитного пускателя от двух фаз, если двигатель защищен предохранителями, непосредственно относится к безопасности обслуживающего персонала. Поясним суть этого не всем очевидного требования.

Для этого, во-первых, отметим, что предохранители могут перегорать: либо по одному (рис. 15,*б*, *в*, *г*, *и*, *к*, *л*), либо по два (рис. 15,*д*, *е*, *ж*, *м*, *н*, *о*), либо все три. Перегорание одного предохранителя опасно для двигателя (работа на двух фазах, перегрев), но не опасно для персонала, так как двигатель *гудит*. Перегорание двух предохранителей не опасно для двигателя, но *опасно для персонала, так как двигатель стоит, не гудит, но остается под напряжением*. Перегорание трех предохранителей (так же как и отключение автомата) не опасно ни для двигателя, ни для персонала.

Во-вторых, сравним два способа питания катушки пускателя: от двух фаз (рис. 15,*а*) и от фазы с нулем (рис. 15,*з*) и оценим последствия перегорания предохранителей.

В случаях 15,*б* *в*, *г* двигатель остается под напряжением, но гудит — не опасно. В случаях 15,*д*, *е*, *ж* двигатель отключается, так как катушка магнитного пускателя не может питаться только от одной фазы — не опасно.

В случаях 15,*и*, *к*, *л* двигатель остается под напряжением, но гудит — не опасно. В случаях 15,*м*, *н*, *о* — остается под напряжением, но не гудит — *опасно!* Вот почему *ПУЭ запрещают питать катушку магнитного пускателя от фазы и нуля при защите предохранителями*. При защите автоматом (рис. 15,*п*) питание от фазы и нуля не только допустимо, но и предподчтительно, так как в цепях управления напряжение ниже (например 220 *в*, а не 380 *в*).

Нужно проверить, не возникли ли в схеме ложные (паразитные) цепи. Для этого по очереди рассматривают все цепи, необходимые по условиям действия, проверяя каждую из них, идя от одного полюса (фазы) к другому. При этом нужно убедиться в том, что ток (напряжение) не попадает в другие цепи.

Нужно проверить, может ли схема начать действовать. Например, схема на рис. 13,*а* работать не мо-

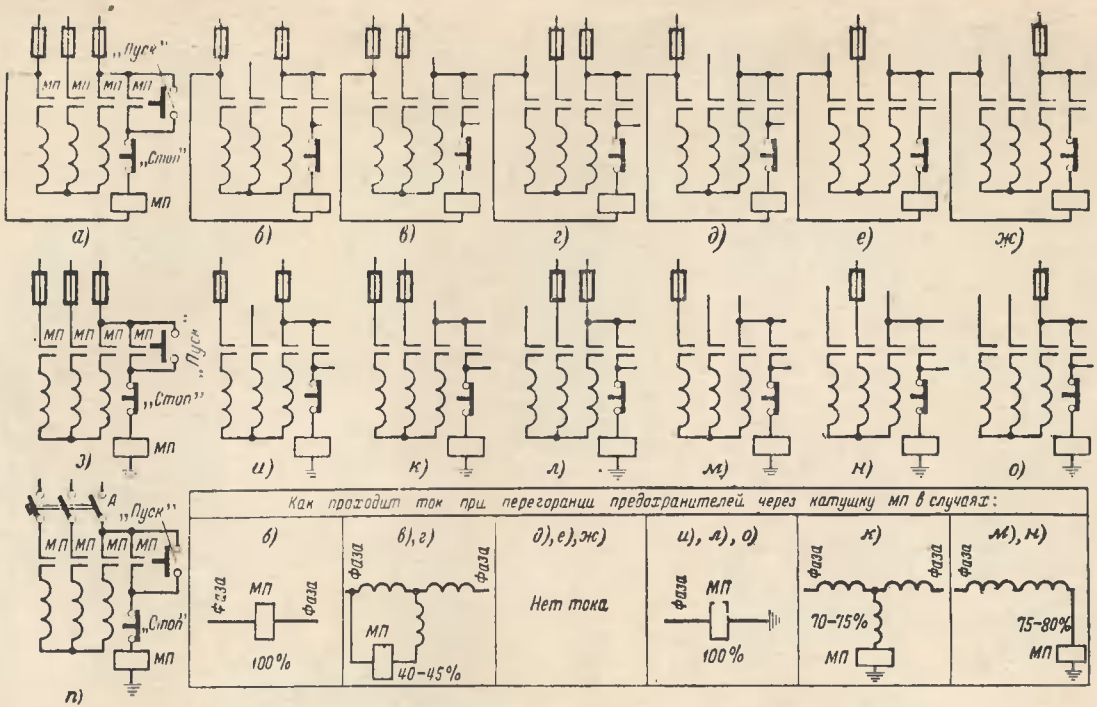


Рис. 15. Сравнение способов питания катушек магнитных пускателей.

а, *п* — правильно; *з* — неправильно; *б*—*ж*, *и*—*о* — схемы для оценки последствий перегорания предохранителей.

жет, так как ток в катушку магнитного пускателя *МП* не пройдет, пока не будут замкнуты его контакты, а они не замкнутся до тех пор, пока катушка не будет включена. Схема исправлена на рис. 13,*б*.

Нужно проверить, как поведет себя схема при перегорании предохранителей, предполагая, что они не перегорают по одному. Такая проверка проведена выше (см. пояснения к рис. 15).

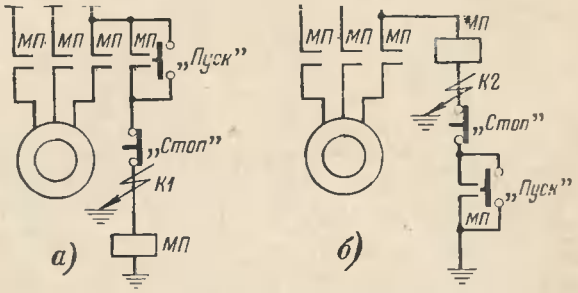


Рис. 16. Сравнение способов присоединения катушек магнитного пускателя к источнику электропитания.

а — правильно; *б* — неправильно.

Нужно проверить, что произойдет при заземлении каждого (поочередно) провода, входящего в схему. Необходимость такой проверки легко иллюстрировать, сравнивая рис. 16,*а* и *б*. На рис. 16,*а* один вывод катушки пускателя заземлен, а на кнопку «Пуск» подана фаза. На рис. 16,*б* катушка присоединена к фазе, а кнопка заземлена.

Одинаковы ли эти схемы?

Пока изоляция исправна — обе схемы работают одинаково. Но, допустим, повредится изоляция в точке *К1*. При этом, если пускатель работал — он отпустит и, возможно, перегорит предохранитель. Если пускатель не работал и его включают, то при включении произойдет короткое замыкание.

Повреждение изоляции в точке *К2* повлечет *опаснейшее* явление — самовключение двигателя, причем включившийся двигатель невозможно остановить кнопкой «Стоп», так как катушка пускателя получает пита-

ние через «землю», минуя кнопку. Иными словами, схема рис. 16,*а* хорошая, схема рис. 16,*б* — плохая.

Нужно проверить, как поведет себя схема при кратковременных посадках (понижениях) напряжения. Сможет ли она при восстановлении нормального напряжения продолжать правильно работать? Не возникнут ли такие промежуточные положения аппаратов, при которых происходят неправильные переключения? В сложных схемах автоматики эти явления довольно часто имеют место, причем, не будучи своевременно выявлены путем анализа схемы, они обнаруживаются слишком поздно. Именно здесь обращается особое внимание на эти явления, так как они, как правило, возникают, когда в полностью отработанную специалистами и согласованную во всех деталях схему вносят небольшие «непринципиальные» изменения, например параллельно одной катушке включают еще одну катушку, сопротивление, лампу и т. п. Такие нововведения могут совершенно исказить важные временные зависимости в схеме.

Полезно при анализе и составлении схем пользоваться следующими свойствами последовательного и параллельного соединений контактов.

Если нужно, чтобы цепь размыкалась раздельно любым из нескольких контактов, но замыкалась всеми контактами совместно, — их соединяют последовательно. Так сделано на рис. 9,*а*, где любой из контактов *1РТ*, *2РТ* и *1У* отключает катушку магнитного пускателя. Включается же она, только если все три контакта замкнуты.

Если нужно, чтобы цепь раздельно замыкалась любым из нескольких контактов, но размыкалась всеми контактами совместно, — их соединяют параллельно. Например, на рис. 9,*б* любой контакт *А*, *Б*, *В*, *Г*, *1АУ* замыкает цепь первичной обмотки трансформатора *Т*. Размыкается же она только тогда, если все контакты разомкнуты.

8. МАРКИРОВКА НА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЕ И МАРКИРОВКА АППАРАТОВ

В эксплуатации нужно находить в натуре различные части электротехнических установок (реле, сопротивления, контакторы, предохранители) и их детали (катуш-

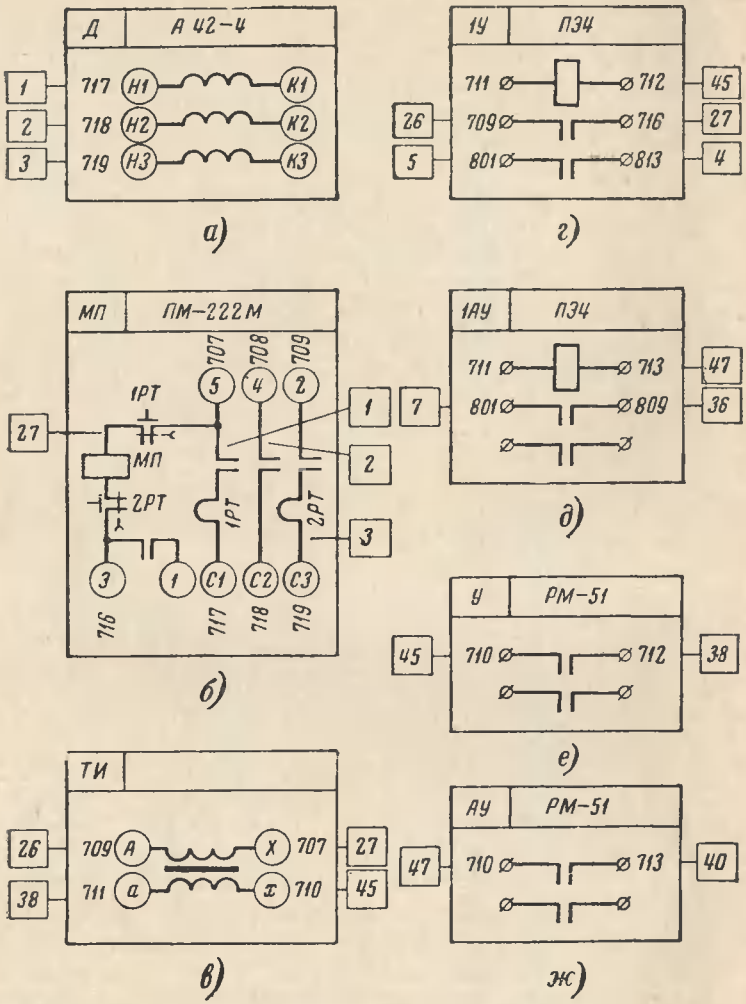


Рис. 17. Расположение выводов и их маркировка для аппаратов к схеме рис. 13,*б* и 18.

а — электродвигатель *Д*; *б* — магнитный пускатель *МП*; *в* — трансформатор *ТИ*; *г* — реле *1У*; *д* — реле *1АУ*; *е* — реле *У*; *ж* — реле *АУ*.

ки, контакты, выводные зажимы). Для этого применяется маркировка, т. е. условное обозначение аппаратов и их деталей, как на схеме, так и в натуре.

Маркировка выполняется по определенной системе и нарушать эту систему нельзя.

На рис. 17 дана заводская маркировка электродвигателя и аппаратов, выбранных к схеме рис. 13,*б*. Заводы-изготовители маркируют электрические машины и аппараты по типам и исполнениям (в нашем примере: А 42-4, ПМ-222М, ПЭ4, РМ-51). Выводы аппаратов на заводе получают цифровую нумерацию (*1*, *2*, *3*, *4*, *5*), обозначаются буквами (*А*, *Х*, *а*, *х*) или сочетанием букв и цифр (*С1*, *С2*, *С3*, *Н1*, *Н2*, *Н3*, *К1*, *К2*, *К3*). В схемах же применяется несколько аппаратов одного и того же типа (в нашем примере реле *1У* и *1АУ* одинаковы), но различного назначения, и их элементы входят в различные цепи. Поэтому монтажники и эксплуатационники обычно пользуются не заводской (точнее не только заводской), а схемной маркировкой. Она также дана на рис. 17 (*Д*, *МП*, *У*, *АУ*, *1У*, *1АУ*).

Надо иметь в виду, что *в одной и той же схеме разные аппараты* (сопротивления, лампы) *не могут иметь одинаковых* символов, иначе их невозможно различить. Что же касается выводов аппаратов, зажимов на сборке и проводов, то все соединенное между собой проводами, шинами, перемычками имеет одинаковый номер [1]. Номер меняется только при переходе через контакт, катушку, сопротивление. Более того, некоторым номерам иногда условливаются придавать раз и навсегда определенное значение, например *1* — это плюс цепей управления, *2* — минус, *300* — нуль, «земля» и т. д.

Значит, маркируя цепи и аппараты, добавляемые к какой-либо электроустановке, необходимо считаться с принятой системой маркировки и не повторять занятых уже номеров и символов. На рис. 3, например, предохранители имеют символ *1П*, а после привязки новой схемы к действующей, т. е. после присоединения ее к свободному рубильнику щита 380 *в*, предохранители

---

[1] В 1959 г. на маркировку выпущен ГОСТ 9099-59. До его введения система маркировки устанавливалась отдельными организациями и имела местное назначение.

получили другой символ, а именно *8П*, в соответствии с маркировкой, принятой на щите.

Итак, следующим этапом работы является маркировка на принципиальной схеме, выполненная на рис. 18,

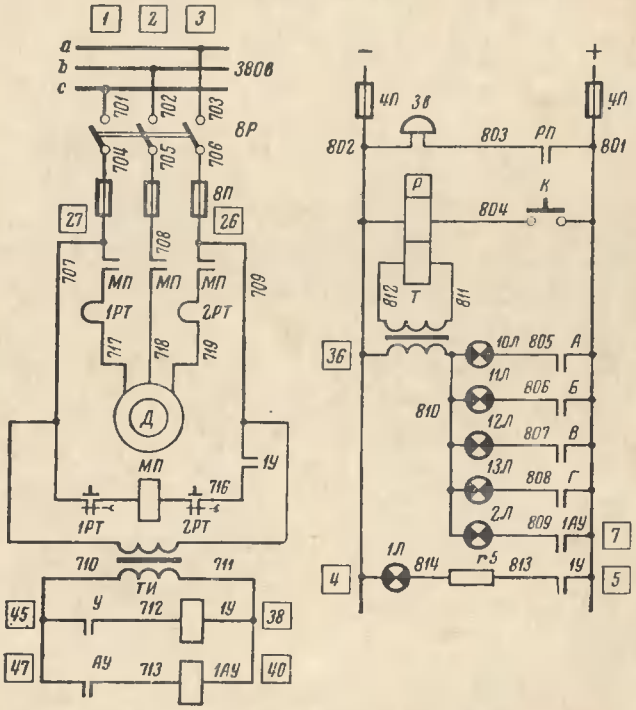


Рис. 18. Принципиальная схема управления и сигнализации электродвигателя насоса с маркировкой аппаратов и цепей.

откуда и заимствованы символы (*Д*, *МП*, *У*, *АУ*, *1У*, *1АУ*) и номера (*710*, *711*, *712* и т. д.) для рис. 17. На рис. 17 к каждому участвующему в схеме контакту и катушке нарисована сноска с указанием номера цепи по схеме рис. 18 *.

---

* Чтобы номера цепей не принять за маркировку, они на рис. 17 и 18 заключены в квадраты.

9. НАЗНАЧЕНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ И ИХ КОМПЛЕКТОВАНИЕ

Рабочие чертежи непосредственно нужны исполнителям. *Каждый чертеж должен отвечать только на ограниченный круг вопросов, относящихся к конкретному делу*, которое выполняется тем или иным лицом (звеном). *Все не относящееся к данному делу показывать* не только бесполезно, но даже *вредно*. Действительно, для чего строителю, который должен подготовить фундамент под электродвигатель, знать что-нибудь о его электрической схеме? Эта схема затемнит строительный чертеж и будет только мешать. Нужно ли знать монтажнику, которому надлежит присоединить кабель к уже установленному электродвигателю, как закреплены болты, вмазанные в фундамент, и каким образом уложены в нем кирпичи? Конечно не нужно.

Отсюда следует, что чертежи должны составляться по технологическому признаку в соответствии со специализацией исполнителей и комплектоваться в порядке очередности выполнения работы. Кстати, такой способ выполнения документации узаконен в машиностроении, где раньше многие исполнители изготавливают детали (для каждой из них есть подробный чертеж). Затем из деталей собираются узлы. В сборочном чертеже узлов детали показывают без подробностей и дают только минимально необходимые для сборки размеры. Потом из узлов собирается машина. На сборочном чертеже каждый узел показан в общих чертах не подробнее, чем нужно для взаимного сочленения узлов. Наконец, всегда составляются технические документы для промежуточных испытаний деталей, узлов и всей машины в целом и разрабатываются указания по установке и включению в работу.

В таком же плане рационально составлять и рабочие чертежи электроустановок, а именно:

нужно расчленить схему по узлам и составить принципиально-монтажную схему (см. § 10);

расположить в каждом узле монтируемое в нем оборудование;

сделать чертеж механической конструкции узла (панели, сборки, щита) и разметить в нем крепежные отверстия для оборудования, а также предусмотреть

детали для крепления всего узла (к полу, потолку, колонне, существующей конструкции);

сделать строительные чертежи, точнее, задать строителям: где, какие шпильки и тому подобные крепежные детали нужно установить, как расположить и каких размеров сделать проемы, каналы и т. п.;

сделать монтажную схему для каждого узла;

сделать схему сочленения узлов между собой;

сделать схему привязки нового устройства к действующему;

выбрать провода, кабели, вспомогательные материалы и дополнить ими начатую ранее спецификацию;

продумать организацию монтажных работ, порядок испытания и ввода в эксплуатацию.

10. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АППАРАТУРЫ ПО УЗЛАМ И СОСТАВЛЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНО-МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ

Аппаратура и оборудование, входящие в схему, как правило, территориально размещены в разных местах. Объединяя все оборудование, расположенное близко и монтируемое совместно, расчленяют схему на узлы. После монтажа и проверки каждого узла в отдельности их между собой связывают кабелями. В нашем примере пять узлов (рис. 19):

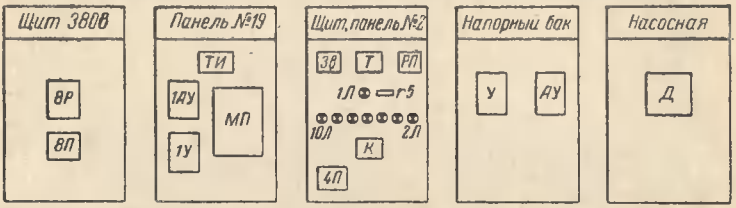


Рис. 19. Распределение аппаратов схемы рис. 18 по узлам.

щит 380 *в*, на котором установлены рубильник *8Р* и предохранители *8П*;

новая панель, получившая очередной порядковый № 19, на которой нужно смонтировать понижающий трансформатор *ТИ*, реле *1У* и *1АУ*, магнитный пускатель *МП*;

панель № 2 существующего щита сигнализации; на ней уже смонтированы: звонок *Зв*, трансформатор *Т*, поляризованное реле *РП*, кнопка *К*, предохранители *4П*, а также сигнальные лампы *10Л*, *11Л*, *12Л* и *13Л*; надлежит вновь смонтировать лампы *1Л* и *2Л* и сопротивление r_5;

напорный бак, на котором устанавливаются два поплавковых реле *У* и *АУ*;

насосная с электродвигателем *Д*.

Такие узлы как щиты, панели и шкафы с электроаппаратурой, пульты и т. п. обычно называют электроконструкциями.

В пределах каждой электроконструкции аппараты соединяются проводами. Для внешних соединений с другими узлами, как правило, предусматриваются сборки зажимов (если зажимы самих аппаратов не приспособлены для непосредственного присоединения кабелей, как, например, у электродвигателя). Следовательно, после того, как аппаратура и оборудование распределены по узлам, нужно выяснить, какие зажимы каждого аппарата нужно вывести на сборки зажимов и обозначить их на схеме. Это и выполнено на рис. 20.

Схемы такого рода, т. е. изображенные как принципиальные, но с обозначениями зажимов, которыми заканчиваются отдельные узлы, иногда называют принципиально-монтажными. Принципиально-монтажные схемы обычно не выпускаются проектными организациями и используются только как вспомогательные при переходе от принципиальных схем к монтажным. Иногда взамен принципиально-монтажной схемы берут экземпляр принципиальной схемы, раскрашивают ее цветными карандашами, присваивая узлам разные цвета.

Как же выполнена схема на рис. 20 и что можно из нее почерпнуть? На рис. 20 зажимы каждого узла обозначены по-разному (кружками, крестиками, квадратиками и т. п.).

Соединения между зажимами, обозначенными одинаково, представляют собой перемычки на сборке одного узла. Например, на панели № 19 зажимы № 13 и 14 соединены. Соединения между зажимами, обозначенными различно, — это жилы кабелей между узлами. Например, зажим № 4 панели № 19 соединен с зажимом № 9 панели № 2 щита.

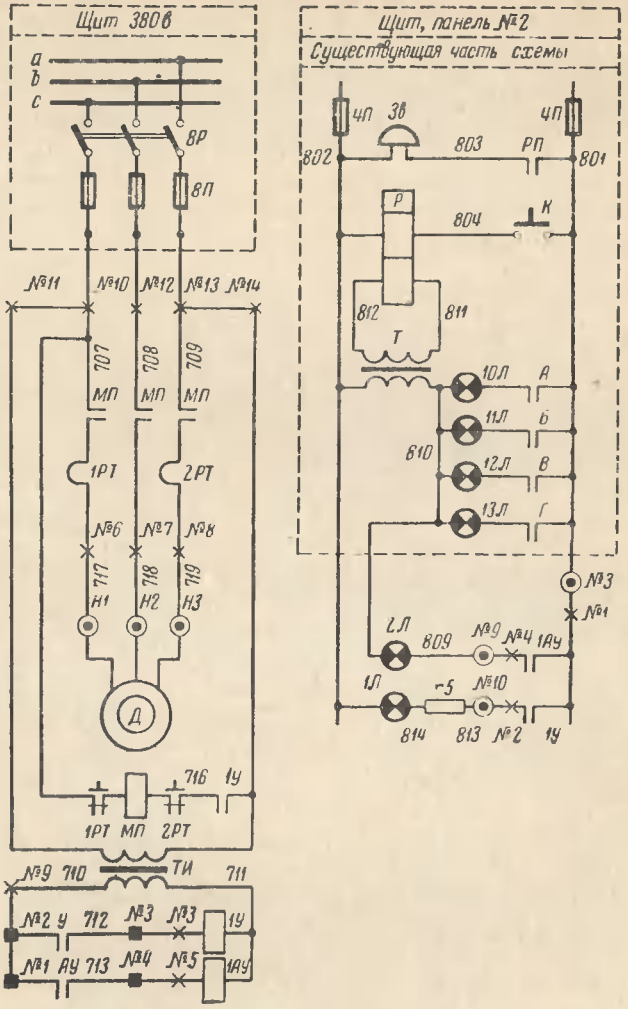


Рис. 20. Принципиально-монтажная схема управления и сигнализации электродвигателя.

Таким образом, по принципиально-монтажной схеме легко определить: а) сколько зажимов должно быть в сборке каждого узла; б) сколькими жилами кабеля соединяются узлы между собой; в) сколько кабелей нужно для соединения узлов между собой.

Накладывая кальку на принципиально-монтажную схему делают из нее выкопировки для каждого узла. Такая выкопировка (называемая нередко развернутой схемой) для панели № 19 показана на рис. 21. Она является основой для составления монтажной схемы узла [1].

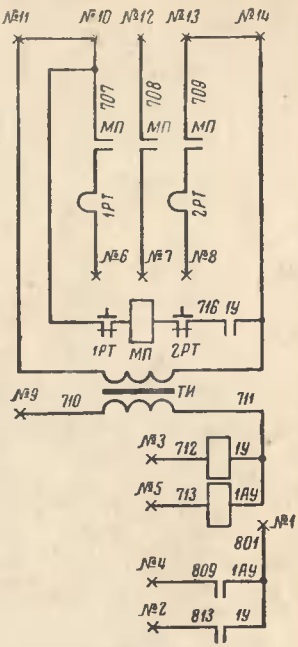


Рис. 21. Принципиально-монтажная схема одного узла (панель № 19).

11. РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ УЗЛОВ

Чтобы спроектировать узел, нужно выбрать для него металлоконструкцию (панель, щит, шкаф, пульт), расположить аппараты, сделать разметку для их крепления, а также для крепления узла к стене, колонне, полу, балке и т. п. Кроме того, нужно сделать монтажную схему или таблицу для соединений аппаратов между собой и с зажимами для внешних соединений.

В пределах узла аппараты располагают так, чтобы их было, во-первых, удобно обслуживать и, во-вторых, чтобы монтаж был возможно проще (короче соединения, меньше перекрещиваний, меньше переходных контактов и т. п.).

Ознакомимся сперва с некоторыми общими соображениями по расположению аппаратов, а затем возвратимся к рассмотрению конкретного примера, выбранного для иллюстрации техники проектирования.

Рис. 22,*а* показывает, что наиболее компактно размещаются аппараты с задним присоединением, но в этом случае необходим доступ как с лицевой, так и с монтажной стороны, что далеко не всегда может быть обеспечено.

[1] В сложных электроустановках невозможно изобразить принципиальную схему на одном чертеже. Поэтому приходится пользоваться комплектом чертежей и составлять развернутую схему, пользуясь несколькими чертежами.

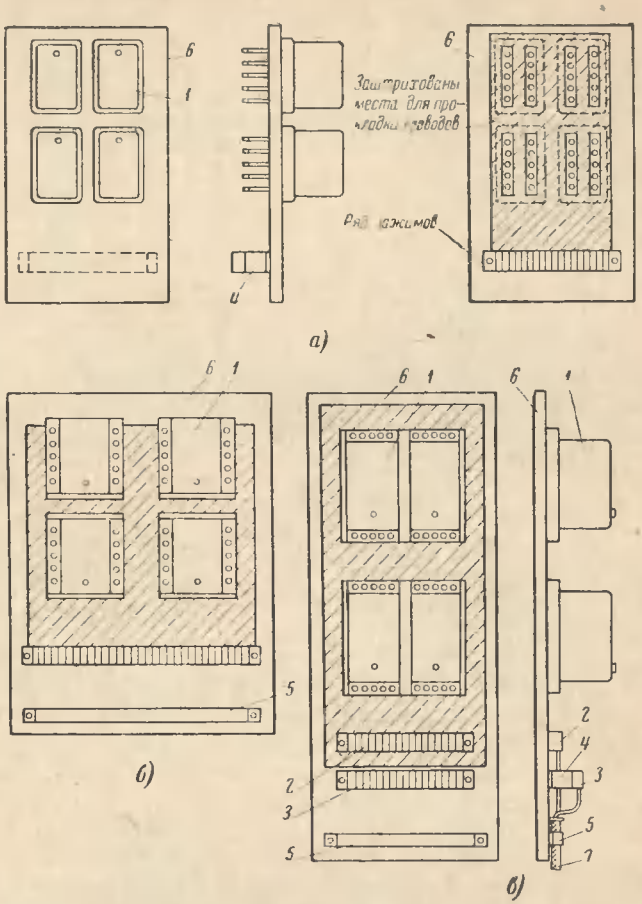


Рис. 22. Размещая аппараты, оставляют место для прокладки и присоединения проводов.

1 — реле; *2* — верхний ряд зажимов; *3* — нижний ряд зажимов; *4* — скоба, на которой установлены зажимы нижнего ряда; *5* — скоба для крепления кабеля; *6* — панель; *7* — кабели.

Рис. 22,*б* и *в* иллюстрируют расположение аппаратов с передним присоединением. Но, если выводы аппаратов расположены слева и справа, то панель получается широкой; если сверху и снизу — вытягивается в высоту.

Рис. 22,*в* обращает внимание на необходимость при

двухрядном расположении зажимов нижний ряд *3* размещать на скобе *4* так, чтобы под скобой свободно прошли кабели *7* к верхнему ряду *2*. Полезно кабели закрепить к панели *6* скобами *5*. Ряды зажимов удобно располагать вертикально.

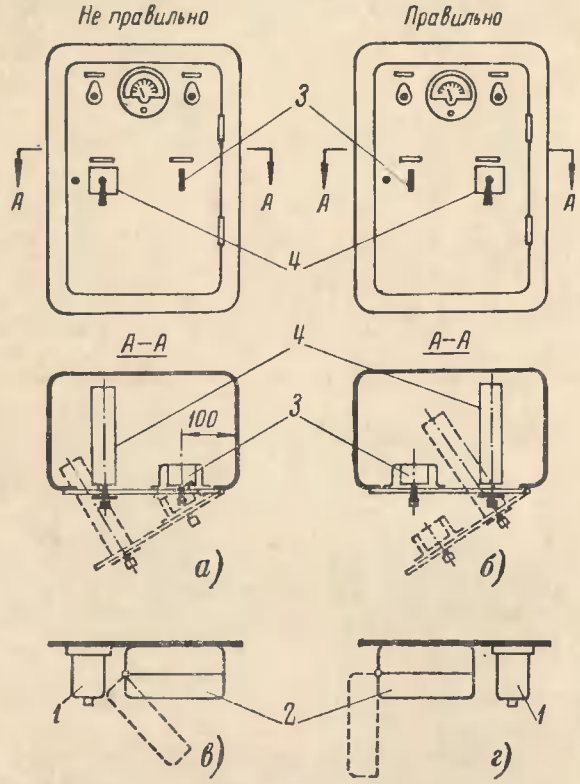


Рис. 23. Размещая аппараты, проверяют, можно ли открыть дверцы шкафа (поднять крышку пульта), а также открыть аппараты, имеющие чехлы.

1 — реле; *2* — командный электропневматический прибор типа КЭП-12у, имеющий чехол, открывающийся влево; *3* — пакетный выключатель; *4* — универсальный переключатель.

В шкафах и пультах нельзя слишком приближать аппараты к стенкам: нужен зазор примерно 100 *мм* (рис. 23,*а*).

Рис. 23,*а* показывает, что дверцу шкафа невозможно открыть, так как за нее зацепит универсальный переключатель *4*, имеющий большую глубину. Стоит, однако, поменять местами универсальный переключатель с менее глубоким пакетным выключателем *3* (рис. 23,*б*) и дверцы прекрасно откроются.

Ясно, что монтаж от аппаратов, расположенных на дверце (если они соединяются с аппаратами, располо-

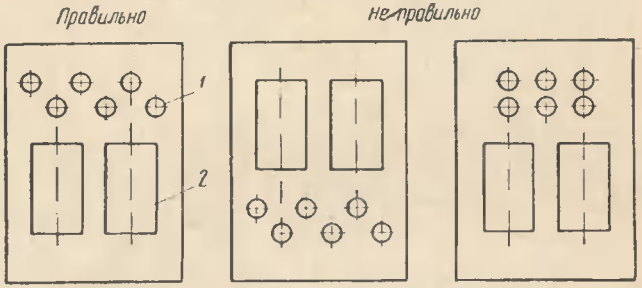


Рис. 24. Сопротивления располагают так, чтобы они возможно меньше нагревали другие аппараты. Особенно опасно размещать над сопротивлениями или рядом с ними конденсаторы и полупроводниковые приборы.

женными в шкафу и зажимами), нужно выполнять гибкими проводами без промежуточных зажимов. Жгуты проводов должны быть не слишком толстыми, иметь петлю (чтобы не натягивать и не перекручивать провода) и направлять жгуты нужно так, чтобы они не мешали открывать дверцы.

Рис. 23,*в* показывает, что чехол распространенного командного электропневматического прибора *2* нельзя полностью открыть, так как мешает реле *1*. Однако, поменяв местами *1* и *2* (рис. 23,*г*), легко обеспечить нормальные условия обслуживания аппаратов. Казалось бы мелочь: не все ли равно, что установлено слева, а что справа, но оказывается не все равно. Поэтому человек, *взявшийся за проектирование, обязан хорошо продумать условия монтажа и эксплуатации* и не принимать случайных решений. Особенно важно удобно «с руки» располагать аппараты, требующие настройки.

Рис. 24 поясняет, что нагревающиеся сопротивления *1* надо ставить над аппаратами *2*. При двухрядном

расположении сопротивлений их устанавливают в шахматном порядке, чтобы нижние сопротивления возможно меньше подогревали верхние.

На аппаратах нужно сделать надписи, но не на съемных крышках, так как крышки легко перепутать.

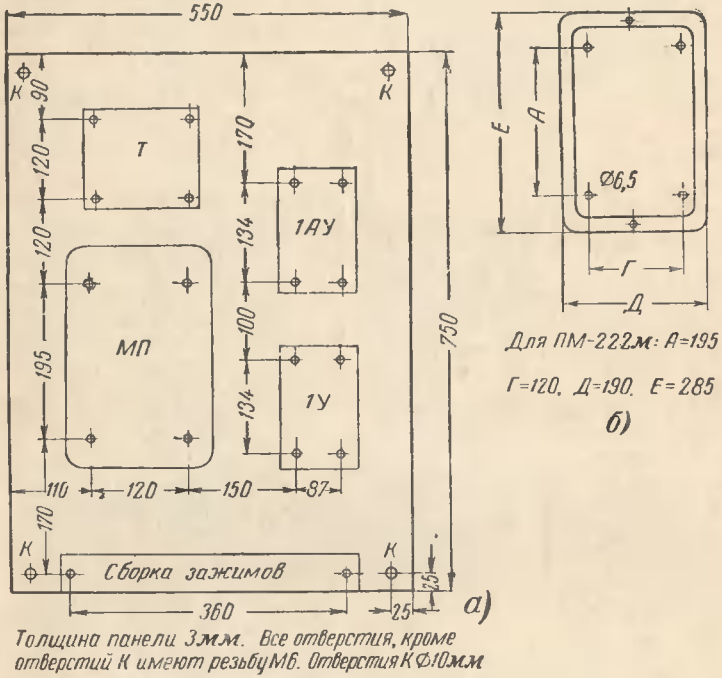


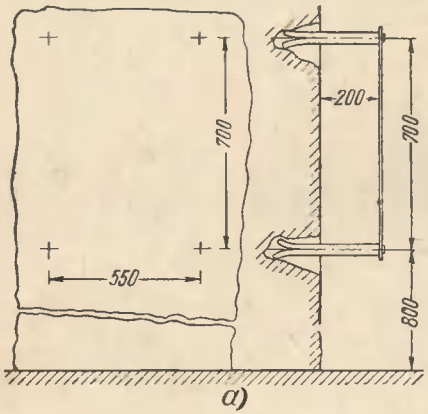
Рис. 25. Примеры рабочих чертежей.

а — разметка отверстий в панели № 19; *б* — исходные данные для разметки панели — габаритный чертеж магнитного пускателя П-222М.

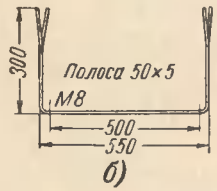
Текст надписей должен быть очень четким, особенно у сигнальных ламп. Нельзя, например, писать у лампы просто «температура»; нужно писать «температура понижена», «температура нормальная», «перегрев» и т. п. Иными словами, надписи должны быть вполне определенными, чтобы исключить двоякое толкование.

Возвратимся к нашему примеру. На рис. 25,*а* дана разметка панели № 19. Размеры оборудования и раз-

меточные чертежи даются в каталогах на установочных чертежах (пример см. на рис. 25,*б*). Там же иногда оговариваются минимальные расстояния между аппаратами. Если одна серия (тип) аппаратов охватывает несколько исполнений, отличающихся размерами, то в каталоге для всех исполнений дается один чертеж. Однако размеры в нем проставляются в виде букв, а не цифр (см. рис. 25,*б*). К чертежу прилагается таблица. Из нее для каждого исполнения легко узнать, чему равен тот или иной размер.



а)



б)

Рис. 26. Примеры рабочих чертежей.

а — разметка отверстий в стене и указания по креплению панели на стене; *б* — скоба для крепления панели № 19.

На рис. 26,*а* показаны разметка отверстий в стене и крепление на ней панели № 19 с помощью двух скоб. Как и из чего сделать скобы, поясняет рис. 26,*б*.

В качестве примера на рис. 27,*а* дана монтажная схема панели № 19, монтируемой вновь. Контуры каждого аппарата заключены в рамку, в кружках — заводское обозначение выводов, трехзначные числа *711*, *712*, ..., *801*, *809* — схемная маркировка, в верхнем ряду сборки зажимов — их порядковые номера[1].

На рис. 28 показаны изменения, которые надлежит выполнить на эксплуатирующейся панели № 2 щита.

В последнее время монтажные схемы все чаще вытесняются монтажными таблицами. Выполнять таблицы проще. Кроме того, распространение слаботочных аппа-

[1] В готовых устройствах порядковые номера зажимов обычно не пишут, но в процессе монтажа они необходимы, так как монтажнику считать подряд легко, а разыскивать схемные номера трудно.

ратов, при соединении которых провода не выкладывают, а связывают в жгуты, требует не схем, а таблиц и их большое удобство становится все более очевидным. На рис. 27,*б* дана таблица, заменяющая схему рис. 27,*а*. В верхней горизонтальной строке написаны символы аппаратов.

Горизонтальные линии связывают выводы, которые надлежит между собой соединить. Соединение обозначается точкой. Например, вывод трансформатора *ТИ* (маркировка *709*) соединяется с выводом реле *1У* и зажимом № 14 на сборке.

12. СХЕМЫ ВНЕШНИХ СОЕДИНЕНИЙ

Закончив монтаж узлов и убедившись в том, что в пределах каждого из них: а) соединения выполнены правильно, б) маркировка соответствует схеме, в) изоляция достаточно высока (не менее 1 *Мом*), узлы соединяют, пользуясь для этого схемой или таблицей внешних соединений.

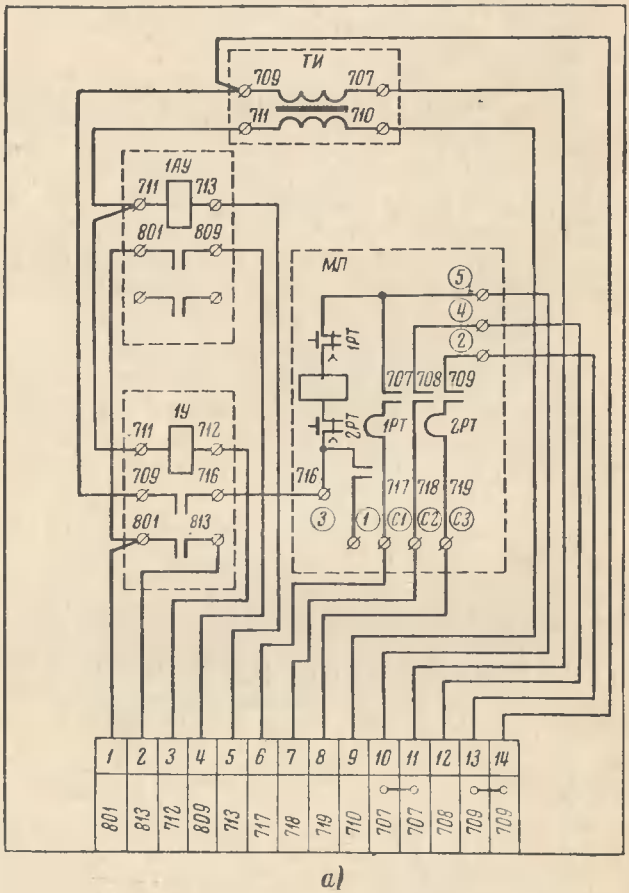
Схема внешних соединений узлов дана на рис. 29,*а*. На ней ясно видны кабели и количество занятых жил в каждом из них. Надписи у кабелей показывают порядковый номер кабеля (например № 513), марку (ВРГ), количество жил и их сечение (3×4), длину кабеля (25 *м*).

Схемы внешних соединений успешно заменяются таблицами. Пример таблицы дан на рис. 29,*б*. При большом количестве кабелей составляется кабельный журнал, а если кабели и провода прокладываются в трубах, кроме кабельного журнала нужен также трубный журнал. Кабельный и трубный журналы обычно совмещают. Подробнее с этим вопросом можно ознакомиться по брошюре А. А. Черняк «Как читать схемы общепромышленных электроустановок», «Библиотека электромонтера», вып. 106, 1963.

В ряде случаев нужен план размещения оборудования, а иногда и разрезы. Пример плана дан на рис. 14,*в*. Необходимо подчеркнуть, что электрооборудование на планах изображается по ГОСТ 7621-55, но не по ГОСТ 7624-62, которым пользуются при вычерчивании схем.

13. ВЫБОР ПРОВОДОВ, КАБЕЛЕЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Провода и кабели выбираются с учетом ряда соображений. Количество проводов, кабелей и число жил в каждом ясны из схемы. Длины кабелей определяются длиной трассы-пути, по которому кабели прокладываются. Сечение жил определяется нагрузкой при этом: во всех без исключениях случаях выбор сечений про-



а)

Рис. 27. Примеры рабочих

а — монтажная схема панели № 19;

водят по нагреву (каждой нагрузке должно соответствовать сечение не менее определяемого по таблице);

если есть сомнения, защитят ли кабель уже имеющиеся предохранители, то делают проверку по таблице (с таким случаем мы встретились в § 6), в необходимых случаях сечение увеличивают;

для сетей освещения, мощных электродвигателей, в цепях 12 и 36 *в* и при значительной длине кабелей производят проверку на потерю напряжения. Допустим расстояние от щита № 19 (где установлен трансформатор *ТИ*) до напорного бака (где находятся реле *У* и *АУ*) по трассе кабеля № 513 25 *м*. Реле *1У* (*1АУ*) потребляют при включении 130 *ва*: 12 *в* = 10,8 *а* *. Необходимо, чтобы при напряжении вторичной обмотки трансформатора *ТИ* 12 *в* напряжение на выводах реле было

---

* Цифры в данном примере соответствуют реле типа ЭП-43/20 напряжением 12 *в*.

ТИ	1АУ	1У	МП	Зажим №	Зажим Маркировка
707				11	707
709		709		14	709
710				9	710
711	711	711			
	713			5	713
	801	801		1	801
	809			4	809
		712		3	712
		716	716		
		813		2	813
			707	10	707
			708	12	708
			709	13	709
			717	6	717
			718	7	718
			719	8	719
				10	717
				11	712
				13	709
				14	709

б)

чертежей узлов.

б — монтажная таблица.

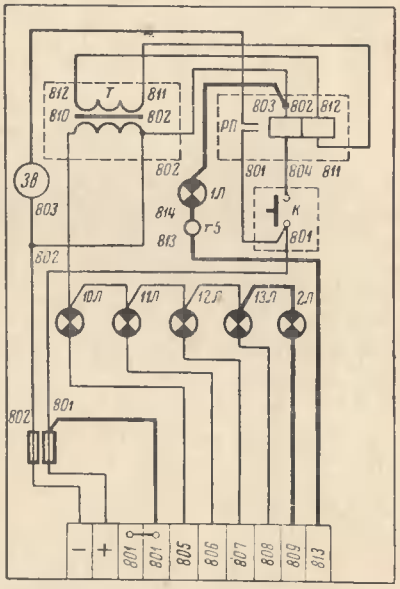
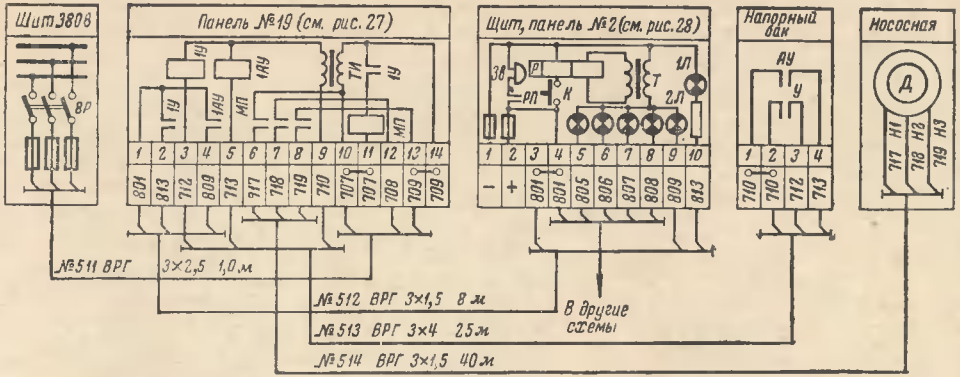


Рис. 28. Изменения в схеме панели № 2 щита. Жирными линиями отмечены провода, прокладываемые вновь



а)

Щит 3806		Панель №19		Щит, панель №2		Напорный бак		Насосная		Кабель			
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	№	Марка	Сечение	Длина
	707	11	707							511	ВРГ	3×2,5	10
	708	12	708										
	709	13	709							512	ВРГ	3×1,5	8
		1	801		801								
		2	813		813					513	ВРГ	3×4	25
		3	809		809								
		4	712				712			514	ВРГ	3×1,5	40
		5	713				713						
		9	710				710						
		6	717						717				
		7	718						718				
		8	719						719				

I — порядковый номер зажима

II — маркировка

б)

Рис. 29. Примеры рабочих чертежей сочленения узлов.
а — монтажная схема; *б* — монтажная таблица.

не ниже 10 *в*. Значит в жилах кабеля длиной 50 *м* (в два конца) при нагрузке 10,8 *а* можно потерять 12 *в* — 10 *в* = 2 *в*, откуда сопротивление жил должно быть не более 2 *в* : 10,8 *а* = 0,185 *ом*, а их сечение не менее

$$S = \frac{l}{\gamma r} = \frac{50\ м}{54 \frac{м}{ом \cdot мм^2} \cdot 0{,}185\ ом} \approx 5\ мм^2.$$

Такого стандартного сечения нет. Из стандартных сечений 4 и 6 *мм*^{2} выбираем 6 *мм*^{2}.

До сих пор речь шла о сечении и числе жил кабелей. Но важно не только это. Важно правильно выбрать марку проводов и кабелей, их номинальное напряжение и способ прокладки, так как далеко не всякие провода и кабели можно прокладывать в любых условиях и любым способом. Достаточно подробные рекомендации даны в СНиП, ПУЭ и Справочнике по расчету проводов и кабелей Ф. Ф. Карпова и В. Н. Козлова, издательство «Энергия», 1964.

Кроме проводов и кабелей, в электроустановках нужны вспомогательные материалы: шурупы, винты, ролики, скобы, закрепы, изоляционная лента и т. п. Обобщенные нормы расхода и сортамент вспомогательных материалов приведены в справочниках [Л. 19 и 21].

14. ЭКСПЛИКАЦИИ И СПЕЦИФИКАЦИИ

При внедрении рационализаторских предложений нередко сталкиваются с необходимостью вносить изменения или добавления в существующую электроустановку. Так и в нашем примере пришлось врезаться в панель № 2. Но, прежде чем проектировать изменение, пусть даже самое маленькое, нужно разобраться в чертежах изменяемой установки и разобраться помогают экспликации.

Экспликация (разъяснение) к принципиальной схеме обычно представляет собой таблицу, в которой перечислены схемные обозначения всех аппаратов, входящих в схему. Для каждого аппарата указано:

а) что он собой представляет (реле, автомат и т. п.);

б) тип и основные параметры (ПЭ6, катушка переменного тока 220 *в*, контакты 2з+2р и т. п.);

в) где установлен (ЗЩСУ — 3-й щит станций управления, панель № 3 и т. п.);

г) дополнительные сведения, если в них есть необходимость. Например, на каком чертеже показана катушка реле, если в данную схему входят только его контакты. Какая настройка задана аппарату, например: контакт реле уровня замкнут ниже отметки +4,5 (4,5 *м* над уровнем, принятым за начальный 0,00) и т. п.

В больших электроустановках принципиальная схема может не поместиться на одном листе, тогда ее выполняют на нескольких листах с общей для них экспликацией.

Экспликация к чертежам электроконструкций (шкафов, щитов, пультов) содержит сведения о каждом аппарате, достаточные для того, чтобы каждый аппарат был установлен на предназначенное для него место. Иногда в экспликацию вносят и текст надписей, которые надлежит выполнить на табличках.

Кроме экспликации *для каждой электроконструкции, составляют спецификацию.* В спецификации содержится меньше позиций, чем в экспликации, так как все изделия одного типа (имеющие один и тот же паспорт) занимают одну строку. Но в ней указывается количество изделий и номера соответствующих позиций экспликации, чтобы было понятно, из чего составилась данная позиция.

В спецификацию (в отличие от экспликации) вносят провода, разделяя их по маркам, сечениям и номинальным напряжениям, а также зажимы, группируя их по исполнениям (нормальные, соединительные, испытательные и т. п.).

Как показано ниже, спецификации полезно нумеровать.

Планы электропроводок также *снабжаются экспликациями.* Все электроконструкции, а также аппараты, устанавливаемые отдельно, обычно нумеруются и под этими номерами значатся в экспликации. Каждая электроконструкция принимается за одно изделие с ссылкой на его тип или номер чертежа общего вида.

Спецификации на планах составляются на основании экспликации, кабельного и трубного журналов.

Итак, экспликации служат для разъяснений, а спецификации для обеспечения аппаратурой, оборудованием, проводами и кабелями, материалами.

Из спецификаций всех чертежей составляют с в о д н у ю. Если же спецификации отдельных чертежей перенумерованы, то в сводной легко делать на эти номера ссылки. А ссылки, во-первых, дают возможность проектировщику надежно проверить свою работу. Во-вторых, нередко возникает вопрос о возможности замены типа оборудования. Но чтобы решить, возможна ли замена, нужно точно знать, для чего было предназначено заменяемое оборудование.

Вопросы замены возникают не только при строительстве. В эксплуатации также далеко не всегда в запасе есть вся номенклатура изделий. Кроме того, эксплуатационный запас нужно пополнять, а номенклатура изделий, выпускаемых промышленностью, меняется. Где, например, найти в 1965 г. аппараты, которые выпускались 30 лет тому назад? А жизнь заставляет их частично заменять. Значит нужно из современных аппаратов подобрать такие, которые могут по своим характеристикам совместно работать со старыми, остающимися пока в работе.

Одним словом, *толково составленные экспликации и спецификации являются отнюдь не второстепенными частями проекта*[1].

Сводная спецификация иногда разделяется на несколько спецификаций в зависимости от системы организации работы. Например, в одну из спецификаций объединяют все, что необходимо для монтажа электроконструкций на электротехническом заводе или в мастерских. В другую включают то, что необходимо для монтажа на месте и т. п.

Очень *опасно спутать спецификации,* предназначенные *для работы, со спецификациями,* предназначенными *для заказа* (их иногда называют заказными). Дело в том, что одно и то же изделие может фигурировать

[1] Этот параграф включен в настоящее издание по просьбе читателей — молодых специалистов, которым по неопытности иногда кажется, что поручая составление спецификаций, их занимают недостаточно ответственным делом и в то же время предъявляют слишком жесткие требования.

в нескольких спецификациях для работы. Например, электроконструкция имеет «свою» спецификацию для изготовления. Но эта же электроконструкция может входить в спецификацию на плане электропроводки того помещения, где она монтируется. Поэтому, если механически переписать содержание всех спецификаций и полагать, что получилась заказная спецификация — значит, совершить грубую ошибку: одно и то же заказать несколько раз.

15. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ

Проект должен хотя бы вкратце указывать, в какой последовательности и по каким чертежам нужно выполнять работу. Тому, кто проектировал, составить такой документ просто, а для исполнителей он весьма важен, в особенности, когда дело идет о реконструкции действующих установок. В этих условиях нужно найти подходящее время, когда установку можно без ущерба для работы потребителя отключить, например, чтобы подготовить место для установки новой арматуры для сигнальных ламп (в нашем примере на панели щита № 2). Не исключена необходимость создания временных панелей. Тогда нужно во всех деталях продумать, как вывести эти панели из работы, как освободить отключенные панели на период монтажа и как затем вновь их ввести в действие.

Новое устройство должно быть испытано. Это — важный этап работы. Непродуманное испытание может привести к неправильным переключениям и они особенно вероятны в процессе первых испытаний, когда схема еще не полностью проверена и нет уверенности, что фактически выполнено именно то, что на ней изображено.

Наконец, новым устройством нужно пользоваться. Оно может изменить порядок оперативной работы персонала. Поэтому в проекте необходимо обязательно пояснить, что нового вносит устройство в организацию эксплуатации, какие открывает возможности, каково значение сигналов и как эксплуатационному персоналу следует на них реагировать.

16. ДОКУМЕНТЫ ДЛЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работы финансируются по сметам. Исходными данными для составления смет служат: а) объем работ, определяемый по проекту; б) прейскуранты на оборудование, аппаратуру и запасные части к ним и материалы; в) ценники на монтаж оборудования; г) коэффициенты, которыми определяются: размеры накладных расходов, затраты на транспорт, заготовительно-складские расходы, удорожание работ, производящихся в условиях действующих устройств и т. п.

Объем работ должен отвечать на следующие вопросы: какую работу надлежит выполнить и в каких размерах, например:

№ п/п.	Наименование работы	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Установить салазки на готовый фундамент и укрепить на них электродвигатель мощностью 2,8 *квт*	компл.	1	—
2	Проложить по стенам кабель марки ВРГ 3×2,5	*м*	70	В ночное время

Прейскуранты — это официальные сборники цен по видам оборудования и материалов. Каждый прейскурант имеет шифр (номер). Например в прейскуранте № 07-01 даны цены на электрические машины[1]. По прейскуранту № 15-04 определяются цены на низковольтную электрическую аппаратуру и запасные части к ней. Прейскурант № 15-09 устанавливает цены на провода и кабели.

Цены в прейскурантах сведены в таблицы. В них включены: прейскурантный номер (на него делается ссылка в смете); тип оборудования, его краткая техническая характеристика, вес нетто (т. е. без упаковки) и оптовая цена. Например, цена выбранного нами электродвигателя к схеме рис. 9 находится по следующей таблице прейскуранта № 07-01.

Для изделий, которые состоят из нескольких узлов

[1] Прейскуранты и Ценники, из которых заимствованы примеры, выпущены до введения нового масштаба цен. В приведенных ниже примерах, поясняющих состав расценок и сметы, цены переведены в новый масштаб.

Прейскурантный номер	Тип	Технические данные: мощность (*квт*) при синхронной скорости вращения, *об/мин*:			Вес нетто, *кг*		Оптовая цена за электродвигатель, руб.
		1 500	1 000	750	А	АЛ	
4	А42	2,8	1,7	—	41,5	29,5	227

(деталей), собираемых на месте монтажа, в прейскурантах перечисляется, что входит в комплект, но цена каждого узла (детали) дается отдельно. Так, например, в прейскуранте № 15-04 издания 1959 г. на стр. 35 сказано: в комплект предохранителя входят патрон и две контактные стойки и одна или две (в зависимости от величины тока) плавкие вставки. Но цена указана на патроны без плавких вставок. Следовательно, цена предохранителя (72,2 коп.) слагается из цен:

патрона (прейскурантный номер 309) — 30 коп.;

двух стоек с передним присоединением (прейскурантный номер 325) — $2 \times 20 = 40$ коп.;

двух плавких вставок (прейскурантный номер 337) — $2 \times 1{,}1$ коп. $= 2{,}2$ коп.

Необходимо подчеркнуть, что цены время от времени меняются, в связи с чем прейскуранты переиздают. На обложке каждого прейскуранта указано, с какого времени он вводится в действие.

Кроме того, номенклатура выпускаемых изделий из года в год становится все шире. Поэтому количество позиций в новых изданиях прейскурантов, как правило, возрастает, из-за чего порядковые номера, под которыми одно и то же изделие числится в разных изданиях прейскуранта, не совпадают. Поэтому графа «Прейскурантный номер» иногда разделяется на две части: слева — «Порядковый номер» (по данному изданию); справа — «Справочный номер» (по предыдущему изданию).

Ценники на монтаж оборудования. На обложке ценников указывается дата их введения в действие.

В настоящее время действует несколько ценников по видам работ. Например, ценник № 8 дает расценки на монтаж электрических установок, ценник № 24 — на монтаж оборудования предприятий промышленных материалов.

Этим ценникам предшествует общая часть. Она поясняет, что учитывается расценками и из чего слагается

заработная плата, дает разрядную сетку, устанавливает коэффициенты и условия их применения, размеры накладных расходов и т. п. В общей части даны перечень всех ценников и их порядковые номера.

Каждый ценник начинается технической частью. В ней рассматриваются специфические условия оценки работ по данному ценнику. В ценниках указан состав работы и перечислены материалы и конструкции, не учтенные в стоимости монтажных работ. Это требует пояснений. Дело в том, что расценки составлены по укрупненным показателям. Стоимость вспомогательных материалов (которые заготавливаются специализированными монтажными организациями в больших количествах) входят в расценку. Но трубы, кабель, электродвигатели и т. п. расценками не учтены.

Рассмотрим в качестве примера часть одной из таблиц ценника № 8.

В ценниках даны две расценки: для строек (предприятий) 1-й и 2-й групп. К какой из них относится данное придприятие, нужно узнать у администрации.

№ позиций	Наименование и техническая характеристика оборудования или видов монтажных работ	Единица измерения	Для строек 1-й группы		Для строек 2-й группы		В том числе стоимость материалов для строек 1 и 2-й групп, руб.	Затраты труда в натуральных человеко-днях
			Стоимость монтажных работ, руб.	В том числе заработная плата, руб.	Стоимость монтажных работ, руб.	В том числе заработная плата, руб.		
	Группа 5							
	Кабели, прокладываемые по стенам							
	Кабель при весе 1 *м*, *кг*							
8-2205	до 1	*км*	3 580	1 495	3 220	1 316	959	64
8-2206	до 1,5 . . .	*км*	4 230	1 795	3 800	1 580	1 454	79

Номер позиции состоит из двух частей. Слева (8)—номер ценника, справа (2205, 2206)—порядковый номер расценки. Так как трудоемкость определяется в конечном итоге весом кабеля и условиями его прокладки, то и расценка отнесена к определенным условиям (прокладка по стенам) и весу единицы длины (*м*) кабеля независимо от его марки. Обратите внимание: вес кабеля дан на 1 *м*, а стоимость монтажных работ отнесена к 1 *км*.

Из каких же элементов складывается каждая расценка? Поясним это на примере. Для строек 2-й группы прокладка 1 *км* кабеля, каждый метр которого весит до 1 *кг*, стоит 322,0 руб. Сюда входят: заработная плата 131,6 руб., стоимость материала 95,9 руб. и накладные расходы. Накладные расходы в рублях определяются вычитанием из расценки (322,0 руб.) заработной платы (131,6 руб.) и стоимости материалов (95,9 руб.). В нашем примере они составляют 94,5 руб., или 71,8% по отношению к заработной плате (94,5:131,6×100% = 71,8%).

Нужно знать, что небольшие ремонтные работы финансируются иначе, чем крупные работы, связанные со значительными капиталовложениями. Поэтому и сметы и спецификации на небольшие работы (см. § 2 и Приложение) несколько отличаются от смет для капитального строительства, которые составляются специализированными проектными организациями.

Для небольших электромонтажных работ смета может составляться по следующей форме:

1. Демонтажные и монтажные работы

№ п/п.	№ позиций ценника	Коэффициент	Наименование работы	Единица измерения	Количество	Стоимость монтажных работ (заработная плата)	
						единица	общая
1	8-4702	1	Монтаж электродвигателя весом до 100 *кг*	шт.	2	3,8	7,6
2	8-4728	1	Ревизия электродвигателя	шт.	2	0,48	0,96
3	8-2206	0,25	Демонтаж кабеля	*км*	0,3	158,0	11,85
.	. . . .	....	. . . . .	. .	. .	. .	. . .
20	8-2205	1	Прокладка кабеля по стенам	*км*	0,09	131,6	11,84
			Итого	—	—	—	385,04
21	Общая часть § 14	1,2	На работы в условиях действующих подстанций по пунктам 1, 7, 11, 12 и 14 вводится коэффициент 1,2 275,0×0,2=55,0	—	—	—	55,00
			Итого	—	—	—	440,04

2. Накладные расходы на зарплату в размере 70%
440,04×0,7=308,03

3. Оборудование и материалы

№ п/п	№ позиций прейскуранта	Наименование оборудования и материалы	Единица измерения	Количество	Цена	
					Единицы	Всего
1	07-01, позиция 4	Электродвигатель типа А-42 380/220 *в*, 1 500 *об/мин*, мощностью 2,8 *квт*	шт.	2	22,7	45,4
. . . .		. . . . .	. .	. .	. . .	. . .
9	15-09, стр. 61	Кабель трехжильный для рабочего напряжения 500 *в* марки ВРГ 3×2,5	*км*	0,09	245,0	22,05
		Итого	—	—	—	142,0
10		Заготовительно-складские расходы в размере 10,5% стоимости материалов и оборудования 142,0××0,105=14,91	—	—	—	14,91
		Итого	—	—	—	156,91

Сводка итогов по смете:

1. Рабочая сила 440,04
2. Накладные расходы 308,03
3. Материалы и оборудование . . . 156,91

904,98

Пояснения: 1. Коэффициенты, размеры накладных расходов, стоимость заготовительно-складских расходов взяты здесь условно.

2. В графе 8 проставляется не вся расценка, а только ее часть, которая идет на заработную плату.

3. В графе 3 указаны коэффициенты. Например, к п. 3 вводится коэффициент 0,25. Это значит, что демонтажные работы расцениваются в 4 раза дешевле, чем монтажные, предусмотренные расценкой 8-2206. К п. 21 введен коэффициент 1,2. Он указывает на то, что работы по 1, 7, 11, 12 и 14 пунктам сметы производятся в условиях действующей подстанции, и потому оцениваются на 20% дороже. Удорожание работы, кроме того, может произойти по ряду других причин: сокращенный рабочий день, работа в условиях эксплуатации и т. п. Все это также учитывается соответствующими коэффициентами.

В ряде случаев следует предусматривать средства на электроэнергию, например для сушки электродвигателей, на транспорт оборудования и материалов и т. п.

Составление сметы — ответственный этап проектной работы. Чтобы правильно применить расценки, ввести все необходимые коэффициенты и т. п., следует обращаться за консультацией в плановый или технический отделы предприятий, где обычно можно также получить действующие прейскуранты, каталоги и ценники.

17. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИРЕКТИВНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) состоят из семи разделов: I. Общие правила. II. Канализация электроэнергии. III. Защита и автоматика. IV. Распределительные устройства и подстанции. V. Электросиловые установки. VI. Электрическое освещение. VII. Электрооборудование специальных установок. Каждый раздел состоит из глав, а главы — из параграфов. При ссылке на ПУЭ пишут, например, V-6-18, что обозначает: раздел V, глава 6, § 18.

В настоящее время надо пользоваться либо 3-м изданием 1964 г. (в которое включены все семь разделов) с учетом уточнений, опубликованных в журналах «Промышленная энергетика», № 10, 1964 г. и «Электрические станции», № 10, 1964 г., а также в «Инструктивных указаниях по проектированию электротехнических промышленных установок ГПИ «Тяжпромэлектропроект», № 8, 1964 г., либо 4-м изданием ПУЭ 1965 г.

Правила устройства электроустановок распространяются на все вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки с различными напряжениями до 500 *кв* включительно, за исключением специальных электроустановок, в отношении которых ПУЭ обязательны в той мере, в какой они не изменены специальными правилами (I-1-1). Отдельные требования ПУЭ можно применять для действующих электроустановок.

Обращается внимание на то, 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 по технике безопасности.

Строительные Нормы и Правила (СНиП) утверждены Госстроем СССР. Нормы и правила главы СНиП III-И.6-62* (III часть, раздел И, гл. 6 «Электротехнические устройства. Правила организации и производства работ. Приемка в эксплуатацию») распространяются на все отрасли народного хозяйства и обязательны для организаций, проектирующих электроустановки, выполняющих и принимающих работы по монтажу электроустановок, а также для всех общестроительных и специализированных организаций, поставщиков и изготовителей электрооборудования, электрических машин, приборов и аппаратов в части требований, относящихся к их профилю работы.

СНиП III-И.6-62* состоит из десяти разделов: 1. Общие положения. 2. Распределительные устройства и подстанции. 3. Силовое электрооборудование. 4. Осветительное электрооборудование. 5. Заземляющие устройства. 6. Электропроводки. 7. Кабельные линии. 8. Воздушные линии электропередачи до 1 000 *в*. 9. Воздушные линии электропередачи выше 1 000 *в*. 10. Сдача — приемка электромонтажных работ.

Стандарты. В СССР существуют общесоюзные стандарты (ОСТ), утвержденные до 1940 г., и Государственные общесоюзные стандарты (ГОСТ), утверждаемые после 1940 г. Применение ОСТ и ГОСТ обязательно для всех отраслей народного хозяйства.

В обозначении стандартов после буквенной части следует номер стандарта; две цифры после разделительного знака — год утверждения. Например, ГОСТ 7621-55 имеет № 7621 и утвержден в 1955 г.

В каждом ГОСТ указан срок его введения. Например, ГОСТ 7621-55 утвержден 13/VIII 1955 г., а введен с 1/VII 1956 г.

Каталоги содержат основные характеристики электрооборудования, проводов, кабелей и др. и указывают условия применения, установочные размеры, схемы соединений, расположение выводов и т. п.

Каталоги (за исключением сводных по отдельным видам оборудования) издаются отдельными выпусками, которые комплектуются в тома.

Наиболее распространены каталоги: «Электрооборудование», «Радиоэлектронная аппаратура», «Приборы и средства автоматизации».

Каталог «Электрооборудование» до 15 марта 1963 г. состоял из девяти томов, в каждом томе были разделы, содержащие отдельные выпуски. Например, том I «Электрические машины» имел разделы: 1. Асинхронные машины. 2. Синхронные машины. 3. Машины постоянного тока и т. п. По номеру выпуска легко определить, в каком томе и где следует его искать, так как первая цифра номера указывает том, вторая — раздел в данном томе и последние цифры — порядковый номер. Например, вып. 3294 находится во 2-м разделе 3-го тома и его порядковый номер 94.

С 15 марта 1963 г. введен классификатор каталожно-справочной информации по электротехническому оборудованию. Согласно классификатору в каталоге 24 серии, каждая серия состоит из разделов, разделы — из выпусков. Например, серия 01 «Электрические машины» имеет разделы: 01 (асинхронные электродвигатели 0,6—100 *квт*, 1 500 *об/мин* синхронных); 02 — то же мощностью 100—1 000 *квт* и т. д., всего в данной серии 30 разделов.

Выпуски нумеруются по определенной системе. Например, № 03.05.06-63 указывает: 06 — выпуск, 05 — раздел, 03 — серия, изд. 1963 г.

При выполнении проектов небольших электроустановок наиболее вероятно применение следующих серий: 01 — электрические машины (бывш. т. I), 07 — аппараты низкого напряжения (бывш. т. III), 08 — комплектные устройства управления и распределения энергии (бывш. т. III), 09 — светотехнические изделия (бывш. т. VII), 19 — кабельные изделия (бывш. т. VIII).

Каталог «Радиоэлектронная аппаратура и ее элементы» состоит из девяти томов, в том числе: т. IV — «Элементы аппратуры. Реле и коммутационные приборы», т. V — «Элементы аппаратуры. Конденсаторы и сопротивления», т. VIII — «Полупроводниковые приборы».

Из каталога «Приборы и средства автоматизации» электромонтерам наиболее полезны тома, в которых описаны: приборы для измерения температуры (т. 1), давления и разрежения (т. 2), количества и расхода жидкости, пара и газов (т. 3) и уровня (т. 4). Всего в каталоге десять томов.

Номенклатурные списки и справочники выпускаются заводами — изготовителями оборудования, содержат перечни выпускаемых изделий и нередко их цены. Там же указывается, какие изделия предполагается снять с производства и чем они будут заменены. Текущая информация заводов-изготовителей выходит быстрее, чем новые выпуски каталогов, и рассылается ряду организаций, в том числе ведущим проектным институтам.

Текущая информация. Директивные документы, справочные материалы заводов-изготовителей и другие аналогичные материалы публикуются в соответствующих электротехнических журналах.

Систематизированную информацию дает Государственный проектный институт Тяжпромэлектропроект в ежемесячных выпусках «Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок». В них публикуются директивные технические указания, материалы для проектирования, монтажа и наладки, освещаются сметные вопросы, приводятся сведения об изделиях электротехнических заводов.

Наиболее легко найти нужную информацию, пользуясь сводными систематизированными оглавлениями за год, которые публикуются в последних номерах периодических изданий.

«Указатель государственных стандартов» перечисляет все стандарты, действующие на 1 января текущего года, а также стандарты, утвержденные на 1 января, но срок действия которых еще не наступил. Там же указано, в какие стандарты внесены изменения. Содержание изменений публикуется в ежемесячном «Информационном указателе стандартов».

СПЕЦИФИКАЦИЯ К СХЕМЕ рис. 9

№ п/п.	Наименование оборудования (материала), тип (марка)	Техническая характеристика	Наименование каталога (прейскуранта), номер позиции (страницы), выпуска		Единица измерения	Количество
1	Электродвигатель асинхронный типа А42-4	2,8 *квт*, 220/380 *в*, 1 420 *об/мин*, исполнение защищенное Щ2	Каталог Министерства электротехнической промышленности, „Асинхронные электродвигатели общего применения", вып. 1	Прейскурант 07-01, позиция 4	шт.	1
	К нему салазки типа С 4		Тот же	Тот же, позиция 992	компл.	1
2	Магнитный пускатель переменного тока типа П-222М, катушка 380 *в* переменного тока	Для двигателей до 5 *квт* при напряжении до 380 *в*, нереверсивный, исполнение защищенное, комплектно с тепловой защитой	Каталоги ЦБТИ НИИ электропромышленности, вып. 3637	Прейскурант 15-04, позиция 752	шт.	1
3	Нагревательные элементы № 24 к тепловой защите для магнитного пускателя второй величины, ток 5,8—6,3 *а*	Для защиты двигателя 2,8 *квт* при напряжении 380 *в*	Тот же	Тот же, позиция 788	шт.	2
4	Патроны для предохранителей типа ПР-2	Габарит II, номинальный ток патрона 15 *а*, номинальное напряжение 500 *в*	Тот же, вып. 3124	Тот же, позиция 309	шт.	3
	К ним контактные стойки	Для переднего присоединения проводов 15 *а*, 500 *в*	Тот же	Тот же, позиция 325	шт.	6
	К ним плавкие вставки		Тот же	Тот же, позиция 337	шт.	3

Следует подчеркнуть, что в спецификации нужно называть оборудование и материалы так же, как они названы в каталогах (прейскурантах). Необходимо точно указывать название (шифр) каталога (ценника), а также порядковый номер позиции, под которым данный вид оборудования (материал) в них значится. Если нумерация позиций отсутствует, — указывают номер страницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волоцкой Н. В., Люминесцентные лампы и схемы их включения в сеть, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1962.

2. Воронцов Ф. Ф., Выбор сечений проводов и кабелей для электропроводок, изд. 4-е, Госэнергоиздат, 1962.

3. Жуков А. К., Электрооборудование вторичных цепей и их монтаж, изд. 3-е, 1961.

4. Зимин Е. Н., Защита асинхронных электродвигателей напряжением до 500 *в*, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1962.

5. Карпов Ф. Ф., Как выбрать сечение проводов и кабелей, «Библиотека электромонтера», изд-во «Энергия», 1965.

6. Карпов Ф. Ф., Как проверить возможность подключения к электросети короткозамкнутого электродвигателя, изд. 2-е, «Библиотека электромонтера», изд-во «Энергия», 1964.

7. Клюев С. А., «Как рассчитать электрическое освещение производственного помещения, изд. 2-е, «Библиотека электромонтера», изд-во «Энергия», 1964.

8. Клюев С. А. Осветительные сети производственных помещений, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1961.

9. Ключев В. И., Выбор электродвигателей для производственных механизмов, изд. 2-е, «Библиотека электромонтера», изд-во «Энергия», 1964.

10. Лившиц Д. С., Нагрев проводников и защита предохранителями в электросетях до 1 000 *в*, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1959.

11. Мишустина Л. И., Воздушные автоматические установочные выключатели серии А 3100, изд. 2-е, «Библиотека электромонтера», изд-во «Энергия», 1965.

12. Найфельд М. Р., Что такое защитное заземление и как его устраивать, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1959.

13. Найфельд М. Р., Защитные заземления в электротехнических установках, изд. 3-е, изд-во «Энергия», 1965.

14. Федотов Б. Н., Схемы электрических счетчиков, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1960.

ПРАВИЛА, НОРМЫ, СПРАВОЧНИКИ

15. Бачелис Д. С., Белоруссов Н. И. и Саакян А. Е., Электрические кабели, провода и шнуры, изд. 2-е, Госэнергоиздат, 1963.

16. Какуевицкий Л. И., Крупицкий А. Ю., Саков А. Д., Справочник, Реле защиты и автоматики, Госэнергоиздат, 1962.
17. Карвовский Г. А. и Окороков С. П., Справочник по асинхронным двигателям и пускорегулирующей аппаратуре, Госэнергоиздат, 1962.
18. Карпов Ф. Ф. и Козлов В. Н., Справочник по расчету проводов и кабелей, изд. 2-е, изд-во «Энергия», 1964.
19. Кнорринг Г. М., Справочник для проектирования электрического освещения, изд. 5-е, Госэнергоиздат, 1960.
20. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 4-е, изд-во «Энергия», 1965.
21. Соловьев П. Ф. и Чумаков В. М., Проводки и осветительные установки, изд. 4-е, Госэнергоиздат, 1961.
22. Государственный Комитет Совета Министров СССР по делам строительства, Строительные Нормы и Правила III, раздел И, глава 6 (СНиП III-И-6-62). Электротехнические устройства. Правила организации и производства работ. Приемка в эксплуатацию, Госстройиздат, 1963.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения о проектировании и его задачи 3
2. Особенности выполнения проектов небольших электроустановок 7
3. Техническое задание на новую работу 8
4. Предварительный вариант принципиальной схемы 11
5. Выбор аппаратуры 24
6. Корректирование принципиальной схемы 36
7. Анализ принципиальной схемы 42
8. Маркировка на принципиальной схеме и маркировка аппаратов 47
9. Назначение рабочих чертежей и их комплектование 51
10. Распределение аппаратуры по узлам и составление принципиально-монтажной схемы 52
11. Рабочие чертежи узлов 55
12. Схемы внешних соединений 61
13. Выбор проводов, кабелей и вспомогательных материалов . 62
14. Экспликации и спецификации 65
15. Организация работы 68
16. Документы для финансирования 69
17. Некоторые сведения о директивных и информационных материалах 74
Приложение 78
Литература 79

Цена 15 коп.