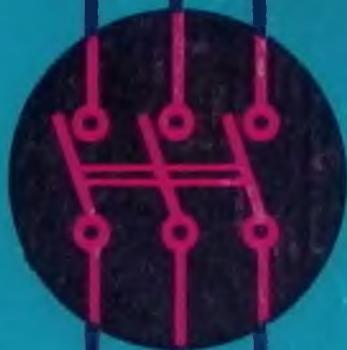


Б22.7  
Р-63

Л. П. РОЖКО



# ЭЛЕКТРИК ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Книга должна быть возвращена не  
позже указанного здесь срока

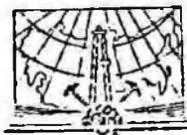
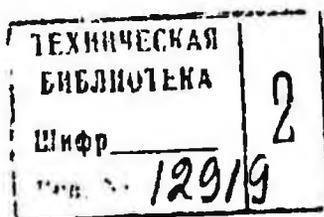
Количество предыдущих выдач \_\_\_\_\_

622.7	12919
РБЗ	Рожко
Электрик обога-	
нительных	
градир	65 ко.
ч.х	368

✓ 77 2005  
Л. П. РОЖКО

622.7  
Р 63

# ЭЛЕКТРИК ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»  
МОСКВА — 1965

### **АННОТАЦИЯ**

*В книге приводятся основные сведения о наиболее распространенном электрооборудовании рудных обогатительных фабрик. Рассматриваются электрические схемы управления, схемы автоматизации и диспетчеризации. Освещаются основные положения об электроснабжении и электроосвещении обогатительных фабрик.*

*В объеме, необходимом дежурному электрику, приводятся сведения по обслуживанию и ремонту электрооборудования, по чтению электрических схем.*

*Книга предназначена для подготовки и повышения квалификации электриков обогатительных фабрик.*

Рецензент М. С. ДЬЯЧЕНКО

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Важнейшим условием создания материально-технической базы коммунизма является возрастающий технический прогресс, обеспечивающий значительный рост производительности труда главным образом за счет внедрения новой техники и технологии, дальнейшей электрификации и автоматизации производства.

На вновь строящихся, а также на реконструируемых обогатительных фабриках устанавливается новое, более производительное технологическое оборудование, широко вводятся диспетчерское управление и автоматизация, совершенствуются схемы управления и увеличивается энерговооруженность фабрик.

Основная цель данной книги ознакомить работающих и подготавливаемых дежурных электриков с основным электрооборудованием и спецификой электроустановок современных обогатительных фабрик.

Электрооборудование механизмов поточно-транспортных систем (ПТС), схемы управления и сигнализации, рассмотренные в книге, не охватывают весь комплекс схем и устройств, встречающихся на фабриках. Однако комплектные устройства для диспетчерского управления механизмами ПТС, которые стали применять в последнее время, выполняются по схемам, рассмотренным в книге. Поэтому читатель, усвоивший принципы построения схем ПТС, сможет разобраться в других схемах и устройствах, встречающихся на фабриках.

В книге кроме печатных трудов использованы и систематизированы проектные материалы институтов «Уралмеханобр» и «Тяжпромэлектропроект».

Автор выражает благодарность М. В. Дьяченко за ряд советов, данных при рецензировании рукописи, и редактору М. В. Грейсуху за критические замечания и помощь, оказанную при подготовке рукописи к печати.

Все замечания и пожелания относительно содержания книги прошу присылать по адресу: Москва, площадь Белорусского вокзала, 3, издательство «Недра».

---

## КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Полезные ископаемые большей частью непригодны для непосредственного использования в промышленности и обычно подвергаются предварительной обработке — обогащению.

Обогащением называется совокупность механических операций, которым подвергается полезное ископаемое с целью выделения из него ценных минералов.

В результате обогащения получают концентраты с преобладающим содержанием в них ценных (рудных) минералов, хвосты с преобладающим содержанием пустой породы и промежуточные продукты (промпродукты) с преобладающим содержанием сростков ценного минерала с пустой породой.

Существующие методы обогащения основаны на использовании физических и физико-химических свойств минералов (цвета, блеска, промывистости, плотности, магнитной восприимчивости, смачиваемости поверхности и др.), входящих в состав полезного ископаемого.

К основным процессам обогащения относятся гравитационное, магнитное и электрическое обогащение и флотация.

Гравитационное обогащение основано на использовании различия в плотностях минералов и разной скорости движения минеральных частиц в среде. В качестве разделяющей среды могут быть использованы вода, воздух, тяжелая суспензия и реже тяжелая жидкость.

Основными методами гравитационного обогащения являются отсадка, обогащение на концентрационных столах, обогащение на шлюзах, обогащение в тяжелых суспензиях.

Магнитное обогащение основано на использовании различия в магнитных свойствах минералов. Разделение минеральных частиц происходит в магнитном поле сепаратора, создаваемом элект-



тромагнитом, который питается постоянным электрическим током.

Электрическое обогащение основано на использовании различия в величине и знаке заряда минералов. Разделение минеральных частиц происходит в электрическом поле.

Флотация основана на различном смачивании минеральных частиц водой. При флотации через пульпу, содержащую минеральные частицы, пропускают пузырьки воздуха. Зерна несмачиваемых минералов прилипают к пузырькам воздуха и всплывают вместе с ними на поверхность, а зерна смачиваемых минералов не прилипают к пузырькам и остаются в воде. К пульпе добавляют флотационные реагенты, которые ухудшают или улучшают смачиваемость минералов водой, регулируя тем самым процесс флотации.

Обогащение полезных ископаемых (руд) производится на обогатительной фабрике. Руда, поступающая на фабрику, проходит следующие стадии обработки:

1. Подготовку к обогащению — дробление, грохочение, измельчение и классификацию.
2. Обогащение.
3. Обработку концентратов и хвостов — обезвоживание и сушку.

Руда все время находится в движении: поступает в бункера, из них подается в дробилки и другие аппараты, направляется от одного аппарата к другому и т. д. Поэтому на фабрике широко распространены транспортирующие устройства (конвейеры, элеваторы, загрузочные тележки, питатели).

Обогатительные фабрики чаще всего располагаются каскадно на склоне горы для того, чтобы можно было осуществить самотек перемещаемых материалов.

В зависимости от назначения обогатительные фабрики делятся на дробильно-сортировочные, промывочные, магнитнообогатительные, флотационные. В ряде случаев обогащение на фабрике осуществляется комбинированными способами: магнитным и флотационным и т. д. Обычно фабрика состоит из нескольких отделений (корпусов): дробления, обогащения, сушки, складов, перегрузочных узлов и т. д.

Процесс обогащения руды осуществляется по технологической схеме, на основе которой составляется схема цепи аппаратов. На последней условно показывается вся используемая аппаратура и ее последовательное расположение по пути следования материала. Стрелками показывают поток материала. Схема цепи аппаратов современной крупной магнитнообогатительной фабрики показана на рис. 1.

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Материалы, применяемые в электрических машинах, аппаратах и электротехнических установках, в основном делятся на проводниковые, изоляционные, магнитные и полупроводниковые.

## § 1. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К проводниковым материалам главным образом относятся металлы. Металлические проводники, получившие широкое распространение, могут быть разделены на две категории: проводники высокой проводимости, к которым относятся медь, алюминий, бронза, сталь, серебро, и проводники высокого сопротивления, к которым относятся никром, фехраль, манганин, константан. Проводники первой категории идут на изготовление обмоток катушек машин и аппаратов, шин, проводов и кабелей; проводники второй категории — на изготовление нагревательных приборов, реостатов, ламп накаливания и т. п.

Медь — наиболее распространенный (до последнего времени) металл в электротехнике. Достоинства меди: малое удельное сопротивление ( $\rho \approx 0,0172 \div 0,0175 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ), достаточно высокая механическая прочность, стойкость к коррозии, легкость пайки, сварки и обработки. Применяют твердотянутую медь марки МТ (для коллекторных пластин, контактных проводов) и мягкую медь марки ММ (для обмоточных проводов).

Алюминий — весьма распространенный в настоящее время металл в электротехнике. По электропроводности алюминий стоит на третьем месте (после серебра и меди); его удельное сопротивление  $\rho \approx 0,029 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ , а плотность в 3,3 раза меньше, чем у меди. По механическим качествам алюминий значительно уступает меди. Для увеличения механической прочности применяют сплавы с алюминием, а также конструктивное соединение алюминия со сталью, например сталеалюминиевый провод, сердцевина которого выполнена из стальных проволок. Алюминий бывает твердый — марки АТ (прочность на разрыв  $18 \text{ кг}/\text{мм}^2$ ) и мягкий — марки АМ (прочность на разрыв  $8-9 \text{ кг}/\text{мм}^2$ ). Он применяется не только как токопроводящий материал, но также для оболочек кабелей.

Сталь имеет в 6—7 раз большее удельное сопротивление, чем медь ( $\rho \approx 0,1 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ), но значительно большую механическую прочность. Сталь применяют для магистралей заземления, троллейных линий, для незагруженных воздушных линий. Сталь легко корродирует, поэтому для воздушных линий стальные провода делают оцинкованными.

Кроме меди, алюминия и стали употребляется бронза (сплав меди с оловом, кремнием и другими элементами) и латунь (сплав меди с цинком). Проводимость бронзы и латуни меньше,

чем меди, но они обладают большей прочностью и твердостью. Как вспомогательные материалы, в электротехнике применяются свинец, олово и ртуть.

Свинец применяют для защитных оболочек кабелей. Из него изготовляют пластины кислотных аккумуляторов.

Олово используют главным образом для пайки. Тонкие листы олова (станполь) идут на изготовление конденсаторов.

Ртуть используется в ртутных выпрямителях, ртутных лампах и реле. Пары ртути ядовиты.

Вольфрам наиболее тугоплавкий из всех металлов; его температура плавления  $3400^{\circ}\text{C}$ . Применяется для изготовления нитей ламп накаливания.

Нихром (сплав никеля и хрома) идет на изготовление спиралей электронагревательных приборов; его рабочая температура до  $1000^{\circ}\text{C}$ , а удельное сопротивление около  $1 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Фехраль (сплав железа, хрома и алюминия) имеет рабочую температуру около  $800^{\circ}\text{C}$ , а удельное сопротивление  $1,25\text{—}1,35 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ . Применяется для изготовления нагревательных приборов.

Манганин (сплав меди, марганца и никеля) идет на изготовление шунтов эталонных сопротивлений. Температура его нагрева не выше  $250\text{—}300^{\circ}\text{C}$ , а удельное сопротивление  $0,42 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Константан (сплав меди и никеля) идет на изготовление реостатов и сопротивлений. Его рабочая температура около  $450^{\circ}\text{C}$ , а удельное сопротивление  $0,3\text{—}0,5 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Щетки электрических машин, служащие для создания скользящего контакта между ними и коллектором или кольцами, изготовляют из электротехнического угля. Последний изготовляют из графита, каменного угля, сажи, которые измельчают и перемешивают с каменноугольными смолами, затем прессуют и обжигают.

## § 2. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Электроизоляционными материалами являются диэлектрики, в которых в отличие от проводников нет свободных электронов, так как они прочно связаны с ядром атома. Поэтому они не проводят электрический ток.

Когда к диэлектрику прикладывается напряжение, т. е. создается определенная напряженность электрического поля, в диэлектрике происходит упругое смещение электрических зарядов. Это смещение исчезает при снятии напряжения и диэлектрик приходит в свое первоначальное состояние.

При некоторой предельной величине напряженности электрического поля смещение становится настолько большим, что происходит разрушение, т. е. пробой диэлектрика, и он теряет свои изолирующие свойства. Для каждого диэлектрика имеется предельная величина напряжения, при которой наступает пробой. Эта величина называется пробивным напряжением.

Величина, характеризующая способность данного материала сопротивляться пробоя, называется электрической прочностью (пробивной прочностью). Эта величина равна пробивному напряжению, измеренному в киловольтах, деленному на толщину изоляции в миллиметрах. Следовательно, пробивное напряжение данного слоя изоляции равно произведению электрической прочности данной изоляции на толщину слоя. Пробивное напряжение характеризует в целом электроизоляционную конструкцию (изоляторы, изоляцию кабеля, машины и т. п.). Чтобы не происходило пробоя изоляции, необходимо следить за рабочим напряжением, т. е. приложенным напряжением, которое должно быть всегда меньше пробивного.

Кроме электрической прочности, другими весьма существенными показателями электроизоляционных материалов являются теплостойкость (нагревостойкость) и морозостойкость.

Теплостойкость (нагревостойкость) — способность электроизоляционных материалов и изделий (без вреда для них) как кратковременно, так и длительно выдерживать воздействие высокой температуры, а также резкие смены температуры.

Характеристика электроизоляционных материалов по электрической прочности и нагревостойкости приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика электроизоляционных материалов по электрической прочности и нагревостойкости

Материал	Электрическая прочность при 20°С. кв. действ./мм	Нагревостойкость, °С
Асбест . . . . .	2,4—4,6	500—600
Асбоцемент . . . . .	2—3	250
Битумы . . . . .	15—20	Температура размягчения 30—130
Бумага . . . . .	5—10	110
Воздух . . . . .	21,9—22,7	—
Гетинакс . . . . .	20—38	150—180
Древесина . . . . .	2,2—5,6	—
Лакоткани . . . . .	20—70	105
Масло трансформаторное . . . . .	15—20	Температура вспышки 135—145
Полихлорвинил . . . . .	6—15	Потеря механической прочности 100
Резина . . . . .	16—40	Потеря механической прочности 100—120
Слюда . . . . .	95—175	550—900
Совтол . . . . .	14—18	150—160
Текстолит . . . . .	—	135—150
Фарфор . . . . .	22—28	Нагревостойкость без смен температуры 1000
Электрокартон . . . . .	12—32	90

Морозостойкость — способность изоляции работать без ухудшения эксплуатационной надежности при низких температурах (от 60 до —80°С).

Электроизоляционные материалы встречаются во всех трех видах физического состояния вещества: газообразном, жидком и твердом. Кроме того, имеется группа твердеющих электроизоляционных материалов, которые вначале находятся в жидком состоянии, а затем переходят в твердое (смолы, лаки, компаунды и т. п.).

### **Газообразные электроизоляционные материалы**

Основным газообразным электроизоляционным материалом является воздух, который служит изолятором в электроустановках (воздушные линии электропередач, голые токоведущие участки панелей, щитов, высоковольтных устройств). При невысоких напряжениях воздух является хорошим изолятором, но при повышении напряжения легко происходит пробой воздушного промежутка.

Электрическая прочность воздуха составляет 3—5 кВ/мм, что значительно ниже электроизоляционной прочности твердых и жидких электроизоляционных материалов. Поэтому расстояние между токоведущими проводниками, имеющими воздушную изоляцию, делают обычно большим, чем расстояние между проводниками, разделенными твердым или жидким электроизоляционным материалом.

### **Жидкие электроизоляционные материалы**

К жидким электроизоляционным материалам относятся минеральные (невысыхающие) и растительные (высыхающие) масла. К минеральным маслам относится трансформаторное масло, получаемое при ступенчатой перегонке нефти, которым заливают трансформаторы. Пропитывая изоляцию обмоток и разделяя их изолирующим слоем, трансформаторное масло повышает электрическую прочность и содействует лучшему охлаждению обмоток и магнитопровода трансформатора. В масляных выключателях трансформаторное масло быстро гасит дугу, которая образуется в момент отключения.

Свойства трансформаторного масла должны соответствовать требованиям «Правил устройств электротехнических установок» (ПУЭ).

Электрическая (пробивная) прочность является основной характеристикой масел и колеблется от 20 до 40 кВ на 2,5 мм.

Для хорошей циркуляции масло должно обладать небольшой вязкостью, которая измеряется в градусах условной вязкости. Градус условной вязкости — это отношение времени истечения масла ко времени истечения такого же объема воды из сосуда с отверстием определенного диаметра. Вязкость трансформаторного масла должна быть не выше 4,2° при температуре 20 °С и не выше 1,8° при температуре 50 °С.

Температурой вспышки называется температура, при которой смесь паров масла с воздухом вспыхивает от приближения открытого пламени. Для обеспечения пожарной безопасности температура вспышки масла должна быть не ниже 130—135 °С.

Трансформаторное масло не должно содержать механических примесей, кислот и щелочей, а также воды и воздуха. Под действием электрического поля все эти примеси образуют токопроводящие мосты и сильно снижают изоляционные свойства масла. С течением времени даже совершенно чистое масло стареет, т. е. темнеет и становится более вязким; в масле образуются загрязняющие его продукты старения (кислоты, смолы и др.), которые в виде шлама осаждаются на дне бака.

При ухудшении свойств масла его необходимо заменить свежим, а старое масло очистить. Очистка масла производится при помощи центрифуги (сепаратора) и фильтрованием в фильтр-прессе.

Полное восстановление качества масла производится особо глубокой очисткой, так называемой регенерацией. При этом масло пропускается через слой вещества — адсорбента, способного поглощать продукты старения масла и воду. Такими веществами являются специальные глины, окись алюминия, силикагель и др.

Кроме трансформаторного масла применяют также и другие нефтяные масла, например кабельные масла повышенной вязкости, конденсаторное масло. Для пропитки бумажных конденсаторов применяют получаемое из бензола синтетическое масло — совол.

Совол — прозрачная бесцветная более вязкая, чем трансформаторное масло, жидкость с высокой температурой воспламенения.

В настоящее время выпускаются силовые трансформаторы серии ТНЗ с негорючим заполнением совтолом-10, охлаждающей и изолирующей жидкостью, химически устойчивой, пожаро- и взрывобезопасной.

Совтол — по внешнему виду бесцветная прозрачная или слегка желтоватая жидкость, не содержащая воды и механических примесей; плотность при 20 °С равна около 1,56 г/см<sup>3</sup>.

По своему химическому составу совтол представляет собой смесь полихлоридов дифенила с трихлорбензолом, взятых в определенном соотношении. Совтол категорически запрещается смешивать с трансформаторным маслом.

Совтол ядовит, поэтому длительное вдыхание его паров может вызвать хроническое отравление организма человека. При работе с совтолом следует надевать спецодежду, которую необходимо снимать по окончании работы и хранить отдельно от другой одежды.

Если имеются большие открытые поверхности совтола, то работы нужно производить под колпаком вытяжной вентиляции или применять противогазы или специальные маски. Открытые части

тела после работы с совтолом следует хорошо обмыть теплой водой с мылом. Если совтол попал на кожу, его сначала смывают ацетоном или другим растворителем, а затем теплой водой с мылом.

## Твердеющие электроизоляционные материалы

Твердеющие электроизоляционные материалы представляют собой промежуточную группу между жидкими и твердыми материалами. При введении их в электрическую изоляцию они являются жидкостями, а затем затвердевают. К ним относятся смолы, битумы, компаунды, электроизоляционные лаки.

**Смолы** (канифоль, шеллак, бакелит, глифталъ) — вещества органического происхождения, имеющие стеклообразное некристаллическое строение. Смолы расплавляются при нагреве или растворяются в различных жидкостях (кроме воды).

**Канифоль** получается из смолы хвойных деревьев, главным образом сосны. Применяется при изготовлении кабельных и заливочных масс.

**Шеллак** — природная смола, легко растворяется в спирте и обладает высокой клеящей способностью.

**Бакелит** — синтетическая смола, получаемая варкой фенола (карболовая кислота) с формалином в присутствии аммиака. По окончании варки представляет собой темно-коричневую массу с температурой размягчения  $80^{\circ}\text{C}$ . При нагреве до  $110\text{--}140^{\circ}\text{C}$  бакелит опять твердеет и переходит в новую форму. Этот бакелит уже не плавится и не растворяется в жидкостях, прочен и имеет хорошие электроизоляционные свойства.

**Глифталъ** — искусственная смола, получаемая из глицерина и фталевого ангидрида. При нагревании вначале размягчается, а затем переходит в твердое состояние. Преимущество глифталя перед бакелитом — большие эластичность, клейкость и стойкость к поверхностным электрическим разрядам.

**Битумы** являются продуктами переработки нефти. Это — вещество черного цвета, близкое к смолам, при низких температурах хрупкое, при нагревании размягчается и расплавляется. Естественные битумы называют асфальтами.

**Компаунды** изготовляют из нефтяных битумов с добавкой льняного масла и канифоли. В холодном состоянии они твердые, а при нагревании расплавляются. Компаунды идут на пропитку бумажной изоляции кабелей (пропиточные компаунды), а также для заливки кабельных муфт (заливочные компаунды).

**Лаки** являются растворами твердеющих веществ (смол, битумов, высыхающих масел) в летучих растворителях. При сушке лака растворители улетучиваются и остается так называемая основа — твердеющие вещества. В зависимости от назначения лаки бывают пропиточные, покровные и клеящие, а в зависимости от

основы — масляные, черные (битумные) бакелитовые, шеллачные, глифталевые и др. Лаки образуют пленку, обладающую высокими электроизоляционными качествами и малой гигроскопичностью.

### **Волокнистые электроизоляционные материалы**

К волокнистым электроизоляционным материалам относятся пряжа, ткани, ленты, бумага, картон, фибра, асбест, стекольное волокно. Волокнистые материалы (лакоткань, изоляционная лента, смоляная лента и т. п.), как правило, прочны, но гигроскопичны, поэтому их обычно пропитывают различными веществами.

### **Пластические массы**

Пластмассы состоят из связующего элемента (смола, битум и т. д.) и наполнителя (каменная мука, древесная мука, хлопчатобумажные очесы и др.). Пластмассы получают либо горячей, либо холодной прессовкой. Большое распространение в электротехнике получили слоистые пластики — гетинакс и текстолит.

Гетинакс изготавливают из прочной и нагревостойкой бумаги, которую пропитывают бакелитовой смолой.

Текстолит аналогичен гетинаксу, но изготавливают его не из бумаги, а из пропитанной ткани. Гетинакс и текстолит применяются в электроаппаратостроении.

Широко применяются в электротехнике каучуковые материалы — резина и эбонит.

### **Минеральные электроизоляционные материалы**

К минеральным изоляционным материалам относятся слюда, мрамор, шифер. Минерального происхождения являются также распространенные электроизоляционные материалы, как стекло и фарфор.

## **§ 3. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

К магнитным материалам относятся материалы, хорошо проводящие магнитный поток или длительно сохраняющие намагниченное состояние. Первые называются магнитомягкими, а вторые — магнитотвердыми материалами.

Магнитомягкие материалы применяют для изготовления сердечников трансформаторов, электрических машин, электромагнитов, а магнитотвердые — идут на изготовление постоянных магнитов.

Магнитными материалами являются специальные стали, изготовленные из сплавов железа с различными элементами (кремний,

хром, вольфрам, кобальт и др.). В качестве магнитомягкого материала применяют также чугун. Листовая электротехническая сталь получается при введении от 0,8 до 4,8% кремния.

## Глава III

### ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

#### § 1. ПОНЯТИЕ О ЧЕРТЕЖЕ

Чертеж является основным техническим документом, по которому изготавливаются детали, машины, строятся здания и сооружения. Чертеж даёт более полное представление об изображаемых предметах, чем самое подробное их описание.

Для изображения предметов можно воспользоваться рисунком, фотографией или чертежом. При рисовании и фотографировании предмет изображается таким, каким мы его видим, а на чертеже он изображается по особым правилам при помощи специальных инструментов.

На рисунке и фотографии длина, ширина и высота дают в одной проекции, что искажает истинную величину размеров и форму предмета. Так, на рис. 2 торец стержня имеет не форму окружности, а форму овала. На чертеже же предмет изображается в нескольких видах или проекциях, показывающих только одну сторону предмета (например, вид спереди, вид сверху, вид сбоку).

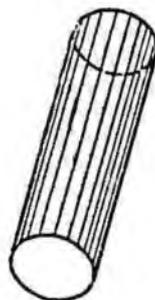


Рис. 2. Рисунок цилиндра

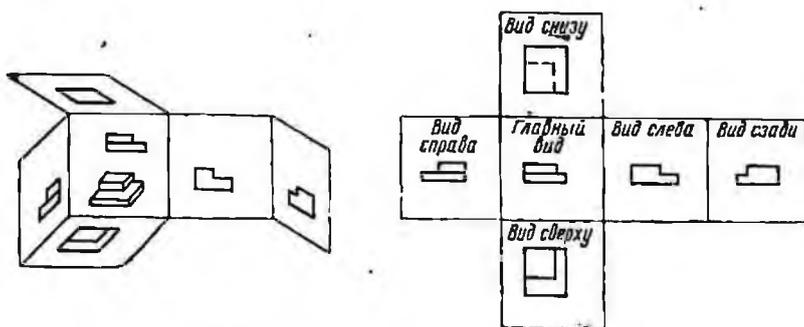


Рис. 3. Расположение проекций

Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТ) установлены шесть основных проекций: главный вид (или вид спереди), вид сверху, вид слева, вид справа, вид снизу и вид сзади.

Если представить себе, что изображаемый предмет находится внутри куба, в гранях которого находятся объективы фотоаппара-

тов, то каждая из проекций будет изображаться тем снимком, который произведен фотоаппаратом из соответствующей грани куба. Если куб развернуть, то получим все шесть проекций предмета (рис. 3). В чертежах деталей средней сложности количество необходимых проекций обычно ограничивается тремя.

На чертеже проекции изображаются с точным соотношением действительных размеров предмета.

Различают три основных вида машиностроительных чертежей: рабочий чертеж, по которому изготавливается деталь; сборочный чертеж, по которому собирают изделие; установочный чертеж, по которому производят установку оборудования.

Кроме чертежа и рисунка еще различают эскиз, который представляет собой выполненные от руки проекции предмета без соблюдения масштаба, но со всеми необходимыми размерами. Обычно эскиз составляется тогда, когда необходимо составить чертеж уже изготовленной детали.

## Масштаб

Обычно предмет вычерчивают не в натуральную величину, а в уменьшенном (редко в увеличенном) виде. При этом все размеры предмета меняют в строго определенном соотношении. Отношение длины отрезка на чертеже к его действительной длине называется масштабом.

Наиболее употребительные масштабы, утвержденные ГОСТом: 1:2; 1:5; 1:10; 1:20; 1:25; 1:50; 1:100; 1:200; 1:1000; 1:2000 и 2:1; 5:1; 10:1. На чертеже масштабы указываются так: М 1:2; М 1:50.

Размерные числа на чертеже всегда указывают действительные размеры предмета независимо от масштаба изображения.

## Разрезы и сечения

В машиностроительных чертежах сплошными линиями изображаются линии видимого контура, размерные и выносные, контурные линии выполняются более толстыми. Штриховыми линиями изображаются невидимый контур, резьба, окружность впадин зубчатых колес. Штрих-пунктиром проводятся осевые и центровые линии (рис. 4).

Для более ясного представления об изображаемом предмете в черчении применяют разрезы и сечения. Предмет мысленно разрезают одной или двумя плоскостями, при этом часть предмета, которая оказывается между глазом наблюдателя и разрезающей плоскостью, удаляют и на проекции изображают предмет без этой части. Места разреза штрихуются (рис. 5).

Разрезы бывают простыми (одной плоскостью) и сложными (по двум и более плоскостям).

На рис. 6 показан разрез двумя взаимно перпендикулярными плоскостями (вырезана четверть). Так как предмет симметричен,

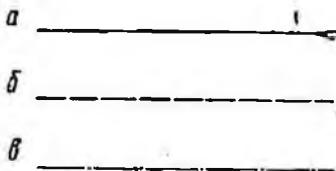


Рис. 4. Линия чертежа

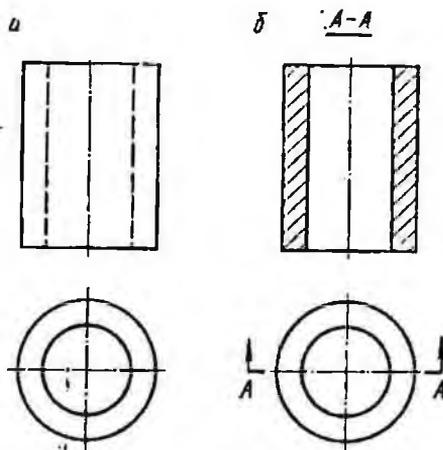


Рис. 5. Чертеж цилиндра:  
а — неразрезанный, б — разрезанный

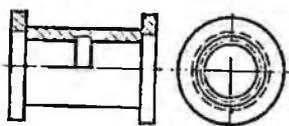


Рис. 6. Сложный разрез



Рис. 7. Вырыв

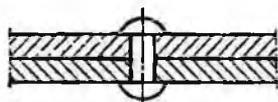


Рис. 8. Разрез по за-  
клепке

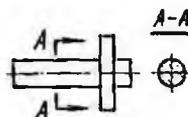


Рис. 9. Сечение

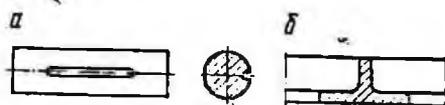
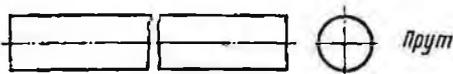
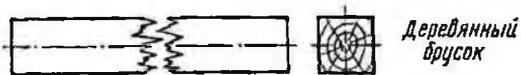


Рис. 10. Сечения:  
а — выносные, б — наложенные



Род



Деревянный  
брус



Металли-  
ческий  
брус



Цилиндр Рис. 11. Обрывы

ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА

Шифр

12919

2

то в одной плоскости изображены два вида предмета — с разрезом и без разреза, т. е. две проекции соединены в одну и разделены осевой линией (левая и правая часть).

Разрезы, показанные на рис. 5 и 6, называются полными, так как предметы изображены рассеченными по всей плоскости разреза. Для того чтобы выделить какой-либо участок предмета, имеющего обычно сложную форму, применяются также частичные разрезы (рис. 7).

Такие детали, как болты, винты, заклепки, шпонки, показывают неразрезаемыми (рис. 8).

Кроме разрезов, различают еще сечения, которыми называют изображение лишь того, что расположено в самой секущей плоскости. Части предмета, не рассеченные плоскостью, в сечении не показывают (рис. 9).

Сечения бывают выносные и наложенные (рис. 10). В первом случае они располагаются на линии сечения, во втором — внутри контуров изображения.

Непропорциональные по размерам детали часто изображают в укороченном изломанном виде (рис. 11).

## Размеры и размерные линии

На каждом чертеже проставляют все необходимые размеры. На машиностроительных чертежах все размеры ставят в миллиметрах, а на строительных — в сантиметрах.

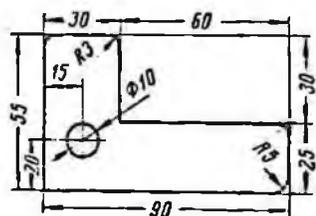


Рис. 12. Размерные линии

Для нанесения размеров проводят тонкие сплошные размерные линии, а для обозначения границ размера — тонкие сплошные выносные линии (рис. 12).

При нанесении размеров диаметров перед цифрой ставится знак  $\varnothing$ . Размерные числа для радиусов дополняются буквой  $R$ . При небольшом радиусе стрелку располагают с внешней стороны дуги.

## Условные обозначения на чертежах

Резьба на стержне изображается сплошными линиями по наружному диаметру и штриховыми — по внутреннему. Резьба в отверстии показывается сплошной и штриховой линиями (рис. 13).

Чистота обработки поверхности на чертеже изображается треугольниками, обращенными остриями к обрабатываемой поверхности. Установлены четыре группы чистоты обработки, в соответствии с чем ставится число треугольников: чем их больше, тем чище поверхность. Кроме того, для обозначения необработанных, ровных поверхностей применяется знак  $\sim$  (рис. 14).

Сварка в плане обозначается либо сплошной линией — непрерывный шов, либо толстой штриховой — прерывистый шов. В разрезе сварка показывается зачерненным сегментом (рис. 15).



Рис. 13. Изображение резьбы

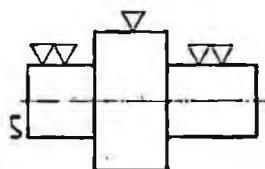


Рис. 14. Знаки обработки

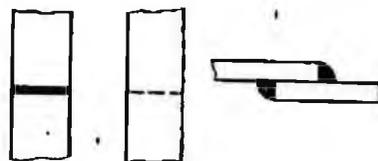


Рис. 15. Изображение сварки

## Особенности строительных чертежей

На строительных чертежах, представляющих собой план и разрезы зданий, для координации строительных элементов наносят оси, ряды и отметки.

Линии осей колонн, параллельных фасаду здания, называются осями, а перпендикулярные к ним линии осей колонны — рядами. Оси обозначаются в кружках заглавными буквами, а ряды — цифрами.

Отметки относительные и абсолютные служат для измерения высоты. Под относительной отметкой понимается вертикальное расстояние в метрах от какого-то условного уровня, отметка которого принимается нулевой (0,0). Абсолютная отметка — это расстояние по вертикали от уровня моря в метрах. На чертежах чаще ставят относительную отметку, которую обозначают значком  $\nabla$ . По отметкам легко определить любой вертикальный размер, равный разности отметок.

Например; отметка пола первого этажа равна +3,5, а отметка пола второго этажа равна +5,8.

## § 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

### Назначение

Электрической схемой называется условное изображение связи электрических машин, аппаратов, приборов и других частей между собой. Все элементы электрических установок изображаются условными обозначениями, принятыми по ГОСТу.

С помощью схем монтажники выполняют электрические соединения отдельных элементов электрического устройства, наладчики производят наладку, эксплуатационный персонал устанавливает связь между этими элементами, а дежурный персонал производит оперативные переключения. Имея ясное представление о схеме электрических соединений установки, можно избежать аварий и несчастных случаев. Наконец, схемы нужны для быстрого устранения неисправностей и производства ремонтных работ в электрической установке.

Для того чтобы прочесть схему, нужно хорошо знать принятые условные обозначения. Наиболее употребляемые условные обозначения приведены в табл. 2.

## Виды электрических схем

Ограничимся подробным рассмотрением схем силовых и осветительных установок, с которыми приходится иметь дело цеховому электрику обогатительной фабрики.

Схемы различают по следующим признакам:

1. По степени полноты изображения: однолинейные и многолинейные схемы.

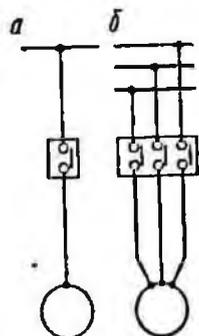


Рис. 16. Однолинейное (а) и трехлинейное (б) изображения электрических схем

2. По характеру изображаемых частей электрической установки: схемы силовых цепей (схемы первичных соединений), схемы цепей управления, блокировки и сигнализации (схемы вторичных соединений).

3. По назначению: принципиальные и монтажные.

Однолинейной называется схема, в которой все провода, передающие энергию от одного элемента электроустановки к другому, обозначаются одной линией (например, все фазы трехфазной сети обозначаются одной линией).

Многолинейной называется схема, в которой каждый провод изображается отдельной линией (например, в трехфазной сети — тремя линиями) (рис. 16).

В схеме силовых цепей изображаются электрические машины, аппараты и другие элементы электроустановки, в которых протекает электрический ток. Схема цепей управления, измерения, защиты, блокировки и сигнализации включает все приборы и аппараты, устанавливаемые для этих целей, и соединения между ними. В установках электроснабжения эти схемы соответственно называются схемами первичных и вторичных соединений, а схему, их объединяющую, — главной схемой.

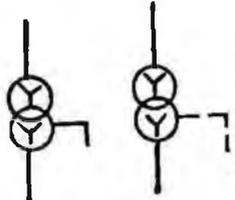
Принципиальные схемы предназначены для уяснения принципа работы электроустановки. По характеру построения они делятся на совмещенные и развернутые.

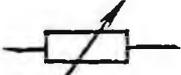
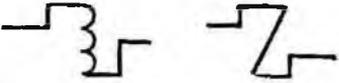
Совмещенной называется схема, в которой условные обозначения обмоток и контактов, отдельных приборов и аппаратов рисуются как бы совмещенными в пределах кожуха каждого прибора или аппарата.

Развернутой называется схема, в которой не считаются с действительным расположением катушек и контактов, а исходят из принципа электрической связи между элементами данного устройства. В этих схемах отдельные детали аппарата могут быть изображены в различных местах одной схемы или даже в разных схемах, например катушки в одной схеме, а их контакты в другой.

Таблица 2

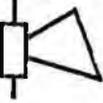
## Условные обозначения на схемах

Обозначение		Наименование элементов схем
новое, ГОСТ 7624-62	старое, ГОСТ 7624-55	
		Постоянный ток
		Переменный ток
		Электродвигатель асинхронный, трехфазный с короткозамкнутым ротором
		Электродвигатель асинхронный, трехфазный с фазным ротором
		Машина постоянного тока
		Трансформатор трехфазный с соединением обмоток «звезда-звезда» с выведенной нулевой точкой
		Вентиль полупроводниковый
		Амперметр

Обозначение		Наименование элементов схем
новое, ГОСТ 7624-62	старое, ГОСТ 7624-55	
		Вольтметр
		Счетчик ватт-часов
		Счетчик вольтампер-часов реактивных
		Сопротивление нерегулируемое
		Сопротивление регулируемое
		Конденсатор нерегулируемый
		Катушка контактора и магнитного пускателя
		Катушка напряжения реле
		Катушка токовая реле
		Нагревательный элемент теплового реле
		Контакт замыкающий (нормально открытый)

Обозначение		Наименование элементов схем
новое, ГОСТ 7624-62	старое, ГОСТ 7624-55	
		Контакт размыкающий (нормально закрытый)
		Контакт замыкающий с дугогашением
		Контакт остающийся (с защелкой) замыкающий
		Контакт остающийся с ручным возвратом, размыкающий
		Контакт замыкающий с выдержкой времени при замыкании
		То же, при размыкании
		Контакт размыкающий с выдержкой времени при замыкании
		То же, при размыкании
		Кнопка с самовозвратом с замыкающим контактом
		То же, с размыкающим контактом
		Выключатель путевой или конечный, контакт замыкающий

Обозначение		Наименование элементов схем
новое, ГОСТ 7624-62	старое, ГОСТ 7624-55	
		Выключатель путевой или конечный, контакт размыкающий
		Контакт неэлектрического реле механического, замыкающий
		То же, размыкающий
		Контакт неэлектрического реле пневматического, замыкающий
		Контакт неэлектрического реле температурного, замыкающий
		Переключатель управления на два положения. Контакт включен (·) при повороте вправо
		Переключатель управления на три положения. Контакт включен (·) при среднем и левом положениях
		Выключатель автоматический воздушный (автомат) трехполюсный

Обозначение		Наименование элементов схем
новое, ГОСТ 7624—62	старое, ГОСТ 7624—55	
		Выключатель трехполюсный (рубильник)
		Соединение штепсельное разъёмное
		Предохранитель плавкий
		Звонок электрический
		Гудок
		Лампа сигнальная
		Заземление (соединение провода с землей)

Развернутые схемы просты и наглядны, а поэтому получили очень широкое распространение. Они дают возможность составлять схему установки, расчлененной на отдельные части, например схему защиты, схему управления, схему сигнализации и т. д. Это позволяет более четко уяснить принципы построения этих частей и быстрее понять работу всей установки.

На рис. 17, а дана совмещенная схема магнитного пускателя, а на рис. 17, б — развернутая схема цепей управления этим пуска-

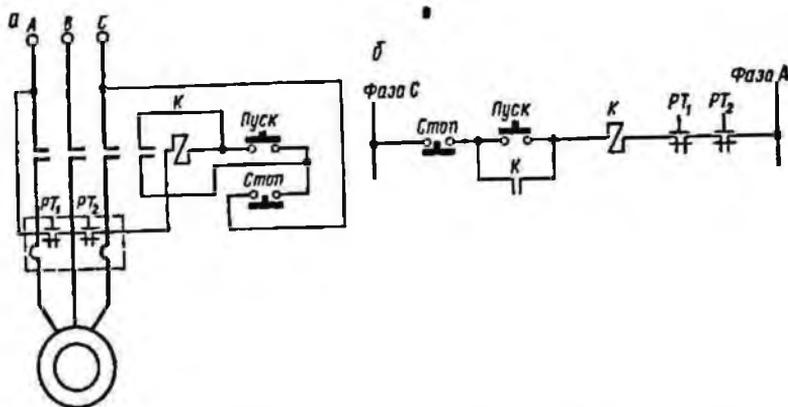


Рис. 17. Совмещенная (а) и развернутая (б) схемы магнитного пускателя

телем. При нажатии кнопки «Пуск» катушка пускателя  $K$  обтекается током и включает его главные контакты, при этом блок-контакт пускателя  $K$  зашунтирует кнопку.

Помимо общепринятых условных обозначений на принципиальной схеме каждому элементу присваивается буквенное обозначение, при этом катушка и контакты, управляемые ею, обозначаются одинаково. Контакты на схемах показываются в нормальном положении, т. е. в том положении, в каком они находятся при обесточенной катушке.

Для того чтобы по принципиальной схеме можно было выполнить монтажную, каждый провод схемы маркируют чаще всего цифрами. Для удобства все вторичные соединения разбивают на ряд характерных цепей одинакового назначения, каждой из которых присваивают определенную группу чисел. Например, в схеме управления двигателем цепи управления переменного тока 220 в — от а-1 до а-49, цепи управления постоянного тока 60 в — от а-51 до а-79, цепи производственной сигнализации — от а-81 до а-85, остальные цепи данного двигателя — от а-87 до а-99 (буква «а» обозначает номер двигателя). Иногда на принципиальных схемах ставится также заводская маркировка контактов.

Монтажными называются схемы, по которым производится монтаж и которыми руководствуются при эксплуатации. Монтажные схемы составляются для всех вторичных соединений, монти-

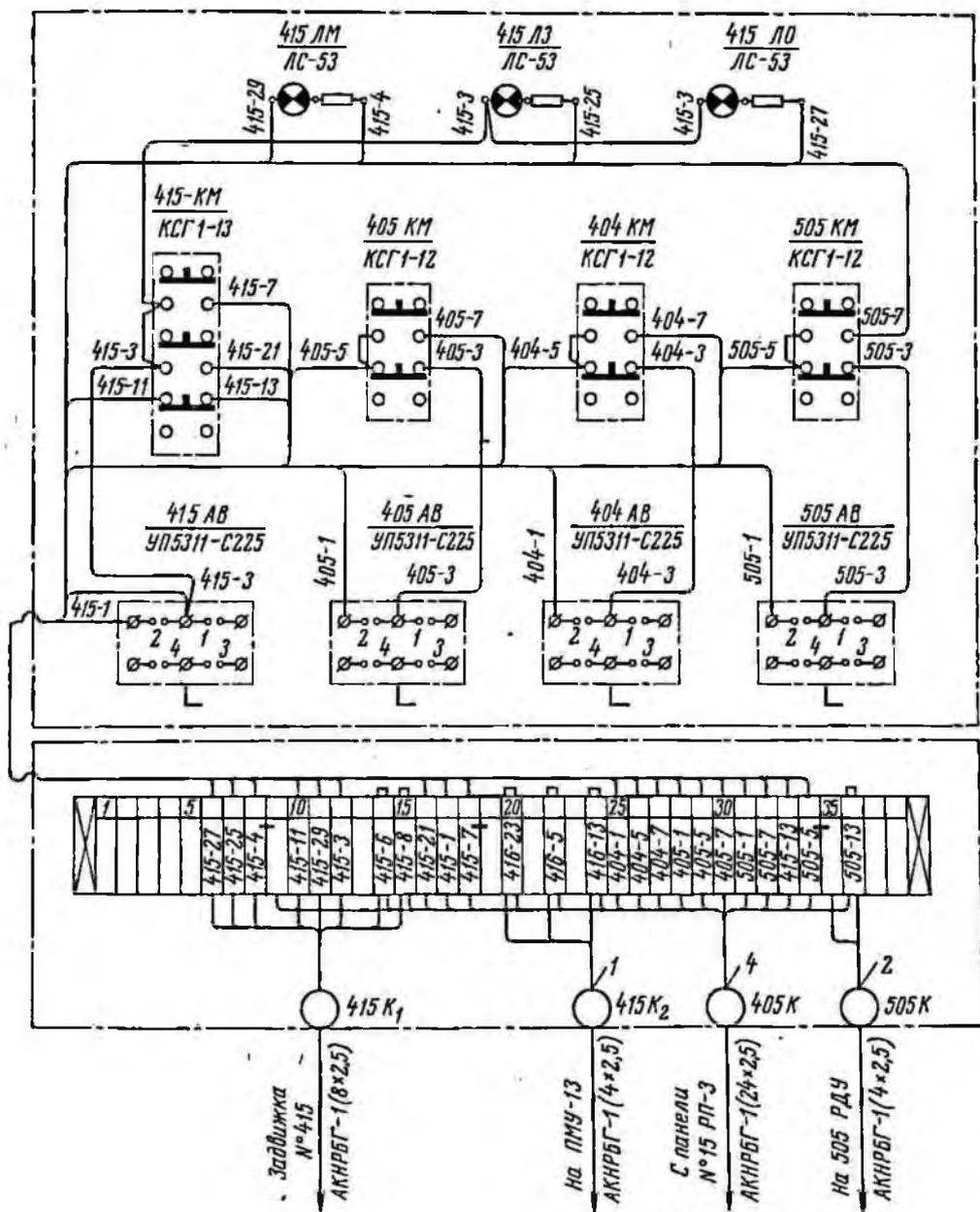


Рис. 18. Монтажная схема (вид сзади на открытую дверцу)

руемых на отдельных панелях. Все приборы и аппараты, входящие в цепи вторичных соединений, изображаются соответственно их взаимному расположению. Кроме того, на монтажных схемах изображаются клеммные сборки, кабельные муфты, а также провода в отдельности или в виде пучка (одной линией). При этом проводам присваивается маркировка, принятая в принципиальных схемах.

Для облегчения чтения сложного чертежа часто применяют встречную маркировку, при которой, кроме цифр маркировки провода, на идущем от клеммника конце указывают также обозначение прибора, к которому идет провод, а на конце, идущем от прибора, указывают номер клеммы, от которой пришел провод. Если же провод идет от прибора к прибору, то на его концах проставляют обозначение прибора, к которому присоединен противоположный конец.

Около каждого прибора проставляется его буквенное обозначение, принятое в принципиальной схеме, а под ним (в знаменателе) указывается фабричный тип.

На рис. 18 приведена монтажная схема панели, выполненная по принципу встречной маркировки. Например, маркировка провода на клеммнике 415-27 указывает, что провод 27 идет к лампе 415 ЛО. В знаменателе показан тип лампы ЛС-53.

### § 3. ЧЕРТЕЖИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

Для выполнения монтажа электрических устройств помимо схем необходимы чертежи, на которых указано размещение электрооборудования и нанесены электрические сети.

По способу исполнения электрические чертежи можно разбить на два типа:

1. Чертежи, выполняемые по правилам машиностроительного черчения.

2. Чертежи, представляющие собой упрощенные строительные или установочные технологические чертежи с нанесенными на них условными обозначениями электрооборудования и сетей.

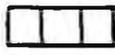
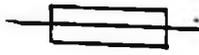
По первому типу изготавливаются чертежи машинных залов, распределительных устройств, щитов, электроконструкций и т. д., по второму типу — чертежи силового оборудования и электрического освещения.

При монтаже и эксплуатации электрических установок наиболее распространенными являются чертежи второго типа, их особенностью является то, что на них должны быть изображены планы цехов и технологическое оборудование, измеряемые десятками и сотнями метров, и электрооборудование и электрические сети, измеряемые сантиметрами и миллиметрами. Это заставило отказаться от масштабного изображения элементов электроустановки и показывать их в виде условных обозначений, установленных ГОСТами.

Наиболее употребительные условные обозначения приведены в табл. 3.

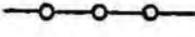
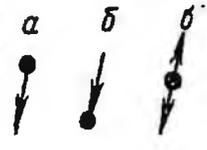
## Условные обозначения на планах

Условные обозначения	Наименование элементов
	Электродвигатель асинхронный
	Электродвигатель синхронный
	Электродвигатель постоянного тока
	Трансформатор
	Шкаф со статическими конденсаторами
	Подстанция трансформаторная
	Щит, сборка — распределительные
	Шкаф распределительный (силовой и освещения)
	Щиток для подключения передвижных приемников

Условные обозначения	Наименование элементов
	Шкаф или коробка с клеммами
	Щиток групповой рабочего освещения
	Щиток групповой аварийного освещения
	Щиток сигнальный, табло сигнальное, светофор
	Пускатель
	Ящик с автоматом
	Ящик с рубильником
	Ящик с рубильником и предохранителем
	Коробка протяжная на два направления
	Коробка протяжная на три направления

Условные обозначения	Наименование элементов
	Выключатель путевой
	Соленоид привода (пневматического гидравлического, вентиля и т. п.)
	Светильник «Глубокоизлучатель», эмалированный
	Светильник «Глубокоизлучатель», -зеркальный
	Лампа зеркальная
	Светильник «Универсаль» без затенителя
	Светильник «Люцетта» цельного молочного стекла
	Светильник «Шар» молочного стекла
	Светильник пыле-водонепроницаемый
	Светильник фарфоровый полугерметический

Условные обозначения	Наименование элементов
	Светильник кососвет
	Светильник плафон
	Пржектор
	Патрон степной
	Розетка штепсельная
	Выключатель в нормальном исполнении
	Выключатель в герметическом исполнении
	Линия силовой сети и сети рабочего освещения
	Линия силовой сети постоянного тока и аварийного освещения
	Линия сети 36 в и ниже

Условные обозначения	Наименование элементов
	Линия, подвешенная к тросу
	Шинопровод закрытый на стойках
	Шинопровод закрытый на кронштейнах
	Линия заземления или зануления
	Конструкции, используемые как магистраль заземления
	Заземлители
	а — линия уходит вниз; б — линия приходит сверху; в — линия разветвляется и уходит вверх и вниз
	Труба, прокладываемая открыто
	Труба, прокладываемая под перекрытием

Условные обозначения	Наименование элементов
	Кабель, прокладываемый открыто
	Траншея кабельная
	Блок кабельный
	Туннель кабельный

### Чертежи силового электрооборудования

Чертежи силового электрооборудования выполняются, как правило, на сборочных технологических чертежах в большинстве случаев только на планах. Лишь при сложной строительной части цеха даются один-два разреза.

На рис. 19 представлен план помещения с расположением силового электрооборудования и сетей. На чертеже условными обозначениями нанесены электродвигатели, пусковая аппаратура, распределительные пункты (РП) и силовая сеть. Около каждого двигателя стоит дробное число, числитель которого означает номер двигателя по расчетной таблице-схеме силовой сети, а знаменатель — мощность в *квт*.

Около каждой линии, обозначающей провод или кабель, указана его марка, количество проводов или кабелей, число жил, сечение и способ прокладки, например:  $\frac{\text{АВРГ1 (3 \times 10) T } \frac{3}{4}''}{\text{в полу}}$  — кабель марки АВРГ, один, трехжильный, сечением  $10 \text{ мм}^2$ , прокладывается в газовой трубе диаметром  $\frac{3}{4}$  дюйма, в полу.

Около распределительного пункта стоит его номер (также по таблице-схеме).

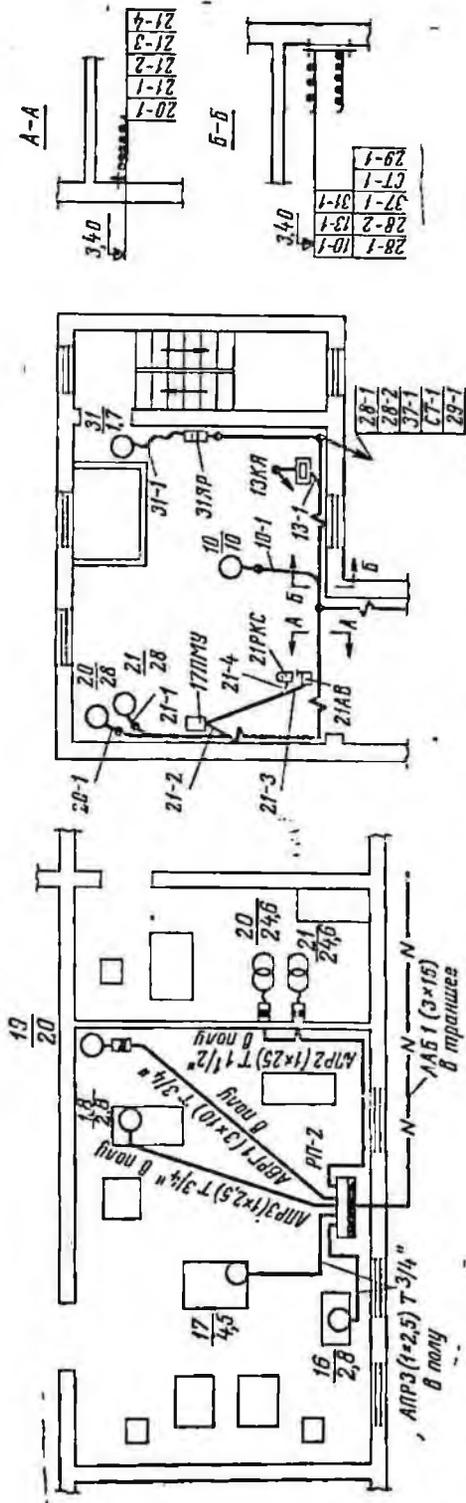


Рис. 19. План с нанесением силового электрооборудования и силовой сети

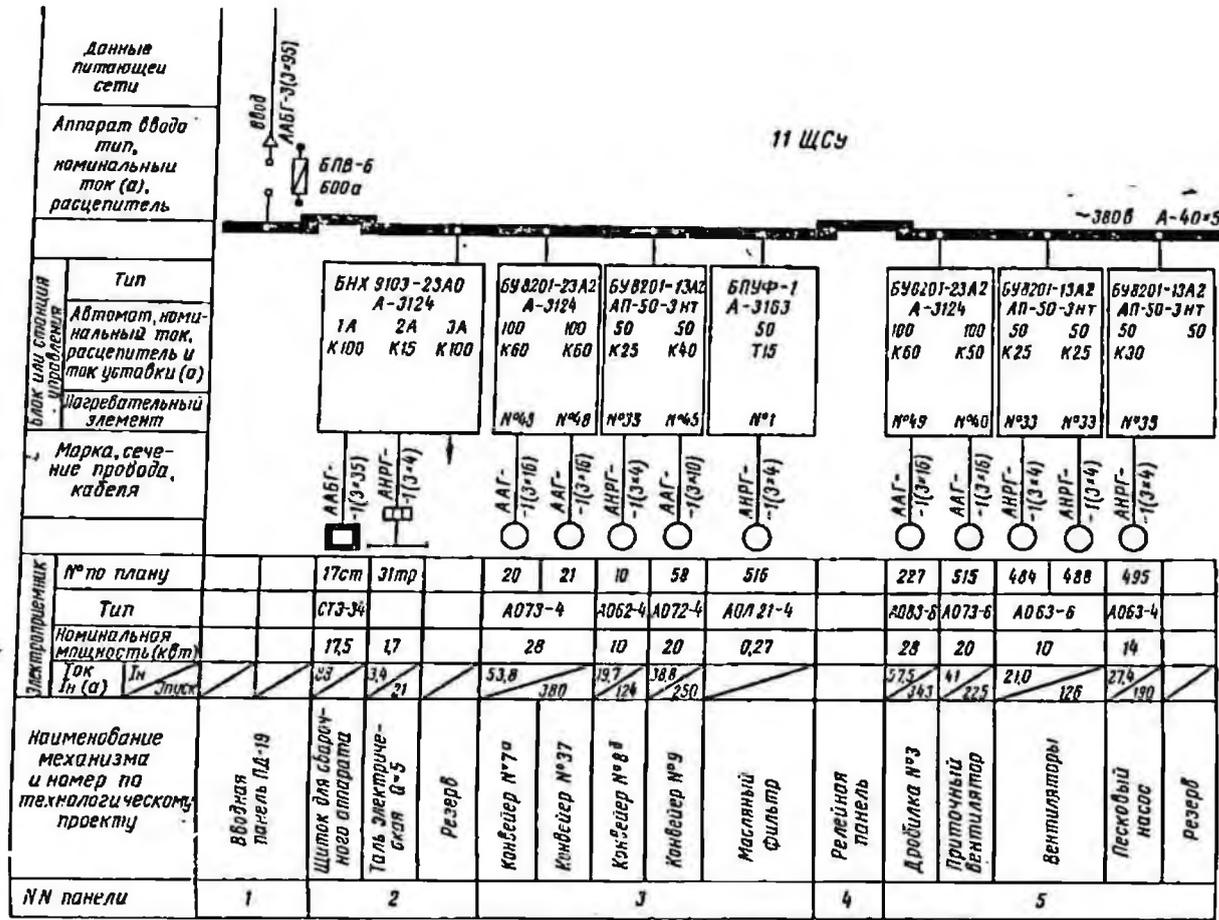


Рис. 20. Таблица-схема силовой сети

Таблица 4

Форма кабельного журнала

№ кабеля, провода или трубы	Трасса		Проходы		Трубы		Кабели, провода					
	Начало	Конца	через трубы	через ящики протяжные	расчетная длина, м	угловой проход, мм	по проекту			проложено		
							марка	число жил и сечение	расчетная длина, м	марка	число жил и сечение	длина, м
20-1	ПСУ-11	Двигатель 20					ААГ	1(3×16)	50			
21-1	ПСУ-11	Двигатель 21					ААГ	1(3×16)	45			
21-2	ПСУ-11	Пост местного управления 17ПМУ					АКНРГ	1(14×2,5)	45			
21-3	Пост местного управления 17ПМУ	Путевой (аварийный) выключатель АВ					АКНРГ	1(4×2,5)	5			
21-4	17ПМУ	Реле скорости 21РКС					АКНРГ	1(4×2,5)	5			
10-1	ПСУ-11	Двигатель 10					АНРГ	1(3×4)	55			
13-1	ПСУ-11	Клеммный ящик 13КЯ					АКНРГ	1(10×2,5)	40			
31-1	ПСУ-11	Ящик с рубильником 31ЯР					АНРГ	1(3×4)	45			

Типы двигателей, пусковой аппаратуры, распределительных пунктов приводятся в расчетной таблице-схеме силовой сети (рис. 20). По этой таблице производится выбор аппаратуры, расчет сети, выбор плавких вставок или уставок автоматов. Для сложных электроустановок чертеж силового электрооборудования становится чертежом силовых электросетей или, как его принято называть, чертежом кабельной разводки.

Большое количество силовых и контрольных кабелей, сложность их прокладки заставляют ввести маркировку каждого кабеля. В этом случае на чертеже уже не ставится марка, сечение и способ прокладки, а указывается только маркировка кабеля. Поэтому, кроме плана сети, составляется «кабельный» журнал, в котором для каждой линии указаны марка, сечение и длина проводника, а также пункты, откуда и куда идет кабель (табл. 4). Для пояснения способа прокладки по трассе дается ряд сечений, в которых указывается, на какой конструкции и в каком порядке лежат проводники.

## Чертежи электроосвещения

Чертежи электроосвещения производственных помещений изображаются на упрощенных сборочных технологических чертежах; чертежи электроосвещения жилых, культурно-бытовых и прочих помещений — на упрощенных строительных чертежах.

Как правило, используются планы помещений и только при сложных строительных решениях (наличие площадок, полуэтажей) используются также разрезы помещений.

На чертеже наносятся светильники, выключатели, штепсельные розетки, групповые и распределительные щитки, понижающие трансформаторы и осветительная сеть. Чертеж электроосвещения бытовых помещений приведен на рис. 21.

На чертеже для каждого освещаемого помещения в числителе указаны число и мощность ламп, а в знаменателе — высота подвеса над полом, например:  $\frac{6 \times 150}{3,5}$  означает, что установлено 6 ламп по 150 вт, высота подвеса 3,5 м. Кружок с цифрой внутри означает среднюю освещенность помещения в люксах, например: — 30 люкс.

Штриховой линией обозначена сеть аварийного освещения, а сплошной линией с точками — сеть ремонтного освещения напряжением 36—12 в. Марка проводов сети, их сечение и способ прокладки указываются около линий, изображающих сеть. Количество проводов на любом участке сети обозначается числом коротких черточек, пересекающих основную линию  $\text{|||}$  — три про-



## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ТРАНСФОРМАТОРЫ

### § 1. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ И ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электрические машины — двигатели и генераторы — преобразуют электрическую энергию в механическую, и наоборот. Электрическая машина обратима: двигатель, если его вращать, будет давать электрический ток, а генератор, потребляя ток из сети, может работать двигателем.

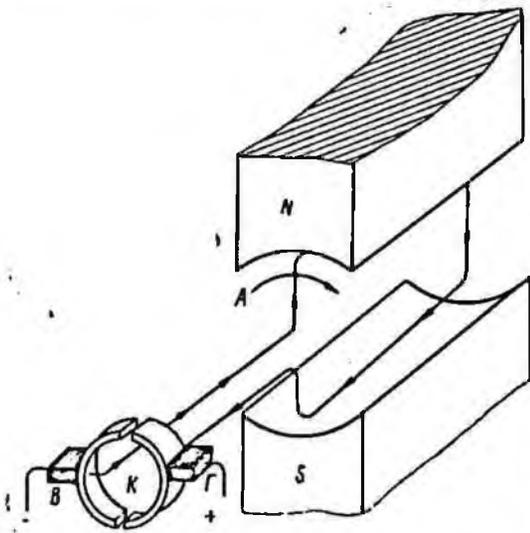


Рис. 22. Принцип действия двигателя постоянного тока

Таким образом, устройство двигателя и генератора одинаково; однако обычно электрическую машину выпускают либо для работы двигателем, либо для работы генератором, так как специфические условия этих режимов вызывают небольшие конструктивные различия.

Работа электродвигателя основана на известном явлении движения проводника с током в магнитном поле. Принцип его работы ясен из рис. 22.

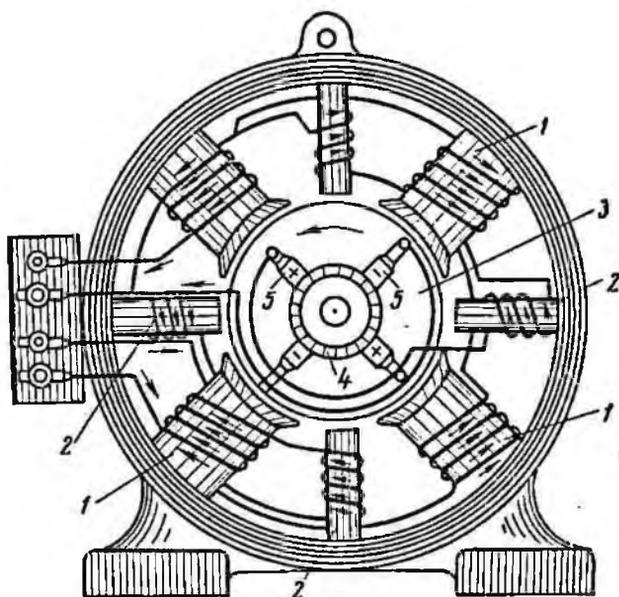
Между неподвижными полюсами *N* и *S* помещена рамка *A*. Концы рамки припаяны к двум изолированным

полукольцам *K*, к которым через щетки *B* и *Г* подключен источник постоянного тока. По рамке протекает ток в направлении, указанном стрелками. От взаимодействия проводника с током и магнитного поля полюсов возникает механическая сила, которая поворачивает рамку; полукольца при вращении меняются местами и попадают под щетки противоположной полярности, вследствие чего направление тока в рамке меняется. Однако изменение происходит таким, что под северным полюсом *N* ток в рамке всегда течет в одном направлении (в данном примере — от нас). То же явление происходит у южного полюса *S*. Таким образом, на рамку действуют механические силы одного направления и рамка вращается.

Поперечный схематический разрез машины постоянного тока с четырьмя основными и четырьмя дополнительными полюсами показан на рис. 23.

На якоре находится обмотка, представляющая собой как бы ряд уложенных в пазы рамок, равномерно распределенных по поверхности цилиндра. Основные и дополнительные полюса являются не постоянными магнитами, а электромагнитами, т. е. имеют обмотку, по которой протекает ток. Эта обмотка называется обмоткой возбуждения, потому что она «возбуждает» магнитное поле. При вращении якоря проводники обмотки из-под одного полюса переходят под другой разноименный полюс; при этом направление тока в проводниках меняется.

Рис. 23. Устройство двигателя постоянного тока:  
1 — основные полюса, 2 — дополнительные полюса, 3 — якорь, 4 — коллектор, 5 — щетки



Проводники, расположенные под разными полюсами, соединяются между собой в секции; каждая секция включает в себе часть обмотки между двумя соседними коллекторными пластинами, так что при изменении тока в проводниках меняется ток во всей секции. Этот процесс называется коммутацией. При коммутации изменение тока приводит к возникновению в проводнике э. д. с. самоиндукции, которая задерживает изменение тока в секции и тем самым затягивает процесс коммутации. При неправильной коммутации происходят искрение щеток и подгорание пластин.

Для улучшения коммутации служат дополнительные полюса, которые индуктируют в зоне коммутации э. д. с., направленную против э. д. с. самоиндукции, что устраняет искрение щеток. Для улучшения коммутации также сдвигают щетки на некоторый угол с физической нейтральной.

Число полюсов у машины постоянного тока может быть и больше четырех. Различным может быть также число коллекторных пластин и щеток.

Конструкция машины постоянного тока (продольный разрез) показана на рис. 24.

Электромагниты состоят из стальных полюсных сердечников, на которые надеваются катушки из медной изолированной прово-

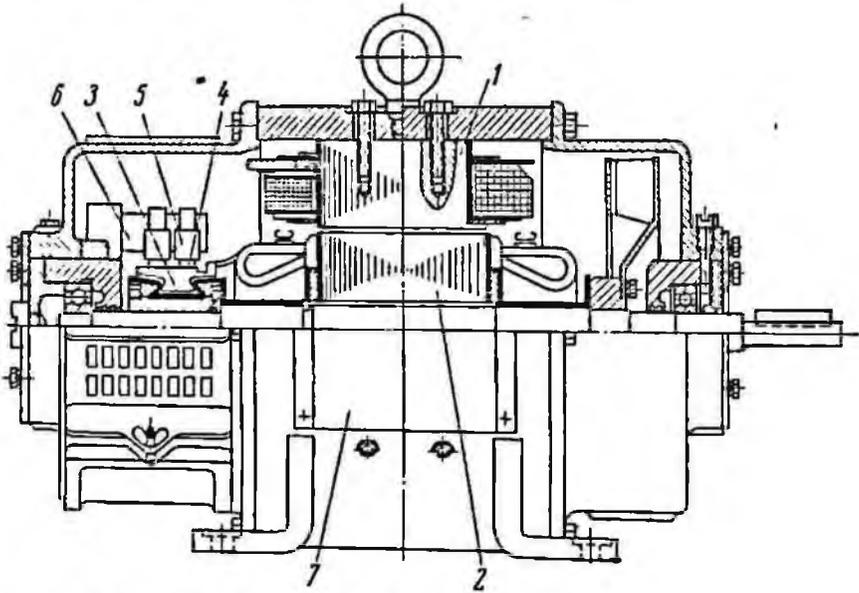


Рис. 24. Общий вид и разрез машины постоянного тока

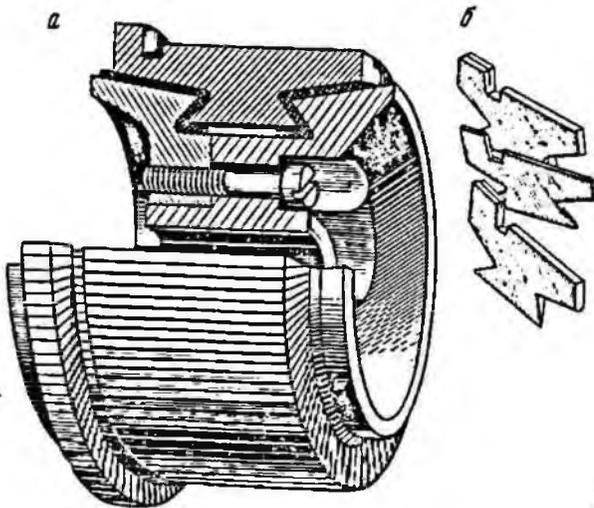


Рис. 25. Коллектор:

*a* — разрез, *б* — коллекторные пластины с изолирующей прокладкой

локи. К концу сердечника прикрепляется полюсный наконечник. Электромагниты крепятся с помощью болтов к станине генератора 7.

Якорь 2, на котором расположена обмотка, набран из изолированных лаком или бумагой листов электротехнической стали. Это делается для устранения «вихревых» токов, которые наводятся в железе якоря при пересечении магнитного поля. «Вихревые» токи вызывают дополнительные потери и нагрев якоря.

На валу якоря находится коллектор 3, служащий для выпрямления и подвода тока посредством щеток 4. Щетки помещаются в щеткодержателях 5, закрепленных на траверсах 6.

Коллектор набирается из пластин твердотянутой меди (рис. 25). Пластина (ламель) имеет внизу выступ в форме «ласточкина хвоста», которым она вставляется в изолирующую втулку и удерживается в ней нажимным изолирующим диском.

Пластины изолируются одна от другой листочками слюды. Втулка и диск соединяются стяжными болтами. Проводники обмотки якоря припаиваются к коллекторным пластинам посредством специальных медных пластин, называемых петушками.

### Схемы возбуждения машин постоянного тока

В зависимости от способа возбуждения, т. е. способа создания магнитного поля, машины постоянного тока бывают с постоянными магнитами, независимым возбуждением и самовозбуждением.

На обогатительных фабриках, как правило, используются машины постоянного тока малой и средней мощности с самовозбуждением, при котором обмотки возбуждения питаются от самой машины, а не от постороннего источника, как это имеет место при независимом возбуждении.

Обмотка электромагнитов (полюсов) может быть включена параллельно или последовательно с обмоткой якоря, или иметь две обмотки, из которых одна включается параллельно, а другая последовательно.

Соответственно машины бывают с параллельным возбуждением (шунтовая), с последовательным возбуждением (серийная) и со смешанным возбуждением (компаундная).

На обогатительных фабриках применяют машины с параллельным и смешанным возбуждением, которые по характеристикам близки друг к другу, так как при смешанном возбуждении из двух обмоток преобладает шунтовая обмотка. Двигатель с параллельным возбуждением имеет устойчивую скорость вращения, мало меняющуюся с изменением нагрузки на валу. Вращающий момент этого двигателя пропорционален току якоря, а изменением величины тока возбуждения (реостатом в цепи возбуждения) можно регулировать скорость в пределах 1:3.<sup>1</sup>

При вращении якоря, вследствие пересечения магнитного поля, в его обмотке индуцируется э. д. с., направленная навстречу на-

пряжению сети — противоэлектродвижущая сила, значительная по величине и почти равная подведенному напряжению.

Поэтому рабочий ток в якоре

$$I_{я} = \frac{U - E}{r_{я}}, \text{ а,}$$

где  $U$  — напряжение сети, в;

$E$  — противоэлектродвижущая сила, в;

$r_{я}$  — сопротивление обмотки якоря, ом.

При пуске же  $E=0$ , так что пусковой ток очень велик, для ограничения которого в цепь якоря нужно вводить большое сопротивление (пусковой реостат).

Пример. Определить номинальный и пусковой токи двигателя, если  $U=220$  в,  $E=219,5$  в,  $r_{я}=0,01$  ом.

Решение.

1. Номинальный ток

$$I_{я. н} = \frac{U - E}{r_{я}} = \frac{220 - 219,5}{0,01} = 50 \text{ а.}$$

2. Пусковой ток при пуске без реостата ( $E=0$ )

$$I_{я. п} = \frac{U}{r_{я}} = \frac{220}{0,01} = 22\,000 \text{ а.}$$

В Советском Союзе машины постоянного тока мощностью до 200 квт выпускаются единой серией П. Эти машины смешанного возбуждения, выполняются защищенными от капель и от попадания внутрь посторонних предметов. Все двигатели единой серии П пригодны для реверсивной работы и изготовляются на напряжение 110 и 220 в.

## § 2. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатором называется аппарат, предназначенный для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Работа трансформатора основана на использовании явления взаимной индукции.

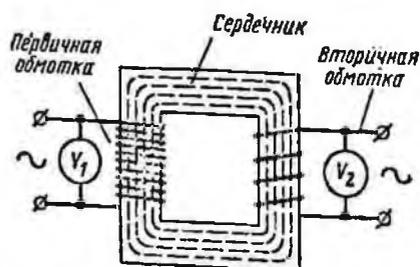


Рис. 28. Схема однофазного трансформатора

Трансформатор не имеет движущихся частей и состоит из сердечника, собранного из листов электротехнической стали, на котором имеются две обмотки: первичная, к которой подводится напряжение и вторичная, в которой наводится э. д. с., используемая во внешней цепи (рис. 26).

Если к первичной обмотке под-

вести постоянное напряжение, то во вторичной обмотке э. д. с. будет появляться только в моменты включения и отключения напряжения. При питании же переменным током, т. е. током, изменяющимся с определенной частотой по величине и направлению, во вторичной обмотке будет индуцироваться переменная э. д. с.

Трансформаторы могут быть повышающими и понижающими, что определяется соотношением числа витков обмоток.

Коэффициентом трансформации называется отношение напряжения первичной обмотки к напряжению вторичной обмотки, или отношение числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки:

$$k = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{w_2}{w_1},$$

где  $k$  — коэффициент трансформации;

$U_1, w_1$  — напряжение и число витков первичной обмотки;

$U_2, w_2$  — напряжение и число витков вторичной обмотки.

Трансформатор — очень распространенный электрический аппарат, применяющийся не только в силовых электротехнических установках, но и в целом ряде специальных областей: в радиоэлектронике, телевидении, медицине, сварке и т. п.

Мы рассмотрим только силовые и измерительные трансформаторы.

## Силовые трансформаторы

Силовые трансформаторы предназначены для передачи значительных мощностей.

По роду тока силовые трансформаторы бывают однофазные или трехфазные; по числу обмоток — двухобмоточные и трехобмоточные; по способу охлаждения — масляные, сухие и с негорючим заполнением.

На обогатительных фабриках, как правило, применяют трехфазные двухобмоточные трансформаторы с масляным заполнением (ТМ). Сейчас начинают применяться трансформаторы с негорючим заполнителем (ТНЗ) и редко — сухие трансформаторы с воздушным охлаждением (ТС).

Трехфазный двухобмоточный трансформатор состоит из следующих основных частей: магнитопровода, обмоток высшего и низшего напряжений, выводов, переключателя, бака и расширителя. Сердечник (магнитопровод) трансформатора выполняют в виде замкнутого для магнитного потока контура и набирают из отдельных листов трансформаторной стали толщиной 0,35—0,5 мм. Для изоляции друг от друга листы покрывают лаком и стягивают болтами, пропущенными сквозь изолирующие втулки, что мешает появлению вихревых токов.

Части магнитопровода, на которые надевают обмотки, называют стержнями, а части магнитопровода, соединяющие стержни, — верхним и нижним ярмами (рис. 27). На стержень магнитопровода надевают обе обмотки, причем обмотку низшего напряжения — непосредственно на стержень, а обмотку высшего напряжения — на обмотку низшего напряжения. Это объясняется тем, что обмотку низшего напряжения легче изолировать от стержня, а при наружном расположении обмотка высшего напряжения доступна для ремонта при пробое изоляции.

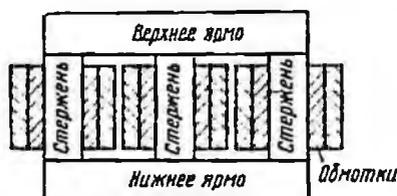


Рис. 27. Схема устройства трехфазного трансформатора

Обмотки изготавливаются из круглой или прямоугольной изолированной меди, а в последнее время — из алюминия. Концы обмоток выводятся наружу через проходные изоляторы, укрепленные на крышке трансформатора.

Сердечник с обмотками опускается в бак из листовой стали, в который заливают трансформаторное масло, имеющее высокую электрическую прочность и хорошо изолирующее один от другого витки обмотки. Кроме того, масло хорошо отводит тепло, выделяющееся в обмотках. Для увеличения поверхности охлаждения снаружи бака устанавливают трубчатые радиаторы.

При работе трансформатора масло нагревается и расширяется. Поэтому на крышке трансформатора устанавливается бачок-расширитель. Переключатель служит для регулировки напряжения на величину  $\pm 5\%$ .

В отличие от двухобмоточных трехобмоточные трансформаторы имеют по три обмотки на фазу: одну первичного и две вторичного напряжения.

Общий вид трансформатора показан на рис. 28.

На паспортной табличке трансформатора помимо мощности и напряжений указывается группа соединений обмоток, например  $Y/Y_0-12$  или  $Y/\Delta-11$ , где  $Y$  — соединение звездой;  $Y_0$  — соединение звездой с выведенной нулевой точкой;  $\Delta$  — соединение треугольником; числа 12 и 11 указывают группу соединений, т. е. угловое смещение векторов линейных напряжений первичной и вторичной обмоток.

Начала обмоток высшего напряжения обозначаются буквами  $A, B, C$ , а низшего напряжения — буквами  $a, b, c$ . Соответственно концы обмоток обозначаются:  $X, Y, Z$  и  $x, y, z$ .

Иногда вместо трансформаторов применяют автотрансформаторы, у которых на сердечнике имеется не две, а одна обмотка, к различным точкам которой подводится первичное и снимается вторичное напряжение. Автотрансформаторы бывают также однофазными и трехфазными и конструктивно выполняются аналогично трансформаторам.

С 1963 г. в соответствии с ГОСТ 9680—61 утверждена новая шкала мощностей силовых трансформаторов. Действующая и новая шкалы номинальных мощностей трехфазных трансформаторов 6—10 кВ мощностью до 2500 кВа приведены в табл. 5.

По новой шкале трехфазные двухобмоточные трансформаторы будут выпускаться серии ТМ (масляные), ТНЗ (с негорючим заполнением) и ТС (сухие).

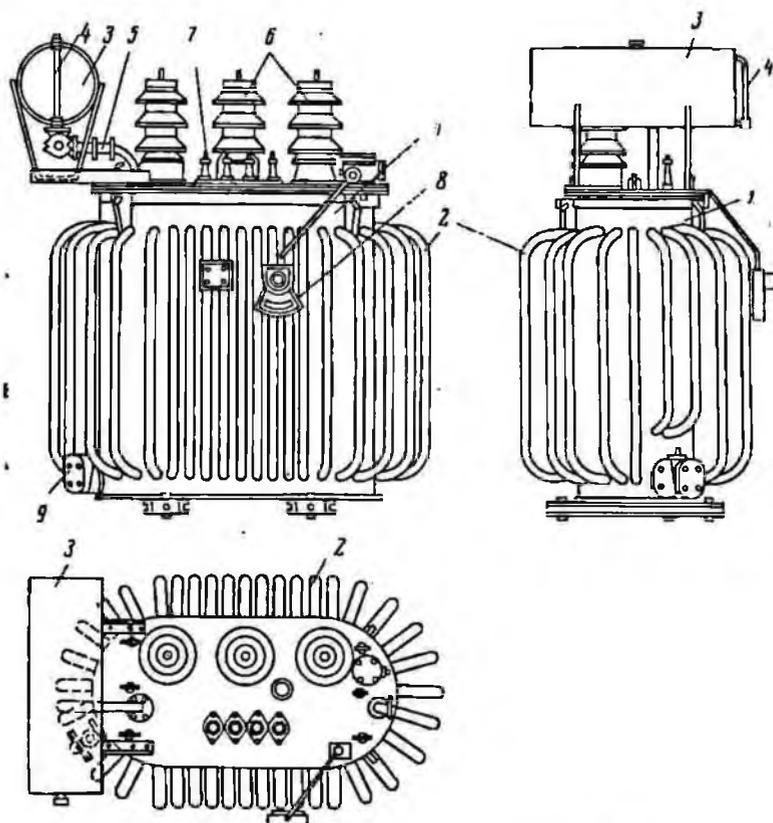


Рис. 28. Общий вид трансформатора мощностью 750 кВа:

1 — бак, 2 — трубы для охлаждения, 3 — расширитель, 4 — масломерное стекло, 5 — место для газового реле, 6 — изоляторы высокого напряжения, 7 — изоляторы низкого напряжения, 8 — термометрический сигнализатор, 9 — край для спуска масла

Таблица 5

Шкалы номинальных мощностей

Новая шкала мощностей, кВа	10	16	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
Действующая шкала мощностей, кВа	10	20	30	50	75	100	180	320	560	750	1000	1800	

## Измерительные трансформаторы

Измерительные трансформаторы служат для преобразования больших токов и напряжений в малые. Во вторичные обмотки измерительных трансформаторов включают измерительные приборы, катушки реле защиты и автоматики, а также сигнальные устройства.

Измерительные трансформаторы ограничивают величину протекающего через приборы тока до 5 а, а величину напряжения — до 100 в, что позволяет делать измерительные приборы и реле более легкими и чувствительными. Кроме того, измерительные трансформаторы отделяют приборы от высокого напряжения, создавая тем самым безопасность эксплуатации.

Измерительные трансформаторы подразделяют на трансформаторы напряжения и трансформаторы тока.

Трансформатор напряжения по своему устройству принципиально не отличается от силового трансформатора малой мощности. Он имеет первичную и вторичную обмотки, надетые на собранный из листов электротехнической стали замкнутый сердечник.

На паспорте коэффициент трансформации, т. е. отношение первичного и вторичного напряжений, указывается в виде дроби (например, 6000/100).

Трансформаторы напряжения изготовляют однофазными и трехфазными. Во вторичную обмотку трансформаторов напряжения включают вольтметры, обмотки напряжения ваттметров, счетчиков, реле напряжения, приборы контроля изоляции и т. п.

Трансформаторы тока служат для преобразования тока большой величины в ток малой величины. Трансформатор тока также имеет замкнутый сердечник, на котором помещают первичную обмотку из небольшого числа витков толстой изолированной проволоки и вторичную обмотку, имеющую большое число витков. Первичную обмотку включают в цепь последовательно, а во вторичную обмотку включают амперметры, токовые обмотки ваттметров, реле и т. п.

Коэффициентом трансформации трансформаторов тока называется отношение первичного тока ко вторичному, равное отношению числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки:

$$k_T = \frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1}.$$

Вторичная обмотка трансформаторов тока должна быть всегда замкнута на токовые обмотки приборов или накоротко, так как при разомкнутой вторичной обмотке увеличивается магнитный поток, который индуцирует во вторичной обмотке большую э. д. с. (500—1000 в) и сильно нагревается сердечник. Кроме того, высокое напряжение на вторичных зажимах опасно при случайном при-

### § 3. АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Асинхронный электродвигатель является двигателем переменного тока. Благодаря простоте устройства и надежности в эксплуатации этот двигатель получил широкое распространение. Как и все электрические двигатели, он имеет неподвижную часть — статор и подвижную — ротор.

Основное свойство асинхронного двигателя заключается в том, что скорость вращения ротора всегда меньше скорости вращения магнитного поля статора.

На статоре двигателя расположена трехфазная обмотка с выведенными на специальный щиток концами, а на роторе — обмотка, которая замыкается либо на сопротивление, либо накоротко.

Если обмотку статора присоединить к трехфазной сети, то на внутренней поверхности статора возникнет вращающееся магнитное поле, которое будет пересекать обмотку неподвижного в первый момент ротора и индуцировать в ней э. д. с. При этом в обмотке ротора будет протекать ток и возникнет магнитное поле, которое, взаимодействуя с полем статора, создаст вращающий момент. Этот момент приведет в движение ротор в сторону вращающегося поля.

Скорость вращения ротора будет расти, а его скорость относительно вращающегося магнитного поля уменьшаться так, что число пересекаемых магнитных силовых линий  $\Pi$ , следовательно, ток в роторе будет также уменьшаться.

Однако ротор не будет вращаться со скоростью магнитного поля статора, так как в этом случае не будет пересечения магнитных силовых линий, не будет тока в роторе и вращающего момента.

Относительная скорость ротора называется скольжением:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\%,$$

где  $n_1$  — скорость вращения магнитного поля статора, об/мин;  
 $n_2$  — скорость вращения ротора, об/мин.

Обычно асинхронные двигатели при полной нагрузке имеют скольжение 2—4%.

Скорость вращения магнитного поля:

$$n_1 = \frac{60f}{P},$$

а скорость вращения ротора асинхронного двигателя:

$$n_2 = n_1(1 - s),$$

где  $f$  — частота питающей сети;  
 $P$  — число пар полюсов;  
 $s$  — скольжение.

Вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения сети, поэтому при понижении напряжения он резко уменьшается.

В зависимости от конструкции ротора асинхронные двигатели бывают с короткозамкнутым или фазным ротором.

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором прост по конструкции, надежен, дешев и поэтому является самым распространенным.

На статоре двигателя (рис. 29) расположена трехфазная об-

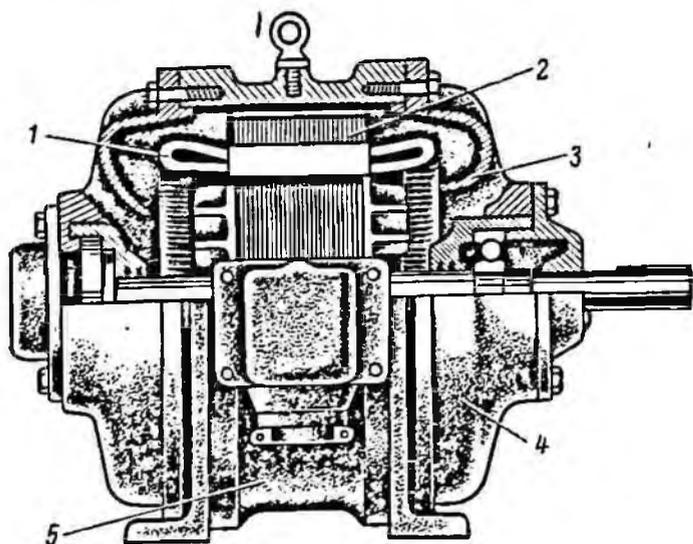


Рис. 29. Общий вид и разрез асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:

1 — обмотка статора, 2 — сердечник статора. 3 — ротор, 4 — подшипниковый щит, 5 — станина

мотка. Начала фаз этой обмотки выведены на щиток, расположенный на корпусе двигателя.

Обмотка ротора выполняется из алюминия путем заливки в пазы ротора и напоминает собой беличью клетку, состоящую из двух замыкающих колец и стержней между ними (рис. 30). Для уменьшения потерь от вихревых токов статор и ротор собирают из изолированных друг от друга стальных листов.

Вал ротора вращается в подшипниках, вмонтированных в подшипниковые щиты, которые в свою очередь крепятся на болтах к корпусу двигателя.

Пуск двигателя производится непосредственным подключением статорной обмотки в сеть. При пуске двигатель берет из сети большой ток, превышающий в 5—7 раз его номинальное значение, при этом начальный момент двигателя будет небольшим. Если момент, развиваемый асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором, недостаточен для разгона технологической машины или требуется регулирование скорости вращения, то применяют асин-

хронные двигатели с фазным ротором. Статор такого двигателя не отличается от статора двигателя с короткозамкнутым ротором. Отличие заключается в устройстве ротора, на котором, как на статоре, имеются три фазные обмотки, соединен-

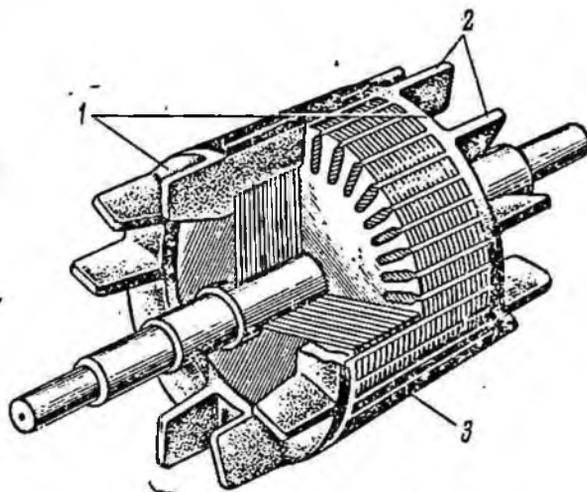


Рис. 30. Короткозамкнутый ротор с алюминиевой литой клеткой:

1 — замыкающие кольца, 2 — вентиляционные лопасти, 3 — сердечник ротора

ные в звезду или треугольник. Концы обмоток присоединены к трем кольцам, укрепленным на валу и изолированным как от ротора, так и между собой. На эти кольца наложены щетки, к которым подключены концы реостата. После запуска двигателя специальным приспособлением замыкают кольца между собой (закорачивают обмотку) и поднимают щетки (рис. 31).

В Советском Союзе выпускаются асинхронные двигатели единой серии А и АО, которая имеет твердую шкалу мощностей, повторяющуюся для двигателей с различным числом оборотов.

Электродвигатели этой серии выпускаются по единым чертежам и имеют взаимозаменяемые узлы и детали. В единой серии имеются два исполнения: защищенное (А) и закрытое обдуваемое (АО).

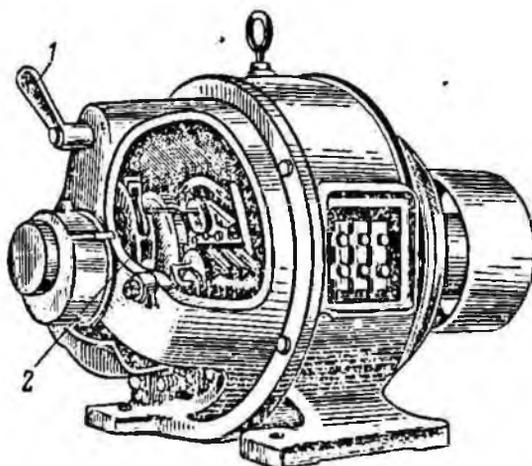


Рис. 31. Общий вид асинхронного двигателя с фазным ротором:

1 — приспособление для подъема щеток, 2 — кольца

Двигатели в защищенном исполнении предохранены от случайного попадания в них посторонних предметов и капель воды, падающих под углом 45°. Двигатели в закрытом обдуваемом ис-

Таблица 6  
Шкалы мощностей электродвигателей старой и новой серий

Новая серия А2 и АО2	Мощность, квт	0,6	0,8	1,1	2,2	3,0	4,0	5,5			
Старая серия А и АО	Мощность, квт	0,6	1,0	1,7	2,8	4,5					
Новая серия А2 и АО2	Мощность, квт	7,5	10	13	17	22	30	40	55	75	100
Старая серия А и АО	Мощность, квт	7,0	10	14	20	28	40	55	75	100	

Таблица 7  
Типоразмеры и мощности электродвигателей новой единой серии

Габарит	Типо- размер	Мощность, квт									
		Защищенные А2					Закрытые обдуваемые АО2				
		При скорости вращения, об/мин									
		3000	1500	1000	750	600	3000	1500	1000	750	600
1	11	—	—	—	—	—	0,8	0,6	0,4	—	—
1	12	—	—	—	—	—	1,1	0,8	0,6	—	—
2	21	—	—	—	—	—	1,5	1,1	0,8	—	—
2	22	—	—	—	—	—	2,2	1,5	1,1	—	—
3	31	—	—	—	—	—	3,0	2,2	1,5	—	—
3	32	—	—	—	—	—	4,0	3,0	2,2	—	—
4	41	—	—	—	—	—	5,5	4,0	3,0	2,2	—
4	42	—	—	—	—	—	7,5	5,5	4,0	3,0	—
5	51	—	—	—	—	—	10	7,5	5,5	4,0	—
5	52	—	—	—	—	—	13	10	7,5	5,5	—
6	61	17	13	10	7,5	—	—	13	10	7,5	—
6	62	22	17	13	10	—	17	17	13	10	—
7	71	30	22	17	13	—	22	22	17	13	—
7	72	40	30	22	17	—	30	30	22	17	—
8	81	55	40	30	22	17	40	40	30	22	17
8	82	75	55	40	30	22	55	55	40	30	22
9	91	100	75	55	40	30	75	75	55	40	30
9	92	125	100	75	55	40	100	100	75	55	40

полнении полностью закрыты, так что попадание мелких предметов и пыли внутрь машины исключено. Охлаждение этих двигателей происходит наружным обдувом воздуха, поэтому корпус двигателя имеет ребристую поверхность.

В серии имеется ряд модификаций двигателем: с повышенным скольжением, с повышенным пусковым моментом, многоскоростные, с фазным ротором и т. д.

Исполнение двигателей может быть горизонтальное со станиной на лапах и без лап, с флянцем и вертикальное. Номинальные напряжения 127, 220, 380, 500 и 660 в; скорости вращения 3000, 1500, 1000, 750, 600 об/мин и ниже.

В настоящее время выпускаются электродвигатели новой единой серии А2 и АО2, которая заменит серию А и АО. В табл. 6 приведены шкалы мощностей старой и новой серий, а в табл. 7 даны типоразмеры и мощности двигателей новой единой серии мощностью до 100 квт, при скорости вращения 3000 — 600 об/мин.

#### § 4. СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Синхронный двигатель является двигателем переменного тока, но в отличие от асинхронного ротор синхронного двигателя вращается синхронно со скоростью вращающегося магнитного поля статора, это достигается питанием обмотки ротора постоянным током.

Синхронная скорость

$$n = \frac{60f}{P},$$

где  $f$  — частота переменного тока, гц;

$P$  — число пар полюсов.

В Советском Союзе принята частота  $f=50$  гц, и соответственно синхронная скорость может быть равной 3000, 1500, 1000, 750 и 500 об/мин и ниже при значениях  $P=1, 2, 3, 4, 6$ .

Синхронные двигатели выполняются трехфазными, причем трехфазная обмотка располагается на статоре. Обмотка возбуждения, по которой пропускается постоянный ток, располагается на полюсах ротора.

Постоянный ток генерируется в небольшом отдельно стоящем или сидящем на одном валу с синхронной машиной генераторе, который называется возбудителем.

Схема возбуждения синхронной машины, показана на рис. 32. Если включить обмотку статора в сеть и подать в обмотку ротора постоянный ток, то синхронный двигатель не запустится. Объясняется это тем, что быстро вращающееся магнитное поле статора не может увлечь за собой ротор, так как направление тока в обмотке полюсов не меняется, а магнитное поле, представляя собой как бы вращающиеся полюса, быстро меняет полярность.

Ротор с обмоткой возбуждения должен быть раскручен до скорости, близкой к скорости вращения магнитного поля, после чего двигатель, как говорят, втягивается в синхронизм, т. е. число оборотов ротора становится равным скорости вращения магнитного поля.

Обычно на роторе синхронного двигателя помимо обмотки возбуждения предусматривают пусковую короткозамкнутую обмотку, так что в период запуска двигатель работает в асинхронном режиме.

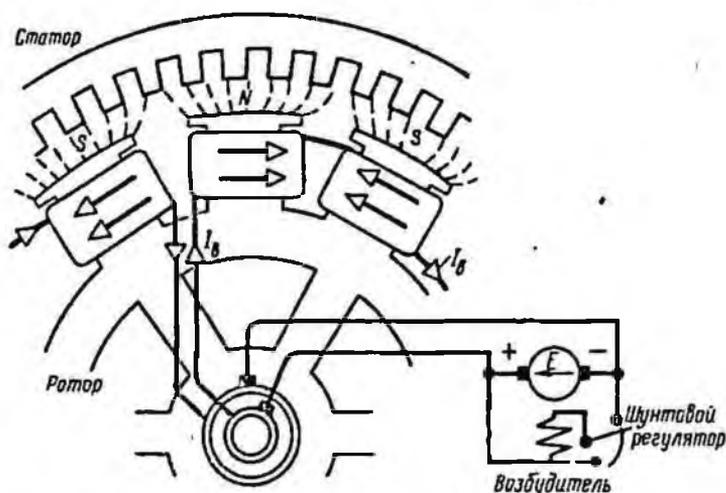


Рис. 32. Схема возбуждения синхронной машины

Синхронный двигатель имеет ценное качество — может работать с  $\cos \varphi = 1$ , т. е. не потреблять реактивной энергии, а при перевозбуждении работать с опережающим  $\cos \varphi$  и отдавать в сеть реактивную энергию и тем самым улучшать общий коэффициент мощности электрической установки.

## Глава V

### ЭЛЕКТРОПРИВОД ОСНОВНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

#### § 1. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Электропривод служит для приведения в движение рабочей машины и состоит из трех основных звеньев: электродвигателя, аппаратуры управления и механической передачи от двигателя к рабочей машине.

Для того чтобы правильно выбрать электропривод, нужно знать: характеристику машины и режим ее работы, требуется ли

регулировка скорости вращения и в каких пределах; каковы условия пуска; требуется ли торможение; нужен ли реверс, т. е. вращение в обратном направлении, в какой среде придется работать двигателю.

В зависимости от требований к регулированию скорости вращения выбирается род тока — постоянный или переменный. Если нужна плавная регулировка скорости в широких пределах, то применяют двигатель постоянного тока.

Различают три режима работы двигателей.

**Продолжительный**, при котором двигатель работает с неизменной нагрузкой столько времени, что нагрев его достигает установившегося значения. Примером могут служить электроприводы насосов, вентиляторов, мельниц, конвейеров, преобразователей и др.

**Повторно-кратковременный**, при котором рабочие периоды двигателя ( $t_p$ ) регулярно чередуются с паузами или работой без нагрузки ( $t_n$ ); при этом двигатель за время работы не успевает нагреться до установившейся температуры, а за время паузы не успевает охладиться до температуры окружающей среды. Продолжительность цикла, т. е. время работы плюс время паузы ( $t_p + t_n$ ), не превышает 10 мин. Примером являются двигатели кранов, лифтов и т. д.

Повторно-кратковременный режим характеризуется относительной продолжительностью включения ПВ %, под которой понимается отношение времени работы к продолжительности цикла:

$$\text{ПВ}\% = \frac{t_p}{t_p + t_n} 100.$$

Стандартной продолжительностью включения, на которую выпускаются двигатели, ПВ % = 15, 25 и 40 %.

**Кратковременный**, при котором двигатель за время работы не успевает нагреваться до установившейся температуры, а за время паузы охлаждается до температуры окружающей среды, например двигатели разводных мостов, поворотного железнодорожного круга и др.

Знание режимов работы необходимо для выбора мощности и типа двигателя. Кроме того, для повторно-кратковременного и кратковременного режимов выпускаются специальные двигатели (крановые, краново-металлургические), на щитках которых обязательно указывается значение ПВ %, при котором двигатели могут работать. Чтобы определить, насколько можно загрузить двигатель с заданной продолжительностью включения ПВ<sub>1</sub> % при продолжительности включения ПВ<sub>2</sub> %, пользуются формулой

$$P_2 = P_1 \sqrt{\frac{\text{ПВ}_1\%}{\text{ПВ}_2\%}}, \text{ квт},$$

где  $P_1$  — мощность при  $PВ_1\%$ ;  
 $P_2$  — мощность при  $PВ_2\%$ .

Пример. Мощность двигателя МТ-41-8 при  $PВ_1=25\%$  равна 11 квт. Определить, какой будет мощность этого двигателя при  $PВ_2=50\%$ .

Решение:

$$P_2 = 11 \sqrt{\frac{25}{50}} = 7,8 \text{ квт.}$$

При длительном режиме работы ( $PВ_2=100\%$ ) мощность этого двигателя:

$$P'_2 = 11 \sqrt{\frac{25}{100}} = 5,5 \text{ квт.}$$

При выборе формы исполнения двигателя должна учитываться среда, в которой придется работать двигателю (нормальная, пыльная, сырая, пожароопасная, взрывоопасная и др.).

Двигатели выпускаются открытыми, защищенными, закрытыми, обдуваемыми, продуваемыми и взрывозащищенными (с несколькими модификациями).

Открытой называется машина, в которой все вращающиеся и токопроводящие части не имеют специальных защитных приспособлений.

Защищенной называется машина, у которой обмотки и другие части, находящиеся под напряжением или в движении, защищены от случайного прикосновения или проникновения внутрь машины посторонних тел, но не защищены от пыли, сырости и газов.

Закрытой называется машина, которая не имеет других отверстий, кроме отверстий для болтов, скрепляющих отдельные механические части, и для вывода проводов.

Обдуваемой (обычно закрытая — обдуваемая) называется машина, полностью закрытая и защищенная от попадания внутрь машины мелких предметов и пыли. Машина снабжена внешним радиальным вентилятором, насаженным на конец вала, противоположный рабочему концу. Воздух, увлекаемый этим вентилятором, омывает корпус двигателя снаружи; кроме того, внутри двигателя существует замкнутая внутренняя циркуляция воздуха.

Продуваемой называется машина, закрытая от прикосновения к токоведущим и вращающимся частям, защищенная от попадания внутрь электродвигателя посторонних предметов и брызг и вентилируемая воздухом, который продувается через двигатель.

При установке двигателя в пыльном помещении воздух забирают снаружи и подают к двигателю по воздухоподводящим трубам, подключенным к специальным патрубкам в станине двигателя. Подача воздуха может осуществляться специальным вентилятором или вентилятором двигателя. В последнем случае номинальная мощность двигателя снижается.

Взрывозащищенное исполнение обеспечивает возможность работы двигателя во взрывоопасной среде.

На обогатительных фабриках наиболее распространены двигатели в закрытом обдуваемом исполнении.

### Выбор мощности двигателя

Выбор мощности двигателей, работающих на обогатительных фабриках, в подавляющем большинстве случаев производится по нагреву с последующей проверкой по величине пускового момента, требующегося для разгона рабочей машины до номинальной скорости. Если возможны кратковременные толчки нагрузки (пики), например у дробилок крупного дробления, то двигатель проверяют на мгновенную перегрузку.

На щитке двигателя и в каталогах указываются его номинальные параметры: мощность, напряжение, частота, ток, число оборотов в минуту, коэффициент мощности и к. п. д.

Номинальные параметры соответствуют номинальному режиму работы, для которого машина предназначена заводом-изготовителем и при котором она должна нормально работать в течение всего срока службы.

Коэффициент полезного действия электродвигателя составляет в среднем 85—88%, следовательно, 15—12% подводимой к двигателю энергии теряется, т. е. превращается в тепловую энергию, вызывающую нагревание двигателя. Эти потери пропорциональны квадрату тока, протекающего по обмоткам.

При номинальном режиме по обмоткам двигателя протекает номинальный ток и двигатель нагревается до допустимых расчетных значений. При перегрузке увеличиваются токи, потери, так что двигатель перегревается.

При постоянной нагрузке достаточно подсчитать мощность рабочей машины и по ней выбрать мощность двигателя. При переменной нагрузке ток, протекающий по обмоткам, меняется, поэтому двигатель выбирают по среднеквадратичному току, при этом номинальный ток двигателя должен быть не меньше среднеквадратичного тока. В этом случае и при меняющейся нагрузке не происходит нагрева выше допустимой температуры.

Для каждого двигателя можно построить механическую характеристику, показывающую, как меняется его вращающий момент в зависимости от скорости вращения:

$$M = f(n).$$

Механическая характеристика асинхронного двигателя показана на рис. 33. В момент пуска число оборотов равно нулю ( $n=0$ ) и пусковой момент двигателя ( $M_{\text{пуск}}$ ) выражается величиной отрезка  $OC$ .

По мере разворачивания двигателя и увеличения числа оборотов вращающий момент двигателя также увеличивается, пока не

достигнет своего максимального значения в точке  $B$  ( $M_{\text{макс}}$ ). При дальнейшем увеличении числа оборотов вращающий момент двигателя уменьшается и в точке  $A$  становится равным номинальному моменту ( $M_{\text{ном}}$ ). Двигатель развернется до такого числа оборотов, которому соответствует вращающий момент, равный моменту сопротивления рабочей машины (например, в точке  $A_1$ ).

При увеличении нагрузки, т. е. при увеличении момента сопротивления, число оборотов снижается и вращающий момент двигателя увеличивается до тех пор, пока не станет равным новому моменту сопротивления.

Если нагрузка увеличится значительно и момент сопротивления скажется больше  $M_{\text{макс}}$ , то уменьшение числа оборотов не вызовет роста вращающего момента (участок кривой  $BC$ ), а, наоборот, момент начнет падать и двигатель остановится.

Таким образом, перегружать двигатель даже кратковременно выше максимального момента нельзя. Максимальный момент называют еще «опрокидывающим». Точное значение  $\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$  дается в каталогах для каждого двигателя.

Обычно

$$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}} = 2 - 2,5.$$

Перегрузочная способность двигателей постоянного тока определяется условиями коммутации, т. е. допустимым током на коллекторе.

По пусковому моменту  $M_{\text{пуск}}$  проверяют, сможет ли двигатель «взять с места», т. е. раскрутить приводимую машину. По ГОСТу величина  $M_{\text{пуск}}$  двигателя должна быть не ниже  $0,9 M_{\text{ном}}$ .

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеет одну механическую характеристику, так что пусковой момент  $M_{\text{пуск}}$  является неизменным.

У асинхронного двигателя с фазным ротором механическую характеристику можно менять путем введения при пуске в цепь ротора сопротивления (реостата), которое по мере разворачивания двигателя постепенно уменьшают поворотом рукоятки реостата или закорачиванием отдельных ступеней сопротивления контакторами. Механическая характеристика, соответствующая одной ступени сопротивления, показана на рис. 33 пунктиром.

Введение сопротивления в цепь ротора, с одной стороны, уменьшает пусковой ток, а с другой — повышает пусковой момент. Поэтому при тяжелых пусках, требующих высокого пускового момента, применяют асинхронные двигатели с фазным ротором.

При работе двигателя с постоянной скоростью его вращающий момент является постоянным и равен моменту сопротивления, или статическому моменту ( $M_{\text{ст}}$ ).

Под статическим моментом понимают момент сопротивления рабочей машины без учета ускорений и замедлений.

Если скорость двигателя и рабочей машины меняется (например, при пуске), то кроме статического появляется динамический момент ( $M_{дин}$ ), зависящий от инерции движущихся частей машины, редуктора и самого двигателя, а также ускорения, с которым изменяется скорость вращения. При этом

$$M_{дв} = M_{дин} + M_{ст}.$$

Это уравнение называется уравнением движения электропривода и справедливо для любого момента (при установившейся скорости  $M_{дин}=0$  и  $M_{дв}=M_{ст}$ ).

Из уравнения движения электропривода следует, что у правильно выбранного двигателя:

- 1) пусковой момент  $M_{пуск} \geq M_{дин} + M_{ст}$ ;
- 2) номинальный момент  $M_{ном} \geq M_{ст}$ ;
- 3) максимальный момент  $M_{макс} >$  максимального толчка момента сопротивления рабочей машины.

При длительном режиме работы с неизменной нагрузкой мощность двигателя выбирают либо по формулам, дающим сразу требуемую мощность, либо путем определения статического момента  $M_{ст}$ .

Потребная мощность двигателя при статической нагрузке

$$P_{ст} = \frac{M_{ст}n}{975}, \text{ квт},$$

где  $M_{ст}$  — статический момент привода, кгм;  
 $n$  — скорость вращения двигателя, об/мин.

При переменной нагрузке выбор мощности двигателя значительно сложнее и выполняется методом последовательных приближений. В расчет включают данные ориентировочно выбранного двигателя. Потребную мощность двигателя сравнивают с принятой ориентировочно мощностью. При большом расхождении принимают двигатель другой мощности, опять проводят расчет и сравнивают, пока принятая и расчетная мощности совпадут. Расчет ведут по нагреву с проверкой по пусковому и максимальному моментам.

Для других рабочих машин мощность двигателя может быть определена по формулам, выведенным теоретически или полученным по опытным или статистическим данным.

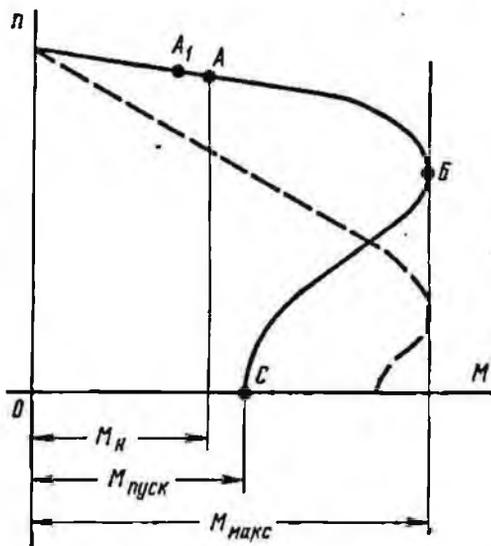


Рис. 33. Механическая характеристика асинхронного двигателя

Некоторые формулы приводятся ниже.  
Мощность двигателя вентилятора

$$P = \frac{QH}{102\eta}, \text{ квт},$$

где  $Q$  — расход газа,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;  
 $H$  — давление газа,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;  
 $\eta$  — к. п. д. вентилятора.

Мощность двигателя насоса

$$P = \frac{QH\gamma}{102\eta}, \text{ квт},$$

где  $Q$  — производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;  
 $H$  — напор, развиваемый насосом,  $\text{мм. вод. ст.}$ ;  
 $\gamma$  — плотность перекачиваемой жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  
 $\eta$  — к. п. д. насоса.

Мощность двигателя конвейера

$$P = \frac{Fv}{102\eta}, \text{ квт},$$

где  $F$  — результирующее тяговое усилие конвейера,  $\text{кг}$ ;  
 $v$  — скорость конвейера,  $\text{м}/\text{сек}$ ;  
 $\eta$  — к. п. д. приводного механизма.

Мощность двигателя пластинчатого питателя

$$P = \frac{\mu v G}{102\eta_1\eta_2}, \text{ квт},$$

где  $\mu$  — коэффициент трения материала по полотну питателя;  
 $v$  — скорость движения ленты питателя,  $\text{м}/\text{сек}$ ;  
 $G$  — вес материала, находящегося на ленте питателя,  $\text{кг}$ ;  
 $\eta_1, \eta_2$  — к. п. д. полотна и привода питателя.

Ниже дается краткая характеристика применяемых на обогатительных фабриках основных технологических машин и агрегатов, а также электродвигателей к ним.

## § 2. ДРОБИЛКИ И МЕЛЬНИЦЫ

Руды, поступающие на обогатительные фабрики, представляют собой материал различной крупности. Конечная крупность дробления или измельчения определяется размером вкрапленности полезных минералов в руде и выбранным методом обогащения.

В зависимости от крупности материала различают следующие стадии дробления и измельчения:

- 1) крупное дробление (размер кусков от 1500 до 300 мм);
- 2) среднее дробление (размер кусков от 300 до 30 мм);
- 3) мелкое дробление (размер кусков от 30 до 3 мм и ниже);

4) тонкое измельчение (размер зерен от 1 до 0,07 мм и ниже). Дробление руды осуществляется в дробилках, а измельчение — в мельницах.

Классификация дробильно-размольных машин приведена на рис. 34.

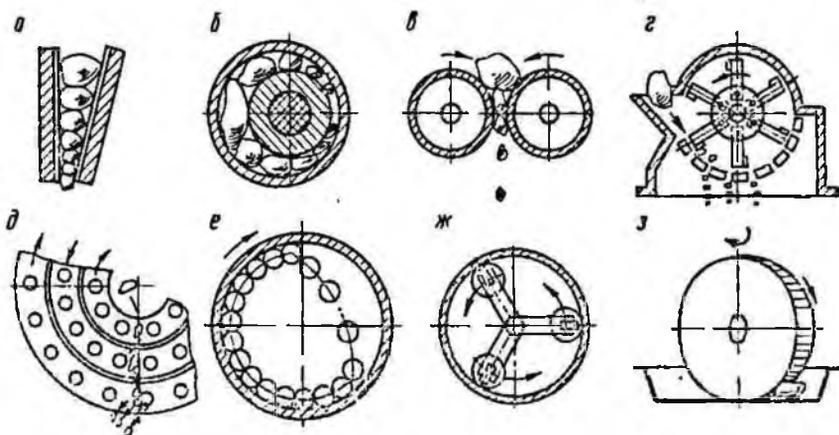


Рис. 34. Классификация дробильно-размольных машин:

дробилки:

а — щековые, б — конусные, в — валковые, г — молотковые, д — стержневые (дезинтеграторы), мельницы: е — барабанные, ж — роликовые, з — бегуны

Для крупного дробления применяют щековые и конусные (гирационные) дробилки. Среднее дробление руды производится в конусных и валковых дробилках, а мелкое — в конусных, валковых и молотковых дробилках. Измельчение осуществляется в мельницах и бегунах.

Щековые дробилки. Дробление руды в щековых дробилках осуществляется путем раздавливания ее между двумя бронированными плитами (щеками), из которых одна, качаясь, то приближается, то удаляется от другой. Кинематическая схема дробилки показана на рисунке 35.

При работе щековой дробилки создается крайне неравномерная (пиковая) нагрузка на двигатель. Рабочий ход — дробление руды происходит в первую половину вращения эксцентрикового вала, а холостой ход — разгрузка руды — во вторую. Во время холостого хода мощность расходуется только на преодоление трения.

Для сглаживания нагрузки на эксцентриковый вал насаживают маховик, который во время холостого хода запасает кинетическую энергию, а в рабочий ход ее возвращает. Это дает возможность применить для привода дробилок двигатель меньшей мощно-

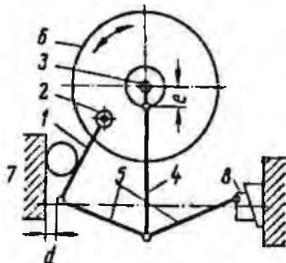


Рис. 35. Схема щековой дробилки:

1 — подвижная щека, 2 — ось подвижной щеки, 3 — эксцентриковый вал дробилки, 4 — шатун, 5 — распорные плиты, 6 — маховик, 7 — неподвижная щека, 8 — регулировочное устройство, d — ширина разгрузочной щели, e — эксцентриситет вала

сти. Однако из-за больших кусков руды и неравномерного их поступления, двигатель щековой дробилки работает с кратковременными пиками нагрузки, превышающими среднюю нагрузку в 3—4 раза.

Огромный вес подвижных частей крупных дробилок и необходимость преодоления моментов инерции создают тяжелые условия пуска. Кроме того, требуемый пусковой момент зависит от положения подвижной щеки. Поэтому приходится выбирать двигатель, мощность которого в 2—3 раза превышает мощность, требующуюся для нормальной работы. Время пуска тяжелой дробилки доходит до 60 сек.

Приводом щековых дробилок крупного дробления служит асинхронный двигатель с фазным ротором, который соединен со шкивом тексральной передачей. Так как мощность двигателя для этих дробилок определяется не мощностью, требующейся для дробления, а пусковыми условиями, то в качестве привода тяжелых дробилок часто устанавливают два двигателя, из которых один служит для нормальной работы, а оба вместе — для пуска.

Для снижения мощности приводного двигателя применяют разворот дробилки с использованием гидравлических или электромагнитных муфт.

Условия пуска щековых дробилок среднего дробления из-за более равномерной нагрузки значительно легче, и для их привода применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Типы и мощность двигателей, применяемых в щековых дробилках, приведены в табл. 8.

**Конусные дробилки.** Процесс дробления руды в конусных дробилках носит непрерывный характер, благодаря чему нагрузка на двигатель более равномерная, а меньший вес вращающихся частей и отсутствие маховиков создают более благоприятные условия пуска.

Кинематическая схема конусной дробилки представлена на рис. 36.

Руда дробится раздавливанием и истиранием между неподвижным и подвижным конусами. Подвижный конус шарнирно закреплен в верхней части, а нижняя часть соединена с эксцентриковым стаканом.

Вращение этого стакана вызывает сложное вращение подвижного конуса: в одной части он приближается к неподвижному конусу, в другой — удаляется от него, т. е. происходит изменение зазора между конусами, и руда дробится.

Нагрузка конусных дробилок для крупного дробления из-за неравномерности кусков и значительной их величины имеет пиковый характер. Поэтому в качестве привода для них применяют асинхронный двигатель с фазным ротором.

Условия пуска и работы конусных дробилок, предназначенных для среднего и мелкого дробления, значительно более легкие; поэтому для их привода применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Для этих дробилок рекомендуется

Таблица 8

## Технические характеристики приводов дробилок и мельниц

Размеры, мм	Скорость вращения дробящего конуса или барабана мельницы, об/мин	Передача	Электродвигатель		Вид двигателя
			мощность, кват	синхронная скорость вращения, об/мин	
<b>I. Щековые дробилки</b>					
900×1200	170	Клиновидный ремень То же »	125	750	} Асинхронный с фазным ротором
1200×1500	135		200	750	
1500×2100	100		280	500	
<b>II. Конусные дробилки (крупного дробления)</b>					
900×100	110	Клиновидный ремень То же	400	600	} Асинхронный с фазным ротором
1500×300	82		2×400	600	
<b>III. Конусные дробилки (среднего и мелкого дробления)</b>					
1650	230	Эластичная муфта То же Клиновидные ремни	130	750	} Асинхронный с короткозамкнутым ротором Синхронный
2100	200		210	500	
220	—		250	750	
<b>IV. Шаровые мельницы</b>					
2100×1500	24	Редуктор	125	750	} Асинхронный с короткозамкнутым ротором, синхронный
2700×3600	20,6	Зубчатая передача То же »	380	187	
3200×3100	19,8		600	250	
3600×4000	18,1		1100	167	
<b>V. Стержневые мельницы</b>					
1500×3100	24	Редуктор	100	1500	} Асинхронный с фазным или короткозамкнутым ротором
2700×3600	16	Зубчатая передача То же	380	187	
3200×4500	14,6		900	167	Синхронный

применять также синхронные двигатели, что позволяет улучшить коэффициент мощности дробильных цехов.

Двигатель соединяется с валом дробилки тексропной передачей или фрикционной муфтой.

Типы и мощности двигателей конусных дробилок приведены в табл. 8.

Мельницы. При вращении барабана мельницы находящиеся в нем шары или стержни вместе с рудой центробежными силами

и силами трения прижимаются к стенкам барабана, поднимаются до определенной высоты, а затем падают вниз, измельчая руду.

Нагрузка мельницы более равномерная, чем нагрузка дробилок, а момент сопротивления, зависящий от положения шаров в барабане, возрастает при подъеме шаров и уменьшается при их падении.

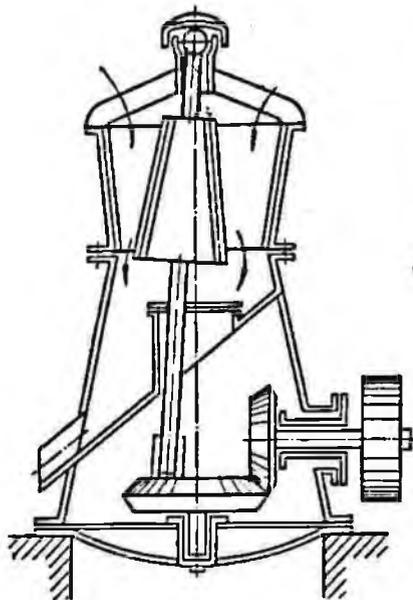


Рис. 36. Кинематическая схема конусной дробилки

Мощность двигателя, определенную по статической нагрузке, проверяют по условиям пуска, чтобы обеспечить надежный пуск мельницы. Начальный момент двигателя должен быть не ниже 1,4—1,5 номинального момента для стержневых мельниц и 1,2—1,3 — для шаровых мельниц. Время разгона мельницы составляет 3—4 сек. Барабаны мельниц вращаются со скоростью 18—22 об/мин, и для уменьшения передаточного числа редуктора число оборотов двигателя выбирают минимальным. Чаще всего приводом мельниц служит тихоходный синхронный двигатель.

Мельницы сухого помола так же, как и дробилки, работают в пыльной среде, поэтому двигатели выбирают в закрытом исполнении (табл. 8).

### § 3. ГРОХОТЫ И КЛАССИФИКАТОРЫ

Грохоты и классификаторы служат для разделения кусков или частиц руды по крупности. На грохотах разделяют сравнительно крупный материал и производят пропускание его через просеивающую поверхность (сито или решето).

По характеру движения грохоты бывают неподвижные (привода не требуется), качающиеся, вращающиеся и вибрационные, а по конструкции — качающиеся, гирационные, вибрационные, барабанные и др. Во всех грохотах электродвигатель сообщает движение непосредственно или через эксцентриковый вал шатуну и просеивающей коробке.

Мощность двигателя грохотов обычно не превышает 20 квт; регулирования скорости вращения не требуется, условия пуска нормальные. Поэтому для их привода применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Двигатель сочленяют с вибрирующей или качающейся поверхностью посредством клиноременной передачи, которая защищает его от резких вибраций.

С появлением вибрационных двигателей их приспособили для грохотов и получили удобный и экономичный виброгрохот (см. раздел «Питатели»).

В классификаторах разделяют мелкий материал; его разделение в воде или воздухе основано на различной скорости падения частиц.

Существует несколько конструкций механических классификаторов, отличающихся устройством для удаления осевших частиц.

Осаждающиеся в наклонно поставленном корыте крупные частицы (пески) с помощью транспортирующего устройства передвигаются по дну корыта вверх и при этом обезвоживаются. Мелкие частицы, взвешенные в воде (слив), удаляются с водой через нижний порог корыта.

В речных классификаторах транспортирующим устройством являются 1—4 гребковые рамы, совершающие возвратно-поступательное движение, а в спиральных классификаторах — 1—2 спирали.

В одноречных классификаторах нагрузка на двигатель неравномерная из-за возвратно-поступательного движения гребковой рамы. В многоречных классификаторах с одновременным движением гребковых рам нагрузка более равномерная. Приводной вал речных классификаторов связан с двигателем клиноременной передачей.

На фабриках наибольшее распространение получили спиральные классификаторы. Нагрузка их непрерывна и практически постоянна. Двигатель связан через редуктор и коническую шестерню. Спиральные классификаторы имеют устройство для подъема и опускания спирали специальным электродвигателем. Условия пуска легкие, так как спираль раскручивается вхолостую (она поднята) и лишь затем постепенно опускается в пульпу.

Потребная мощность классификаторов не превышает 20 квт; регулировка скорости вращения, как правило, не требуется. Поэтому в качестве привода классификаторов применяют асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором.

#### § 4. КОНВЕЙЕРЫ, ЭЛЕВАТОРЫ, ПИТАТЕЛИ

Ленточный конвейер представляет собой бесконечную ленту, опирающуюся на ролики и смонтированную на горизонтальной или наклонной станине. В одном конце находится ведущий барабан с приводным механизмом, а на другом — ведомый с натяжным устройством.

Лента в большинстве случаев изготавливается из прорезиненной хлопчатобумажной ткани шириной от 0,4 до 2 м в зависимости от производительности.

Скорость движения конвейерных лент колеблется от 0,5 до 2,5 м/сек.

Ленточные конвейеры в большинстве случаев имеют однодвигательный привод, состоящий из асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, муфт и редуктора.

Тяжелые и сверхтяжелые конвейеры имеют двухдвигательный привод: на одном приводном барабане устанавливается синхронный электродвигатель, а на другом — асинхронный с фазным ротором. Такое сочетание делается для того, чтобы сохранить приблизительно одинаковым растягивающее усилие между барабанами, а также иметь возможность регулировать распределение нагрузок между ними.

Для длинных конвейеров, когда асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором не может обеспечить плавность пуска, выбирают асинхронные двигатели с фазным ротором.

В редких случаях на обогатительных фабриках применяют лотковые конвейеры и винтовые (шнеки). Они характеризуются постоянным моментом сопротивления, регулирования скорости не требуют. Приводом их служит асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, соединенный через редуктор.

Мощности двигателей конвейеров колеблются от единиц до тысяч киловатт.

Ковшовые элеваторы состоят из ряда ковшей, укрепленных на бесконечной ленте или цепи, вращающейся между барабаном или звездочками. Двигаясь снизу вверх, ковши зачерпывают материал, поднимают его вверх и выбрасывают.

Момент сопротивления элеватора постоянный. В качестве привода применяется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, соединенный с ведущим элементом через редуктор.

Питатели являются первым звеном в непрерывном потоке материала на фабрике. Они монтируются у течек бункеров и подают руду в дробилки и на конвейеры.

Питатели делятся на:

- 1) тяжелые пластинчатые, подающие крупную недробленую руду;
- 2) ленточные, дисковые, барабанные, вибропитатели, предназначенные для подачи дробленой руды или другого материала.

Тяжелые питатели представляют собой бесконечную ленту из пластины, лежащую на роликах и приводимую в движение электродвигателем через редуктор.

Момент сопротивления питателя за время пуска сохраняется постоянным, но пусковая мощность превышает нормальную примерно в 2—2,5 раза.

Как правило, скорость пластинчатых питателей, подающих руду в дробилки, необходимо регулировать. Поэтому для их привода применяют многоскоростные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Мощность двигателя этих питателей составляет 28—40 квт.

Ленточный питатель — это небольшой длины конвейер; дисковый питатель состоит из вращающегося в горизонтальной плоско-

сти диска, а барабанный — это барабан, вращающийся вокруг оси. Эти питатели могут быть регулируемые и нерегулируемые. Если требуется плавное и широкое изменение скорости вращения для питателей, выбирают двигатели постоянного тока, а для нерегулируемых питателей — асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

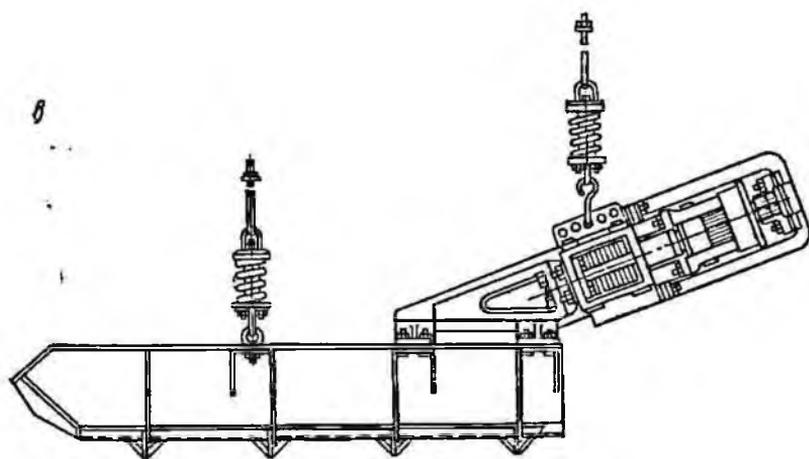
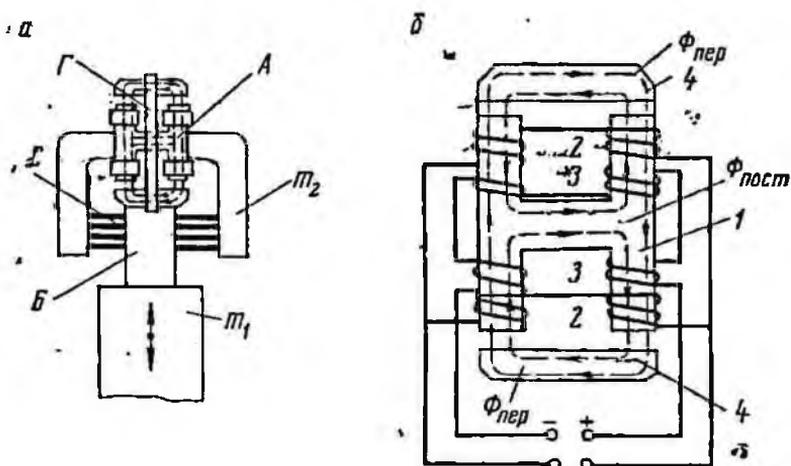


Рис. 37. Электровибратор

Одним из наиболее совершенных типов питателей являются вибропитатели, приводом которых служит электровибратор.

Электровибратор резонансного действия, применяющийся в качестве привода питателей, грохотов и трубоконвейеров, как видно из рис. 37, а, состоит из электрического двигателя-вибратора А, встроенных в корпус рессор С и обоймы Б со скобой Г.

Собственно электродвигатель *A* является электромагнитом возвратно-поступательного движения. Он состоит из сердечника *H*-образной формы *1*, двух якорей *4*, соединенных скобой, и четырех катушек, имеющих каждая по две обмотки: обмотку переменного *2* и постоянного *3* тока (рис. 37, б). Катушки соединяют между собой таким образом, чтобы магнитные потоки, создаваемые переменным током, суммировались в общий переменный магнитный поток, замыкающийся по внешнему контуру.

Магнитные потоки, создаваемые постоянным током, направлены навстречу друг другу и замыкаются по внутреннему контуру. Один переменный и два постоянных магнитных потока создают силы притяжения, которые, складываясь, дают равнодействующую силу, изменяющуюся по синусоидальному закону с частотой 3000 периодов в минуту. Эта сила вызывает возвратно-поступательные движения якоря двигателя с той же частотой.

Таким образом, электровибрационная машина (например, вибропитатель) представляет собой систему, состоящую из двух масс  $m_1$  и  $m_2$ . К массе  $m_1$  относятся рабочий орган машины (лоток, грохот и т. п.), обойма со скобой, связывающей рабочий орган машины с вибратором, и якоря двигателя. К массе  $m_2$  относятся корпус вибратора и сердечник с катушками. Упругую связь обеих массами осуществляет система рессор *C* (см. рис. 37, а).

Электровибрационные машины надежны, просты по конструкции, имеют высокий к. п. д. и дают возможность широкой и плав-

Таблица 9

Технические характеристики электровибродвигателей, вибропитателей, трубных конвейеров и виброгрохотов

Характеристика	Питатели			Трубные конвейеры		Грохот Т-182 ГР 1400× 1500
	Размеры, мм			Диаметр трубы, мм		
	500×1600	900×2000	1500× 2500	350	500	
Производительность, <i>т/ч</i>	50*	120*	650*	50	50—75	100 <i>м³/ч</i>
Число колебаний в минуту . . . . .	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Двойная амплитуда колебания, мм . . . . .	1,5	1,5	2,5	—	—	0,9×2
Обмотка переменного тока:						
напряжение, <i>в</i> . . . . .	380	380	380	380	220/380	380
ток, <i>а</i> . . . . .	1,8	7,5—15,0	30—60	4	12/7	14—30
Мощность, <i>вт</i> . . . . .	550—650	2200	900	—	—	45000
Коэффициент мощности . . . . .	0,8—0,4	0,35—0,7	0,7—0,35	0,66	0,56	—
Обмотка постоянного тока:						
напряжения, <i>в</i> . . . . .	24	24	40	20	12,5/21,8	—
ток, <i>а</i> . . . . .	3,4	10	16	4	12/7	11
мощность, <i>вт</i> . . . . .	80	240	680	—	—	270

\* В горизонтальном положении.

ной регулировки амплитуды колебания путем изменения величины тока возбуждения. Общий вид вибропитателя показан на рис. 37, в.

Технические характеристики некоторых электровибродвигателей, применяющихся для вибропитателей, виброгрохотов и виброконвейеров приведены в табл. 9.

## § 5. НАСОСЫ И ВЕНТИЛЯТОРЫ

На обогатительных фабриках насосы и вентиляторы находят широкое применение. Насосы подают воду, необходимую для производства; песковые насосы перекачивают пульпу, а мощные землесосы удаляют отходы производства (хвосты) в отвал.

Вентиляторы низкого давления (до 100 мм вод. ст.) применяют для вентиляционных установок, а вентиляторы среднего давления (от 100 до 300 мм вод. ст.) — для аспирационных установок.

Сжатый воздух, необходимый для пневмотранспорта и обдувки машин, вырабатывается компрессорами, а разрежение в вакуум-фильтрах создается вакуум-насосами.

Насосы и дымососы относятся к категории центробежных машин, в которых движение воды, воздуха или газа, а также напор создаются центробежными силами, возникающими при вращении рабочих колес с лопатками.

Характерной чертой этих машин является так называемый вентиляторный момент, когда момент сопротивления пропорционален квадрату числа оборотов.

Для центробежных машин производительность изменяется пропорционально изменению скорости, рабочий напор — пропорционально квадрату скорости, а мощность на валу пропорционально кубу скорости рабочего колеса:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1}; \quad \frac{H_2}{H_1} = \frac{n_2^2}{n_1^2}; \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2^3}{n_1^3}.$$

Если известны производительность, напор и мощность при одном числе оборотов (например, при номинальном), то, пользуясь этими зависимостями, легко определить производительность, напор и мощность при любом другом числе оборотов.

Пример. Песковый насос при  $n_1 = 1500$  об/мин имеет производительность  $Q_1 = 100$  м<sup>3</sup>/ч и создает напор  $H_1 = 30$  м. Определить  $Q_2$  и  $H_2$  при  $n_2 = 1000$  об/мин.

$$Q_2 = \frac{Q_1 n_2}{n_1} = 100 \frac{1000}{1500} = 66,6 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad H_2 = \frac{H_1 n_2^2}{n_1^2} = 30 \frac{1000^2}{1500^2} = 13,3 \text{ м}.$$

Вакуум-насосы и компрессоры составляют группу поршневых машин. Статический момент этих машин постоянный, а нагрузка

в зависимости от положения кривошипа периодически меняется от максимальной до минимальной величины. Для выравнивания ее применяют маховик.

Электроприводом большинства насосов (в том числе и песковых) и вентиляторов служат асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, так как они обеспечивают требуемый пусковой момент, а регулировка скорости вращения не требуется.

Для землесосов при мощности от 100 до 2000 квт применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и синхронные электродвигатели. Для привода дымососов и турбовоздуховок применяют синхронные двигатели.

Для привода поршневых компрессоров, как правило, применяют тихоходные синхронные двигатели, связанные непосредственно с валом компрессора или через клиноременную передачу.

Поршневые вакуум-насосы обычно поставляют с асинхронными двигателями с фазным ротором, но для них могут применяться также синхронные электродвигатели.

Технические характеристики вентиляторов, песковых насосов, землесосов и электродвигателей, поставляемых комплектно, приведены в табл. 10.

Таблица 10

Технические характеристики вентиляторов, песковых насосов, землесосов и электродвигателей, поставляемых комплектно

Характеристика	Напор, м вод. ст. и мм. вод. ст. (для вентиляторов)	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Асинхронный двигатель		
			мощность, квт	синхронное число, об/мин	исполнение ротора
Вентилятор центробежный Ц4-70 № 12 . . . . .	100 мм	50000	28	750	Короткозамкнутый
Вентилятор центробежный Ц9-57 № 8 . . . . .	200 мм	30000	40	1000	То же
Песковый насос, диаметр патрубков 50×100 мм	15	40—23*	10	1500	»
То же, 100×150 мм . . .	30	115—69*	40	1500	»
Землесос, диаметр рабочего колеса 350 мм . .	80	100	75	1500	»
То же, 500 мм . . . . .	80	600	300	1500	
То же, 1000 мм . . . . .	53	1600	480	600	Фазный или короткозамкнутый. Синхронный

\* Максимальная производительность показана при содержании твердого в пульсе, равном 5%, а минимальная—при 65%.

## § 6. ФЛОТАЦИОННЫЕ МАШИНЫ

Наибольшее распространение на обогатительных фабриках получила механическая флотационная машина «Механобр» (рис. 38). Она представляет собой длинную ванну; разделенную на ряд ка-

мер. В каждой камере находится вертикальный вал 1, приводимый во вращение электродвигателем через клиноременную передачу. Вал помещается внутри стакана 2, на нижний его конец надет импеллер 4, представляющий собой диск с радиальными лопатками 6. Над импеллером находится статор 3, состоящий из диска и лопаток 5. По окружности диска статора имеются отверстия, которые могут закрываться пробками. В нижней части стакана 2 имеются отверстия, снабженные заслонками 8, которыми регулируется величина циркулирующего потока.

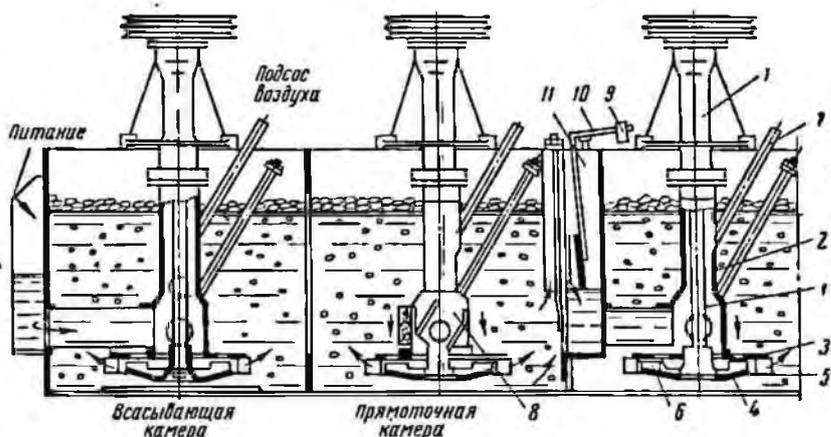


Рис. 38. Механическая флотационная машина «Механобр»

Машина работает следующим образом.

От двигателя через тексропную передачу получает вращение вал с импеллером. Исходная пульпа поступает в приемный карман, откуда по горизонтальной трубе засасывается импеллером и выбрасывается благодаря центробежным силам через пространство между лопатками статора в камеру машины.

При засасывании пульпы импеллером одновременно происходит засасывание воздуха через патрубок 7, при этом пульпа насыщается воздухом и в ней образуются мелкие воздушные пузырьки. Пена из машины удаляется пеногоном в желоб для концентрата, расположенный вдоль длинной стороны ванны.

Пульпа через карман поступает в следующую камеру, где процесс повторяется. Перелив пульпы из камеры в камеру регулируется качающимся шибером 11 вокруг оси 10 с контргрузом 9, который отжимается при повышении уровня пульпы.

Для привода импеллеров и пеногонов применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, так как регулировка числа оборотов не требуется.

Привод валов импеллера и пеногона осуществляется посредством клиноременной передачи, причем для привода импеллера применяют двигатели в исполнении для установки в вертикальном положении.

Так как электродвигатели работают в очень влажной атмосфере, изоляция их должна быть влагостойкой и защищенной от попадания брызг воды, пульпы и химических реагентов. Для привода импеллеров и пеногонов применяют двигатели в закрытом обдуваемом исполнении (АО).

Основные характеристики электроприводов некоторых типов флотационных машин «Механобр» приведены в табл. 11.

Таблица 11

Характеристика электроприводов флотационных машин типа «Механобр»

Номер машины	Диаметр импеллера, мм	Скорость вращения, об/мин				Мощность двигателя, квт	
		импеллер		пеногон		импеллер	пеногон
		вал	двигатель	вал	двигатель		
0	150	900	1410	17,5	1410	1,7*	0,6
1	200	568	1420	17,5	1410	1,7*	0,6
2	250	500	1420	17,5	1410	2,8*	0,6
3А	300	480	1420	17,5	1410	1,7	0,6
4М	350	400	930	16,0	930	2,8	1,0
5АМ	500	300	930	16,0	930	4,5	1,0
6АМ	600	280	930—980	16,0	930	10,0	1,0
7	750	240	980	17,0	930	20,0	1,7

\* Установлен один двигатель для привода двух импеллеров.

## § 7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ

Электромагнитные сепараторы отличаются большим разнообразием как по конструкции, так и по условиям работы. Любой сепаратор состоит из магнитной системы и органа, транспортирующего материал.

По конструкции магнитной системы сепараторы подразделяются для сильномагнитных и слабомагнитных руд. В первом случае магнитное поле слабое, а во втором — сильное. В последнее время вместо электромагнитов с успехом стали применять постоянные магниты.

По конструкции сепараторы бывают барабанные, ленточные, роликовые, шкивные и т. п.

Кроме этих различий, сепараторы бывают для сухой и мокрой сепарации (с водой). Сухая сепарация применяется для руды крупностью выше 3 мм, а мокрая — ниже 3 мм.

Барабанные сепараторы с радиальной магнитной системой (рис. 39) состоят из:

- 1) неподвижной магнитной системы 4, полюса которой расположены радиально и с чередующейся полярностью;
- 2) вращающегося барабана 1, охватывающего магнитную систему;

3) шпикастена или других приемных устройств для получения продукта;

4) привода.

Сепарация руды происходит следующим образом.

В катушки магнитной системы 4 подается постоянный ток, и на полюсных наконечниках 3 полюсов электромагнитов 2 создается магнитное силовое поле.

Барaban приводится во вращение асинхронным короткозамкнутым двигателем мощностью порядка 0,5—1 квт. На верхнюю часть барабана подается исходная руда, которая увлекается и движется

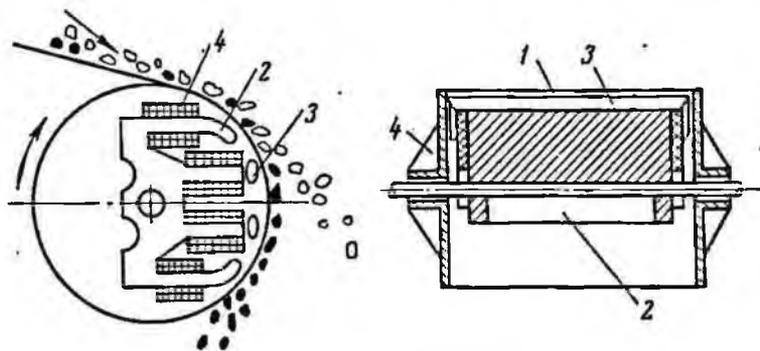


Рис. 39. Схема барабанного магнитного сепаратора

книзу, проходя через магнитное поле. При этом магнитные куски притягиваются к полюсам, прижимаясь к барабану, а немагнитные — свободно падают под влиянием силы тяжести и центробежной силы.

Прижатые к барабану магнитные куски доходят до нижней границы магнитной системы и, не удерживаемые далее магнитами, падают вниз.

Катушки магнитной системы питаются постоянным током 110—220 в обычно от двигателя-генератора. Мощность, идущая на возбуждение обмоток, составляет 0,8—1,8 квт и на привод барабана 0,35—0,75 квт. Напряженность магнитного поля может регулироваться реостатом, включенным в цепь катушек магнитной системы.

Ленточные сепараторы для сильномагнитных руд, например мокрые сепараторы 128-СЭ (рис. 40, а, б), имеют следующие основные детали:

1) магнитную систему 3, изогнутую под большим радиусом, с полюсами чередующейся полярности и расположенную в герметически закрытой коробке, залитой маслом;

2) бесконечную ленту 1 с ведущим 2 и ведомым 4 шкивами;

3) питающее устройство;

4) привод.

Магнитная система 3 имеет 19 полюсов чередующейся полярности, разбитых на четыре зоны. Первая зона состоит из трех полюсов с наиболее мощным магнитным полем. В ней происходит

притяжение магнитной части руды из пульпы (смесь руды с водой). Вторая зона состоит из четырех полюсов. В этой зоне выделяются немагнитные отходы. В третьей зоне, состоящей из восьми полюсов, выделяется промежуточный продукт, если сепаратор используется как трехпродуктовый, или продолжается выделение

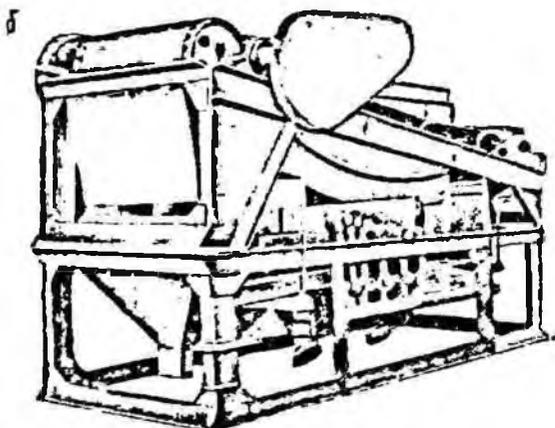
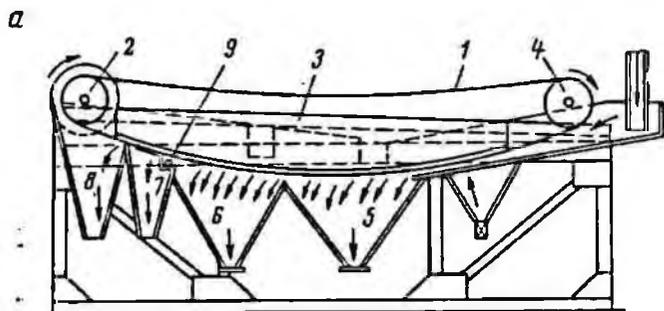


Рис. 40. Ленточный магнитный сепаратор

отходов, если сепаратор используется как двухпродуктовый. В четвертой зоне, состоящей из четырех полюсов, обезвоживается магнитный концентрат.

Сепаратор работает следующим образом.

Ведущий шкив 2, связанный с двигателем, увлекает ленту 1. Руда подается по лотку, расположенному под ведомым шкивом. Дойдя до первых полюсов магнитной системы 3, магнитные частички руды притягиваются к ленте и перемещаются к последним полюсам, причем по пути оmyваются водой и агитируются в чередующемся магнитном поле. С последних полюсов магнитный материал (концентрат) сбрасывается в приемный шпикастен 8. В приемник 7 попадает вода и частично руда. Для отмывки концентрата из брызгала 9 направляется струя воды против движения ленты.

## Технические характеристики электромагнитных и магнитных сепараторов основных типов

Характеристика	Ленточные			Барабанные			Валковые	Роликовые	Дисковые	
	128Г-СЭ	1486-СЭ	СМ-3	132а-СЭ	168-СЭ	167А-СЭ*				179-СЭ*
	9—35	12—45	15—36	30—40	100	12—45	5—15	4—8	2—4	0,2—1
Производительность, т/ч . . .	1000	1000	1200	1000	1500	1100	1100	12000	18000	16000
Номинальная напряженность магнитного поля, Э . . . . .	220/110	220	220	220/110	220	—	—	220/110	220	220
Обмотка возбуждения:	4,9—5,9	5,5—6,0	4,5	1,7	8,3	—	—	2,2—4,4	4,5	1,3
напряженье, в . . . . .	2,8	2,8	1,7	4,5	1,0	1,0	1,0	2,8 и 1,7**	2,8	1
Привод ленты (барабана вала, ролика, диска):	1000	1000	1500	1500	1500	1000	1000	1000	1000	1500
мощность, квт . . . . .	—	—	—	1,0	0,65	—	—	—	—	—
синхронная скорость вращения, об/мин . . . . .	—	—	—	1000	3000	—	—	—	—	—
Привод питателя (лотка, подъемного механизма, вибратора):	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6 и 0,27**
мощность, квт . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1500
синхронная скорость, об/мин	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* Магнитная система этих сепараторов состоит из набора постоянных магнитов.  
 \*\* Показаны два двигателя правого и левого валков, вибратора и питателя.

Немагнитные частички, не притянувшись к магнитной системе во время движения по лотку, сбрасываются с него в шпикастен 5 для хвостов. Промпродукт поступает в шпикастен 6.

Некоторые немагнитные частички механически увлекаются вместе с магнитными, но, попадая под чередующиеся полюсы, выпадают и собираются в приемнике 6. Они могут быть или хвостами, или промпродуктом в зависимости от величины тока в последних зонах магнитной системы.

Для регулирования напряженности магнитного поля во второй, третьей и четвертой зонах магнитной системы имеются реостаты возбуждения, с помощью которых можно изменять величину намагничивающего тока.

Технические характеристики некоторых сепараторов приведены в табл. 12.

## **§ 8. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ШКИВЫ.**

### **ПОДВЕСНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ. МЕТАЛЛОИСКАТЕЛИ**

Для защиты от попадания металлических предметов в машины (например, в дробилки) применяют электромагнитные шкивы и подвесные электромагниты — железоотделители.

Электромагнитный шкив конструктивно выполнен таким образом, что его устанавливают вместо ведущего или ведомого барабана ленточного конвейера. Он состоит из цилиндрических стальных полюсов с помещенными на них катушками и токораспределительной коробки. Последняя представляет собой устройство, передающее напряжение от сети постоянного тока к вращающейся обмотке шкива. Токпередача осуществляется посредством щеток и контактных колец.

Подвесной электромагнитный сепаратор состоит из полюсной скобы, представляющей собой цельную стальную отливку, цилиндрические части которой являются сердечниками магнитов, а соединяющая их верхняя часть — ярмом. На сердечниках полюсной скобы помещаются катушки, заключенные в металлические кожухи, предохраняющие обмотку от механических повреждений. Снизу к сердечникам полюсной скобы привинчены полюсные наколенники.

Подвесной электромагнит подвешивают в вертикальном положении или под углом, соответствующим углу наклона транспорта. Питающие провода подводят к соединительной коробке, в которой переключками можно пересоединить с 220 на 110 в или наоборот.

Хорошее извлечение железных предметов получается при толщине слоя материала не более 150 мм. При большей толщине слоя применяют одновременно подвесной электромагнит и электромагнитный шкив.

Основные технические данные электромагнитных шкивов и подвесных электромагнитов приведены в табл. 13.

Таблица 13

Технические характеристики подвесных электромагнитов и электромагнитных шкивов

Характеристика	Подвесные электромагниты		Шкивы электромагнитные (железоотделители)	
	ЭП-1	ЭП-2	ЭШ-5/6, 3-1	ЭШ-6, 5/6, 3-1
Ширина транспортной ленты, мм . . . . .	650; 800; 1000	1200; 1400; 1600	500	650
Напряжение постоянного тока, в	110/220	220	110/220	110/220
Потребляемая мощность, квт .	2,7; 2,7; 2,7	4,34; 4,34; 4,34	2,55	2,55

Продолжение табл. 13

Характеристика	Шкивы электромагнитные (железоотделители)		
	ЭШ-8-1	ЭШ-10-1	ЭШ-12-1М
Ширина транспортной ленты, мм . . . . .	800	1000	1200
Напряжение постоянного тока, в	110/220	110/220	110/220
Потребляемая мощность, квт .	5,35	5,35	6,48

Металлоискатели служат для предотвращения попадания в дробилку металлических предметов вместе с рудой. Их устанавливают на конвейерах, подающих в дробилку руду.

Металлоискатели бывают с постоянным и переменным магнитным потоком.

Работа металлоискателя первого типа основана на принципе электромагнитной индукции. Вокруг несущей ветви конвейерной ленты устанавливается индукционная катушка с большим числом витков таким образом, чтобы лента проходила через нее.

При попадании магнитного материала в плоскость катушки изменяется поток магнитной индукции, и в катушке возникает индукционный ток, который попадает в сигнализирующий прибор или воздействует на пускатель двигателя, отключая его. Эти металлоискатели очень надежны, но обнаруживают только магнитные металлы.

Работа металлоискателей второй группы основана на явлении возникновения вихревых токов в металлических массах при попадании их в переменное магнитное поле. Вихревые токи стремятся противодействовать вызвавшей их силе и, следовательно, умень-

шают основной магнитный поток конвейерных катушек, что фиксируется сигнализирующим прибором.

Металлоискатели этого типа работают на промышленной или звуковой частотах.

Вихревые токи при промышленной частоте весьма малы, и такие металлоискатели могут обнаруживать только ферромагнитные металлы. При звуковой частоте вихревые токи значительно больше, и металлоискатель обнаруживает также немагнитные металлы.

Металлоискатель состоит из двух конвейерных индукционных катушек, охватывающих несущую ветвь ленты и установленных на расстоянии 1—2 м одна от другой. Кроме катушек имеется генераторно-усилительный блок и сигнальный щиток.

### **§ 9. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОМЫВКИ, СГУЩЕНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ**

Промывка обогащаемых руд производится на промывочных грохотах, бутарах, логушерах и др. Они представляют собой сетчатый вращающийся барабан, в который помещается руда, промываемая сильной струей воды. Для привода этих машин применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в закрытом исполнении. Соединение двигателя выполняется через редуктор или клиноременную передачу.

Для сгущения и обезвоживания применяют сгустители, дисковые или барабанные вакуум-фильтры, центрифуги.

Сгуститель представляет собой цилиндрический резервуар (диаметром до 150 м), в который поступает пульпа. В нем происходит осаждение твердых частиц, которые удаляются вращающейся рамой с гребками.

Мощность двигателей привода гребковой рамы сгустителя низкая и колеблется от 1 до 14 квт в зависимости от размеров сгустителя. Приводом сгустителей с диаметром чана до 50 м служат асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, так как регулировка скорости не требуется. Сгустители же с диаметром чана 50, 75 и 100 м оборудованы четырехскоростными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, дающими возможность ступенчатой регулировки скорости. Двигатели применяются в закрытом обдуваемом исполнении (АО).

У сгустителей с периферическим приводом электродвигатель вращается вместе с фермой. Поэтому подвод тока к нему осуществляется через три контактных кольца, укрепленные на неподвижной центральной стойке. Напряжение подводится к кольцам и снимается щетками, перемещающимися вместе с фермой. От щеток к зажимам двигателя ток подводится кабелем.

Сгустители относятся к потребителям первой категории, т. е. не допускают даже кратковременного перерыва в подаче электроэнергии. Объясняется это тем, что при остановке гребковой рамы

твердые частицы оседают, происходит заиливание, для ликвидации которого требуется много времени и труда (нужна полная разгрузка). Поэтому для сгустителя должна быть обеспечена надежность питания и работы электрического оборудования, а также сигнализация и защита от перегрузки.

Для контроля торможения фермы и перегрузки на ферме устанавливается специальный датчик, замыкающий свой первый контакт в начале затормаживания фермы, а второй контакт — в момент, грозящий остановкой фермы.

На фильтрах продукт обезвоживается, проходя ряд фильтровальных дисков, насаженных на общий вал. Вал вращается, диски нижней частью погружаются в пульпу, попадают в зону вакуума, создаваемого вакуум-насосами, в результате чего происходит всасывание фильтрата через фильтровальную ткань и наращивание на дисках обезвоженного концентрата — кека.

Приводом вакуум-фильтров служат асинхронные двигатели короткозамкнутым ротором мощностью от 1 до 4,5 квт.

## § 10. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Переносный электровулканизационный аппарат предназначен для горячей вулканизации стыков и поврежденных мест конвейерных лент с резиновыми обкладками. Он состоит из двух половин корпусов, представленных пустотелыми дюралюминиевыми коробками, внутри которых находятся нагревательные

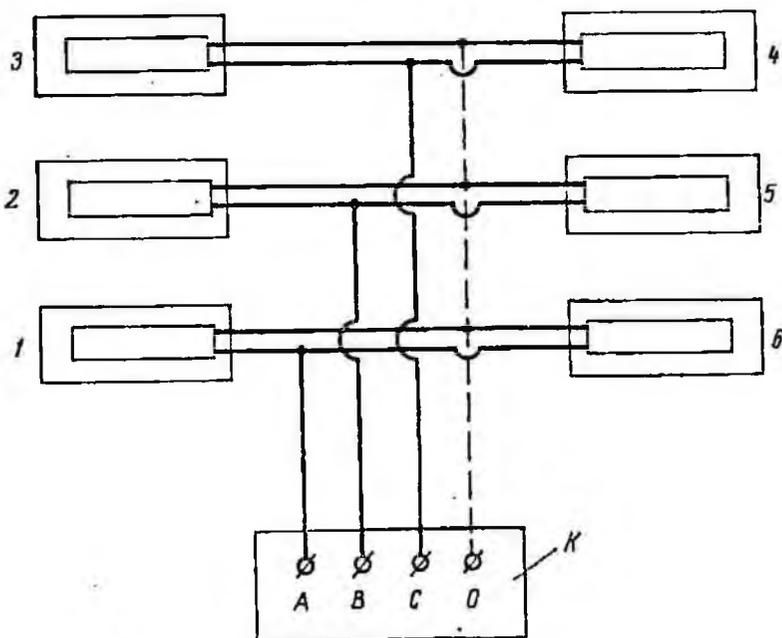


Рис. 41. Схема включения нагревательных элементов в корпусе электровулканизационного аппарата:

1 — 6 — нагревательные элементы. К — клеммник

шают основной магнитный поток конвейерных катушек, что фиксируется сигнализирующим прибором.

Металлоискатели этого типа работают на промышленной или звуковой частотах.

Вихревые токи при промышленной частоте весьма малы, и такие металлоискатели могут обнаруживать только ферромагнитные металлы. При звуковой частоте вихревые токи значительно больше, и металлоискатель обнаруживает также немагнитные металлы.

Металлоискатель состоит из двух конвейерных индукционных катушек, охватывающих несущую ветвь ленты и установленных на расстоянии 1—2 м одна от другой. Кроме катушек имеется генераторно-усилительный блок и сигнальный щиток.

### **§ 9. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОМЫВКИ, СТУЩЕНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ**

Промывка обогащаемых руд производится на промывочных грохотах, бутарах, логушерах и др. Они представляют собой сетчатый вращающийся барабан, в который помещается руда, промываемая сильной струей воды. Для привода этих машин применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в закрытом исполнении. Соединение двигателя выполняется через редуктор или клиноременную передачу.

Для стущения и обезвоживания применяют стустители, дисковые или барабанные вакуум-фильтры, центрифуги.

Стуститель представляет собой цилиндрический резервуар (диаметром до 150 м), в который поступает пульпа. В нем происходит осаждение твердых частиц, которые удаляются вращающейся рамой с гребками.

Мощность двигателей привода гребковой рамы стустителя низкая и колеблется от 1 до 14 квт в зависимости от размеров стустителя. Приводом стустителей с диаметром чана до 50 м служат асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, так как регулировка скорости не требуется. Стустители же с диаметром чана 50, 75 и 100 м оборудованы четырехскоростными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, дающими возможность ступенчатой регулировки скорости. Двигатели применяются в закрытом обдуваемом исполнении (АО).

У стустителей с периферическим приводом электродвигатель вращается вместе с фермой. Поэтому подвод тока к нему осуществляется через три контактных кольца, укрепленные на неподвижной центральной стойке. Напряжение подводится к кольцам и снимается щетками, перемещающимися вместе с фермой. От щеток к зажимам двигателя ток подводится кабелем.

Стустители относятся к потребителям первой категории, т. е. не допускают даже кратковременного перерыва в подаче электроэнергии. Объясняется это тем, что при остановке гребковой рамы

твердые частицы оседают, происходит заиливание, для ликвидации которого требуется много времени и труда (нужна полная разгрузка). Поэтому для сгустителя должна быть обеспечена надежность питания и работы электрического оборудования, а также сигнализация и защита от перегрузки.

Для контроля торможения фермы и перегрузки на ферме устанавливается специальный датчик, замыкающий свой первый контакт в начале затормаживания фермы, а второй контакт — в момент, грозящий остановкой фермы.

На фильтрах продукт обезвоживается, проходя ряд фильтровальных дисков, насаженных на общий вал. Вал вращается, диски нижней частью погружаются в пульпу, попадают в зону вакуума, создаваемого вакуум-насосами, в результате чего происходит всасывание фильтрата через фильтровальную ткань и наращивание на дисках обезвоженного концентрата — кека.

Приводом вакуум-фильтров служат асинхронные двигатели короткозамкнутым ротором мощностью от 1 до 4,5 квт.

## § 10. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Переносный электровулканизационный аппарат предназначен для горячей вулканизации стыков и поврежденных мест конвейерных лент с резиновыми обкладками. Он состоит из двух половин корпусов, представленных пустотелыми дюралюминиевыми коробками, внутри которых находятся нагревательные

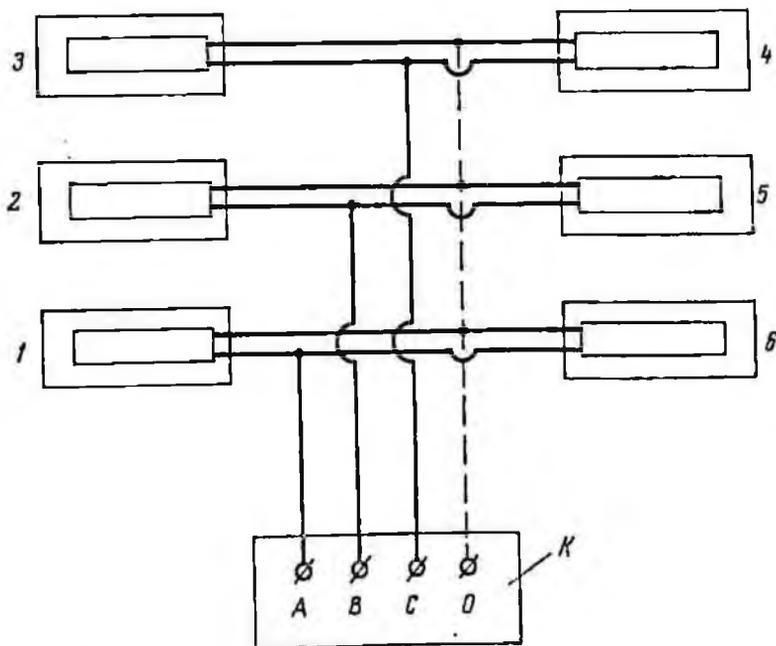


Рис. 41. Схема включения нагревательных элементов в корпусе электровулканизационного аппарата:

1 — 6 — нагревательные элементы, К — клеммник

элементы и регулируемое температурное реле ТР-200. Доступ к реле возможен через отверстия в корпусе. Вулканизируемый стык закладывают между двумя половинками, стягивают болтами и разогревают до требуемой температуры.

В каждой половинке находятся шесть нагревательных элементов, которые включаются попарно в каждую фазу трехфазного тока 380/220 в (рис. 41). Потребная мощность 23,2 квт. Температура нагрева рабочих поверхностей 145 °С.

Каждая половинка включается с помощью магнитного пускателя ключом управления с последующим автоматическим отключением и включением контактами температурного реле.

Электроковш переносный предназначен для расплавления цинкового сплава и заливки из него футеровок конусных дробилок. Нагревательные элементы включаются в сеть 380/220 в трехфазного тока. Мощность нагревателя 48 квт. Включается электроковш магнитным пускателем.

## Глава VI

### АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Механизмы обогатительных фабрик связаны в единую поточно-транспортную систему и, как правило, для управления приводами применяют контакторы и магнитные пускатели. Однако взаимная блокировка почти всех механизмов фабрики и диспетчерское автоматизированное управление вызывают необходимость применения дополнительной аппаратуры.

#### § 1. КОНТАКТОРЫ

Контакторы постоянного и переменного тока являются основным коммутационным аппаратом дистанционного управления. Контактор состоит из катушки, стального магнитопровода с неподвижной и подвижной частями и контактной системы, состоящей из подвижного и неподвижного контактов (рис. 42).

При возбуждении катушки контактора под действием созданного в ней магнитного потока подвижная часть магнитной системы подтягивается к неподвижной, что вызывает поворот вала и включение контактов. Для того чтобы магнитная система не вибрировала при прохождении тока через нуль, на концах неподвижного магнитопровода имеются короткозамкнутые витки, которые создают магнитный поток, удерживающий сердечник.

Главные контакты имеют форму сегментов, и при замыкании подвижные контакты перекатываются по неподвижным, чем дости-

гается самоочистка контактов и уменьшается возможность приваривания.

Дуга, возникающая при разрыве контактов, гасится в искрогасительной камере, сделанной из асбоцемента. Магнитное поле, создаваемое специальной дугогасительной катушкой, воздействует на дугу, выталкивая ее вверх.

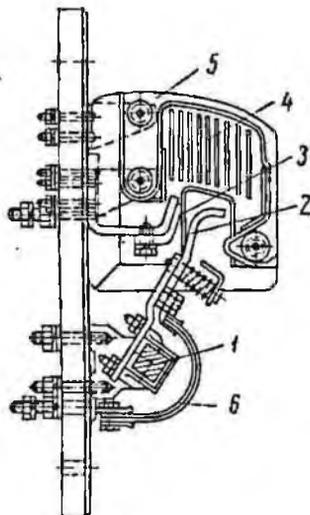
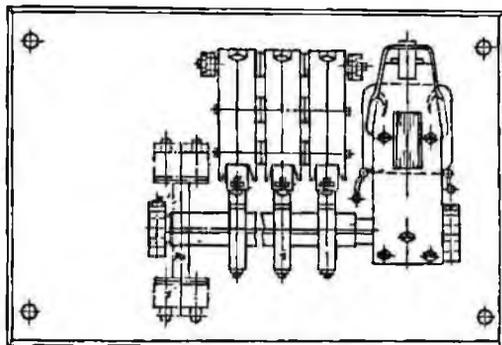


Рис. 42. Трехполюсный контактор:

1 — вал контактора, 2 — подвижный контакт, 3 — неподвижный контакт, 4 — дугогасительная решетка, 5 — дугогасительная камера, 6 — гибкое соединение

При обесточивании катушки подвижная часть под действием пружин и веса отпадает и контакты размыкаются.

Кроме главных контактов, имеются блокировочные контакты (блок-контакты), которые используются в цепях управления для блокировок.

## § 2. МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

Устройство магнитного пускателя такое же, как и контактора. Отличие заключается в том, что в две фазы пускателя обычно встраиваются тепловые реле и весь пускатель заключен в металлическую коробку.

Магнитный пускатель рассчитан на меньшее число включений, чем контактор. Тепловые реле, вмонтированные в пускатель, предназначены для защиты двигателя от перегрузки.

Тепловые реле (рис. 43) работают по принципу теплового изгиба биметаллической пластинки, сваренной по длине из двух металлических полосок с разными коэффициентами линейного расширения. Нагрев пластинки зависит от тока, протекающего через главные контакты пускателя. Биметаллическая пластинка 1 прикреплена к основанию реле, упирается в защелку 2, которая под действием пружины может поворачиваться против часовой стрелки

вокруг оси 3. Верхний конец защелки прижимается к концу биметаллической пластинки, а нижний конец через изоляционную тягу 4 связан с подвижным контактом 5 реле.

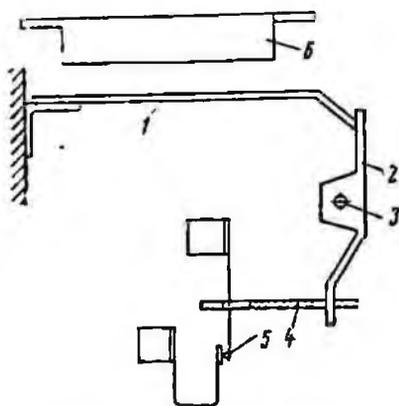


Рис. 43. Схема механизма теплового реле

При нагревании теплом, выделяющимся в нагревательном элементе б, биметаллическая пластинка изгибается вверх и выходит из зацепления с защелкой. Под действием пружины защелка поворачивается и, действуя через тягу 4, размыкает контакты реле.

Контакты обоих реле включаются последовательно в цепь тягивающей катушки пускателя. При размыкании одного из них цепь катушки разрывается и пускатель отключается.

После остывания биметаллической пластинки реле возвращают в исходное положение (нажатием на кнопку возврата).

### § 3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

На обогатительных фабриках большое распространение получили установочные автоматы типов А-3160, А-3100 и А-3200, а также АП-25 и АП-50. Эти автоматы применяются вместо плавких предохранителей главным образом для защиты электроустановок и сетей от перегрузки и токов короткого замыкания.

Автомат состоит из кожуха, коммутирующего устройства, дугогасительных камер, расцепителя максимального тока и механизма свободного расцепления (рис. 44).

Кожух выполнен из пластмассы и состоит из основания 1, на котором смонтированы все части автомата, и крышки 2, привинченной к основанию.

Коммутирующее устройство состоит из неподвижных контактов 4, укрепленных на медных шинах, и подвижных 5. Контакты изготовлены из металлокерамики (неподвижные — из серебра-графита, подвижные — серебра-никеля).

Подвижные контакты 5 с помощью медных основ 6 укреплены на контактодержателях 7, и гибкими соединениями 8 связаны с шинами расцепителя, соединенными с контактными зажимами.

Контактодержатели сидят на общем стальном изолированном балке 9 и связаны через механизм свободного расцепления с рукояткой автомата. Дугогасительные камеры выполнены из фибры с укрепленными стальными пластинками 10 на ее стенках 11.

Гашение происходит при деионизации дуги вследствие ее дробления поперечными пластинками. Камеры расположены над кон-

тактами каждого полюса и могут быть сняты. Расцепители максимального тока расположены в нижней части автомата.

Расцепитель состоит из двух элементов: электромагнитного, срабатывающего мгновенно при токах короткого замыкания, и теплового, срабатывающего с выдержкой времени при перегрузках. Биметаллическая пластинка 3 теплового элемента нагревается током, проходящим через автомат.

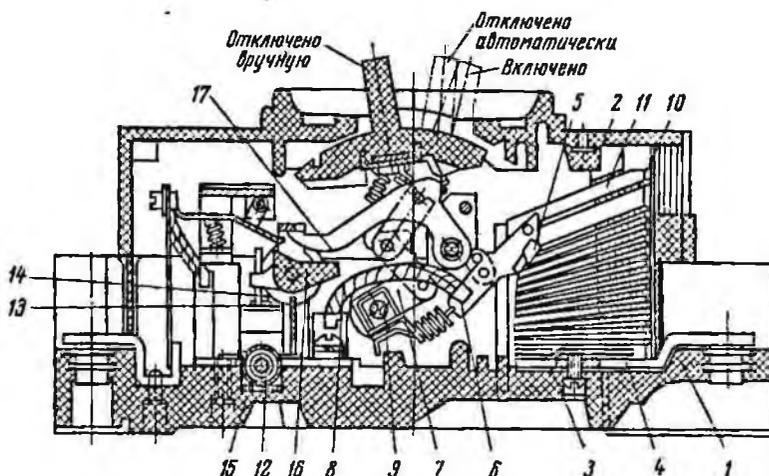


Рис. 44. Продольный разрез автомата А-3110

Электромагнитный элемент расцепителя состоит из сердечника 12, катушки 15, якоря 13 и возвратной пружины 14. При перегрузке или коротком замыкании в одной или нескольких фазах срабатывает тепловой или электромагнитный элемент соответствующего полюса и поворачивает общую для всех полюсов отключающую рейку 16; последняя освобождает рычаг 17, вызывая срабатывание механизма свободного расцепления и одновременное отключение всех полюсов автомата.

Расцепитель может иметь либо электромагнитный, либо тепловой элемент (автоматы А-3160).

При включении рукоятка автомата занимает крайнее верхнее положение, при отключении вручную — крайнее нижнее положение, а при автоматическом отключении — промежуточное положение.

#### § 4. ПАКЕТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Пакетные выключатели и переключатели служат для нечастых включений, отключений и переключений электрических цепей до 380 в и токов до 20 а.

На обогатительных фабриках пакетные выключатели в герметическом исполнении широко применяются в качестве аварийных

выключателей. Герметичность обеспечивается оболочкой, состоящей из корпуса и крышки.

Пакетные выключатели серий ПВ и ПП состоят из двух основных узлов: контактной системы и переключающего механизма. Контактную систему набирают из отдельных секций в пакет 1 на скобе 2. В прямоугольные отверстия подвижных контактов

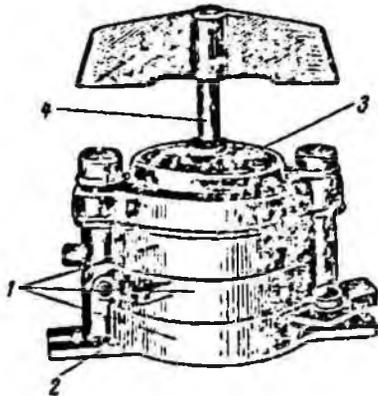


Рис. 45. Пакетный выключатель

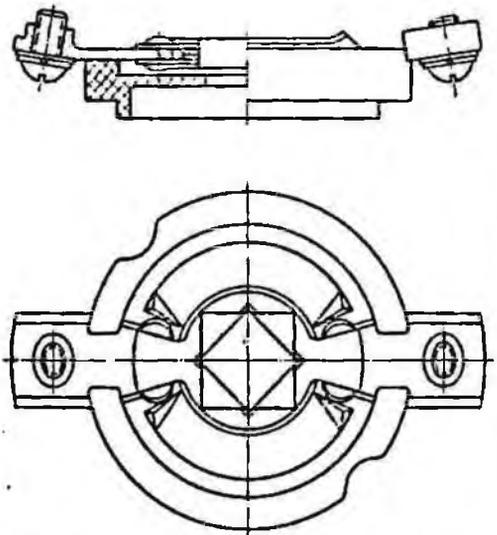


Рис. 46. Секция пакетного выключателя

(рис. 45) вставляется изолированный квадратный переключающий валок 4. Переключающий механизм мгновенного переключения 3 располагается в крышке пакетного выключателя и состоит из заводной пружины, валика с рукояткой, пружинной шайбы и фиксирующих выступов.

Каждая секция, являющаяся самостоятельной электрической цепью, состоит из изолятора, в пазах которого находятся неподвижные контакты. В средней части изолятора располагаются пружинящие подвижные контакты 3 с фибровыми искрогасительными шайбами 4 (рис. 46).

## § 5. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

В схеме каждого двигателя поточно-транспортной системы обязательно имеется универсальный переключатель для перевода с диспетчерского управления на местное и с местного на заблокированное.

Универсальные переключатели серии УП-5300 предназначены для переключения цепей управления напряжением до 500 в переменного и 440 в постоянного тока. Допустимая токовая нагрузка до 20 а.

Универсальные переключатели различаются числом секций, диаграммой замыканий контактов, числом фиксированных положений и углом поворота рукоятки, а также формой рукоятки.

Универсальный переключатель состоит из набора секций, стянутых шпильками (рис. 47). Через все секции проходит валик, на конус которого насажена пластмассовая рукоятка.

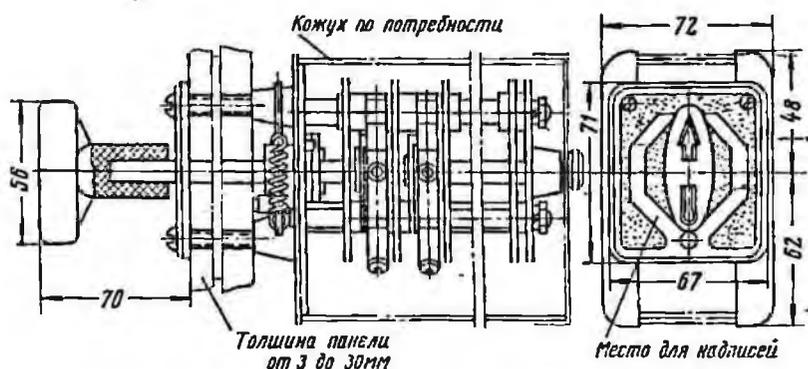


Рис. 47. Универсальный переключатель УП-5300

Секция состоит из пластмассовой перегородки, на которой укреплены неподвижные контакты (рис. 48), две скобы включения контактных пальцев, зажимы для присоединения проводников и

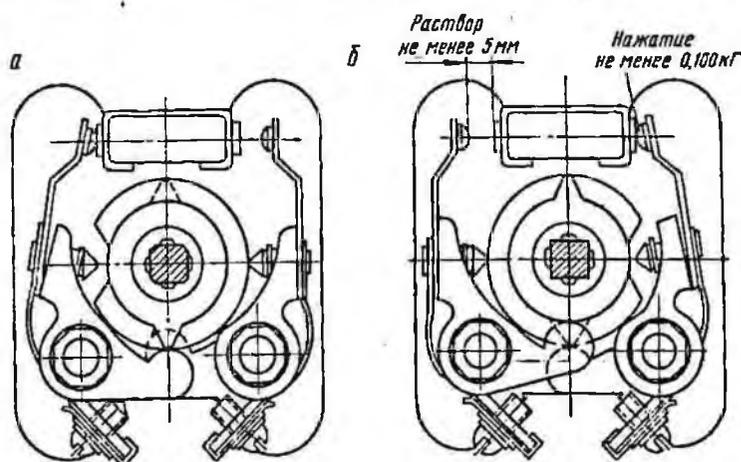


Рис. 48. Контактная секция переключателя УП-5300:

а — начальное (исходное) положение, б — после поворота рукоятки на 180° от начального

три кулачковые шайбы, насаженные на центральный валик. Из трех шайб две крайние — включающие, а средняя — отключающая.

Левый и правый контактные пальцы включаются отдельными шайбами, а отключаются одной средней. При повороте валика кулачковые шайбы поворачиваются и включают пальцы, нажимая при этом своим выступом на хвостовик скобы включения. Шпильки

пальцев входят во впадины средней шайбы. Отключение пальцев происходит при нажатии на шип выступом рабочей поверхности средней шайбы; хвостовик скобы входит во впадину соответствующей крайней шайбы.

Универсальные переключатели бывают с фиксацией и без фиксации рукоятки. Фиксация производится специальным устройством, смонтированным на передней стойке аппарата.

Переключатели серии УП-5200 предназначены для переключения полюсов многоскоростных асинхронных короткозамкнутых двигателей малой мощности. Устройство их аналогично переключателям серии УП-5300, но выполнено по специальной схеме.

## § 6. РЕЛЕ

Реле называют прибор, который под влиянием различных факторов (тока, напряжения, температуры и др.) замыкает или размыкает контролируемую им электрическую цепь.

По своему назначению реле делятся на реле управления, используемые в цепях управления, и реле защиты, назначение которых сигнализировать или отключать при ненормальных режимах контролируемую электрическую цепь.

Реле МКУ-48 — самое распространенное реле управления, применяемое в схемах диспетчерского управления электродвигателями поточно-транспортных систем (ПТС). Это многоконтактное реле, предназначенное для работы в цепях переменного и постоянного токов. Реле переменного тока изготавливается на напряжения 220, 127, 36, 24 и 12 в и ток 2,2 а; реле постоянного тока — на напряжения 220, 110, 60, 48, 24 и 12 в и ток 1,1 а. Допустимый ток контактов 5 а. Потребляемая мощность реле переменного тока 8 вт, реле постоянного тока 3 вт.

Реле МКУ-48 изготавливаются в двух исполнениях:

- 1) с основанием и колпаком (рис. 49);
- 2) без основания и колпака (рис. 50).

Основные элементы реле — электромагнит и контактная группа.

Электромагнит состоит из сердечника, на который насажена катушка, и якоря, притягивающегося к сердечнику. Сердечник воздействует на контактную группу, вызывая переключение контактов.

При разрыве цепи катушки якорь под действием пружины отпадает от сердечника и вся контактная группа возвращается в исходное состояние.

Контактная группа, состоящая из разных комбинаций нормально закрытых, нормально открытых и переключающих контактов, закреплена через изолирующую прокладку на сердечнике электромагнита, электромагнит с контактной группой закреплен на скобе.

Реле закрытого исполнения крепится на пластмассовом основании и закрывается пластмассовым колпаком. Для наблюдения за контактами реле в колпаке имеется смотровое окошечко.

Рис. 49. Реле МКУ-48 с основанием и колпаком:

1 — основание, 2 — колпак, 3 — контактная группа, 4 — якорь, 5 — скоба, 6 — катушка, 7 — сердечник, 8 — зажимы

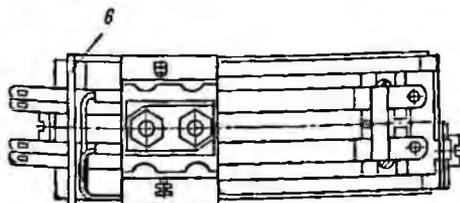
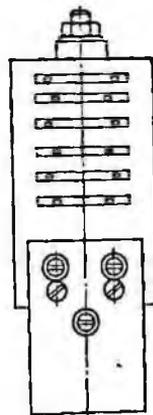
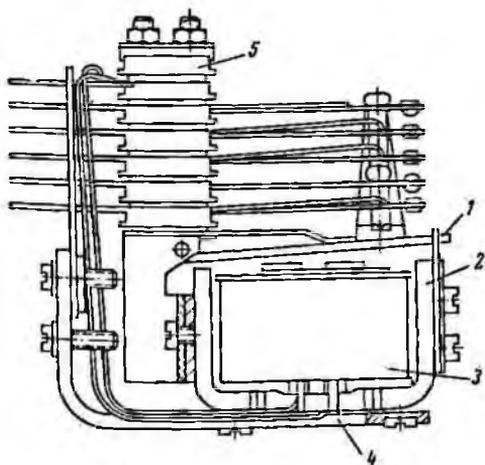
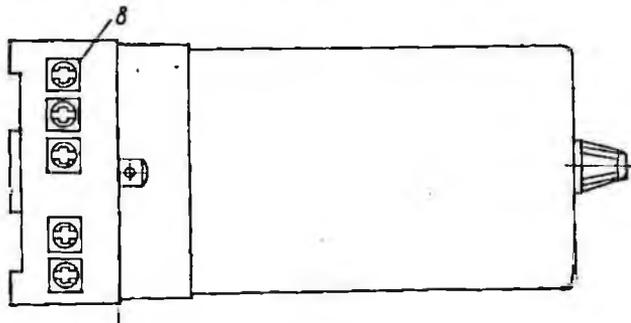
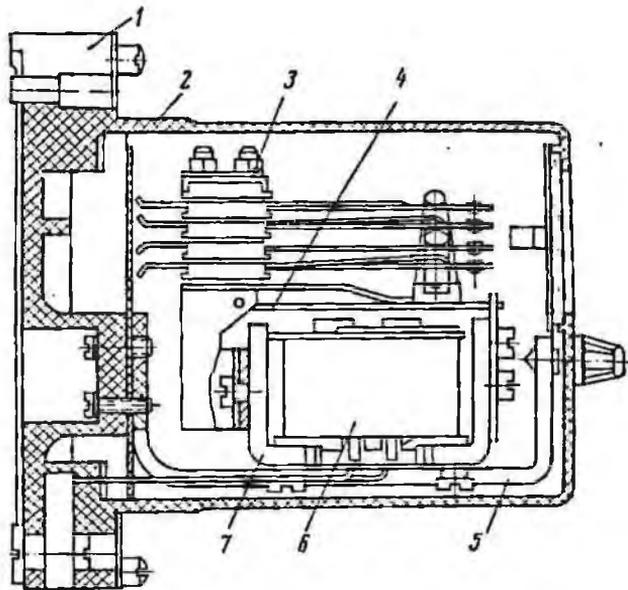


Рис. 50. Реле МКУ-48 без основания и колпака:

1 — якорь, 2 — сердечник  
3 — катушка, 4 — скоба для крепления,  
5 — контактная группа, 6 — щиток

Присоединение проводов к закрытому реле может быть спереди или сзади панели. Для заднего присоединения прилагаются специальные токоведущие шпильки. Провода с напаянными накопечниками присоединяются к зажимам. Присоединение проводов к открытому реле осуществляется пайкой сзади панели.

Реле РВП-1М является реле времени, т. е. предназначено для получения выдержки времени между моментом получения или исчезновения импульса тока и моментом срабатывания реле.

Регулирование выдержки времени — плавное в диапазоне 0,4—180 сек. Катушка реле выполняется на напряжения 12, 24, 36, 127, 220 и 380 в переменного тока. Номинальный ток контактов 3 а при напряжении 380 в.

Реле изготовляется четырех исполнений:

- 1) с 1 н. о. и 1 н. з. контактами с выдержкой времени при включении;
- 2) с 1 н. о. и 1 н. з. контактами с выдержкой времени при включении и 1 н. о. и 1 н. з. контактами без выдержки времени;
- 3) с 1 н. о. и 1 н. з. контактами с выдержкой времени при отключении;
- 4) с 1 н. о. и 1 н. з. контактами с выдержкой времени при отключении и 1 н. о. и 1 н. з. контактами без выдержки времени.

Реле РВП-1М — пневматическое и состоит из трех основных частей (рис. 51): электромагнита 1, пневматической камеры 2 и микропереключателей 4 и 5.

Рассмотрим работу реле с контактами с выдержкой времени при замыкании.

При возбуждении катушки электромагнита его якорь мгновенно втягивается в ярмо электромагнита и тянет за собой упор 6; при движении вниз упор освобождает колодку 8, растягивает возвратную пружину 12 и нажимает пластинкой 16 на штифт микропереключателя 5, контакты которого мгновенно переключаются. Под действием сжатой пружины 7 колодка и связанный с ней поршень 3 медленно перемещаются вниз, так как между диафрагмой 9, связанной с верхней частью поршня, и внешней частью пневматической камеры давление воздуха становится меньше атмосферного, а снизу на поршень действует атмосферное давление.

Для того чтобы верхняя часть камеры мгновенно не заполнялась воздухом, в ней имеется узкое отверстие с иглой 10, регулирующее скорость протекания воздуха в камеру. Регулировку выдержки времени производят гайкой 11, меняющей положение иглы.

Когда колодка достигнет нижнего положения, пластина 15 нажмет на штифт микропереключателя 4 и с выдержкой времени переключит его контакты. При выключении катушки электромагнита возвратная пружина 12 возвращает все в исходное положение. При этом воздух из пневматической камеры быстро уходит через клапан 13 и суконный фильтр 14.

Если же реле предназначено для получения выдержки времени при размыкании, то принцип действия его не меняется, а меняются конструктивное исполнение реле и расположение узлов: магнитная

система поворачивается на  $180^\circ$ , возвратная пружина отсутствует, между якорем и колодкой устанавливается второй упор. В этом случае реле работает в обратном порядке: при включении катушки подвижные части реле опускаются, а при выключении — поднимаются.

Многоцепное реле времени РВТ-1200 является моторным. Оно имеет электродвигатель и систему шестерен, создаю-

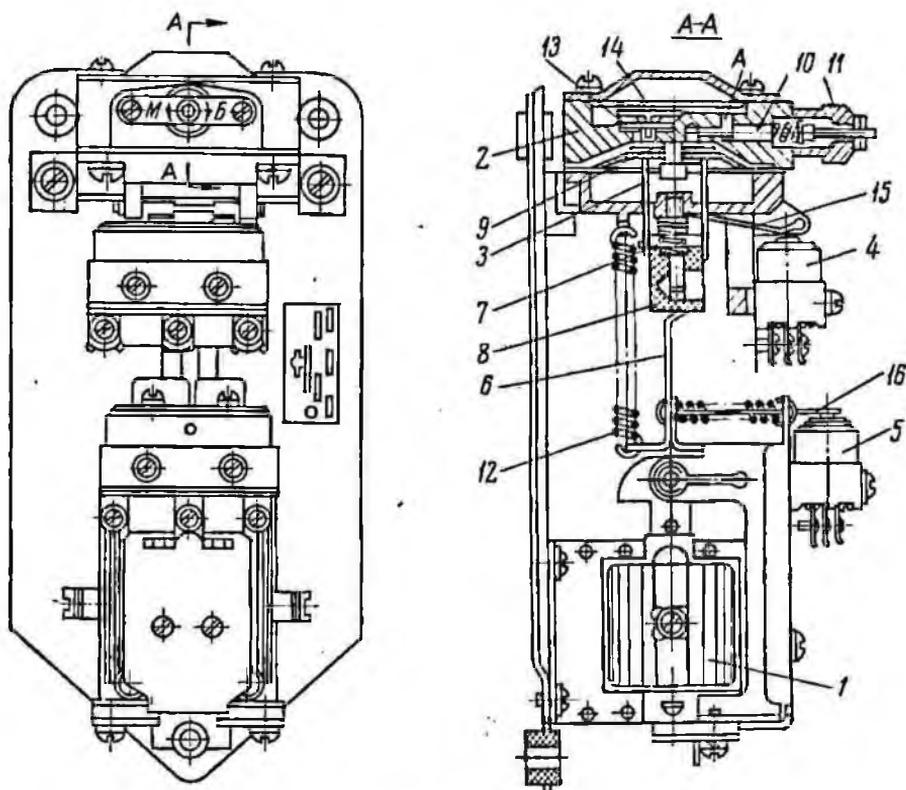


Рис. 51. Пневматическое реле РВП-1М

щих выдержку времени в диапазоне от 1 до 20 мин. Напряжение электродвигателя и электромагнита 220, 127 и 12 в переменного тока. Количество контактов с выдержкой времени — 5 н. о. и без выдержки времени — 1 н. о. Допустимый ток контактов с выдержкой времени — 10 а, контактов без выдержки времени 5 а.

Кинематическая схема реле приведена на рис. 52. Вращение от электродвигателя 1 с редуктором 2 через трубку 3 передается оси 6, на которой насажены шестерня 4 с торцовыми зубьями и торцовый диск 5. Диск может перемещаться только вдоль оси, так как во втулке диска имеется квадратное отверстие, а ось 6 в месте посадки диска имеет квадратное сечение.

При возбуждении электромагнита сцепления 8 его якорь притягивается и рычагом 7, связанным с якорем, сдвигает диск, вводя его в зацепления с шестерней 4, и замыкает контакт без выдержки

времени 9. Начинаясь вращение оси 6, которое через шестерни 10, 11 и 12 передается главной оси 15. На последней насажены шесть шкал времени 16 и возвратная пружина 14. На шкалах времени имеются упоры 17, которые при вращении шкал поворачивают пластмассовые кулачки 18, соприкасающиеся с контактными пластинами. При этом мгновенно переключается контакт.

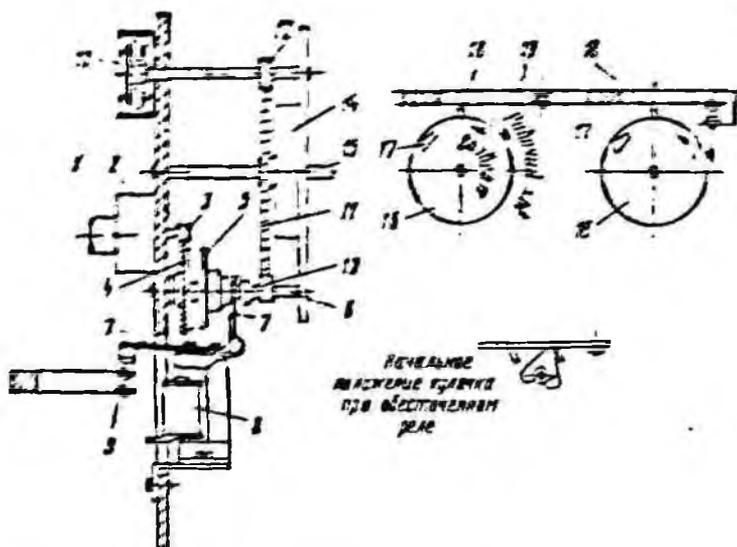


Рис. 52. Кинематическая схема реле типа PBT-1200

После срабатывания всех контактов происходит размыкание вспомогательного п. з. контакта 19, включенного в цепь электродвигателя. Электродвигатель отключается и дальнейшее вращение шкал прекращается. После отключения питания электромагнита сцепления 8 механизм реле возвращается в исходное положение и якорь своим рычагом выводит из зацепления торцовый диск 5. Освобожденная главная ось 15 под действием спиральной возвратной пружины 14 раскручивается и возвращает шкалы в исходное положение. Чтобы возврат был плавный и без ударов, предусмотрен центробежный тормоз 13, у которого под действием центробежной силы сегментные грузики прижимаются к обойме. При обратном вращении упоры шкал поворачивают кулачки в исходное положение, что вызывает обратное переключение контактов.

Реле скорости РС-2М предназначены для автоматической остановки конвейера в случае обрыва транспортной ленты или пробуксовки ее. Реле скорости состоит из датчика скорости и релейного усилителя. Датчик скорости может быть тахогенераторным (ДТ) или магнитно-индуктивным (ДМ), если требуется контроль скрепковой цепи.

Тахогенераторный датчик скорости ДТ-1 является десятиполюсным генератором однофазного переменного тока с ротором из постоянного магнита и статора с катушкой. Вал ротора датчика

сцепляется с валом контролируемого механизма (у конвейеров с валом ведомого барабана или любого ролика). При остановке или резком снижении скорости контролируемого механизма в катушке датчика исчезает э. д. с., вследствие чего исчезает ток в усилительном устройстве. Это приводит к отключению магнитного пускателя механизма и появлению сигнала аварии.

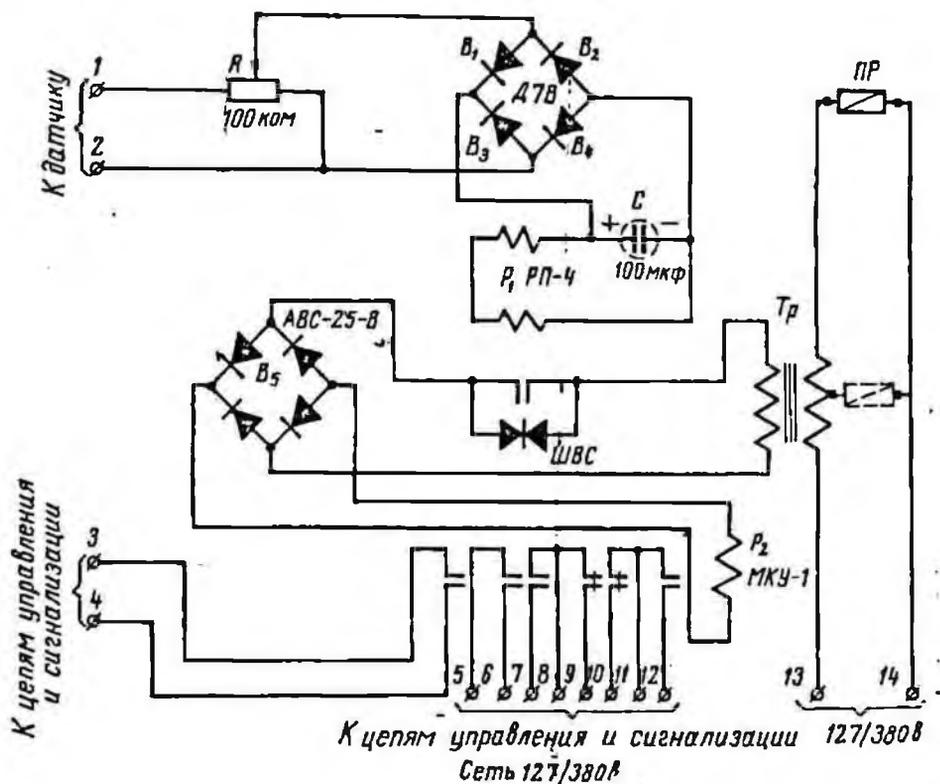


Рис. 53. Схема релейного усилителя реле РС-2М

Принципиальная схема релейного усилителя показана на рис. 53. Переменное напряжение, индуктируемое датчиком, подается на вход реле, выпрямляется в селеновых выпрямителях  $B_1—B_4$  и подается на катушку поляризованного реле  $РП-4$ , которое замыкает цепь исполнительного реле  $МКУ-1$ ; последнее срабатывает и переключает свои контакты в цепи управления.

Командный электропневматический прибор КЭП дает автоматические импульсы (команды) для выполнения технологических или каких-либо других операций по заранее установленному графику времени (например, для очистки решетки масляного фильтра необходимо через час включать на 10 мин двигатель, перемещающий эту решетку). Количество управляемых цепей может доходить до одиннадцати, а программа может быть очень сложной.

В приборе могут быть как электрические, так и пневматические цепи или только одни из них (это оговаривается в заказе). Воздействие на электрические цепи происходит путем замыкания электрических контактов, а воздействие на пневматические — путем переключения поршней золотников. Прибор работает следующим образом. Синхронный двигатель через редуктор с постоянным

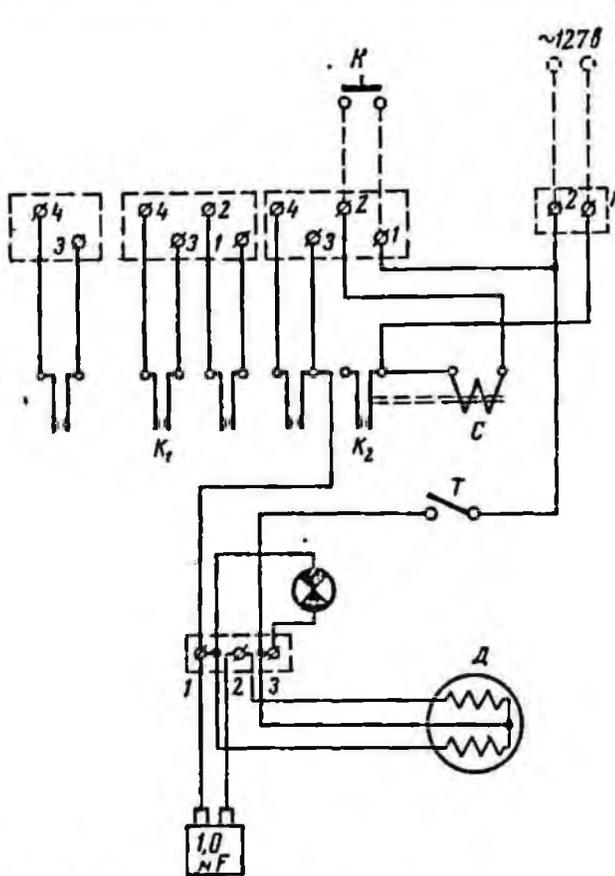


Рис. 54. Электрическая схема КЭП-12У

передаточным числом, храповой расцепляющий механизм и четырехступенчатую коробку скоростей вращает распределительный вал с расположенными на нем кулачками. Кулачки сбрасывают и взводят защелки быстродействующих путевых выключателей. При этом кулачок сбрасывает защелку и вызывает включение электрического контакта, а у золотника — выпускание воздуха из исполнительного механизма; правый кулачок взводит защелку, вызывая обратное действие.

Путевые выключатели воздействуют либо на электрические контакты, либо на поршни пневматических золотников.

Как видно из схемы (рис. 54), возможно либо дистанционное включение синхронного двигателя *Д* кнопкой *К* (предварительно

включив тумблер  $T$ ), либо непосредственное — тумблером  $T$  (предварительно замкнув пусковые контакты  $K_2$ ). Время рабочего цикла можно менять от 3 мин до 18 ч путем установки нижнего колокола на соответствующее деление и скользящей шестерни в одно из трех положений. В результате этого можно получить 126 различных скоростей вала. Настройка времени срабатывания производится установкой шкалы верхнего колокола на соответствующее деление и установкой кулачков на нужное место. После настройки всех кулачков скользящую шестерню сцепляют с коробкой скоростей, установив предварительно шкалу на деление 0. Для настройки прибора на непрерывно повторяющиеся циклы нужно снять с распределительного вала крайний правый кулачок.

Рабочее напряжение прибора 127 в переменного тока. Рабочее давление пневматических золотников 1,5 атм. Допустимая сила тока контактов 5 а.

Реле максимального тока зависимое серии РТ-80 применяют для защиты электрических машин, трансформаторов и линий электропередач при перегрузках и коротких замыканиях.

Реле является комбинированным и состоит из двух элементов — индукционного с выдержкой времени и электромагнитного мгновенного действия.

Кинематическая схема реле показана на рис. 55. Между полюсами экранированной магнитной системы 1 с короткозамкнутыми витками 2 расположен алюминиевый диск 3, ось которого укреплена на раме 4, имеющей неподвижную ось вращения  $O-O$ .

При 20—40% тока срабатывания диск начинает вращаться под действием силы  $f_1$ , возникающей в результате взаимодействия магнитных потоков в зазоре магнитопровода с индуцируемыми имми в диске токами. Однако реле не действует, так как червяк 7 на оси диска не сцеплен с зубчатым сектором 8, пружина 5 оттягивает раму 4 в крайнее положение.

Объясняется это тем, что при вращении диска на него действует также сила  $f_2$ , создаваемая постоянным магнитом 6 и противодействующая вращению диска. При увеличении тока, протекающего в обмотке реле, вращающий момент и скорость вращения диска увеличиваются, следовательно, увеличивается также и сила  $f_2$ .

При определенном токе равнодействующая сил  $f_1$  и  $f_2$  преодолевает натяжение пружины 5, в результате чего рама поворачивается и червяк входит в зацепление с зубчатым сектором.

Сектор начинает подниматься и через время, определяемое углом поворота сектора, его хвостовик упирается в левую часть коромысла 10. Воздушный зазор с правой стороны коромысла уменьшается и оно быстро притягивается к магнитопроводу, замыкая контакты 12—13.

Правая часть коромысла 11 представляет собой якорь дополнительного электромагнитного реле, сердечником которого является

ся добавочный магнитопровод 17 и часть магнитной системы 1. Начиная с определенных значений кратностей тока, коромысло без помощи сектора мгновенно притягивается к магнитной системе 1, чем осуществляется срабатывание контактов реле без выдержки времени (отсечка).

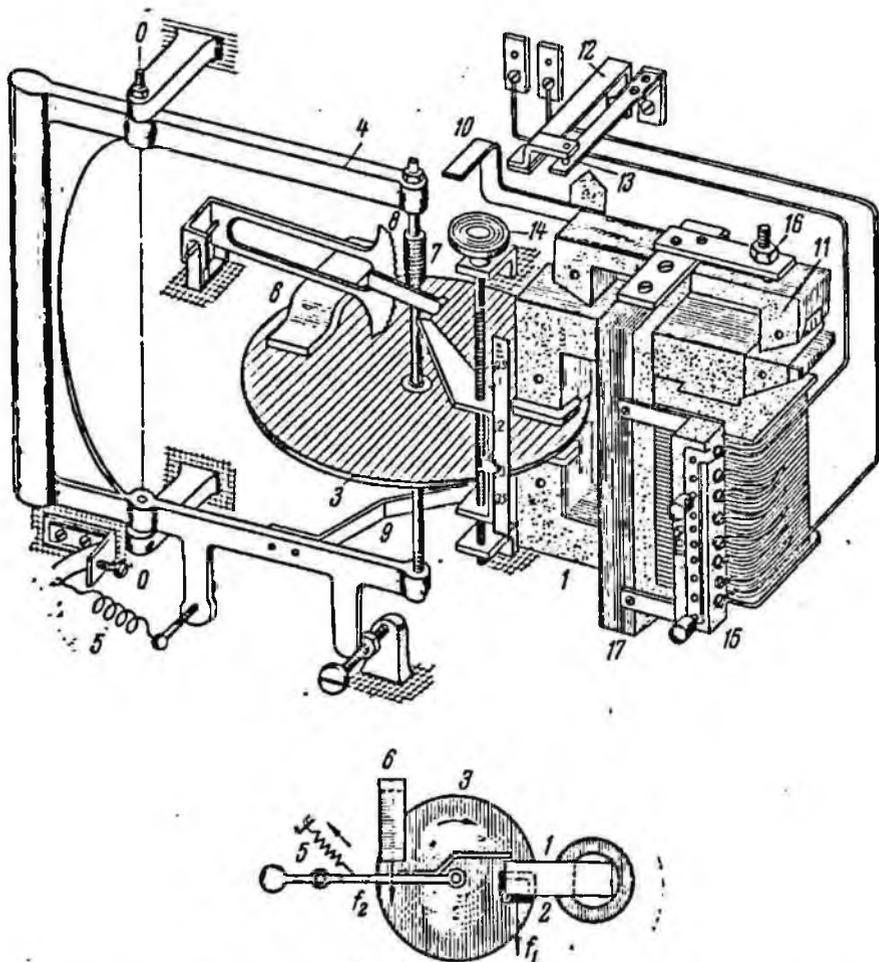


Рис. 55. Реле защиты максимального тока РТ-80

Регулирование тока срабатывания индукционного реле производится изменением числа витков обмотки посредством штепсельного устройства 15. Выдержка времени регулируется устройством 14, перемещающим упор.

Ток срабатывания электромагнитного реле (отсечки) регулируют изменением воздушного зазора между правой частью коромысла 11 и магнитной системой 1 посредством винта 16. Скоба 9 предназначена для предотвращения расцепления червячной передачи во время действия реле из-за уменьшения скорости диска при подъеме сектора.

Реле выпускаются типов РТ-81, РТ-82, РТ-83, РТ-84, РТ-85, РТ-86, отличающихся числом и исполнением контактов.

Реле сигнальные типа РУ-21 применяются в схемах защиты; их главное назначение — указывать обслуживающему персоналу, какие реле, сработав, произвели отключение защищаемой установки. Это реле электромагнитного клапанного типа

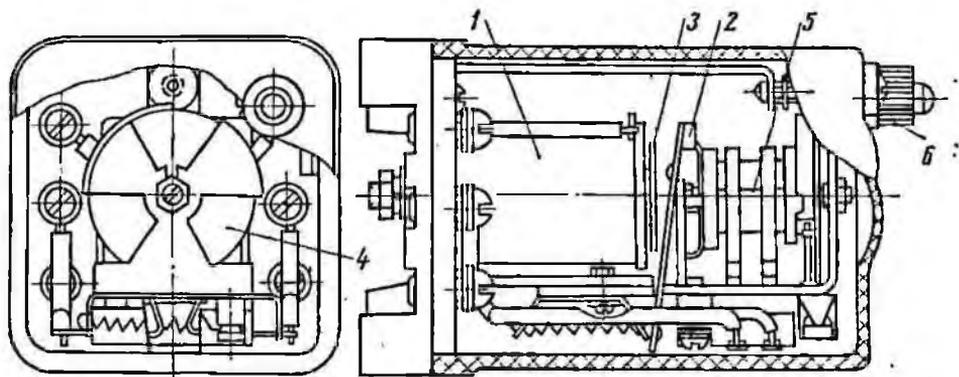


Рис. 56. Реле указательное РУ-21

(рис. 56). При возбуждении катушки 1 реле током, большим или равным току срабатывания, якорь 2 притягивается к сердечнику 3 и освобождает специально окрашенный флажок 4, который, поворачиваясь примерно на  $80^\circ$ , становится видимым в круглом застекленном отверстии кожуха. Одновременно с поворотом флажка поворачивается изоляционный барабанчик с контактными мостиками 5, которые в зависимости от исполнения реле замыкают или размыкают контакты.

Для срабатывания реле достаточно кратковременного протекания по катушке тока нужной величины. Флажок и контакты остаются в положении срабатывания также после того, как прекращается протекание тока по катушке. Возврат флажка и контактного барабанчика в исходное положение производится вручную кнопкой возврата 6.

## § 7. ШАГОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ И НОМЕРОНАБЕРАТЕЛИ

Шаговый распределитель (искатель) является аппаратом слабого тока и применяется главным образом на телефонных станциях для автоматического нахождения и соединения телефона с требуемым абонентом. Шаговый искатель заменяет большое количество реле и дает возможность по одной линии управлять большим количеством механизмов.

Шаговых искателей существует несколько типов. Рассмотрим наиболее часто встречающийся декадно-шаговый искатель с двумя

движениями щеток. Принцип устройства искателя показан на рис. 57.

Щетка искателя *Щ* может подниматься и опускаться с помощью подъемного магнита *ПМ*, собачки *С* и храповой рейки *ХР*, а также перемещаться по горизонтали, поворачиваясь вокруг оси с помощью вращательного электромагнита *ВМ*, собачки *С<sub>2</sub>* и храпового барабана *ХБ*.

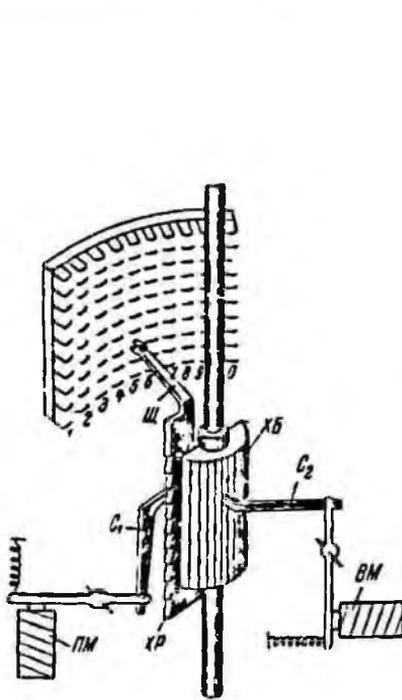


Рис. 57. Схема устройства декадно-шагового искателя

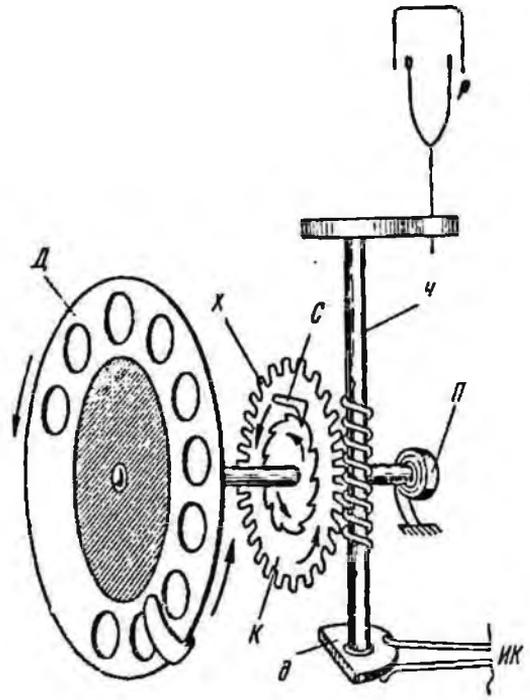


Рис. 58. Схема устройства номеронабирателя

Конец щетки движется по контактному полю, состоящему из десяти горизонтальных рядов (или декад), в каждом из которых имеется десять контактов. Следовательно, щетка может занимать 100 возможных положений и тем самым может быть выполнено соединение с любой из ста включенных в поле искателя линий.

Для выбора линии, с которой следует произвести соединение, например 47, набирают цифру 4 (десятков) и цифру 7 (единиц). При наборе цифры десятков 4 в катушку подъемного магнита посылаются четыре импульса; магнит четыре раза притянет свой якорь, собачка перескочит на четыре зубца по храповой рейке и щетка поднимется до четвертого ряда. При наборе цифры единиц 7 вращательный магнит сработает семь раз и передвинет щетку на седьмой контакт четвертого ряда. Таким образом, щетка осуществила соединение с контактом 47 контактного поля.

Кроме вынужденного движения щеток искателя, т. е. движения, осуществляемого под действием посылаемых извне импульсов,

имеется «свободное» движение щеток, обусловленное действием самопрерывающихся контактов пускателя.

Щетки искателя движутся по четырехугольнику: поднимаются на требуемую декаду, поворачиваются по ней до требуемой линии, после отбоя продолжают движение до конца декады (до 12-го положения); наконец, падают вниз и возвращаются в исходное положение под действием сжатой спиральной пружины.

Номеронабиратель служит для посылки импульсов шаговому искателю. Импульсы должны быть равномерны и определенной продолжительности. Номеронабиратели имеют конструкцию, при которой поворотом диска только заводят пружину, посылка же импульсов производится автоматически при обратном вращении номерного диска. Принцип работы номеронабирателя показан на рис. 58.

Номерной диск *Д*, храповик *Х* и заводная пружина *П* наглухо закреплены на оси. Зубчатое колесо *К* с собачкой *С* сидит на оси свободно. При наборе номера палец вставляют в отверстие против требуемой цифры и поворачивают диск по часовой стрелке до упора и таким образом заводят пружину *П*. Собачка *С* свободно скользит по зубцам храповика. После освобождения диск под действием пружины начнет вращаться в обратном направлении. Собачка *С*, укрепленная на зубчатом колесе, упирается в зуб храповика. При этом будут вращаться колеса, червячный винт, зубчатые шестерни и центробежный регулятор *Р*.

При вращении полудиск будет замыкать и размыкать импульсные контактные пружины *ИК* соответственно набранной цифре номера.

## § 8. БЛОКИ И СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Схемы управления и защиты электродвигателей различных групп технологических механизмов (дробилок, мельниц, насосов, поточно-транспортных систем и др.) в настоящее время отработаны и приобрели характер типовых схем.

Для осуществления этих схем требуется определенный комплект электрической аппаратуры (пускателей, контакторов, реле, ключей управления и приборов измерения).

Для сокращения монтажных работ аппараты и приборы устанавливаются на одной или нескольких изоляционных плитах, на которых производятся необходимые электрические соединения.

Комплект аппаратов, смонтированных на одной изоляционной плите, называется блоком управления, а комплект аппаратов, смонтированных на нескольких изоляционных плитах, — станцией управления. Как правило, все плиты устанавливаются на одной раме из угловой стали.

На обогатительных фабриках применяются блоки управления общего применения серий БУ, БИ, БНХ и др., краткая характеристика которых приведена в табл. 14.

Техническая характеристика наиболее распространенных на фабриках блоков (станций) управления

Назначение	Тип	Исполнение		Номинальный ток, а	Допустимая мощность двигателя, квт
		Количество линий	Аппаратура линий		
Для управления реверсивными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором	БУ-5128	Одна	Автомат, пускатель, универсальный или пакетный переключатель	50—150	20—55
	БУ-5128	Одна	То же, но с контактором вместо пускателя	250—600	>55
	БУ-8201	Две	Автомат, пускатель, универсальный или пакетный переключатель	22,5—100	5—28
	БУ-8202	Три	То же	22,5	5
Для управления реверсивными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором	БУ-5428	Одна	Автомат, пускатель, универсальный или пакетный выключатель	22,5—150	5—55
	БУ-8203	Две	То же	22,5	5
Для управления реверсивными асинхронными двигателями с фазным ротором	ПУ-6120	Одна	Рубильник, контакторы, максимальное реле, предохранители. Три пусковых ступени (без торможения)	Статора; 75—600 ротора; 110—900	—
Для управления реверсивными асинхронными двигателями с фазным ротором	ПУ-6420	Одна	Рубильник, контакторы, реле максимальные и управления, предохранители. Три пусковых ступени; торможение противовключением	Статора; 5—240; ротора; 100—300	—

Продолжение табл. 14

Назначение	Тип	Исполнение		Номинальный ток, а	Допустимая мощность двигателя, квт	
		Количество линий	Аппаратура линий			
Для управления реверсивными многоскоростными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором:	БН-5701—5704	Одна	Рубильник, контакторы, тепловые реле, предохранители. Пуск бесступенчатый и ступенчатый	8—150	—	
						а) двухскоростными
						б) трехскоростными
в) четырехскоростными	БН-5705—5706 БН-5707—5712	» »	» »	10—150 10—150	—	
Для управления реверсивными многоскоростными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором:	БН-5713 БН-5714	Одна »	Рубильник, контакторы, тепловые реле, предохранители. Пуск бесступенчатый То же	10—150 10—150	—	
						а) трехскоростным
б) четырехскоростным						
Для коммутации отходящих линий	БНХ-9101—9115	От одной до десяти	Установочные автоматы	25—600	—	
	БНХ-9119	Одна	Установочный автомат, вольтметр и вольтметровый переключатель	100—600	—	
	БНХ-9121—9124	От одной до четырех	С вольтметрами и амперметрами (в любых сочетаниях)	—	—	
Для специальных целей (масло-фильтров)	БЛФУ	Одна	Автомат, пускатель, командный электропневматический прибор (КЭП), трансформатор напряжения, предохранитель	22,5	5	

Блок управления может быть установлен в верхней, средней и нижней части панели. Для удобства обслуживания и сокращения соединительных проводов блоки выпускаются с разным расположением аппаратов, с задним или передним присоединением проводов. Блоки устанавливают на открытых сборках или в шкафах.

## § 9. СЕЛЕНОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Для некоторых технологических механизмов, например вибраторов, вибропитателей, виброконвейеров, а также для цепей диспетчерского управления требуется постоянный ток напряжением 24—60 в и силой тока порядка 3—5 а. Для преобразования переменного тока в постоянный в большинстве случаев применяют селеновые выпрямители.

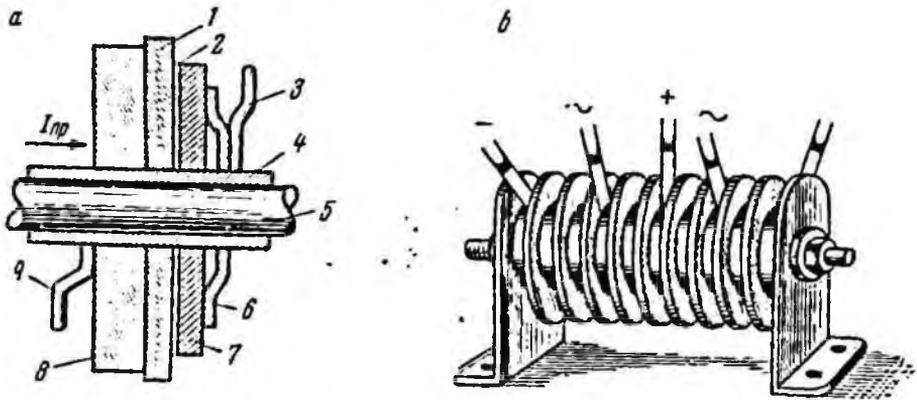


Рис. 59. Селеновый выпрямитель (а) и селеновый столбик (б):  
 1 — слой селена, 2 — затирающий слой, 3 — провод, 4 — изоляция, 5 — болт,  
 6 — латунная шайба, 7 — сплав олова, кадмия и висмута, 8 — железный диск,  
 9 — провод

Выпрямитель обладает свойством пропускать ток только в одном направлении — от анода к катоду. Контакт, обозначенный треугольником, называется анодом, а чертой — катодом. При включении в цепь переменного тока выпрямитель пропускает только положительные полуволны синусоид, в результате чего получается пульсирующий постоянный ток. С помощью специальных схем удастся получить постоянный ток с незначительной пульсацией, вполне пригодный для использования.

Устройство селенового выпрямителя (диода) показано на рис. 59. Анодом является железный или алюминиевый диск круглой или прямоугольной формы вместе с нанесенным на нем слоем селена. Катодом служит слой катодного сплава из олова, кадмия и висмута. Между слоем селена и катодным сплавом в процессе термической обработки появляется запирающий слой, который не пропускает ток в обратном направлении.

Для получения более высокого выпрямленного напряжения и

больших выпрямленных токов селеновые диоды собирают в столбики (до 60 диодов), соединяя их последовательно и параллельно.

Часто выпрямительные столбики комплектуются с трансформатором, измерительными приборами и устройствами регулирования. Таким комплектным выпрямительным устройством, часто применяемым на фабриках, является выпрямитель ВСА-5.

## § 10. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Для наблюдения за режимом работы двигателя, трансформатора или какой-либо другой электрической цепи служат измерительные приборы.

Амперметры и вольтметры. Прибор, служащий для измерения тока, называют амперметром, а для измерения напряжения — вольтметром.

Оба прибора устроены одинаково и отличаются способом включения в контролируемую цепь: амперметры включают в сеть последовательно, а вольтметры — параллельно. Чтобы их включение не влияло на величину тока или напряжение в цепи, сопротивление катушки амперметра делают очень малым (с небольшим числом витков толстой проволоки), а сопротивление катушки вольтметра большим (с большим числом витков тонкой проволоки).

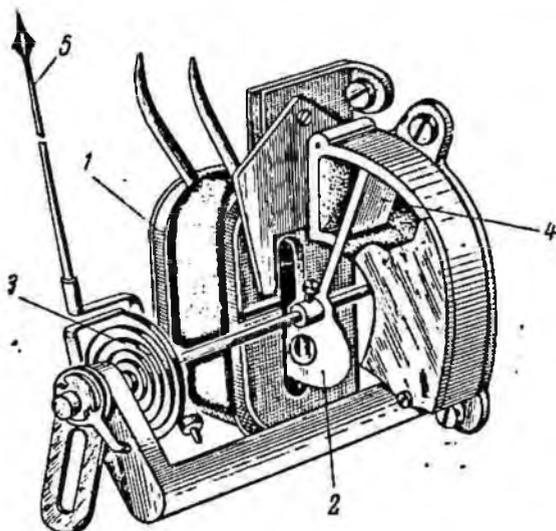


Рис. 60. Устройство электромагнитного прибора

Из существующих систем измерительных приборов на фабриках чаще всего встречаются приборы электромагнитной системы (рис. 60).

Действие этих приборов основано на втягивании стального сердечника внутрь катушки, по которой протекает электрический ток. На рисунке мы видим неподвижную катушку 1, в которую втягивается стальная пластинка 2, жестко связанная с осью, на которой укреплен стрелка 5.

При втягивании пластины ось поворачивается и увлекает за собой стрелку, закручивая противодействующую пружину 3.

При протекании тока в катушке стрелка отклоняется на угол, пропорциональный этому току. Для сокращения времени колебаний стрелки имеется воздушный успокоитель — демпфер 4.

У вольтметра отклонение стрелки будет пропорционально приложенному напряжению.

Счетчики служат для учета электрической энергии, потребляемой отдельными двигателями или группой двигателей, а также любыми другими электроприемниками. Счетчики выполняются однофазными и трехфазными.

Принцип работы однофазного индукционного счетчика показан на рис. 61. При протекании тока через токовую катушку электро-

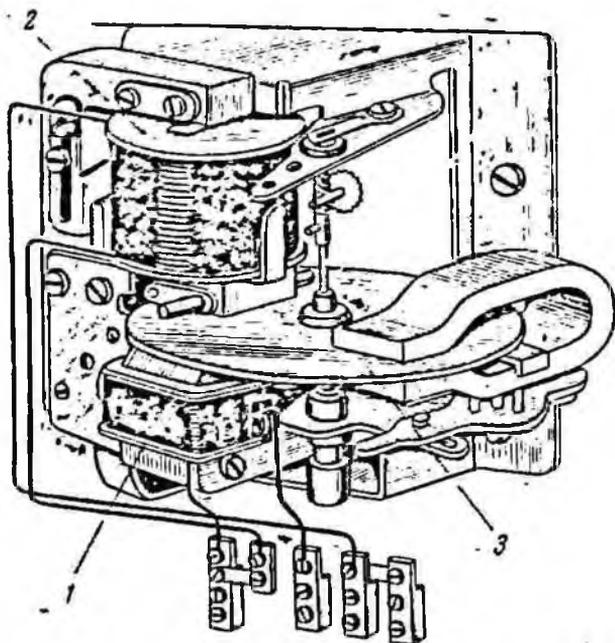


Рис. 61. Устройство однофазного индукционного счетчика

магнита 1 и катушку напряжения электромагнита 2 появляются магнитные потоки, которые, пересекая алюминиевый диск 3, наводят в нем токи. Взаимодействуя с магнитными потоками, токи создают вращающий момент; диск начинает вращаться и приводит в работу счетный механизм, который отсчитывает число оборотов диска.

Чем больше оборотов сделал диск, тем больше израсходовано электроэнергии. Показания счетчика дают гектоватт-часы (гектоватт-час равен 100 ватт-часам) или киловатт-часы.

Омметр (меггер). При эксплуатации электрических установок необходимо следить за состоянием изоляции, нарушение которой влечет за собой короткое замыкание, т. е. аварию. Для определения сопротивления изоляции служит прибор, называемый омметром или меггером. Внешний вид меггера и схема его включения показаны на рис. 62.

Меггер состоит из индуктора, гальванометра, ключа и добавочных сопротивлений, смонтированных в одном ящике. Индуктор —

небольшой мощности генератор постоянного тока с постоянными магнитами; гальванометр — точный амперметр, измеряющий малые величины токов. В данном случае гальванометр имеет две шкалы: напряжения и сопротивления в мегомах ( $1 \text{ Мом} = 1\,000\,000 \text{ ом}$ ).

Омметр включают в сеть, как показано на рисунке, нажимают на кнопку ключа и вращают ручку индуктора с такой скоростью,

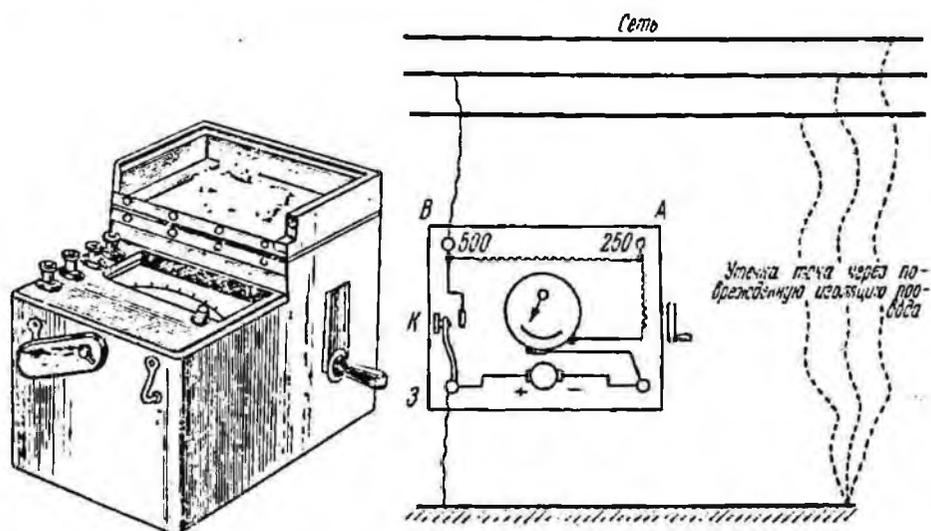


Рис. 62. Омметр и его схема включения

чтобы стрелка прибора показала напряжение требуемой величины. Продолжая вращать ручку индуктора с прежней скоростью, замыкают кнопку ключа *К*. При этом в цепь индуктора включается сопротивление измеряемой изоляции; стрелка прибора, перейдя в другое положение, по шкале омов укажет величину сопротивления изоляции. Кабели напряжением до 1000 в испытывают при помощи меггера напряжением 1000—2000 в.

## Глава VII

### СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕХАНИЗМАМИ

#### § 1. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ НАПЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 в

Электродвигатели напряжением выше 1000 в применяются для привода мощных дробилок, мельниц, тяжелых конвейеров, вентиляторов и землесосов.

Для привода дробилок применяют асинхронные двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором, а мельницы, вентиляторы, землесосы, как правило, приводятся в движение синхронными двигателями.

### Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором

Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором является простейшей, так как она имеет только два положения, соответствующие отключенному и включенному двига-

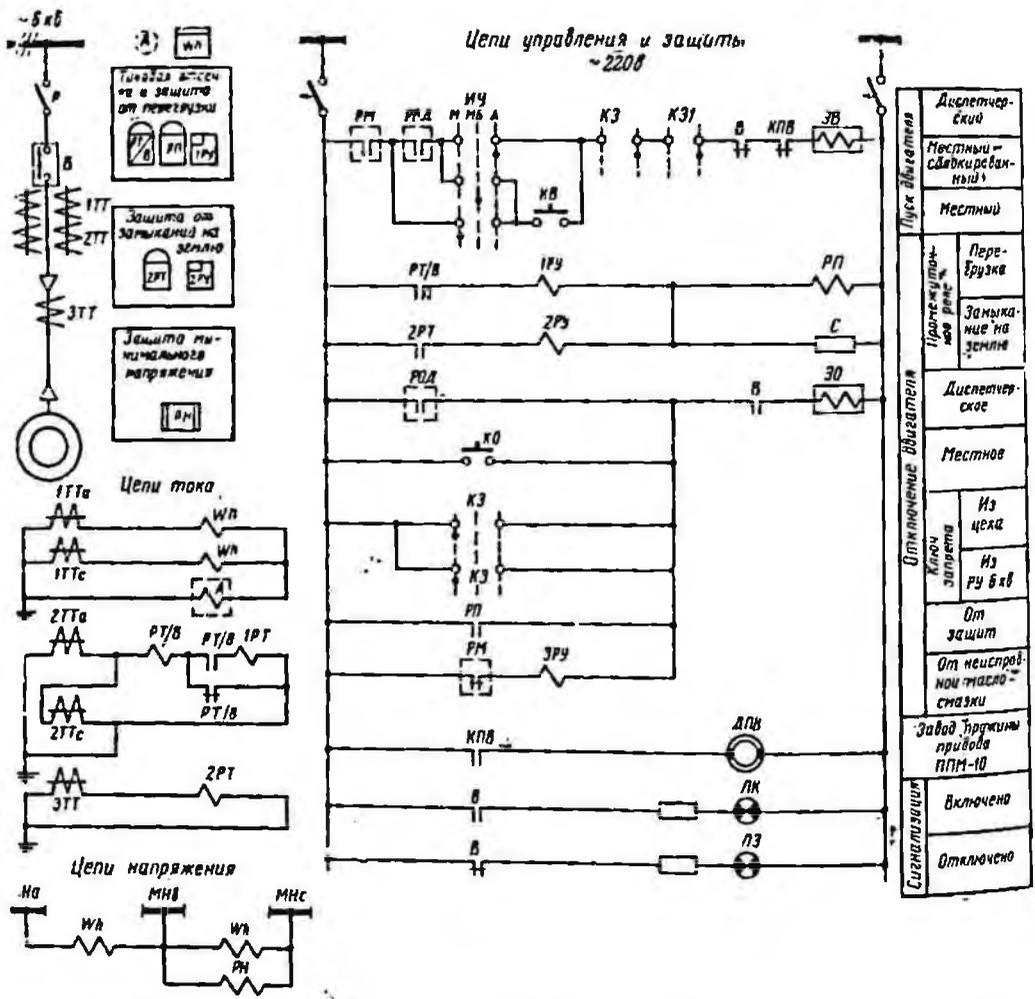


Рис. 63. Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором напряжением выше 1000 в

телю. Обычно включение производится дистанционно с помощью масляного выключателя путем подачи напряжения в статор двигателя (рис. 63).

В левой части схемы толстыми линиями показаны силовая цепь двигателя, вторичные обмотки трансформаторов тока с включенными токовыми катушками и шинки вторичной обмотки трансформатора напряжения с катушками напряжения измерительных приборов и защитных реле. В правой части показаны цепи оперативного тока, т. е. схемы включения электромагнитов включения и отключения, реле, управляющей и сигнальной аппаратуры и пр.

Масляный выключатель имеет пружинный привод ППМ-10/1146 (см! главу X). Дистанционное включение этого привода производится электромагнитом ЭВ, а отключение — отключающими электромагнитами, число которых может быть до четырех: три катушки представляют собой реле прямого действия, а четвертая катушка — отключающий электромагнит.

В приводе с шифром 1146 имеются:

- 1) два реле максимального тока мгновенного действия (в рассматриваемой схеме используется одно *1РТ*);
- 2) отключающий электромагнит (*ЭО* — в шифре цифра 4);
- 3) реле минимального напряжения с выдержкой времени (*РН* — в шифре цифра 6).

Для выполнения защиты от замыкания на землю, защиты от перегрузки и повышения чувствительности максимальной токовой защиты в схему дополнительно введены реле косвенного действия (в схеме — *2РТ* и *РТ/В*).

Для того чтобы при отключении двигателя от действия защит можно было определить, какая из защит сработала, в схему включены сигнальные реле или блинкеры (в схеме *1РУ*, *2РУ* и *ЗРУ*).

Схема работает следующим образом:

1. Ключом *ИУ* избирают один из трех видов управления — диспетчерское автоматизированное, местное заблокированное или местное.

2. Двигатель включается, когда катушка включающего электромагнита ЭВ получит питание. Это произойдет или при замыкании н. о. контактов выходного реле диспетчерского управления *РВД*, если ключ *ИУ* установлен в положение диспетчерского или местного заблокированного управления, или при нажатии кнопки *КВ*, если избрано местное управление. При этом:

а) система смазки двигателя и механизма должна нормально работать (н. о. контакты *РМ* замкнуты);

б) ключи запрета *КЗ* и *КЗ1*, предназначенные для запрещения включения двигателя при ремонтах, осмотрах и т. п., должны быть замкнуты; один ключ установлен в цехе у двигателя, а другой — в распределительном устройстве;

в) н. з. блок-контакт выключателя *В* должен быть замкнут, а включающая пружина привода ППМ-10 заведена при помощи двигателя *ДПВ* (н. з. контакт пружины *КПВ* замкнут).

3. После включения выключателя цепь катушки электромагнита ЭВ разрывается н. з. контактами *В* и *КПВ*. Двигатель *ДПВ*

включится и. о. контактами *КПВ*, заведет включающую пружину до отказа, после чего отключится этими же контактами. Гаснет зеленая и загорается красная лампа.

4. Двигатель отключается или при срабатывании отключающего электромагнита *ЭО*, или при действии любого из встроенных в привод реле прямого действия.

Отключить двигатель может диспетчер замыканием контактов диспетчерского управления *РОД* в цепи *ЭО* или машинист — нажатием кнопки *КО*.

Все остальные отключения происходят от действия защит, а именно:

а) при действии токовой отсечки и защиты от перегрузки замыкаются контакты *РТ/В* в цепи промежуточного реле *РП*, и. о. контакты которого включены в цепь отключающего электромагнита *ЭО*; при этом выпадает флажок сигнального реле *1РУ*;

б) при действии защиты от замыкания на землю замыкаются контакты *2РТ* в цепи *РП* и срабатывает сигнальное реле *2РУ*;

в) при неполадках в системе смазки замыкаются и. з. контакты *РМ* в цепи *ЭО* и выпадает флажок сигнального реле *3РУ*;

г) при понижении или исчезновении напряжения срабатывает реле минимального напряжения *РН* и, непосредственно взаимодействуя на защелку, отключает масляный выключатель.

При срабатывании реле *РТ/В* подается импульс в отключающий электромагнит *ЭО*; одновременно в цепи вторичных обмоток трансформаторов тока происходит размыкание и. з. и замыкание и. о. контактов *РТ/В*; при этом катушка встроенного в привод максимального реле *1РТ* срабатывает и, действуя на защелку, отключает выключатель.

5. После отключения цепь электромагнита *ЭО* размыкается и. о. блок-контактами *В* выключателя; сигнальные лампы переключаются (с красной на зеленую) и схема возвращается в исходное положение.

### **Схема управления асинхронным электродвигателем с фазным ротором**

Электродвигатель с фазным ротором применяют в том случае, если необходим высокий начальный момент или плавный пуск. Это достигается тем, что в цепь ротора включают пусковые сопротивления, которые по мере разворачивания двигателя постепенно выводят.

Сопротивления набирают из специальных ящиков сопротивления, группируют по ступеням, которые закорачиваются контакторами ускорения. Число ступеней ускорения выбирают в зависимости от требуемых условий пуска.

Вся аппаратура управления, включая контакторы, собирается по заданной схеме на роторной станции. Управление цепью статора асинхронного двигателя с фазным ротором и его защиту



выполняют так же, как и для асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

В схему управления асинхронным двигателем с фазным ротором по сравнению со схемой рис. 63 дополнительно включены следующие элементы (рис. 64):

1. В цепь включающей катушки ЭВ масляного выключателя н. о. контакты реле времени *7PB* (на роторной станции), открывающиеся с выдержкой времени.

Этот контакт не позволяет включить цепь статора при выведенном сопротивлении в цепи ротора. Как только роторная станция включится, мгновенно включаются реле времени и размыкают свои н. з. контакты в цепях контакторов ускорения, катушки их теряют питание (за исключением *6У*) и размыкают контакты, шунтирующие ступени сопротивлений. Все сопротивление полностью вводится в цепь ротора.

2. Программное реле времени *PBP* с выдержкой времени от 1 до 20 мин, контролирующее длительность пуска. Н. о. контакт этого реле, включенный в цепь отключающего электромагнита, замыкается и отключает двигатель, если пуск затянулся более заданного времени.

При диспетчерском управлении роторная станция включается контактами *PBD*, а при местном заблокированном и местном управлении — кнопкой *KBP*.

После включения масляного выключателя размыкается его н. з. блок-контакт *B* в цепи реле времени *1PB* на роторной станции. Реле *1PB* теряет питание и с выдержкой времени замыкает свой н. з. контакт в цепи контактора ускорения *1У* и одновременно размыкает свой н. о. контакт в цепи реле времени *2PB*. Таким образом последовательно включаются все контакторы ускорения и закорачивают ступени сопротивления.

Последний контактор *6У* остается включенным, а остальные контакторы после включения контактора *6У* отпадают; включается программное реле времени *PBP* и с выдержкой времени открывается н. о. контакт реле времени *7PB* в цепи включающего электромагнита ЭВ.

## Схема управления синхронным электродвигателем

Как известно, ротор синхронного двигателя всегда вращается со скоростью вращающегося магнитного поля статора, т. е. с синхронной скоростью. Если статор синхронного двигателя подключить к сети, а в неподвижный ротор дать постоянный ток, то двигатель не запустится. Чтобы ротор начал вращаться, его нужно раскрутить до скорости, близкой к синхронной. Для этого, кроме основной обмотки, на статоре размещают пусковую короткозамкнутую обмотку и запускают двигатель как асинхронный, обычно при полном напряжении сети.

Обмотку ротора наглухо или через сопротивление соединяют

с возбудителем. В начале пуска по обмотке ротора протекает переменный ток, наведенный вращающимся магнитным полем статора. По мере увеличения числа оборотов величина и частота переменного тока падает до нуля и в роторе протекает постоянный ток. Когда двигатель развернется до 95% номинального числа оборотов, т. е. до скольжения около 5%, он втянется в синхронизм и начнет работать как синхронный.

Пуск с глухо подключенным возбудителем применяют при невысоком начальном моменте сопротивления механизма и небольших маховых массах. В противном случае в цепь ротора включается сопротивление, которое по окончании пуска отключается.

На рис. 65 показана схема управления с возбудителем, подключенным через сопротивление *СГ*.

Схема статорной цепи аналогична схеме управления и защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Пуск двигателя производится подачей напряжения на включающий электромагнит привода масляного выключателя либо при замыкании контакта *РВД*, либо при нажатии кнопки *КВ*.

Вся аппаратура управления установлена на станции управления: контактор возбуждения *М* и контактор форсировки *Ф*; реле форсировки *РФ*, пусковое токовое реле *РПТ* и блокировочные реле *1РБ*, *2РБ*; автомат для защиты цепи управления, амперметр и три сигнальные лампы.

Контактор возбуждения *М* имеет защелку, что делает работу двигателя после окончания пуска независимой от цепей управления и исправности катушки контактора.

Реле пускового тока *РПТ*, включенное во вторичные обмотки трансформаторов тока, срабатывает и замыкает свой н. о. контакт в цепи блокировочного реле *1РБ* сразу же после включения масляного выключателя. Реле *1РБ* размыкает свой н. з. контакт в цепи включающей катушки *М<sub>вкл</sub>* контактора возбуждения, и замыкает н. о. контакт в цепи реле *2РБ*, которое в свою очередь замыкает свой н. о. контакт в цепи *М<sub>вкл</sub>*.

При пуске ток статора спадает и при скорости, равной около 95% от синхронной, становится меньше тока удерживания реле *РПТ*, контакты которого размыкаются. При этом реле *1РБ* теряет питание и с выдержкой времени замыкает контакты в цепи *М<sub>вкл</sub>* и размыкает контакты в цепи реле *2РБ*, которое в свою очередь с выдержкой времени размыкает контакты в цепи контактора *М<sub>вкл</sub>*. Таким образом эти реле создают дополнительную выдержку времени, что обеспечивает надежность включения.

Контактор возбуждения *М* включается и переключает сопротивление *СГ*; другим н. о. контактом контактора *М* катушка токового реле *РПТ* шунтируется и выводится из схемы, чтобы предотвратить его повторные включения при толчках нагрузки двигателя.

При снижении напряжения питающей сети до 0,75—0,8 номинального значения реле форсировки *РФ*, включенное в цепь трансформатора напряжения, теряет возбуждение и своим н. з.



контактом включает контактор  $\Phi$ , который переключает реостат  $PВ$  в цепи шунтовой обмотки возбудителя. При этом напряжение обмотки возбудителя повышается и вместе с этим увеличивается ток возбуждения, т. е. происходит форсировка возбуждения. При обратном повышении напряжения до 88—94% от номинального контактор  $\Phi$  отключается и форсировка автоматически снимается. При отключении двигателя сопротивление  $СГ$  включается и гасит энергию магнитного поля.

При отключении масляного выключателя его н. з. контакт включает отключающую катушку контактора возбуждения  $M_{откл.}$  и схема возвращается в первоначальное состояние.

## § 2. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

### ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 в

#### Управление асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором

На рис. 66 показана схема управления асинхронным двигателем с к. з. ротором, не участвующим в блокировке.

От фаз  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$  сети 380 в к зажимам автомата  $A$  подведены концы проводов. В схеме показаны главные контакты и

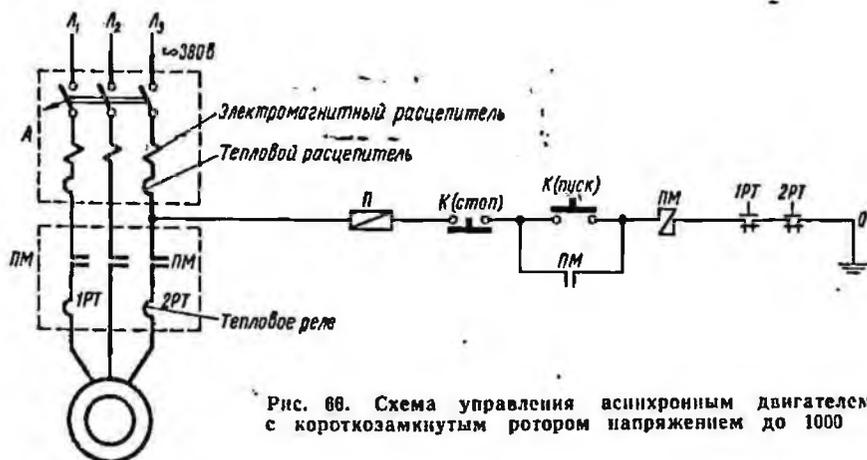


Рис. 66. Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором напряжением до 1000

комбинированный (электромагнитный + тепловой) расцепитель автомата  $A$ , главные контакты пускателя  $ПМ$  и его тепловые реле  $1РТ$  и  $2РТ$ , включенные в две фазы  $L_1$  и  $L_3$ . От пускателя провода идут к выводам статора двигателя.

Цепи управления включены между фазным и нулевым проводами на напряжение 220 в. Буквами  $ПМ$  обозначена катушка магнитного пускателя, его главные контакты, а также блокировочный контакт  $ПМ$ , шунтирующий кнопку  $К(пуск)$ , буквами  $1РТ$  и  $2РТ$  — обозначены тепловые реле и их н. з. контакты.

Двигатель включается нажатием кнопки «пуск». При этом н. о. контакт *ПМ* шунтирует кнопку так, что после прекращения нажатия кнопки катушка пускателя *ПМ* останется включенной. Если напряжение в цепи исчезнет, то катушка *ПМ* потеряет возбуждение, главные контакты пускателя отпадут и двигатель отключится. Если напряжение появится вновь, то двигатель включится только после нажатия кнопки «пуск». Нормальный останов двигателя происходит нажатием кнопки «стоп».

При перегрузке двигателя тепловые элементы *1РТ* и *2РТ* нагреваются, разомкнут свои контакты *1РТ* и *2РТ*, включенные в цепь катушки *ПМ*, и двигатель отключится.

При коротком замыкании сработает максимальный расцепитель автомата *A*, который разорвет цепь двигателя и отключит его от сети.

На обогатительных фабриках механизмы связаны непрерывным технологическим потоком, т. е. составляют поточно-транспортную систему (ПТС). Руда с одного конвейера передается на второй, потом на третий и т. д. Если конвейер остановится, а предыдущий конвейер будет продолжать работать, то он завалит рудой остановившийся конвейер и для его очистки потребуется много времени и труда.

Чтобы этого не произошло, в электрическую схему ПТС вводятся блокировки, которые вызывают отключение всех конвейеров и механизмов, подающих руду на остановившийся конвейер.

Блокировки выполняются взаимным введением блокировочных контактов пускателей в цепи управления.

В схемах управления поточно-транспортными системами, как правило, предусматриваются три режима работы:

1. Диспетчерское автоматизированное управление — централизованное сблокированное управление всеми механизмами фабрики из одного или нескольких диспетчерских пунктов (условное обозначение *A*).

При этом запускается один двигатель, за которым автоматическим через определенные интервалы времени последовательно запускаются все двигатели.

2. Местное сблокированное управление — управление с места установки двигателя, но запуск может происходить только в определенной последовательности включения механизмов (условное обозначение *МБ*).

3. Местное несблокированное управление — управление также с места, но каждый двигатель может быть включен независимо один от другого. Этот режим необходим при перепусках двигателей после ремонтов (условное обозначение *М*).

При первых двух режимах работа всех двигателей взаимосвязана: отключение любого двигателя вызывает отключение всех находящихся впереди (по технологическому потоку) двигателей.

В связи с этим в схему рис. 66 дополнительно вводятся обведенные пунктиром элементы (рис. 67):

а) ключ-избиратель управления *ИУ* — для избирания одного из трех режимов;

б) аварийный выключатель *АВ*, служащий для экстренной (аварийной) остановки двигателя. Аварийных выключателей в

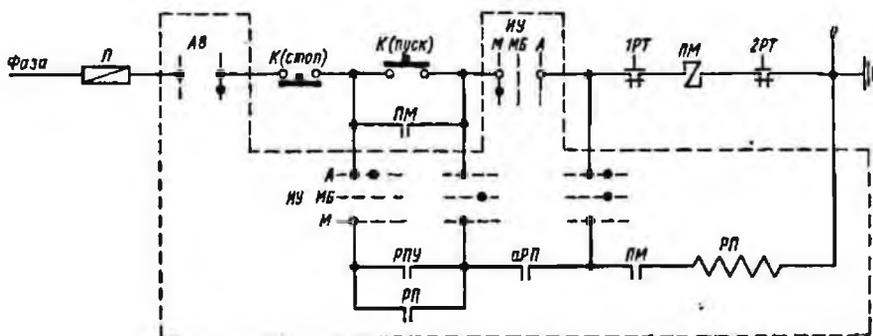


Рис. 67. Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором напряжением до 1000 в в поточно-транспортной системе

схеме может быть несколько, включаемых последовательно; при длинных конвейерах аварийные выключатели устанавливаются вдоль конвейера через каждые 25—30 м;

в) промежуточное реле *РП* и его контакт, шунтирующий контакт *РПУ*. Реле *РП* служит для размножения блок-контактов магнитного пускателя *ПМ*;

г) контакты реле пуска участка *РПУ* (из схемы централизованного управления) и контакты промежуточного реле *аРП* предыдущего по пуску двигателя.

Ключ *ИУ* имеет три положения рукоятки. В схеме используются четыре секции ключа. Точки около контактов ключа указывают, что в этом положении ключ замкнут. Диаграмма замыкания ключа с указанием режимов работы дана на рис. 68.

Рассмотрим работу схемы при установке ключа на диспетчерское управление (*А*). В этом случае создается цепь (рис. 67): фаза, *АВ*, кнопка *К(стоп)*, секция ключа *ИУ*, контакты *РПУ* и *аРП*, секция ключа *ИУ*, катушка пускателя *ПМ*, нуль.

ИУ

УП-5312

Обозначение цепей	№№ контактов	Местное (М)	Местное блочное (МБ)	Автоматическое (А)
1	1-2		×	
2	3-4			×
3	5-6		×	×
4	7-8	×		

Рис. 68. Диаграмма ключа *ИУ*

Если предыдущий по пуску двигатель включен, то контакты *aPP* замкнутся. Контакты реле пуска участка *РПУ* включаются периодически, затем отключаются. Периодическое включение реле *РПУ* продолжается в течение всего времени пуска участка. Лишь с включением последнего двигателя реле *РПУ* отключается, и при нормальной работе контакты его будут разомкнуты.

При замыкании контактов *РПУ* катушка пускателя *ПМ* возбуждается, двигатель включится и замкнутся блок-контакты *ПМ*, один из которых включит промежуточное реле *РП*. Последнее в свою очередь своими контактами шунтирует контакты *РПУ* (они могут отключиться, но питание катушки *ПМ* сохранится) и замкнет свой контакт в цепи следующего по пуску двигателя, подготовив его к включению.

При установке ключа *ИУ* на местное заблокированное управление (*МБ*) создается цепь: фаза, *АВ*, кнопка *К(стоп)*, кнопка *К(пуск)*, секция ключа *ИУ*, контакт *aPP*, секция ключа *ИУ*, катушка *ПМ*, нуль.

Если предыдущий по пуску двигатель включен, т. е. контакт *aPP* замкнут, то при нажатии кнопки *К(пуск)* возбуждается катушка пускателя *ПМ* и двигатель запустится. При этом один блок-контакт *ПМ* шунтирует кнопку *К(пуск)*, а другой включает реле *РП*, контакты которого замыкаются в цепи следующего двигателя, подготавливая его к пуску.

При установке ключа *ИУ* на местное управление *М* вся нижняя часть схемы отключена тремя секциями ключа *ИУ*. Включенная в цепь катушки *ПМ* секция ключа *ИУ* замкнута, и схема будет аналогична схеме (рис. 66) с той лишь разницей, что введен аварийный выключатель *АВ*.

Схема управления реверсивным асинхронным двигателем показана на рис. 69.

Для того чтобы реверсировать, т. е. изменить направление вращения ротора двигателя, нужно переключить две фазы.

Для этого применяется реверсивный магнитный пускатель с двумя контакторами *ПМВ* и *ПМН*.

В цепи управления и. з. блок-контакты *ПМВ* и *ПМН*, а также вторые элементы пусковых кнопок *К<sub>1</sub>* и *К<sub>2</sub>* включены перекрестно в цепи катушек *ПМН* (назад) и *ПМВ* (вперед). Последние механически связаны для того, чтобы при любых обстоятельствах одновременно не могли быть включены главные контакты пускателей *ПМВ* и *ПМН*, что привело бы к короткому замыканию. Кроме электрических блокировок в конструкции пускателя предусмотрена механическая блокировка, исключающая одновременное замыкание контактов.

Схема управления реверсивным двигателем, участвующим в поточно-транспортной системе, показана на рис. 70. При дистанционном управлении включение производят реле пуска участка *РПУ<sub>1</sub>* и *РПУ<sub>2</sub>*, а при местном заблокированном и несблокированном — кнопками *К<sub>1</sub>* и *К<sub>2</sub>*.

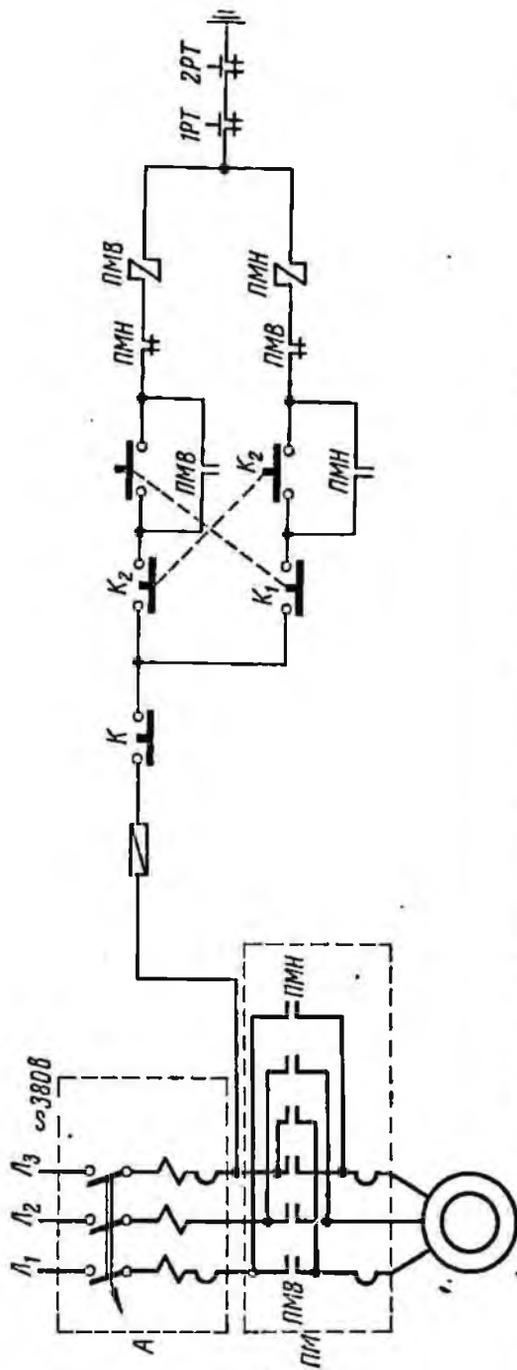


Рис. 69. Схема управления реверсивным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором напряжением до 1000 в

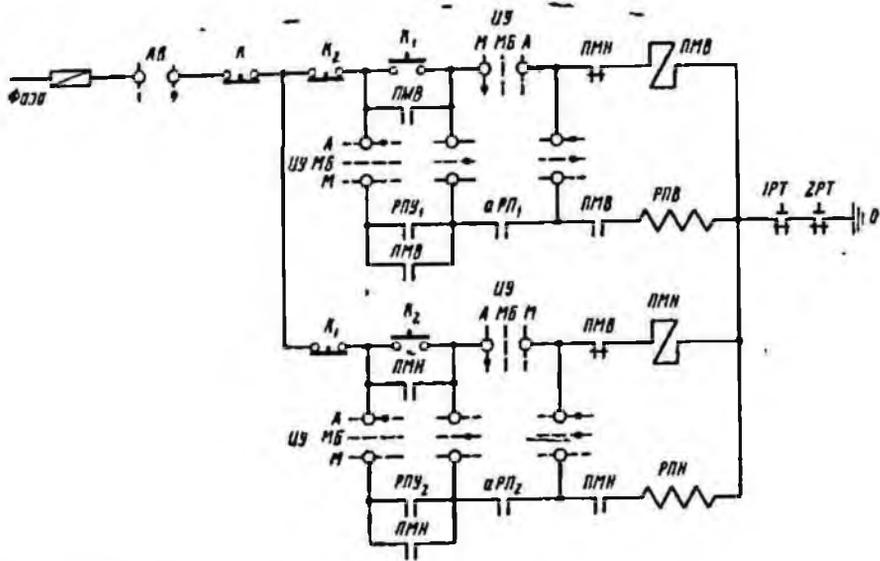


Рис. 70. Схема управления реверсивным двигателем с короткозамкнутым ротором напряжением до 1000 в в поточно-транспортной системе

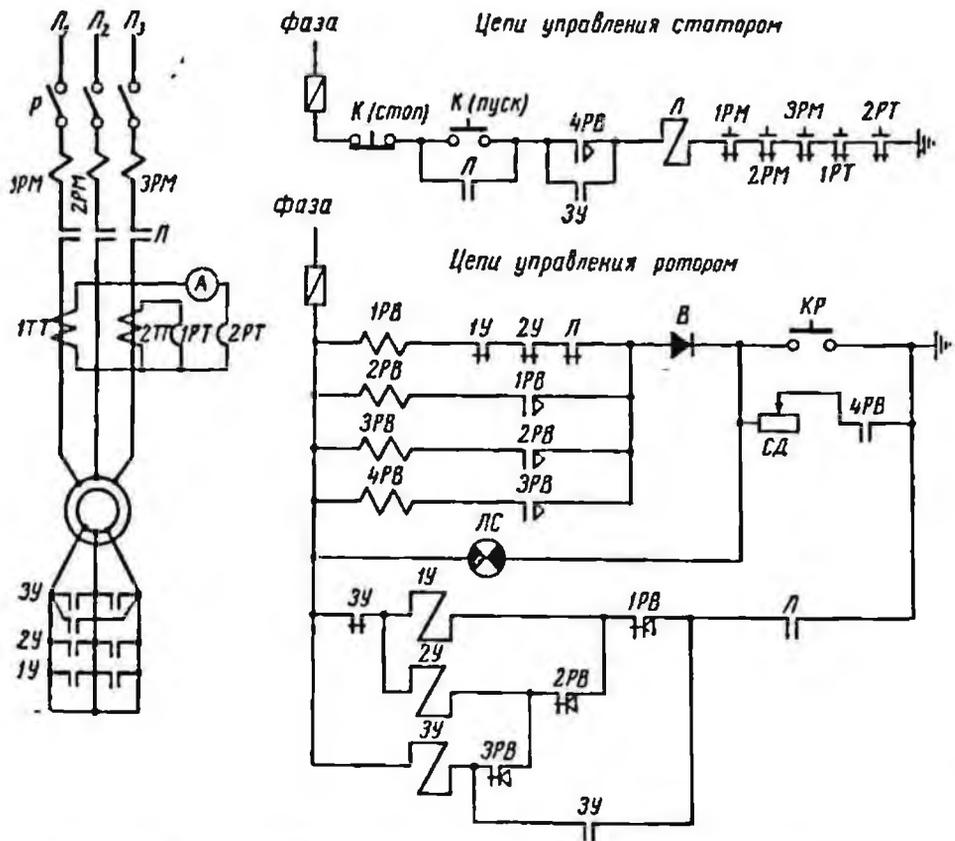


Рис. 71. Схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором напряжением до 1000 в

## Управление асинхронным электродвигателем с фазным ротором

Для управления цепью статора применен блок с рубильником  $P$ , трехполюсным контактором  $L$ , тремя максимальными реле  $1PM$ ;  $2PM$ ;  $3PM$  и двумя тепловыми реле  $1PT$  и  $2PT$ , включенными через трансформаторы тока  $1TT$  и  $2TT$  (рис. 71).

Для управления сопротивлениями в цепи ротора применена роторная станция на три ступени ускорения с тремя контакторами  $1У$ ,  $2У$ ,  $3У$  и четырьмя реле времени  $1PB$ — $4PB$ .

Пуск начинается нажатием кнопки  $KP$  в цепи реле времени на роторной станции. При этом реле времени поочередно срабатывают, размыкают свои н. з. контакты в цепях контакторов  $1У$ ,  $2У$ ,  $3У$ . Н. о. контакты  $4PB$  в цепях катушки контактора  $L$ , реле времени и сигнальной лампы  $ЛС$  замыкаются. Загорается лампа  $ЛС$  и сигнализирует, что схема подготовлена к пуску.

После этого нажимают кнопку  $K(пуск)$ , срабатывает контактор  $L$  и подключает двигатель к сети. Одновременно с этим н. з. контакт  $L$  разрывает цепь реле времени  $1PB$ , которое с выдержкой времени замыкает свой н. з. контакт в цепи контактора  $1У$ . Последний срабатывает, закорачивает первую ступень сопротивления и двигатель начинает вращаться.

Таким же образом последовательно размыкаются цепи остальных реле времени, контакты которых замыкают цепи контакторов ускорения и закорачивают ступени сопротивления.

По окончании пуска контактор ускорения  $3У$  закорачивает все сопротивления в цепи ротора, а н. о. контакт  $3У$  шунтирует контакт  $4PB$  в цепи контактора  $L$ .

Из всех аппаратов на роторной станции остается включенным один контактор ускорения  $3У$  (цепи контакторов  $1У$  и  $2У$  разрываются н. з. контактом  $3У$ ).

Электродвигатель отключается нажатием кнопки  $K(стоп)$ ; при этом линейный контактор  $L$  отпадает и своим н. о. контактом разрывает цепь контактора ускорения  $3У$ , который, отпадая, вводит в цепь ротора все сопротивления.

То же происходит при действии защит: максимальной  $PM$  (от сверхтоков) и тепловой  $PT$  (от перегрузки).

Схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором, участвующим в схеме ПТС, показана на рис. 72.

При положении ключа избирания  $ИУ$  на местном управлении  $M$  нижняя часть цепи в верхней схеме отсоединяется и схема становится аналогичной схеме рис. 71 (добавился лишь аварийный выключатель  $AB$ ).

В схеме роторной станции (нижняя схема) также выпадает цепочка  $ИУ$ ,  $РПУ$ ,  $аРП$ , и схема становится аналогичной схеме рис. 71.

При установке ключа в положение  $МБ$  или  $A$  схема статорной цепи принципиально ничем не отличается от схемы рис. 67.

В схему же роторной цепи включаются блокировочные контакты *аРП* либо через кнопку *КР* (при местном сблокированном управлении), либо через реле пуска участка *РПУ* (при автоматизированном управлении).

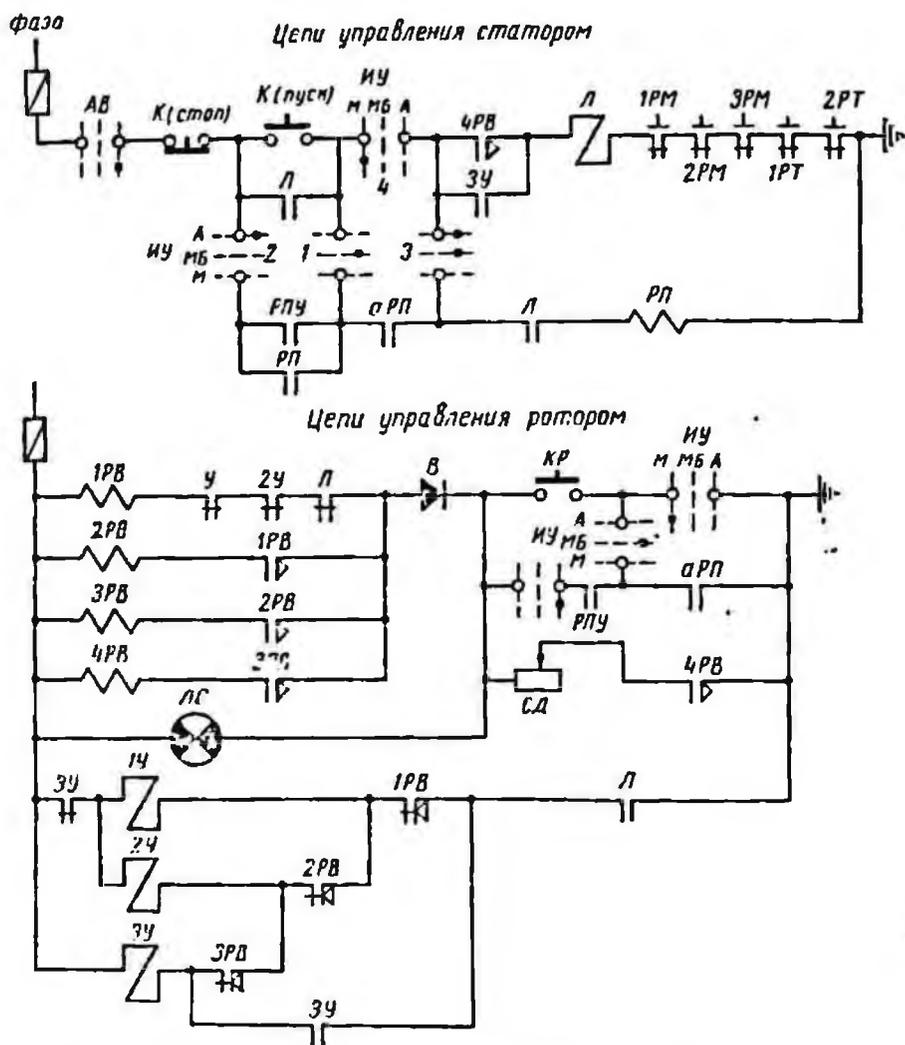


Рис. 72. Схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором напряжением до 1000 в в поточно-транспортной системе

### Управление многоскоростным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором

Число оборотов двух-, трех- и четырехскоростных асинхронных двигателей регулируется ступенями путем изменения числа пар полюсов, что достигается переключением статорной обмотки.

У небольших двигателей переключение производится специальными переключателями полюсов серии УП-5200. У двигателей

большей мощности для переключения скоростей применяют станции управления с контакторами и кнопочным управлением. Существуют также схемы с контакторным управлением от ключей переключателей скорости.

На рис. 73 приведена схема управления трехскоростным дви-

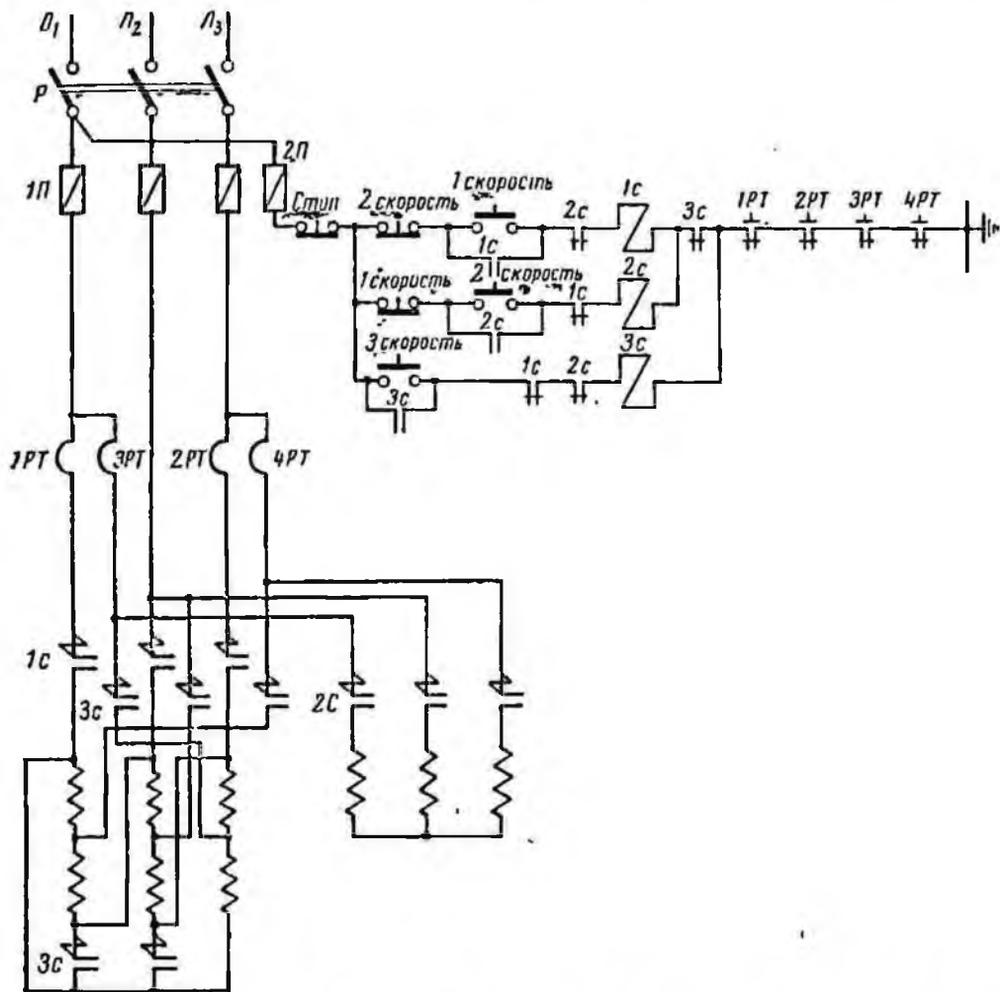


Рис. 73. Схема управления трехскоростным асинхронным двигателем напряжением до 1000 В

гателем. Три трехфазных обмотки статора двигателя переключаются одиннадцатью контактами контакторов скоростей 1с, 2с и 3с. Обмотки переключаются в различных комбинациях «звезды» и «треугольника» и дают три разных числа пар полюсов.

В силовой цепи находятся рубильник Р, плавкие предохранители 1П и тепловые реле 1РТ—4РТ.

В цепь управления включены катушки контакторов 1с, 2с и 3с, кнопки «1 скорость», «2 скорость» и «3 скорость» и н. з. контакты

тепловых реле. Блок-контакты контакторов *1с*, *2с* и *3с* служат для исключения возможности одновременного включения двух контакторов.

Нажимая на одну из кнопок, производим включение двигателя с требуемой скоростью. Переключение с одной скорости на другую возможно только после нажатия кнопки «Стоп».

Рассмотрим схему автоматического управления питателем щековой дробилки в зависимости от уровня руды в дробилке (рис. 74).

Ключ-избиратель скорости *ИС* устанавливаем в положение *I*, *II* или *III*. Ключ-избиратель управления устанавливаем в положение *A*, *МБ* или *М*, т. е. соответственно в автоматический, местный, заблокированный или местный несблокированный режим.

При автоматическом режиме, если блокировочный контакт *аРП* промежуточного реле *РП* предыдущего двигателя замкнут, при кратковременном замыкании контактов реле пуска участка *РПУ* катушка реле *РБ* возбуждается, которое сработает и замкнет свой н. о. контакт *РБ*.

Схема действует от реле радиоактивного датчика уровня. Излучатель датчика установлен по одну сторону зева дробилки, а прибор, улавливающий излучение (реле), — по другую.

Если в зеве дробилки на уровне датчика нет материала, то луч не пересекается, реле срабатывает и контакты *РДУ* замкнутся. В этом случае завала дробилки рудой нет и по цепочке *РБ*, *РДУ*, *ИС* включается один из контакторов *1с*, *2с*, *3с* и включает двигатель на избранную скорость.

Блок-контактами этого контактора включается реле времени *РВ*; его н. о. контакт замыкается, шунтируя контакт реле *РПУ*, и при размыкании этого контакта питание катушки реле *РБ* не прекращается.

Если же луч пересекается рудой (дробилка не справляется с поступающим материалом или застрял большой кусок руды), то реле датчика отключается и контакты *РДУ* размыкаются. При этом цепь катушек *1с*, *2с* и *3с* разорвется, контактор отпадет и отключит двигатель питателя. Подача руды в дробилку прекратится, но реле *РБ* на время выдержки реле *РВ* останется включенным и не разомкнет свои контакты.

Если за это время уровень руды упадет, то контакт реле *РДУ* замкнется и двигатель питателя снова включится.

Если же дробилка не успеет или не сможет пропустить попавший большой кусок, то контакты *РБ* разомкнутся и двигатель питателя уже вновь не включится.

Чтобы включить питатель, нужно или произвести заново дистанционный запуск или перевести ключ *ИУ* на местное заблокированное *МБ* управление и нажать кнопку *К(пуск)*.

При установке ключа *ИУ* на местное управление *М* вся нижняя часть схемы отсекается и схема управления трехскоростным двигателем будет аналогична схеме, изображенной на рис. 73.

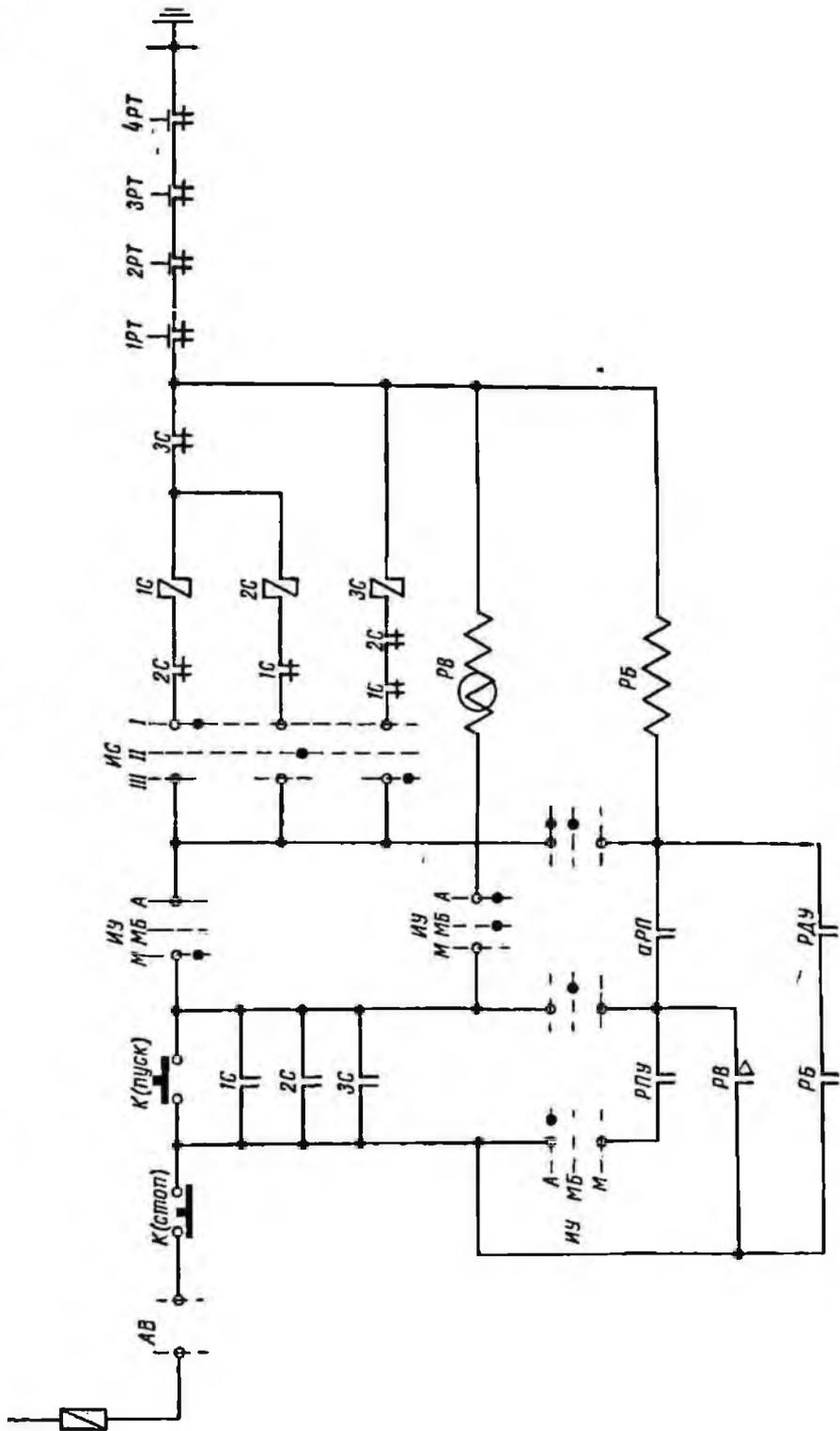


Рис. 74. Схема автоматического управления трехскоростным двигателем питания

### § 3. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОВИБРАЦИОННЫМИ МАШИНАМИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ СЕПАРАТОРАМИ

#### Электровибрационные машины

У вибродвигателя питателя имеются две обмотки — одна однофазного переменного тока 380 в, 5,7 кВт, 15 а и другая постоянного тока 24 в, 265 вт, 11 а (рис. 75).

Обмотка переменного тока *ОП* присоединена к сети 380 в, обмотка возбуждения *ОВ* питается постоянным током от селено-

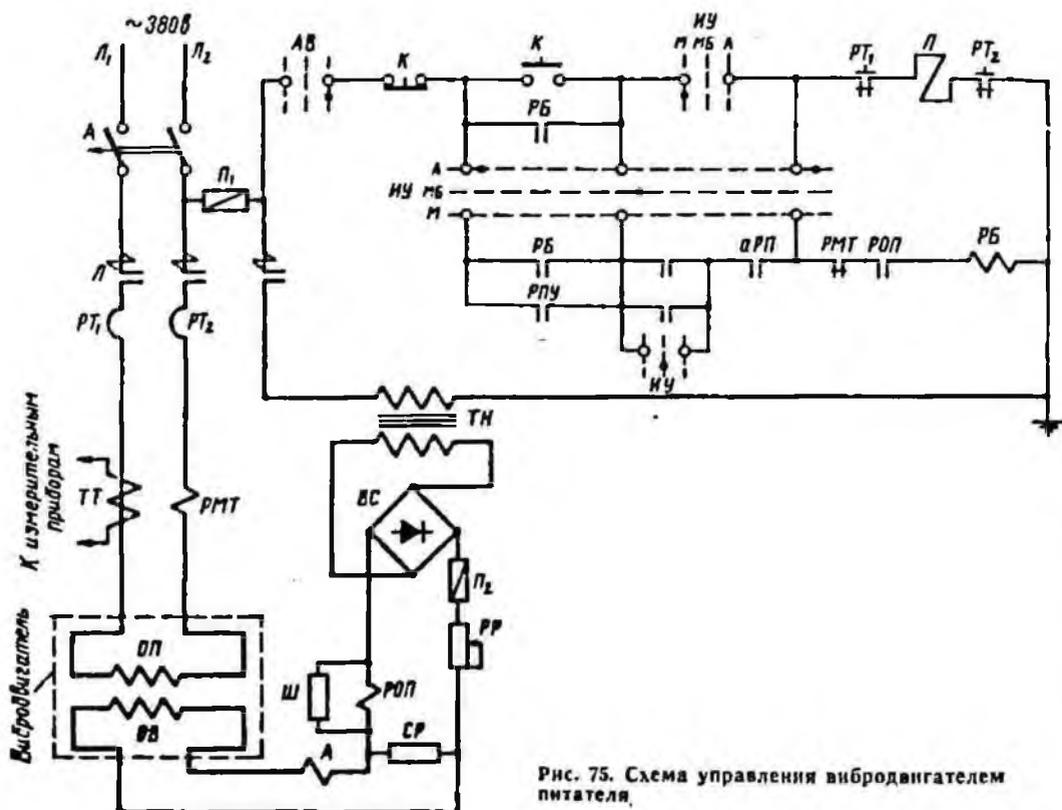


Рис. 75. Схема управления вибродвигателем питателя.

вого выпрямителя *ВС*, включенного через трансформатор *ТН* в сеть переменного тока 220 в.

Обмотка переменного тока *ОП* и первичная обмотка трансформатора *ТН* подключаются к сети 380 в через автомат *А* и магнитный пускатель *Л*.

В цепь обмотки возбуждения включены регулировочный реостат *РР*, реле минимального тока *РОП*, амперметр *А* и разрядное сопротивление *СР*. При обрыве цепи или исчезновении напряжения постоянного тока реле *РОП* срабатывает и своими контактами разрывает цепь катушки пускателя *Л* и отключает вибродвигатель.

В схеме предусмотрена возможность трех видов управления, задаваемых ключом-избирателем управления *НУ*.

## Электромагнитные сепараторы

На рис. 76 приведена схема электромагнитного однобарабанного сепаратора 171А-СЭ.

Сепаратор имеет обмотку возбуждения постоянного тока 220 в 1Б, асинхронный двигатель Д мощностью 1 кВт для привода барабана и электровибрационный двигатель питателя с обмоткой однофазного переменного тока ОВ и постоянного тока ПВ.

В цепях обмоток возбуждения постоянного тока 1Б и ПВ включены регулировочные реостаты 1РР и 2РР, реле обрыва тока 1РОП и 2РОП. Обмотки защищены разрядными сопротивлениями СР и СРК; кроме того, обмотка 1Б защищена от коммутационных перенапряжений разрядным сопротивлением СРА, включенным через вентиль 1ВП (селеновый выпрямитель).

Управление электромагнитным сепаратором осуществляется с помощью линейного контактора КП и магнитных пускателей 1ПМ и 2ПМ.

Для защиты от токов короткого замыкания служат максимальные расцепители установочных автоматов 1АУ и 2АУ, а от перегрузки — тепловые реле 1РТ и 2РТ магнитных пускателей.

Схема рассчитана на три вида управления: дистанционное, местное заблокированное и местное несблокированное.

Избирание одного из этих видов управления производится ключом ИУ.

Запрещение включения сепаратора производится дежурным аппаратчиком с помощью ключа запрета ВЗ или дежурным электриком отключением автоматов 1АУ и 2АУ, установленных внутри шкафа управления.

При дистанционном управлении ключ ИУ устанавливают в положение А (крайнее правое). Включение сепаратора производится контактами реле пуска участка РПУ (контакты этого реле при пуске периодически замыкаются и размыкаются, а по окончании пуска всего участка остаются разомкнутыми).

Контактор КП, подключающий к сети постоянного тока обмотку возбуждения, включается по цепочке Б (блокировка с предыдущим механизмом) — РПУ — ВЗ — 1КУ — ключ ИУ — РРВ — н. з. контакт КП. После размыкания контактов РПУ контактор КП удерживается шунтирующей цепочкой 1РОП — КП.

Пускатель 1ПМ включается по цепочке КП — 2КУ — ключ ИУ — РРВ и удерживается шунтирующими блок-контактами 1ПМ. Пускатель 2ПМ включается через главные контакты 1ПМ — 3КУ — ключ ИУ — РРВ и удерживается шунтирующей цепочкой 2РОП — 2ПМ — 3РОП (РРВ — реле разрешения включения).

При местном заблокированном управлении ключ ИУ устанавливают в положение МБ (среднее положение). В этом случае разрываются цепочки с контактами реле РПУ. Включение сепаратора производится в следующем порядке:

- 1) нажимают кнопку 1КУ и включается контактор КП;



2) нажимают кнопку *2КУ* и включается *1ПМ*;

3) нажимают кнопку *3КУ* и включается *2ПМ*.

При дистанционном и местном заблокированном управлении отключение контактором *КП* обмотки возбуждения вызывает отключение пускателем *1ПМ* двигателя барабана *Д* и вслед за этим отключение пускателем *2ПМ* вибродвигателя питателя, так как все они заблокированы.

При пуске сначала включается обмотка возбуждения, затем двигатель барабана и, наконец, вибродвигатель питателя.

При местном управлении ключ *ИУ* устанавливается в положение *М* (крайнее левое). При этом разрываются цепочки с контактами *РПУ* и шунтируются контакты, осуществляющие взаимную блокировку. В этом случае включение сепаратора производится также кнопками *1КУ*, *2КУ* и *3КУ*, но уже в любом порядке, так как взаимная блокировка отсутствует.

При обрыве поля в обмотках электровибрационного двигателя загорается сигнальная лампа *ЛК* через контакты *2РОП* и *3РОП*.

Лампа *ЛБ* служит для освещения внутри шкафа при открытии двери. Она включается и отключается дверными контактами *КД*. Амперметрами *1А*, *2А* и *3А* измеряется ток в обмотках возбуждения сепаратора и вибродвигателя.

#### § 4. УПРАВЛЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ И УСТРОЙСТВАМИ

##### Самоочищающийся воздушный фильтр

Фильтр масляный предназначен для очистки воздуха, подаваемого к агрегатам или в производственные помещения. Фильтр состоит из корпуса, сетчатых шторок и привода. В нижней части корпуса расположена масляная ванна. Сетчатые шторки перемещаются на двух зубчатых колесах, причем нижняя часть их погружается в масляную ванну, в которой они очищаются от пыли.

Шторки вращаются не непрерывно, а периодически в течение одной минуты, через каждые 60—135 мин.

Включение двигателя шторок производится командным электропневматическим прибором *КЭП* (по схеме *РВП*), включенным через понижающий трансформатор *Т* напряжением 220/133 в (рис. 77).

В соответствии с программой замыкается контакт *РВП* в цепи катушки *Л* и двигатель включается. Спустя 1 мин контакт *РВП* размыкается и двигатель останавливается. В зависимости от установки прибора *КЭП* двигатель через 60—135 мин включается вновь и т. д. В зависимости от пылевой нагрузки изменением программы прибора *КЭП* можно увеличивать частоту включения двигателя.

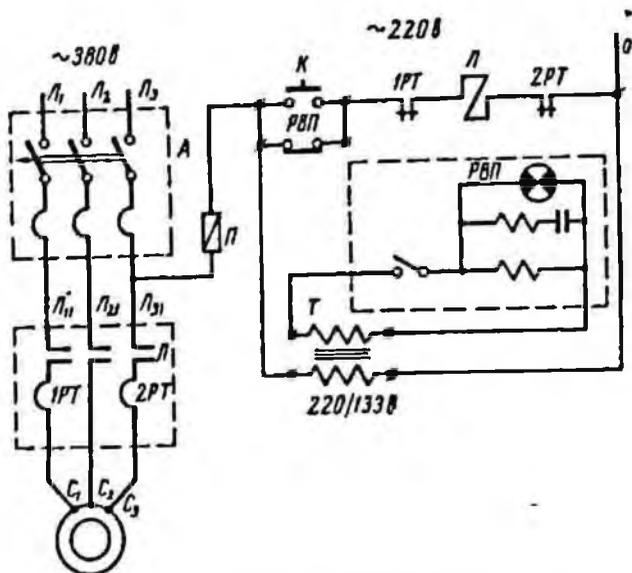


Рис. 77. Схема управления двигателем самоочищающегося воздушного фильтра

### Самоходная разгрузочная тележка

Самоходная разгрузочная тележка (автостелла) служит для разгрузки материала с конвейера. Работа тележки возможна в двух режимах: челноковом и по точкам.

Челноковый режим, при котором тележка непрерывно движется вдоль всех бункеров взад и вперед (как челнок), применяется при необходимости равномерной загрузки бункеров.

Если тележка, подойдя к бункеру, останавливается, загружает его до требуемого уровня и затем передвигается к следующему бункеру, то говорят, что тележка работает по точкам.

Работа в этих режимах может осуществляться как вручную, так и автоматически.

По схеме рис. 78 автостелла может работать по точкам и в челноковом режиме.

При работе по точкам ключ *КП* устанавливается в положение «Автоматическое», а ключ *КР* — в положение «По точкам». Предварительно включается лента конвейера и ее реле *РП* замыкает н. о. контакты в цепи реле *ВРВ* и *ВРН*.

В каждом бункере имеются электродные датчики, замыкающие цепь реле *РЭС* при соприкосновении с рудой (бункер заполнен).

На каждом бункере установлен конечный выключатель *КВ*, а на тележке конечный выключатель *КВТ*. Тележка идет до ближайшего конечного выключателя *КВ*. Если шунтирующий контакт *РЭС* разомкнут (бункер не заполнен), то рвется цепь питания реле *ВРВ* или *ВРН* и магнитный пускатель отключается. При этом тележка останавливается, лента работает, загружая материал в

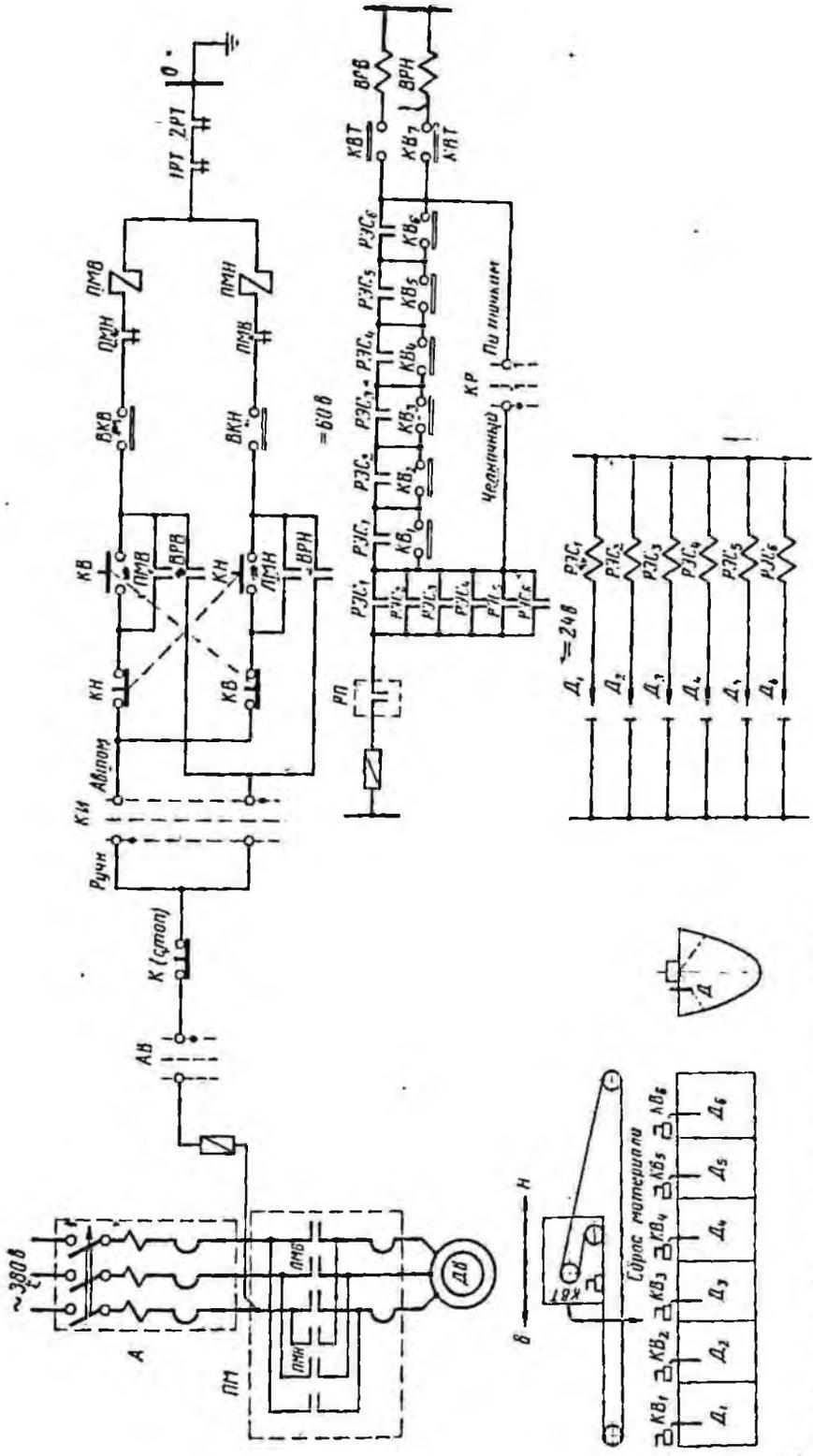


Рис. 78. Схема автоматического управления автостеллой

Уровень материала бункера заполняется и материал коснется электрода, реле *ВРН* или *ВРН* получает питание и тележка передвигается вперед по направляющим контактного бункера.

После заполнения бункера тележка реверсируется и идет назад. Реверс осуществляется переключением конечного выключателя *ВК*, реле *ВРН* и *ВРН* и тем самым магнитного пускателя.

Для перевода тележки в частотный режим ключ *КР* ставят в положение «Частотный». В этом случае шунтируются н. о. контакты реле *ВРН* и конечных выключателей *КВ*; тележка, не останавливаясь, проходит над всеми бункерами до конца, реверсируется и идет обратно.

Если все бункера будут заполнены, то н. з. контакты всех реле *ВРН* окажутся разомкнутыми в цепи реле *ВРВ* и *ВРН* — обесточиваются. Тележка остановится, отключится двигатель ленты, а вслед за ним и весь тракт, подающий на конвейер материал.

Если необходимо перейти на ручное управление, то ключ *КП* ставят в положение «Ручное», при этом включение и отключение двигателя будет осуществляться кнопками *КВ* и *КН*.

### Система смазки

Для смазки подшипников, зубчатых шестерен и других трущихся поверхностей применяют жидкую и густую смазку. Из существующих систем смазки в качестве примера рассмотрим схему управления электрооборудованием системы индивидуальной смазки конусной дробилки (рис. 79).

Электрооборудование этой системы состоит из электродвигателей рабочего и резервного маслонасосов, электродвигателя, фильтра, электрогрелок, пусковой и защитной аппаратуры.

Поток масла в сливной магистрали контролируется с помощью ртутного переключателя *ЭКР-502* (*ДУ*), а уровни (верхний и нижний) масла в маслоотстойнике — микропереключателями *1МП* и *2МП*, установленными на ограничителе уровня.

Для автоматического поддержания температуры масла в пределах  $35-40^{\circ}\text{C}$  применяются температурные реле типа *ТР-200* (*1ТР* и *2ТР*). Контроль температуры подшипников осуществляется также температурными реле.

Устанавливая универсальный переключатель *КР* (ключ режима) в одно из двух положений, выбираем рабочий маслонасос. С помощью ключа *УП* выбирается режим управления двигателями маслонасосов: дистанционное — с пульта управления, либо местное — непосредственно у насоса. В первом случае запуск производится ключом *УП*, которым одновременно запускается двигатель дробилки (главный привод).

Если температура масла не ниже  $+40^{\circ}\text{C}$  (н. з. контакт *БРП* в цепи *1Л* и *2Л* замкнут), то двигатель избранного маслонасоса запускается. Масло начинает прогоняться через маслосистему и на сливе устанавливается нормальный уровень его, замыкаются

н. о. контакты *1РП* в цепи включения главного привода и дробилка работает.

В режиме местного управления запуск производится кнопками. В положении «местное управление» контакты ключа *КР* шунти-

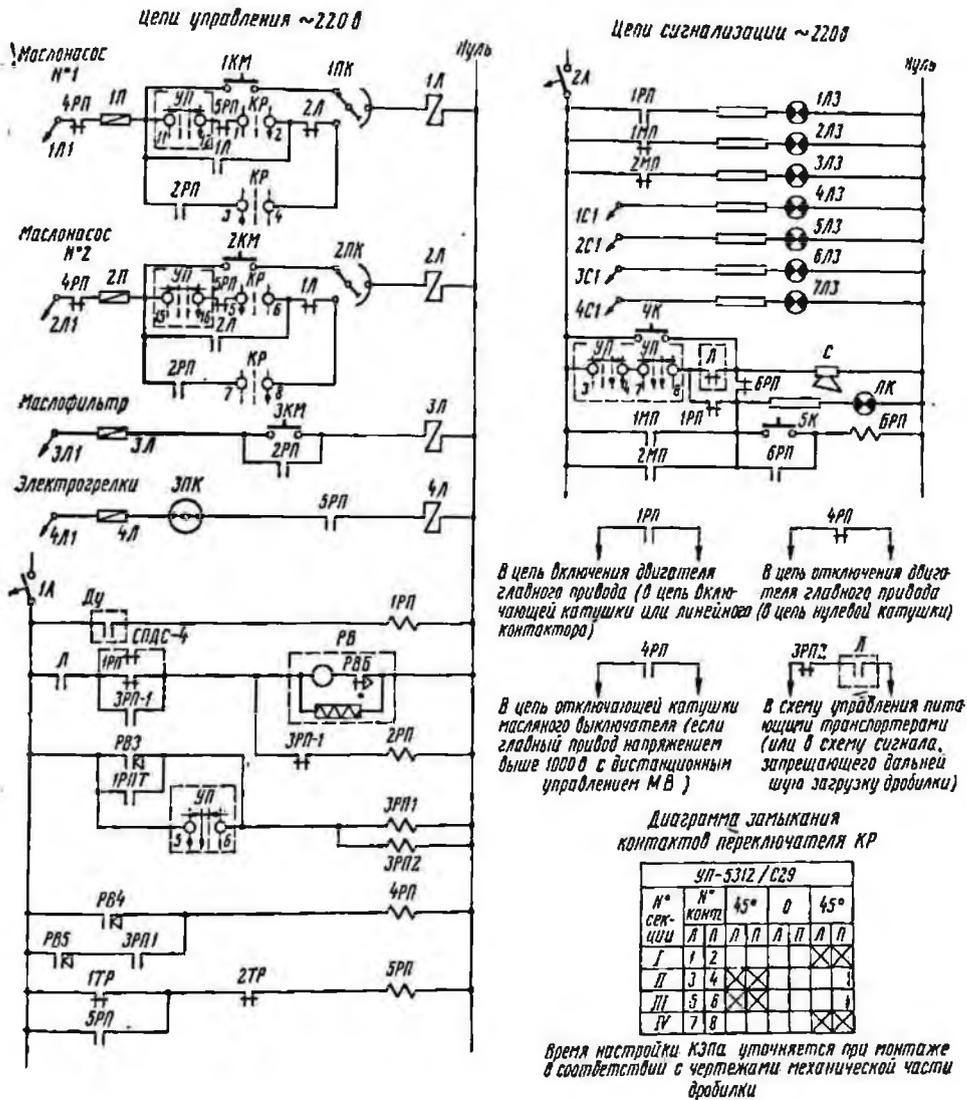


Рис. 79. Схема управления электрооборудования системы жидкой смазки дробилки

руют н. з. контакты *2Л* и *1Л* и тем самым снимают принятую в схеме блокировку: отключение рабочего насоса при включении резервного. Это сделано для того, чтобы, не нарушая работу маслосистемы, можно было после ремонта произвести перепуск резервного маслонасоса. Электрогрелка включается автоматически при снижении температуры масла до 30—35 °С и отключается при

5 Л. П. Рожко

температуре масла  $40^{\circ}\text{C}$ . Достигается это работой температурных реле *1ТР* и *2ТР* с н. з. контактами в цепи *5РП*.

У реле *1ТР* эти контакты размыкаются при температуре масла  $35^{\circ}\text{C}$  и более, а у реле *2ТР* — при температуре  $40^{\circ}\text{C}$ . Контакты вновь замыкаются у реле *1ТР* при охлаждении масла до температуры  $30^{\circ}\text{C}$ , а у реле *2ТР* — при охлаждении до температуры  $35^{\circ}\text{C}$ .

Двигатель маслофильтра включается автоматически одновременно с подачей импульса на отключение питающих конвейеров *ЗРП* и отключается при отключении двигателя главного привода (блокировкой *Л* в цепи *РВ*). Продолжительность работы фильтра 1,5—2 мин.

При снижении уровня масла в сливной магистрали ниже допустимого автоматически включается тот насос, который в данный момент является резервным, и отключается второй насос. Происходит это следующим образом: *ДУ* размыкает контакты в цепи реле *1РП*, н. з. контакты последнего в цепи реле времени *РВ* замыкаются и реле включается. Одновременно с этим включается и реле *2РП*, контакты которого включают резервный насос. Н. з. блок-контактами пускателя отключается рабочий насос. Если в течение 1 мин уровень не восстановится, то отключаются питающие конвейеры, а по истечении 1,5—2 мин отключатся главный привод и маслонасос. В этом случае замыкается контакт *РВ3* и включает реле *ЗРП1*, н. о. контакт *ЗРП1* замыкается, а н. з. контакты *ЗРП1* размыкаются. Один из н. з. контактов *ЗРП1* размыкает цепь управления питающих конвейеров, которые отключаются; второй н. з. контакт *ЗРП1* разрывает цепь *2РП*, в результате чего резервный насос переключается на рабочий. Если уровень масла за это время не восстановится, то после замыкания контактов *РВ4* включится реле *4РП*, разомкнет свои н. з. контакты в цепи нулевой катушки двигателя главного привода и замкнет н. о. контакты в цепи отключающей катушки масляного выключателя (если главный привод высокого напряжения с дистанционным управлением). Одновременно размыкаются н. з. контакты в цепи катушек *1Л*, *2Л* и отключаются двигатели маслонасосов.

Н. о. блок-контакт *Л* выключателя главного привода отключит реле времени *РВ*, обесточит реле *2РП* и двигатель маслофильтра отключится.

При отключении вручную ключ *УП* ставят в положение «Отключено», при этом главный привод отключается не сразу, а в той же последовательности; включается реле *ЗРП2*, которое включает реле *ЗРП1*; последнее включает реле времени *РВ*, отключаются питающие конвейеры и включается двигатель маслофильтра; реле *РВ5* с выдержкой времени включает реле *4РП* и отключает главный привод, двигатели маслонасоса и фильтр.

При работе двигателей маслонасосов и фильтра, при включенных грелках, нормальном уровне масла в сливной магистрали горят зеленые лампы *ЛЗ*.

При понижении уровня масла в сливной магистрали и в маслоотстойнике, при отключении двигателя главного привода подается звуковой сигнал, загорается красная лампа ЛК и гаснет соответствующая зеленая лампа. Звуковой сигнал может быть снят нажатием кнопки 5К (съем сигнала). Красная лампа будет гореть до устранения неисправности, вызвавшей ее загорание.

При аварийном отключении двигателя главного привода звуковой сигнал снимается поворотом рукоятки универсального переключателя УП в положение «Отключено».

## Вспомогательные насосы

На рис. 80 приведена схема управления насосами, которые предназначены для откачки жидкости из резервуара (например, воды из зумпфа).

Один из насосов является рабочим, а второй — резервным. Схема предусматривает автоматическое включение и отключение насоса в зависимости от уровня воды в зумпфе, а также автоматическое включение резервного насоса при аварийном отключении рабочего. Возможно и ручное управление.

Универсальным переключателем ИИУ устанавливается автоматический или ручной режим управления, а также избирается рабочий двигатель. Среднее положение рукоятки ключа дает ручное управление, крайнее — автоматическое.

Допустим, что переключатель ИИУ установлен в крайнее правое положение, при котором двигатель 1 будет рабочим, а двигатель 2 резервным. При замыкании контактов датчика уровня 1РДУ катушка пускателя 1ПМ начнет обтекаться током, включатся двигатель рабочего насоса и реле 1РП, н. з. контакты которого разомкнутся в цепи реле времени 1РВ. Когда вода будет откачана до нижнего уровня, то контакты датчика уровня 1РДУ разомкнутся и двигатель отключится.

При аварийном отключении двигателя рабочего насоса в цепи реле 1РВ замкнутся н. з. контакты реле 1РП, контакт 1РВ включит реле 1РА и 1РА1. Н. о. контакты 1РА включают катушку пускателя 2ПМ и резервный насос включится. Одновременно с этим включится щиток аварийной сигнализации 1ЩАС, н. з. контактами реле 1РА1 разомкнется цепь реле времени 1РВ, которое разомкнет свой контакт в цепи реле 1РА и 1РА1. Последние останутся включенными через контакты 1РА1 и 1РДУ.

Двигатель отключится контактом 1РДУ, когда вода достигнет нижнего уровня, при этом схема вернется в исходное состояние.

Резервный насос после включения целесообразно оставить в работе. Для этого рукоятку переключателя ИИУ переводят в противоположное крайнее положение, при этом аварийная сигнализация исчезает, а повторные замыкания контактов реле 1РДУ вызывают включение этого насоса.

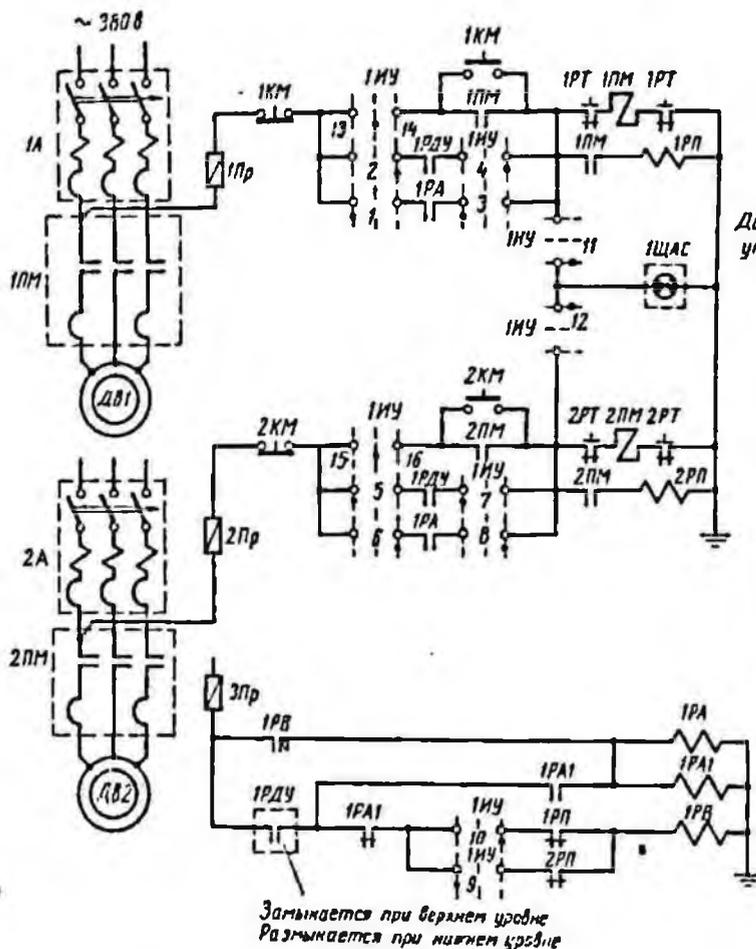


Диаграмма замыканий контактов универсального переключателя

УП-5100						
№№ секций	№№ конт.		-45°		+45°	
	л	п	л	п	л	п
I	1	2	×			×
II	3	4	×			×
III	5	6	×			×
IV	7	8				×
V	9	10	×			×
VI	11	12	×			×
VII	13	14			×	×
VIII	15	16			×	×
Программа работы			Двигатель 2 ред.		Двигатель 1 ред.	
			Двигатель 1 ред.		Двигатель 2 ред.	
		ручное управление				
		Двигатель 1 ред.		Двигатель 2 ред.		

Рис. 80. Схема управления двигателями насосов

## Вибраторы

На обогатительных фабриках происходит зависание материала в бункерах и забивка течек. Для устранения этого явления применяются вибраторы.

Существуют электромеханические (электродвигательные) и электромагнитные конструкции вибраторов. Обычно подвижную деталь вибратора соединяют с металлическим листом, подвешенным на цепях по наклонной стенке бункера. Вибрация листа создает обрушение зависшего материала.

Включение вибраторов производится двумя способами: от датчика забивки и от командного электропневматического прибора (КЭП). В первом случае вибратор включается только тогда, когда произошла забивка, а во втором — систематически через определенные промежутки времени для предотвращения забивки.

Схема включения электромеханических вибраторов от датчика забивки течек приведена на рис. 81.

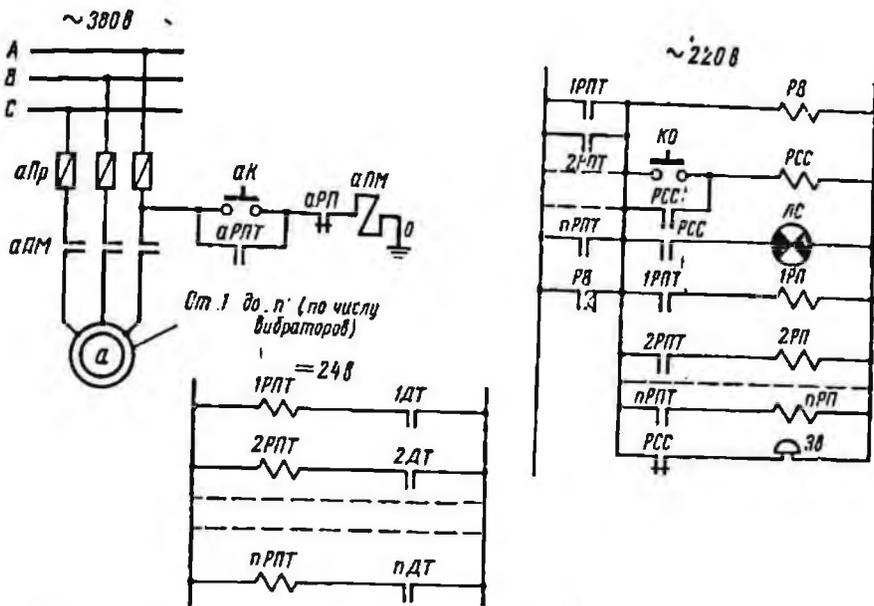


Рис. 81. Схема автоматического включения вибраторов

При забивке течки контакты датчика забивки ДТ замыкаются и реле РПТ своими н. о. контактами в цепи катушки магнитного пускателя включают вибратор и реле времени РВ, которое подготавливает цепь включения реле РП.

Вибратор работает 10 сек; если за это время материал в течке не пойдет и контакты ДТ не разомкнутся, то вибратор отключится; отключится также предыдущий механизм, подающий материал, контактами реле РП. Одновременно будет подан звуковой сигнал.

Съем звукового сигнала производится кнопкой КО включением реле РСС. Одновременно зажигается световой сигнал, который остается до устранения забивки течки вручную.

## Шиберы

На обогатительных фабриках направление потока материалов задается шиберами и задвижками, приводом которых могут быть исполнительные механизмы (электродвигатели), электромагниты и гидравлические устройства.

Обычно предусматриваются два вида управления; автоматическое и ручное. При автоматическом управлении шибер устанавливается в нужное положение в зависимости от того тракта, который избран диспетчером.

Схема управления шибером с электродвигательным приводом приведена на рис. 82. Ключ КУ установлен в положение «Автоматическое». Замыкается контакт реле ВРВ или ВРН из схемы цент-

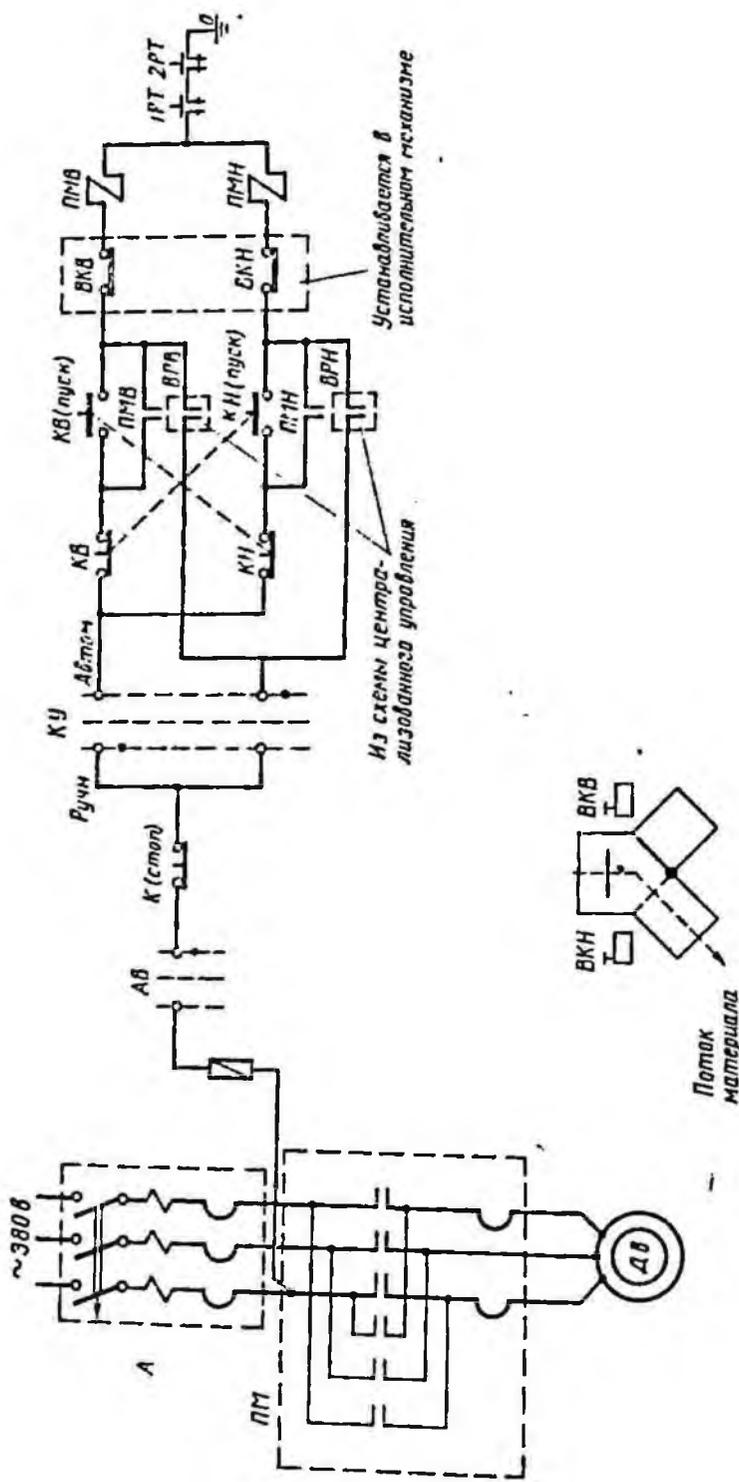


Рис. 82. Схема управления шиберами

трализованного управления. При замыкании контактов реле *ВРВ* включается катушка магнитного пускателя *ПМВ* и шибер поворачивается вправо. Дойдя до крайнего положения, он размыкает контакты *ВКВ* конечного выключателя и шибер останавливается. При замыкании контактов реле *ВРН* шибер устанавливается в левом положении. Переводом ключа *КУ* в положение «Ручное» можно управлять шибером с помощью кнопок *КВ* и *КН*.

## Глава VIII

### ЭЛЕМЕНТЫ КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Поточность и непрерывность технологического процесса на обогатительных фабриках создают необходимые условия для комплексной автоматизации этих фабрик.

Однако в настоящее время комплексную автоматизацию не удается осуществить из-за непригодности к ней многих технологических механизмов и приборов и отсутствия полной механизации вспомогательных работ (уборки, очистки и т. д.). Сейчас проводится автоматизация отдельных процессов, как-то: заполнения и разгрузки бункеров, питания дробилок, цикла измельчения, подачи реагентов, регулирования плотности пульпы классификаторов и др.

Автоматизация в сочетании с централизованным диспетчерским управлением и контролем повышает производительность труда, улучшает качество продукции и условия труда.

#### § 1. УКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ

Автоматизация загрузки и разгрузки бункеров, а также контроль уровня осуществляется с помощью указателей (датчиков) уровня.

Рассмотрим три группы указателей уровня, получившие наибольшее распространение на обогатительных фабриках.

Механический указатель уровня. Из этой группы наибольшее распространение получили указатели с мембранными датчиками (рис. 83). Мембранный датчик вставляется в специальное окно в бункере. Засыпаемый в бункер материал нажимает на поверхность мембраны 1, с которой связан шток 2. Последний упирается в кнопку микропереключателя 3, замыкающего контакт. Когда уровень материала снижается, пружина 4 возвращает мембрану в обратное положение и цепь сигнализации разрывается.

Электродный указатель уровня. Принцип работы основан на изменении переходного омического сопротивления между электродом и материалом. В качестве датчика уровня служит труба, хорошо изолированная от бункера и закрепленная на сфе-

рическом шарнире, что позволяет ей свободно отклоняться на некоторый угол от вертикального положения с сохранением контакта между подпятником и электродом.

Для того чтобы сигнализатор работал при больших величинах переходного сопротивления (до 30 ом), применяют электронные, магнитные или релейные усилители.

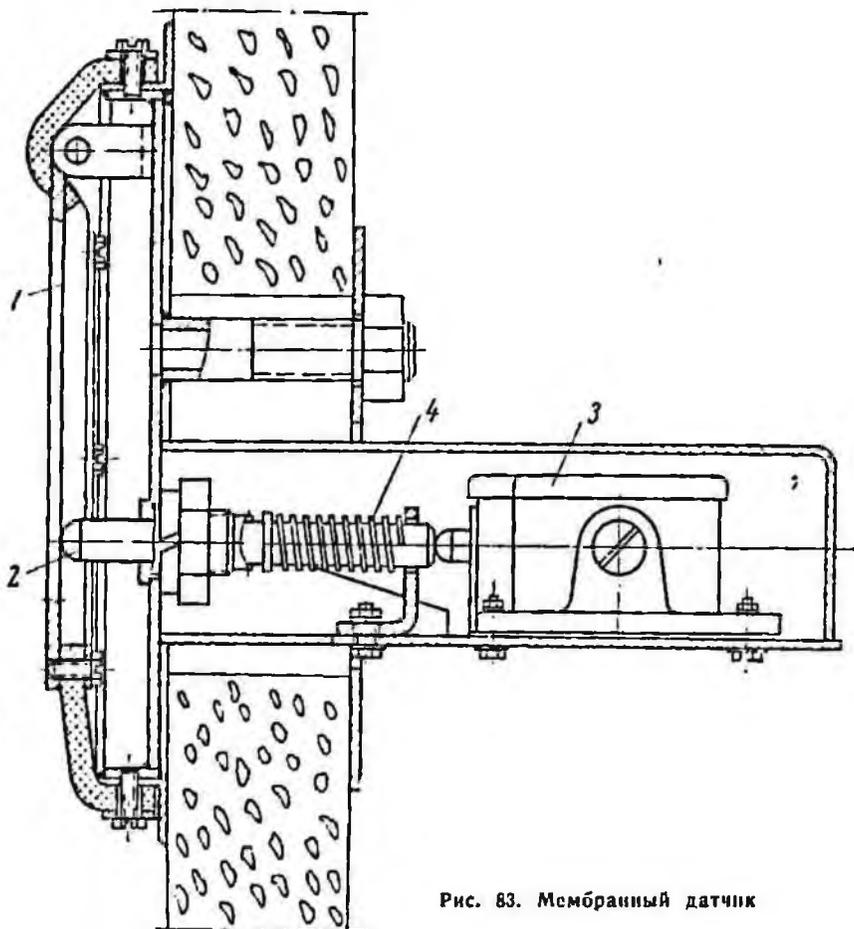


Рис. 83. Мембранный датчик

Широко распространенный электродный указатель уровня (реле типа ИКС-2Н) состоит из релейного усилителя и одного или двух датчиков типа ЭТ-1 (трубчатый электрод). Релейный усилитель, смонтированный в пластмассовом кожухе, состоит из поляризованного реле РП-5, исполнительного реле типа МКУ-48, трансформатора питания с первичной обмоткой 380/127 в и двумя вторичными обмотками: одна с отпайками 24, 50, 96 и 148 в, вторая напряжением 33 в для питания реле МКУ-48, выпрямительных устройств и прочей вспомогательной аппаратуры (рис. 84).

Работа реле происходит следующим образом: при заполнении бункера электрод датчика входит в соприкосновение с рудой, цепь

питания обмотки реле *РП-5* замыкается, реле срабатывает и замыкает свой контакт в цепи питания катушки реле *МКУ-48*, что приводит к переключению контактов *МКУ-48* в цепях сигнализации и управления.

Для большей надежности работы реле к зажиму *1* присоединяется охранное кольцо датчика, на которое дан положительный потенциал непосредственно от выпрямителя, минуя катушки реле

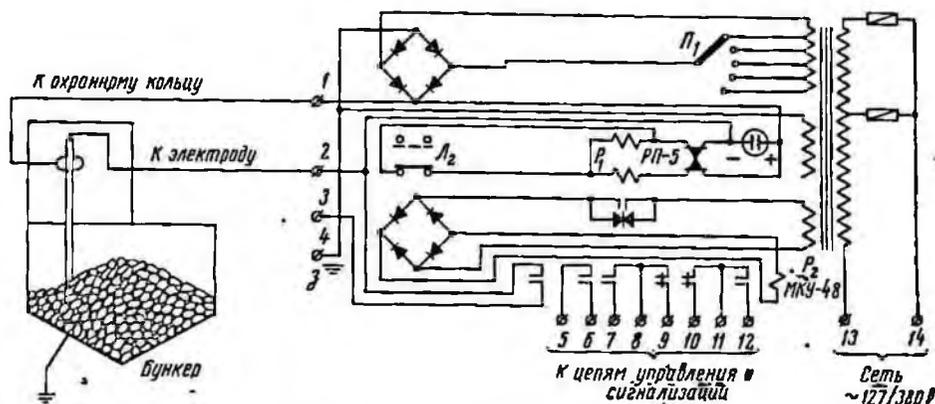


Рис. 84. Электродный указатель уровня ИКС-2Н

*РП-5*. Этот потенциал преграждает путь токам утечки с электрода на землю.

Обмотки реле *РП-5* можно переключать с помощью тумблера и тем самым менять диапазон контролируемых сопротивлений (до 2000 и до 1 000 000 ом).

В случае надобности контролировать два уровня применяют это же реле с двумя датчиками. Второй датчик подключают к зажиму *3*.

**Радиоактивный указатель уровня.** Радиоактивные датчики работают без непосредственного контакта с материалом и без размещения какой-либо аппаратуры внутри бункера. Принцип работы датчика основан на том, что интенсивность радиоактивного излучения уменьшается при прохождении через материал.

Радиоактивный датчик состоит из двух основных узлов — источника гамма-лучей и приемника-счетчика элементарных частиц Гейгера, принимающего радиоактивное излучение. Источником гамма-лучей служит радиоактивный изотоп кобальта —  $Co^{60}$ , помещенный в свинцовый контейнер с отверстием, форму и расположение которого выбирают так, чтобы поток излучения направлялся только в сторону приемника.

Гамма-излучатель устанавливают с одной стороны бункера, а с противоположной стороны на высоте контролируемого уровня помещают приемник — гамма-индикатор.

При заполнении бункера материалом поглощение лучей увеличивается. Величина проникающей радиации фиксируется приемником и передается в схему сигнализации.

## § 2. СИГНАЛИЗАТОР НАЛИЧИЯ РУДЫ НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЕ

Сигнализатор с электродными датчиками (рис. 85) состоит из электродного датчика 1 и электронного сигнализатора 3. Электродный датчик представляет собой гибкий стальной электрод

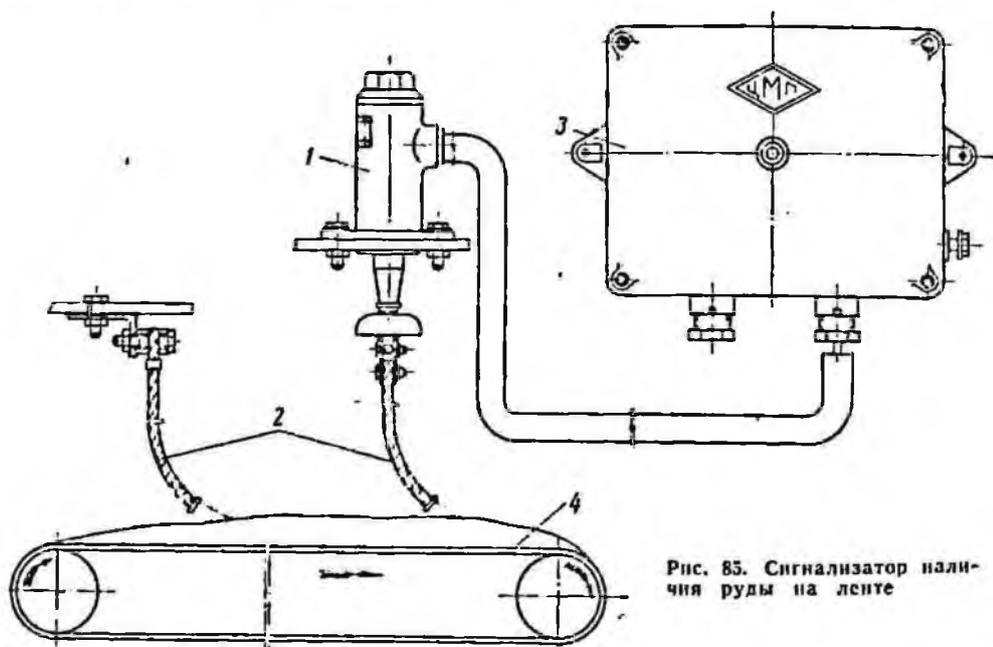


Рис. 85. Сигнализатор наличия руды на ленте

(трос), подвешенный на изоляторе так, чтобы при отсутствии руды он не касался ленты 4, а при наличии — соприкасался с рудой.

Второй электрод 2, также выполненный из гибкого троса, соединен с землей. Один электрод подключают к сетке лампы, а другой — к ее катоду. Электрическая цепь между электродами замыкается через материал, лежащий на ленте конвейера.

При наличии материала сопротивление цепи электрода-датчика резко уменьшается, на сетку лампы подается отрицательное смещение, анодный ток лампы становится меньше тока отпущения реле и якорь последнего отпадает.

## § 3. УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИГНАЛИЗАЦИИ ЗАБИВКИ ТЕЧЕК

В качестве сигнализатора забивки течки может быть применен электронный сигнализатор с электродным датчиком по типу сигнализатора наличия руды на ленте. Простое и надежное устройство

для сигнализации забивки течек показано на рис. 86. Несколько прутков 1, шарнирно подвешенных к стенке течки 5 на неподвижной оси 2, при забивании течек рудой могут давить на подвижную на этой же оси раму 3. Рама давит на штифт микропереключателя 4 и замыкает его контакты 6. При замыкании контактов включается сигнальная лампа или сирена и одновременно отключается конвейер.

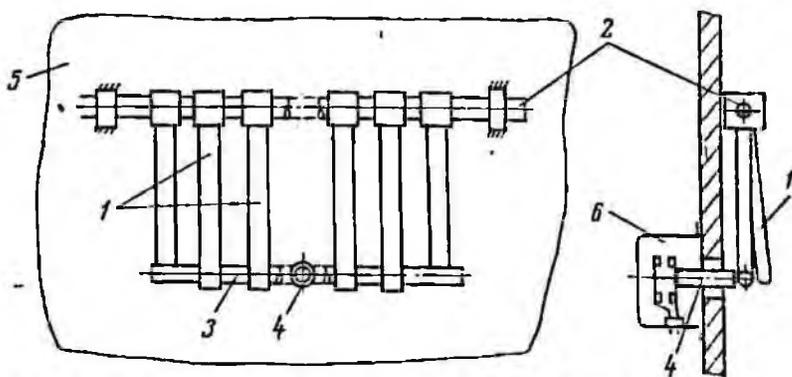


Рис. 86. Устройство для сигнализации забивки течек

#### § 4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОДНОСТАДИЙНОГО ЦИКЛА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

В качестве примера комплексной автоматизации процесса рассмотрим схему электромеханического регулятора цикла измельчения.

Процесс измельчения может происходить в открытом и замкнутом цикле. В открытом цикле руда остается в мельнице до тех пор, пока все ее частицы не будут доведены до нужного размера. Это влечет за собой повышенный расход шаров и электроэнергии, а также образование значительного количества переизмельченного материала.

Более экономичным и совершенным является замкнутый цикл, в котором мельница работает совместно с классификатором как один агрегат. Готовый продукт выделяется из слива классификатора, а недоизмельченная руда, называемая циркулирующей нагрузкой, возвращается на доизмельчение.

В зависимости от крупности, твердости, требуемой тонкости измельчения руды существует наиболее выгодный режим подачи в мельницу руды и воды. Поступающая на флотацию пульпа должна иметь определенную тонкость измельчения, степень разжижения и щелочность. Сущность работы установки сводится к автоматическому поддержанию заранее установленного оптимального режима измельчительного агрегата путем автоматического регули-

рования подачи руды и воды в мельницу, а также поддержанию требуемой плотности пульпы.

Схема работает следующим образом (рис. 87).

Питание мельницы рудой осуществляется электровибрационным питателем *ВП*. Проходя через конвейерные весы *В*, руда регистрируется датчиком нагрузки весов *ДНВ*, командные импульсы от которого подаются на электронный регулятор подачи руды *РР* и электронный регулятор подачи воды *РВ*.

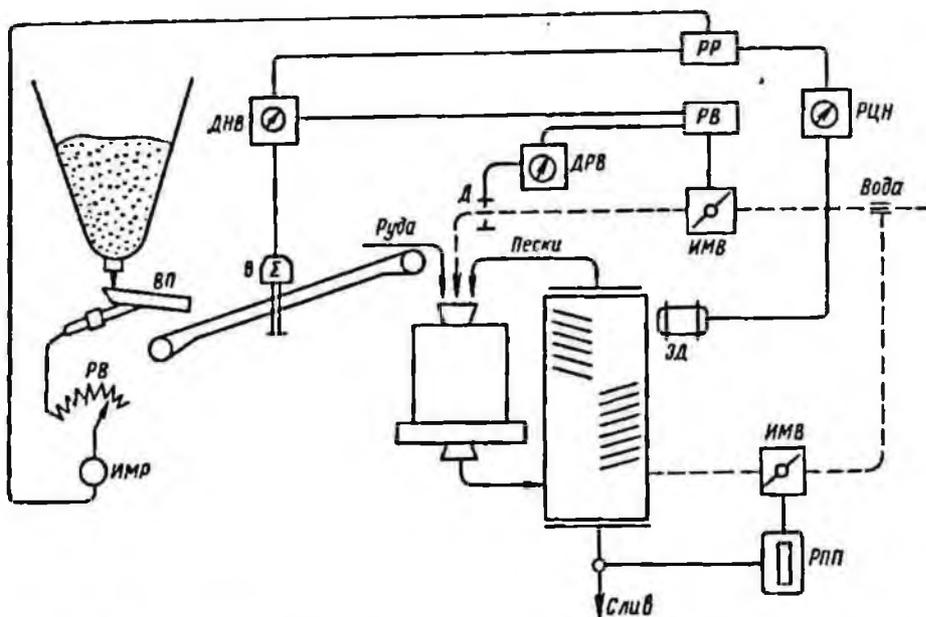


Рис. 87. Схема автоматического регулирования одностадийного цикла измельчения

На регулятор подачи руды поступают также импульсы от регистратора циркулирующей нагрузки *РЦН*, определяющего величину этой нагрузки по загрузке электродвигателя классификатора *ЭД*. Изменение физической характеристики руды (крупность, твердость, плотность) вызывает изменение или нагрузки весов, или циркулирующей нагрузки. В обоих случаях регулятор подачи руды *РР* через исполнительный механизм руды *ИМР* воздействует на реостат возбуждения вибропитателя, при этом изменяется скорость подачи руды в мельницу.

Регулятор подачи воды *РВ*, получающий импульсы от *ДНВ*, и датчик расхода воды *ДРВ*, связанный с измерительной диафрагмой *Д* исполнительным механизмом воды *ИМВ*, воздействующим на задвижку, обеспечивает автоматическое регулирование ее расхода в соответствии с количеством загружаемой руды в мельницу.

## § 5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ПУЛЬПЫ

Регулирование плотности пульпы на сливе классификатора осуществляется самостоятельно регулятором плотности пульпы РПП, воздействующим через исполнительный механизм воды ИМВ на задвижку водопровода, подводящего воду в классификатор.

В схеме (рис. 88) используются пьезометрические датчики, измеряющие плотность пульпы по гидростатическому давлению ее

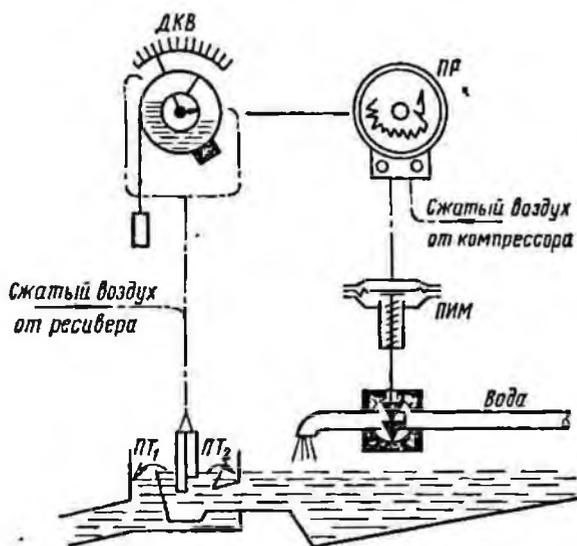


Рис. 88. Автоматическое регулирование плотности пульпы

столба. В пульпу слива классификатора на разную глубину, с разницей глубин 100 мм, погружены две измерительные пьезометрические трубки  $ПТ_1$  и  $ПТ_2$ , в которые под небольшим давлением подается сжатый воздух. Верхние части трубок соединены с дифманометром «кольцевые весы» ДКВ. Разность давлений в измерительных трубках, определяющая плотность пульпы на сливе классификатора, измеряется дифманометром, подвижная система которого связана с пневматическим регулятором ПР.

Пневматический импульс от регулятора через пневматический исполнительный механизм ИМ подается на регулирующий клапан с мембранной пневматической головкой, установленной на водопроводе к классификатору.

Кроме того, существуют схемы с электрическим исполнительным механизмом, также получающим импульс через ряд реле от дифманометра.

## § 6. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ШАРОПИТАТЕЛЕМ

Мелющими телами в шаровой мельнице являются шары. В течение суток в мельницу приходится загружать до 250 шаров весом по 5—8 кг каждый. Загрузка шаров до сего времени производилась вручную от одного до шести раз в сутки через равные промежутки времени. В настоящее время создана шародозировочная машина — шаропитатель, загружающая шары в мельницу автоматически.

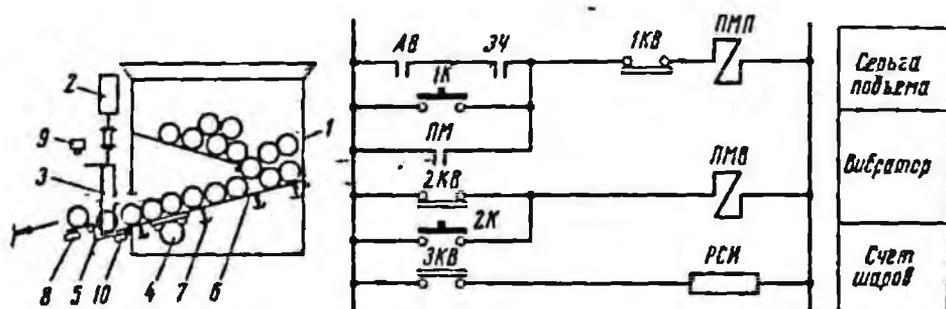


Рис. 89. Шаропитатель

Возможный режим загрузки:

- через определенные промежутки времени;
- равномерно в течение всего рабочего времени мельницы;
- в зависимости от количества руды; после подачи определенного количества тонн руды подается шар.

На рис. 89 показана схема шаропитателя и принципы построения схемы управления.

Основными частями машины являются бункер-дозатор 1, подвижное днище 6 с вибратором 4 и серьяга-подъемник 3. Шары загружаются в бункер и постепенно скатываются к упору 5 вследствие наклона и вибрации подвешенного на пружинах 7 подвижного днища при включении вибратора.

Остановившийся шар у упора подхватывается серьгой-подъемником и выбрасывается в выпускной желоб. Серьяга-подъемник поднимается вверх при включении подъемного электромагнита 2. Отключение электромагнита происходит в момент нажатия на конечный выключатель 9 специальной планкой, связанной с серьгой-подъемником.

В схеме управления два пускателя, один из которых включает подъемный магнит, а второй — вибратор.

Для автоматического включения и отключения применены два конечных выключателя 9 и 10 типа ВК-133, а для учета количества шаров — конечный выключатель 8.

Как видно из схемы, пускатель вибратора включается в тот момент, когда перед упором 5 шара нет. Когда шар скатится к

упору, он своим весом преодолевает действие специальной пружины и отключит нормально закрытые контакты конечного выключателя *2KB (10)*. Включение подъемного электромагнита для подъема серьги-подъемника и выдачи шара производится автоматически через определенные промежутки времени контактами автоматического включения *AB* при условии, что контакты сигнальных электрочасов *ЭЧ* замкнуты.

Контакты *AB* периодически, кратковременно замыкаясь и размыкаясь, посылают импульсы.

При прохождении шара по выпускному желобу замыкается контакт конечного выключателя *3KB (8)* и реле счета импульсов *РСИ* производит отсчет.

Если принимается подача шаров в зависимости от количества руды, то после некоторого числа оборотов стрелки конвейерных весов, что соответствует определенному количеству тонн руды, счетно-импульсное реле типа Е-531 замыкает контакты, включая этим сергу-подъемник для подачи шара в мельницу.

Кнопки, показанные в схеме, служат для ручного включения подъемного электромагнита и вибратора.

## Глава IX

### УПРАВЛЕНИЕ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ

#### § 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Механизмы обогатительной фабрики работают в определенной последовательности: руда из бункера поступает сначала на питатель, далее на грохот, в дробилку, на цепочку конвейеров и т. д. Остановка одного механизма в этом непрерывном потоке вызывает остановку всех механизмов, подающих руду на остановившийся механизм.

Ряд механизмов, связанных единым поточным технологическим процессом и предназначенных для переработки и транспорта материалов, называется поточно-транспортной системой (ПТС).

Часть поточно-транспортной системы, выполняющая определенный законченный этап общей технологии, называется участком (рис. 90). Границами участка являются емкости, например, участок от приемных бункеров в корпусе крупного дробления до бункеров корпуса обогащения. В пределах участка могут быть параллельные и независимые друг от друга пути прохождения материала, называемые т р а к т а м и.

В поточно-транспортной системе все механизмы связаны и для согласования их работы необходимо предусматривать электрические блокировки, которые должны обеспечить:

1. Последовательность пуска механизмов в направлении, обратном технологическому потоку (с конца к началу хода материала).

2. Автоматическую остановку двигателей механизмов, подающих материал на остановившийся механизм.

3. Согласование работы механизмов с положением шиберов, задвижек.

4. Взаимозависимость работы технологических механизмов с сантехническими устройствами (вентиляция, аспирация, гидрообеспыливание).

Кроме этих блокировок, выполняют блокировки со вспомогательными механизмами и устройствами, обслуживающими основные механизмы (смазка, металлорукавование, контроль уровня, пробуксовка и обрыв ленты конвейера и т. п.).

Блокировки выполняются при помощи блок-контактов пускателей или промежуточных реле, а также при помощи реле скорости или реле времени.

Существуют три режима управления поточно-транспортными системами:

Диспетчерское (централизованное) автоматизированное управление (ДАУ), при котором подготовка к пуску и пуск всех механизмов производится с пульта диспетчера.

Местное сблокированное управление, при котором подготовка к пуску и пуск каждого механизма производится у места его установки.

Местное несблокированное управление, при котором подготовка к пуску и пуск каждого механизма производится также у места его установки, но без блокировочных связей. Этот режим называют также ремонтным, так как он используется для перепуска, опробования механизма после ремонта.

## § 2. ДИСПЕТЧЕРСКОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ (ДАУ)

Схемы диспетчерского управления могут выполняться с применением сильноточной или слаботочной аппаратуры. Схема управления двигателями является единой как для слаботочных, так и для сильноточных схем управления. Схема выполняется с применением комплектных блоков управления общепромышленной серии БУ.

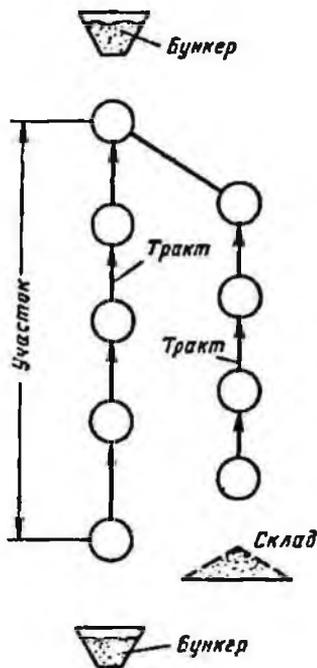


Рис. 90. Схема поточно-транспортной системы

Набор программы, избирание механизмов возможно либо с применением ключей избирания, либо с номеронабирателями и шаговыми искателями. Ниже рассмотрена схема с ключевым набором программы (рис. 91).

Для удобства чтения схему изображают в виде ряда отдельных схем, охватывающих различные цепи:

- 1) управления;
- 2) общего комплекта;
- 3) ответов;
- 4) выходных реле двигателей;
- 5) силовые и управления двигателей;
- 6) предпусковой сигнализации;
- 7) аварийной сигнализации;
- 8) сигнализации положения.

Цепи 1—3 постоянного тока напряжением 60 в, цепи 4—7 переменного тока 220 в и цепь 8 — переменного тока 60 в.

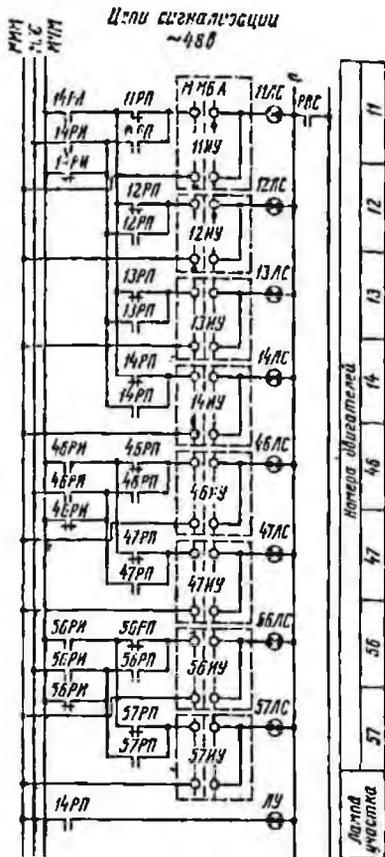
Перед пуском участка ключ управления КУ ставят в положение «Включено», при этом включаются реле включения участка РВУ и реле запрета сигнала РЗС. Далее подготавливаются цепи реле избирания (46РИ, 56РИ), включается комплект мигающего света (контакты РЗС в цепи реле включения шагового искателя РВШИ), включается реле включения света РВС, н. о. контактами которого подключаются шины освещения диспетчерского щита (см. цепи сигнализации положения). Затем переводом ключей-избирателей программы ИП в положение «Включено» избираются тракты, причем включаются реле РИ избранных трактов.

Н. о. контакты РИ замыкаются в цепи реле контроля РК, включая его, и в цепях выходных реле РП избранных механизмов (см. цепи выходных реле двигателей), подготавливая последние для включения. Одновременно замыкаются н. о. контакты РИ в цепях сигнальных ламп (см. цепи сигнализации положения) избранных механизмов и подключают последние к магистрали частого мигания (МЧМ).

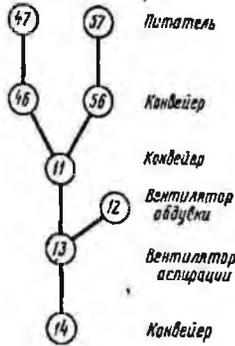
В результате этого на мнемосхеме диспетчерского щита лампы избранных механизмов засветятся часто мигающим светом. При замыкании какого-либо из проводов управления неизбранных реле РИ либо с проводами избранного реле, либо просто с любым проводом, имеющим знак «минус» на мнемосхеме, лампочка неизбранного механизма будет светиться часто мигающим светом, указывая на замыкание проводов.

При замыкании проводов, идущих к реле пуска участка РПУ, с какими-либо другими проводами со знаком «минус» включится реле аварийного сообщения проводов РА, н. з. контакт которого разомкнет цепь реле предпусковой сигнализации РПС, запретив тем самым пуск участка. Одновременно размыканием н. з. контакта РА в цепи реле аварийной сигнализации РАС включится звуковой сигнал (см. цепи аварийной сигнализации). После проверки по мнемосхеме правильности избранных для пуска механиз-

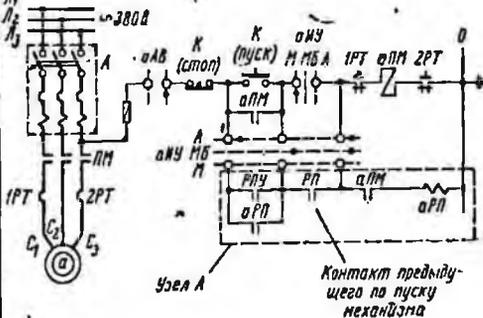
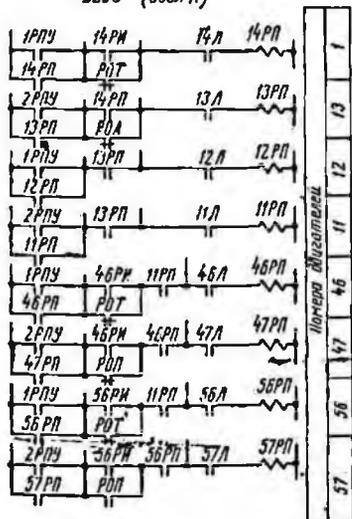




**Схема технологического потока**



**Цепи выходных реле двигателей ~220В (Узел А)**



мов и отсутствия замыкания проводов участок пускается нажатием кнопки пуска участка *КПУ*, в результате чего включаются реле *РПС* и реле времени *РВ*. При этом реле разрешения пуска *РРП* должно быть замкнуто (см. цепи ответа).

Н. о. контакты *РПС* включают звуковую предупредительную сигнализацию в цехах (3 в). По истечении заданного времени для предупредительной сигнализации (порядка 100 сек) реле *РВ* замыкает свой н. о. контакт в цепи промежуточного реле времени *РПВ*, последнее замыкает свои н. о. контакты в цепях реле отключения питателей *РОП*, реле отключения тракта *РОТ*, реле очередности включения *1РОВ* и *2РОВ*.

При работе пульсары (цепи общего комплекта) н. о. контакт реле пульсары *2РПП* начинает периодически (примерно через каждые 0,5 сек) включать катушку шагового искателя *ШИ*, который, перемещая свои щетки по ламелям, будет включать через каждые 0,5 сек реле частого мигания *РЧМ*, н. о. контакты которого в цепи сигнальных ламп создают частое мигание. Щетки второго поля подготавливают цепь медленного мигания ламп (реле *РММ*).

На третьем поле последовательным включением четырех ламелей и созданием между ними разрыва в две ламели достигается поочередное включение через каждые 3 сек. реле очередности включения *1РОВ* и *2РОВ*. Н. о. контакты последних включены в разные группы реле *РПУ*, *1РПУ*, *3РПУ* и *2РПУ*, *4РПУ* (нечетные и четные номера).

Поочередное включение реле *1РОВ* и *2РОВ* приводит к поочередному (с интервалами в 3 сек) включению нечетных и четных номеров реле *РПУ*, н. о. контакты которых включены соответственно в цепях управления двигателей, вследствие чего осуществляется автоматический последовательный пуск избранных механизмов с интервалом по 3 сек.

После включения последнего по пуску избранного механизма обесточиваются реле *РК*, *РПС*, *РПУ*, *РОТ*, *РОП*, реле отключения аспирации *РОА* и предупредительная сигнализация (3в). Пускатели электродвигателей остаются включенными через свои блок-контакты и контакты реле *РП* предыдущих по пуску электродвигателей. Этим осуществляется нулевая защита двигателей и блокировочная зависимость с предыдущими по пуску механизмами.

По мере включения избранных механизмов реле *РП* своими контактами переключает сигнальные лампы этих механизмов на ровное свечение. По окончании пуска всего участка (о чем будет свидетельствовать ровное свечение сигнальных ламп избранных механизмов) выключают освещение мнемосхемы диспетчерского щита ключом включения мнемощита *КВМ*. Остается включенной лишь сигнальная лампа участка *ЛУ*, указывающая, что участок работает.

При аварийной остановке какого-либо из механизмов выключается его реле *РП* и выключает реле *РП* всех последующих по пуску механизмов, останавливая тем самым все механизмы, по-

дающие материал на остановившийся механизм. При этом н. з. контакты *РП* последних по пуску механизмов замыкаются в цепи реле контроля *РК*, которое, включившись, замыкает свои н. о. контакты в цепях реле *РВС*, *РЗС*, пульспары и размыкает свой н. з. контакт в цепи реле аварийной сигнализации *РАС*.

Реле *РВС* включается, а реле *РАС* обесточивается, в результате чего включается световая сигнализация диспетчерского щита и аварийный звуковой сигнал *Зва*.

Сигнальные лампы остановившихся механизмов засветятся часто мигающим светом, а оставшихся в работе — ровным светом.

Аварийный звуковой сигнал снимается нажатием кнопки съема сигнала *КСС* (реле съема сигнала *РСС* замыкает свои н. о. контакты в цепи реле *РЗС*, последняя включается и своими контактами включает *РАС* и цепь реле включения звонка *РЗ* разрывается).

При включении во время работы участка дополнительного тракта ключ избираемого тракта *ИП* переводится в положение «Включено». При этом включается реле *РИ* избираемого тракта и реле *РЗС* (включается переходными контактами, замыкающимися только в момент переключения ключа). Последнее включает реле *РАС* для предотвращения аварийного звукового сигнала *Зва*.

Реле *РИ* замыкает свои н. о. контакты в цепи реле *РК*, а также в цепях сигнальных ламп и пускателей механизмов избранного тракта, т. е. порядок пуска дополнительного тракта аналогичен описанному выше пуску механизмов.

Остановка какого-либо тракта во время работы участка выполняется переводом ключа *ИП* намеченного к остановке тракта в положение «Отключено». При этом выключается соответствующее реле *РИ* и включается реле *РЗС*, в результате чего получает питание сигнальное освещение диспетчерского щита. Лампочки избранных к включению механизмов засветятся часто мигающим светом, а остальных (работающих) механизмов — ровным светом. Нажатием кнопки отключения питателя *КОП* включается реле *РОП*, которое разомкнет свои н. з. контакты в цепях пускателей питателей и выключатся те питатели, в которых н. о. контакты реле *РИ* в цепях пускателей разомкнуты.

Таким образом, в избранных к отключению трактах питатели останавливаются, их сигнальные лампы на диспетчерском щите гаснут, а лампы оставшихся в работе механизмов по-прежнему будут светиться ровным светом.

После доработки нажатием кнопки отключения тракта *КОТ* включается реле *РОТ* и останавливаются остальные механизмы избранных к отключению трактов. В том случае, когда отключение питателей не требуется (например, перекидывается шибер), то нажимают сразу кнопку *КОТ*.

Остановка участка производится переводом ключа *КУ* в положение «Доработка». При этом выключаются реле *РИ* механизмов, подающих материал на участок, и включается реле *РЗС*. Включается сигнальное освещение диспетчерского щита, причем сиг-

нальные лампы остановившихся механизмов погаснут, а оставшиеся в работе засветятся ровным светом. Для остановки питателя нажимают кнопку *КОП*, при этом включившееся реле *РОП* размыкает свои н. з. контакты в цепи пускателя электродвигателя питателя и последний останавливается.

После доработки материала переводом ключа *КУ* в положение «Выключено» обесточиваются все реле *РН* и *РП* и все механизмы участка останавливаются.

Перевод механизмов на местное управление производится установкой переключателей *ПУ*, находящихся на блоках управления электродвигателями, в положение «Местное управление». Перевод на местное управление производится по согласованию с диспетчером.

Для контроля правильности перевода механизмов на местное управление диспетчер нажатием кнопки включения медленного мигания *КММ* включает пульсару *1РПП 2РПП*, в результате чего включается шаговый искатель, щетки которого периодически через 2 сек включают реле медленного мигания *РММ* на 1 сек. Н. о. контактом *РММ* включается магистраль медленного мигания *МММ* и все лампы механизмов, переведенных на местное управление, мигают с интервалом в 2 сек. Перевод механизмов на местное заблокированное управление осуществляется тем же переключателем *ПУ*, но установкой его в положение «Местное заблокированное управление». Двигатели пускают кнопками *К*, но при условии включения предыдущих по пуску механизмов, т. е. замыкания н. о. контактов реле *РП* предыдущих механизмов в цепях управления пускаемых двигателей.

В некоторых случаях требуется автоматическое повторное включение участка после кратковременного исчезновения напряжения (*АПВ*). Схемой предусматривается *АПВ*, работающее следующим образом:

Наличие напряжения в сети переменного тока контролируется реле напряжения *1РН* и *2РН*, включенными на разные секции шин 380 в.

При включении участка н. о. контакт реле *РПВ* замыкается в цепи реле контроля напряжения *РКН*, но оно не срабатывает, так как в процессе пуска реле *РК* находится под напряжением и его н. з. контакт в цепи *РКН* разомкнут.

С окончанием пуска реле *РК* отключается и его н. з. контакт замыкается, несколько позднее отключается также реле *РПВ*. Однако этой задержки во времени достаточно для включения реле *РКН*, контакты которого шунтируют размыкающиеся контакты реле *РПВ*.

Реле *РКН*, включившись, замыкает свои н. о. контакты в цепи реле автоматического повторного включения *РАВ*, но оно не включается, так как н. з. контакты *1РН* и *2РН* разомкнуты (напряжение на шинах 380 в имеется).

При исчезновении напряжения в сети переменного тока реле

*1РН* и *2РН* отключатся и н. з. контакты реле *1РН* и *2РН* в цепи реле *РАВ* замкнутся и последнее включится.

Н. о. контакты реле *РАВ* замкнутся в цепях *РПС* и *РПВ* (н. о. контакт реле *РК* замкнут, так как реле *РК* включится из-за того, что н. з. контакты реле *РП* и н. о. контакты реле *РП* в его цепи будут замкнуты).

После появления напряжения (если оно произошло в течение 1,5—2 сек с момента исчезновения) н. о. контакты *1РН* и *2РН* замкнутся и начнется повторный пуск участка с одновременной подачей звукового сигнала.

Если в течение 1,5—2 сек напряжение не восстановится, то н. о. контакт реле *РКН* в цепи *РАВ* разомкнется, и при восстановлении напряжения АПВ не произойдет.

Рассмотренная схема была положена в основу разработки унифицированных схем. Последние набираются из типовых блоков со штекерным соединением, выпускаемых заводами электропромышленности. Штекерное соединение и блочность создают значительные удобства в эксплуатации, так как позволяют быстро заменить поврежденный блок новым, а ремонт поврежденного блока производить в условиях мастерской.

### § 3. РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Современные обогатительные фабрики, как правило, имеют диспетчерское дистанционное управление.

Вся пусковая и защитная аппаратура размещается в отдельных, специально выделенных помещениях, именуемых либо распределительными пунктами (РП), либо помещениями станций управления (ПСУ).

Размещение аппаратуры в специальных помещениях обусловлено, во-первых, запыленностью корпусов фабрики и периодической мокрой уборкой, когда пыль со стен и полов смывается водой из шлангов, во-вторых, удобством выполнения вторичной коммутации по блокировке двигателей и диспетчеризации управления.

В распределительных пунктах РП или ПСУ устанавливаются специальные сборки (щиты), на которых размещается вся аппаратура управления, блоки, станции управления, автоматы, пускатели, реле и ключи переключения ПУ, а также измерительные приборы (рис. 92).

Аппаратура диспетчерского управления — ключи, кнопки, номеронабиратели и т. п. — размещают обычно на пульте диспетчера.

Сигнальные лампы, контролирующие положение механизмов, шиберов и заполнение бункеров, монтируют на диспетчерском щите с мнемосхемой, изображающей схему цепей аппаратов. При использовании слаботочной аппаратуры размеры щита и пульта получаются небольшими и удобообозреваемыми.

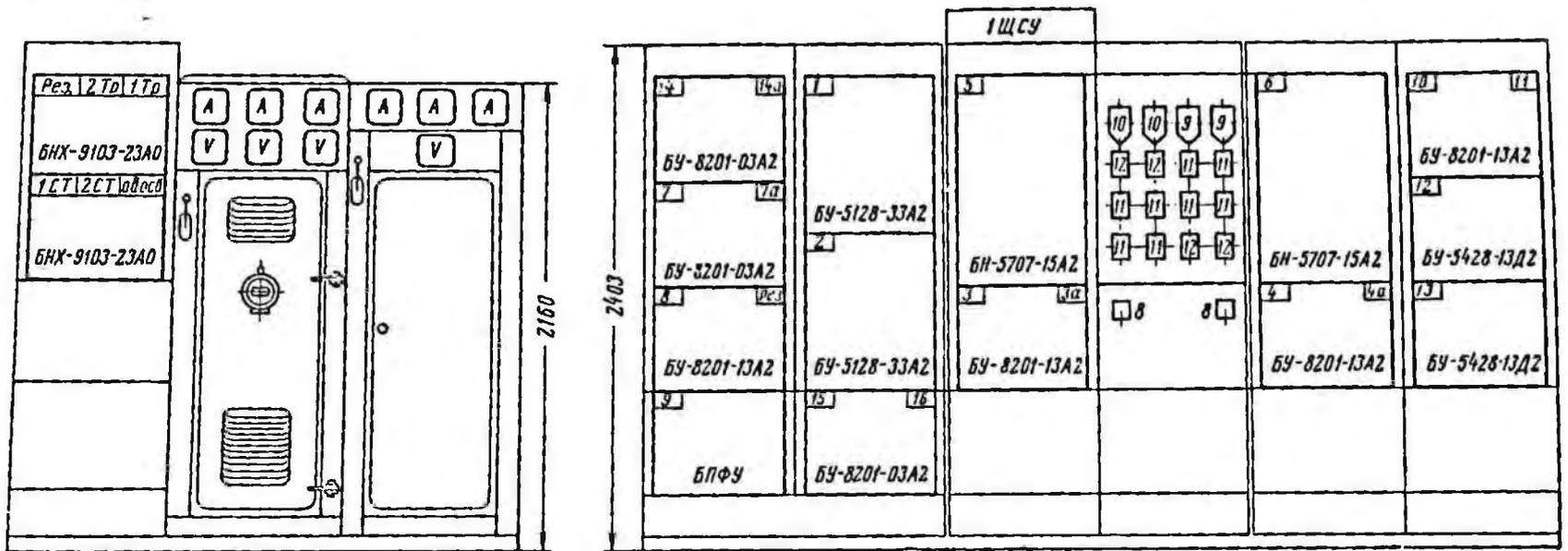


Рис. 92. Сборка щитов станций управления (ЩСУ)

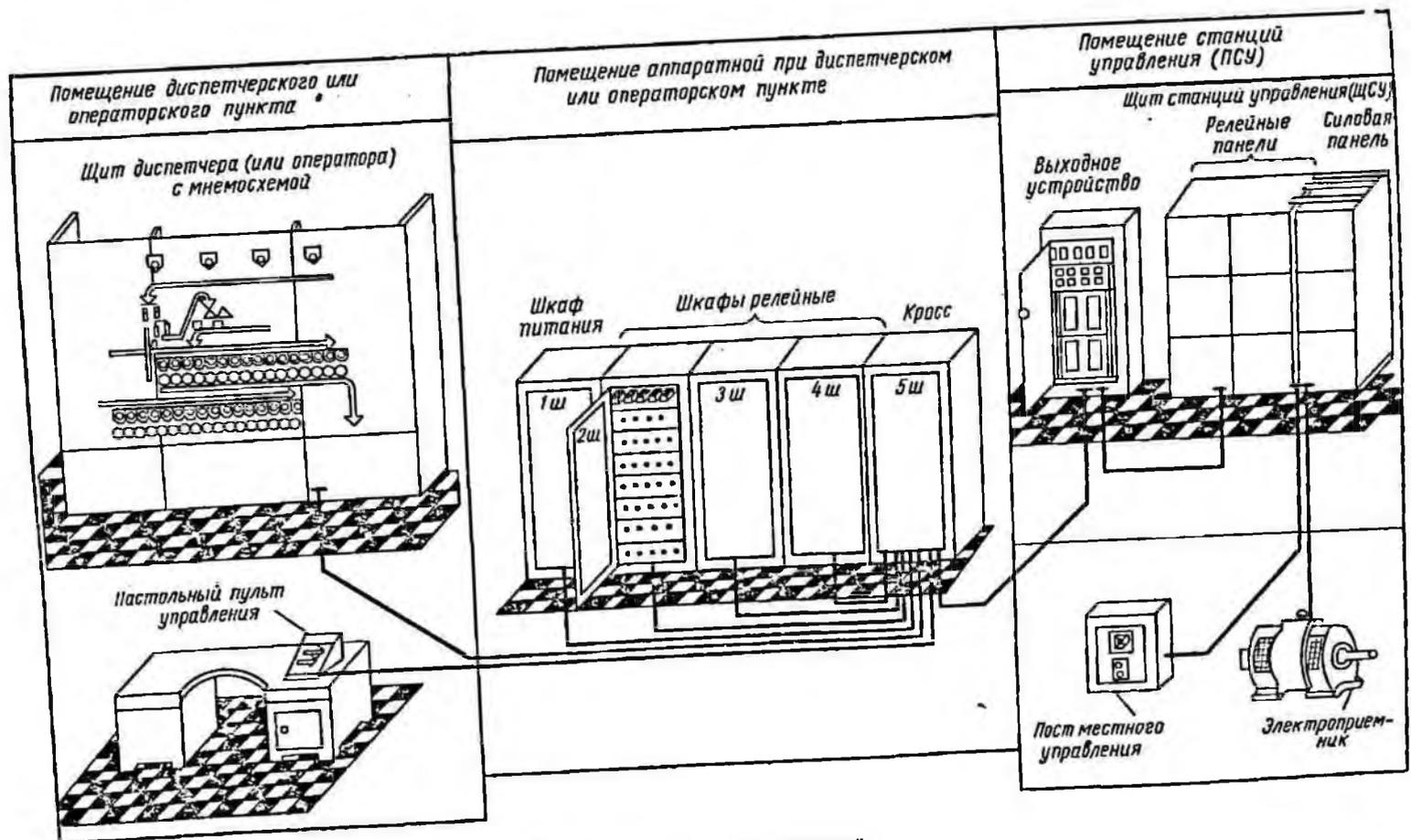


Рис. 93. Структурная схема управления поточно-транспортной системой

Обычно на столе диспетчера, кроме пульта управления, находится коммутатор диспетчерской связи, аппаратура громкоговорящей связи (ПГС). Рядом с помещением диспетчерской размещается аппаратная, в которой установлены штативы с релейной аппаратурой (рис. 93).

Реле и аппаратура, общие для нескольких участков, например реле избирания и включения мнемощита, размещаются на диспетчерском пункте. Реле пуска участка, реле предупредительной сигнализации, выходные реле, ключи избирания управления размещаются в силовых распределительных пунктах (РП, ПСУ).

Обычно на крупных фабриках, кроме диспетчерского пункта, имеется несколько операторских пунктов (ОП). С этих пунктов оператором производится управление участками системы, которые требуют постоянного внимания и частых переключений, а диспетчер не в состоянии этого делать.

Чаще всего операторские пункты создаются для управления загрузкой приемных бункеров, дробилок и т. п. На пульте управления операторского пункта размещаются измерительные и сигнальные приборы (амперметры, лампы, звонки и т. п.), а также ключи управления. Тут же находятся и средства связи — телефон, радио, телевидение.

Операторы держат непосредственную связь с диспетчером и подчиняются ему.

Структурная схема управления поточно-транспортной системой обогатительной фабрики показана на рис. 93.

## Глава X

### ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Современная обогатительная фабрика, перерабатывающая десятки миллионов тонн руды в год, является крупным потребителем электрической энергии.

Источником электроснабжения фабрики служат районные сети энергосистем напряжением 35—220 кВ, тепловые электростанции комбинатов (ТЭЦ), в состав которых обычно входит фабрика.

Под системой электроснабжения понимают питание фабрики от источника электрической энергии и ее распределение в пределах фабрики. Электрические установки делятся на установки напряжением до 1000 и выше 1000 в. Такое деление вызвано тем, что действующие Правила технической эксплуатации требуют соблюдения различных мер безопасности при обслуживании электроустановок до 1000 и выше 1000 в.

## § 1. СХЕМЫ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ

Независимо от того, от какого источника и при каком напряжении питается фабрика, питающие линии подходят к одному или нескольким пунктам приема энергии, расположенным на площадке фабрики. От этих пунктов до цеховых подстанций идет распределительная сеть, выполненная по радиальной, магистральной или смешанной схемам.

Схемы питания могут быть:

- а) с одним приемным пунктом;
- б) с двумя и более приемными пунктами;
- в) по схеме глубокого ввода.

Приемными пунктами является главная понизительная подстанция (ГПП) или центральный распределительный пункт (ЦРП).

На главной понизительной подстанции устанавливаются трансформаторы, которые снижают напряжение районной сети до напряжения, при котором энергия распределяется в пределах фабрики. На центральном распределительном пункте трансформаторов, как правило, не устанавливают, и распределение электроэнергии производится при том же напряжении.

При глубоком вводе линии напряжением 35, 110 или 220 кВ вводятся на территорию фабрики и от них отпайками питаются понизительные подстанции или только трансформаторы, установленные у крупных пунктов потребления энергии. При этом внешняя питающая сеть сливается с распределительной сетью так, что отпадает одно промежуточное звено. Схема глубокого ввода наиболее проста, экономична, удобна и находит все большее применение.

Напряжение питающей сети и ее конструктивное выполнение зависит от мощности фабрики, источника питания и удаления его от фабрики. При питании от районных сетей и от районной подстанции, находящейся далеко от фабрики, питающая линия обычно выполняется воздушной линией напряжением 220, 110 или 35 кВ. При питании от районной подстанции, находящейся вблизи фабрики, а также при питании от ТЭЦ напряжение принимают 6—10 или 35 кВ и сеть выполняют кабелями или токопроводами. Кабели прокладываются в траншее или туннеле, а токопроводы — по открытой или закрытой эстакаде. Последнее время широко применяются открытые симметричные токопроводы 6—10 кВ, выполняемые из алюминиевых шин коробчатого сечения. Шины крепятся на бетонных опорах, устанавливаемых через 12 м.

В зависимости от территориального размещения нагрузок, их величины, требуемой степени надежности питания и других соображений распределение энергии выполняется по радиальной, магистральной и смешанной схемам (рис. 94).

При радиальной схеме каждая нагрузка питается самостоятельной линией, а при магистральной — все нагрузки присоединены к общей линии.

Радиальные схемы, как правило, бывают одно- или двухступенчатые. При одноступенчатой схеме цеховые подстанции получают питание непосредственно от приемного пункта (ГПП или ЦРП), а при двухступенчатой от ГПП или ЦРП питаются распределительные пункты РП, а от них уже получают питание цеховые подстанции.

При выборе схемы распределительной сети приходится одновременно выбирать способ канализации (передачи) электроэнер-

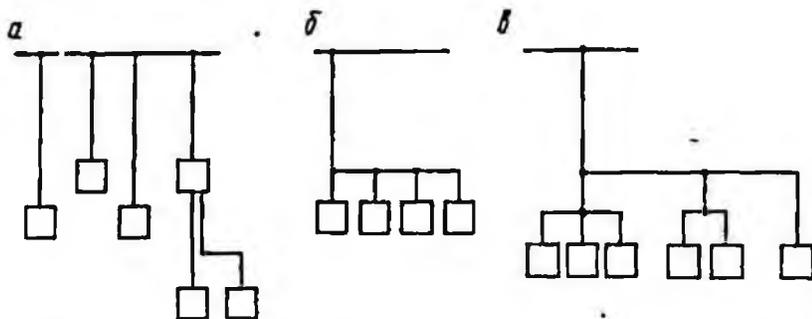


Рис. 94. Схемы распределительных сетей:  
а — радиальная, б — магистральная, в — смешанная

гии. Конструкция сети зависит от величины нагрузок, их размещения, а также от принятой схемы.

На первой ступени распределения электрической энергии, когда передаются значительные токи, взамен больших потоков кабелей широко применяют токопроводы. По мере уменьшения передаваемой мощности целесообразным становится применение кабелей.

Кабельные сети на площадке фабрики (наружные сети) прокладываются в траншеях, туннелях, блоках или по эстакаде.

Наиболее дешевый и экономичный способ это прокладка в траншее. Однако при больших потоках кабелей (20—30 шт) приходится прокладывать их в туннелях, а в отдельных случаях в трубах и блоках. Иногда для прокладки кабелей используют технологические эстакады (например, эстакаду пульпопровода).

В качестве примера рассмотрим электроснабжение крупной обогатительной фабрики производительностью около 30 млн. т руды в год (рис. 95).

Источником питания фабрики являются сети 110 кВ районной энергосистемы. Питающая сеть выполнена по схеме глубокого ввода. Воздушная двухцепная линия электропередачи 110 кВ, т. е. две самостоятельные цепи, подвешенные на одних опорах, заведена на территорию фабрики в район основных потребителей.

К этой линии отпайками подключены три понизительные подстанции 110/6 кВ: две подстанции (II и III) расположены около корпуса обогащения, а одна подстанция (I) — у дробильных корпусов.

При этой схеме питающие линии и частично распределительная сеть слились, и распределение энергии по территории фабрики началось при напряжении 110 кв. Напряжение распределительной сети принято 6 кв.

Подстанции I, II и III выполнены открытыми по простейшим схемам без выключателей и распределительного устройства 6 кв.

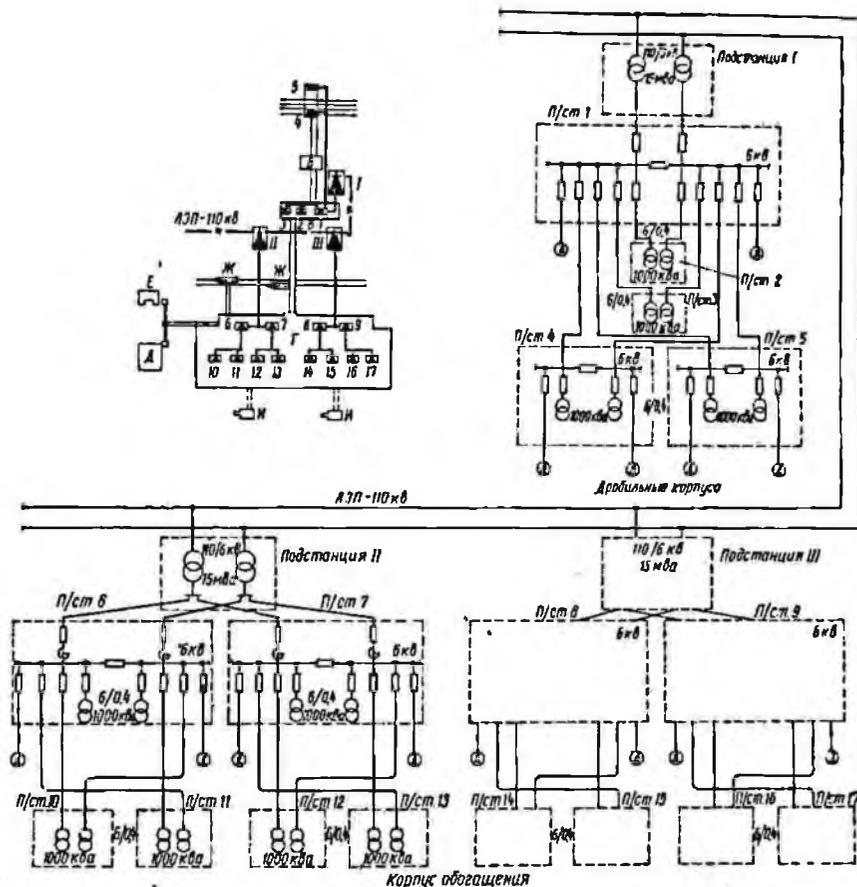


Рис. 85. Схема электроснабжения

с двумя трансформаторами мощностью 15 мва, 110/6 кв. Схема распределительной сети принята радиальной, двухступенчатой. Первая ступень осуществляется от распределительных подстанций I, 6, 7, 8, 9, а вторая ступень — от подстанций 4 и 5.

Питающая сеть выполнена воздушной на металлических опорах алюминиевыми проводами. Распределительная сеть выполнена кабелями с алюминиевыми жилами. От подстанций I, II, III кабели проложены в туннеле, а от распределительных подстанций — в траншеях, блоках и по конструкциям (при прокладке в корпусах).

Подстанции 2, 3, 10—17 не имеют высоковольтных распределительных устройств, и распределение энергии от этих подстанций происходит при напряжении 380 в.

Подстанция 1 является распределительной, так как на ней нет трансформаторов, а имеется только высоковольтное распределительное устройство, состоящее из высоковольтных ячеек с коммутационной аппаратурой (выключатели, разъединители). Подстанции 4—9 имеют трансформаторы и распределительные устройства 6 кв. От подстанции 1, 4—9 питаются высоковольтные электродвигатели дробилок, мельниц, вентиляторов, конвейеров и др.

## § 2. подстанции

Подстанцией называют электрическую установку, предназначенную для приема, преобразования и распределения электроэнергии.

В зависимости от того, какая из этих функций преобладает, подстанцию называют трансформаторной, преобразовательной (двигатель-генераторной, ртутно-выпрямительной и т. п.) или распределительной.

В зависимости от размещения оборудования подстанции бывают закрытые и открытые.

В рассмотренной нами схеме электроснабжения фабрики распределительной является подстанция 1, а подстанции 4—9 — распределительными и трансформаторными. Подстанции 10—17 не имеют распределительных устройств и являются только трансформаторными.

Пример компоновки небольшой подстанции показан на рис. 96. Здание подстанции состоит из нескольких помещений, в которых изолированно располагаются: в трансформаторных камерах (1Т и 2Т) — трансформаторы, в распределительном устройстве 6 кв (РУ) — камеры 6 кв, в щитовом помещении (Щ) — распределительные щиты 0,4 кв.

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) 6—10 кв изготавливаются на заводах и состоят из распределительного устройства или ввода первичного напряжения, силовых трансформаторов и распределительного устройства вторичного напряжения.

Все элементы КТП (токоведущие части трансформаторов и аппаратура распределительных устройств) заключены в металлические кожухи, защищающие от случайного прикосновения к токоведущим частям. На обогатительных фабриках КТП обычно устанавливаются в изолированных помещениях. Разрабатываются исполнения КТП для пыльных и сырых помещений, которые могут быть установлены непосредственно в цехе.

Применение комплектных трансформаторных подстанций и распределительных устройств является основным принципом конструктивного выполнения устройств электроснабжения современных

промышленных предприятий, так как при этом повышается надежность электроустановки, удобство и безопасность обслуживания, обеспечивается индустриализация монтажных работ и удешевляется строительная часть.

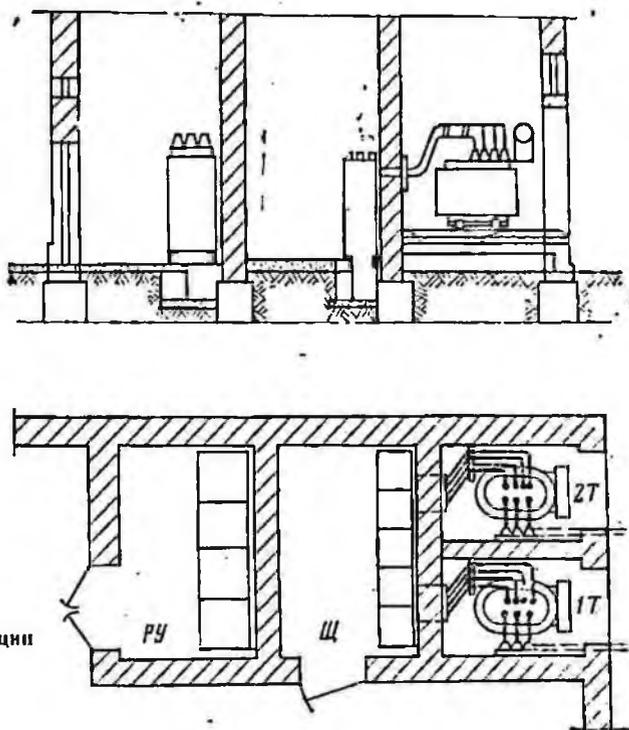


Рис. 96. Компоновка подстанции

### Комплектные распределительные устройства 6—10 кВ

Комплектные распределительные устройства 6—10 кВ включают сборные шины, коммутационную аппаратуру, приборы управления, защиты, автоматики и сигнализации. Они состоят из отдельных ячеек — камер; в каждой из них сосредоточены все электрические аппараты, относящиеся к одной линии. Каждая ячейка подключена к сборным шинам (выполняются из алюминиевых или стальных голых полос, проложенных на изоляторах обычно по верхней части ячеек).

Имеется два принципиально различных конструктивных исполнения комплектных распределительных устройств 6—10 кВ: стационарные (наиболее распространенные из них типа КСО-2УМ) и выкатные (типа КРУ).

На рис. 97 показан разрез камеры КСО-2УМ (обозначение камеры: К — комплектная, С — стационарная, О — одностороннего обслуживания с одной системой шин; У — унифицированная, М — модернизированная).

Подстанции 2, 3, 10—17 не имеют высоковольтных распределительных устройств, и распределение энергии от этих подстанций происходит при напряжении 380 в.

Подстанция 1 является распределительной, так как на ней нет трансформаторов, а имеется только высоковольтное распределительное устройство, состоящее из высоковольтных ячеек с коммутационной аппаратурой (выключатели, разъединители). Подстанции 4—9 имеют трансформаторы и распределительные устройства 6 кв. От подстанции 1, 4—9 питаются высоковольтные электродвигатели дробилок, мельниц, вентиляторов, конвейеров и др.

## § 2. ПОДСТАНЦИИ

Подстанцией называют электрическую установку, предназначенную для приема, преобразования и распределения электроэнергии.

В зависимости от того, какая из этих функций преобладает, подстанцию называют трансформаторной, преобразовательной (двигатель-генераторной, ртутно-выпрямительной и т. п.) или распределительной.

В зависимости от размещения оборудования подстанции бывают закрытые и открытые.

В рассмотренной нами схеме электроснабжения фабрики распределительной является подстанция 1, а подстанции 4—9 — распределительными и трансформаторными. Подстанции 10—17 не имеют распределительных устройств и являются только трансформаторными.

Пример компоновки небольшой подстанции показан на рис. 96. Здание подстанции состоит из нескольких помещений, в которых изолированно располагаются: в трансформаторных камерах (1Т и 2Т) — трансформаторы, в распределительном устройстве 6 кв (РУ) — камеры 6 кв, в щитовом помещении (Щ) — распределительные щиты 0,4 кв.

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) 6—10 кв изготавливаются на заводах и состоят из распределительного устройства или ввода первичного напряжения, силовых трансформаторов и распределительного устройства вторичного напряжения.

Все элементы КТП (токоведущие части трансформаторов и аппаратура распределительных устройств) заключены в металлические кожухи, защищающие от случайного прикосновения к токоведущим частям. На обогатительных фабриках КТП обычно устанавливаются в изолированных помещениях. Разрабатываются исполнения КТП для пыльных и сырых помещений, которые могут быть установлены непосредственно в цехе.

Применение комплектных трансформаторных подстанций и распределительных устройств является основным принципом конструктивного выполнения устройств электроснабжения современных

промышленных предприятий, так как при этом повышается надежность электроустановки, удобство и безопасность обслуживания, обеспечивается индустриализация монтажных работ и удешевляется строительная часть.

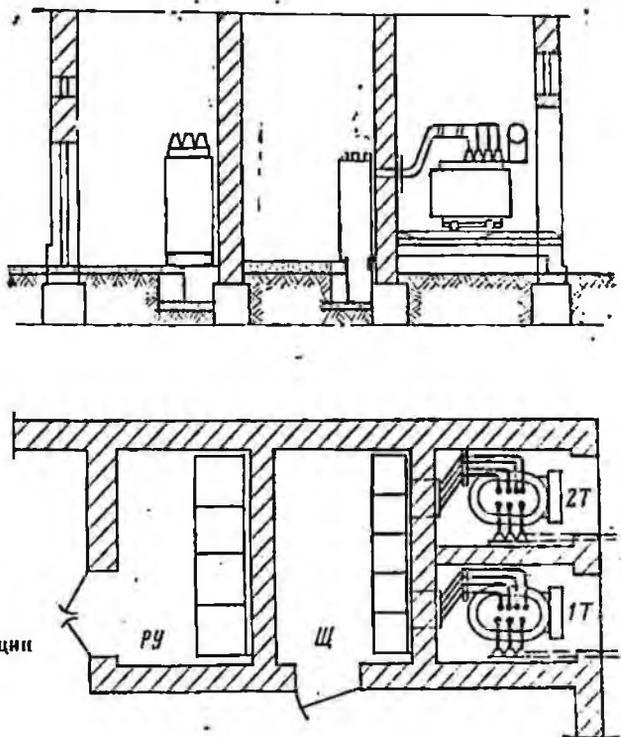


Рис. 96. Компонировка подстанции

### Комплектные распределительные устройства 6—10 кВ

Комплектные распределительные устройства 6—10 кВ включают сборные шины, коммутационную аппаратуру, приборы управления, защиты, автоматики и сигнализации. Они состоят из отдельных ячеек — камер; в каждой из них сосредоточены все электрические аппараты, относящиеся к одной линии. Каждая ячейка подключена к сборным шинам (выполняются из алюминиевых или стальных голых полос, проложенных на изоляторах обычно по верхней части ячеек).

Имеется два принципиально различных конструктивных исполнения комплектных распределительных устройств 6—10 кВ: стационарные (наиболее распространенные из них типа КСО-2УМ) и выкатные (типа КРУ).

На рис. 97 показан разрез камеры КСО-2УМ (обозначение камеры: К — комплектная, С — стационарная, О — одностороннего обслуживания с одной системой шин; У — унифицированная, М — модернизированная).

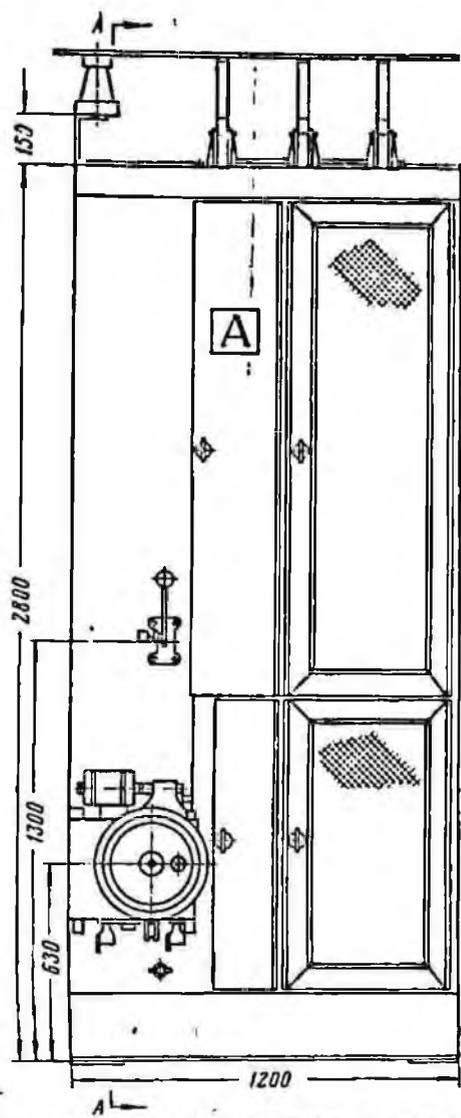


Рис. 97.  
Камера  
КСО-2УМ

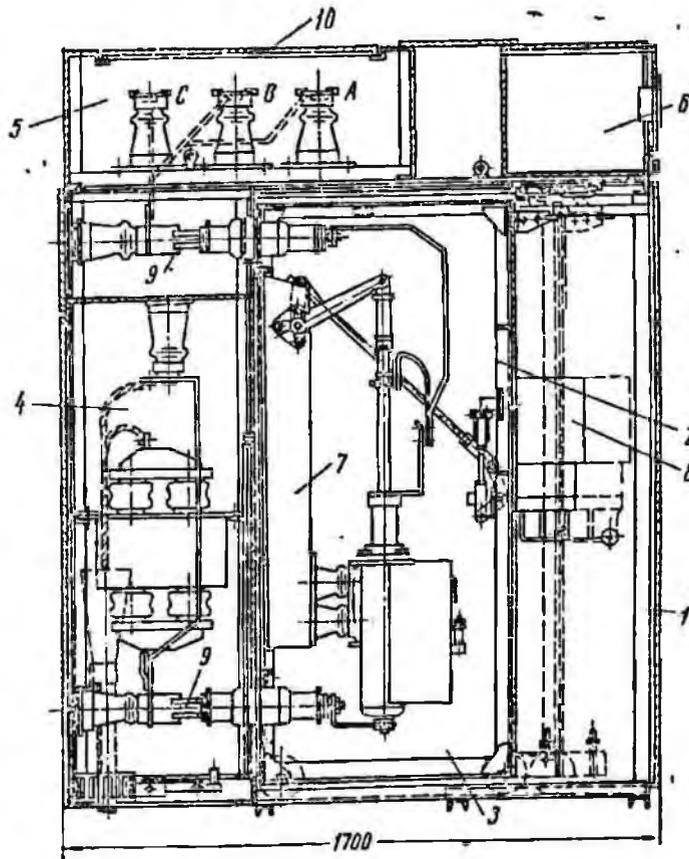
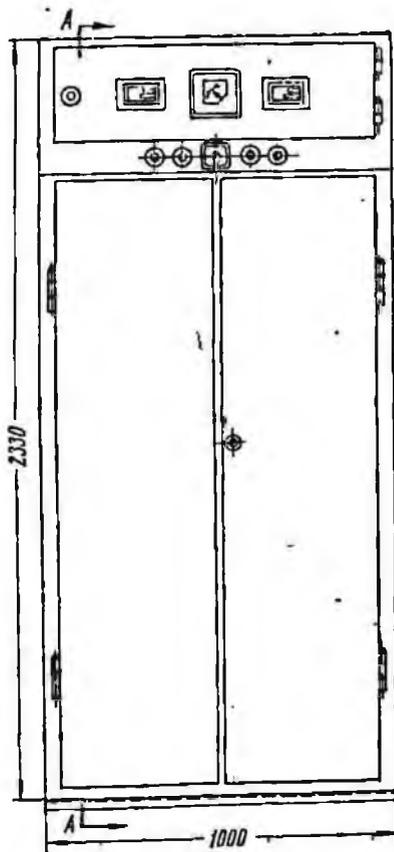
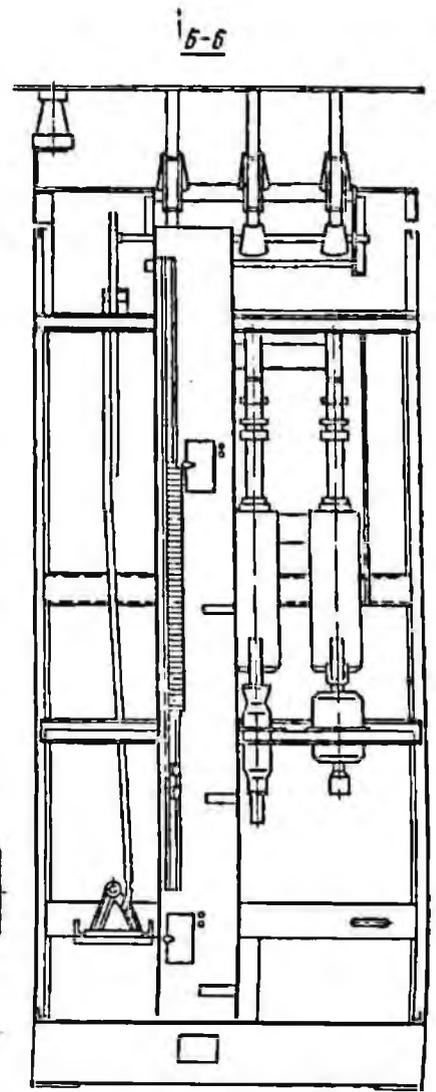
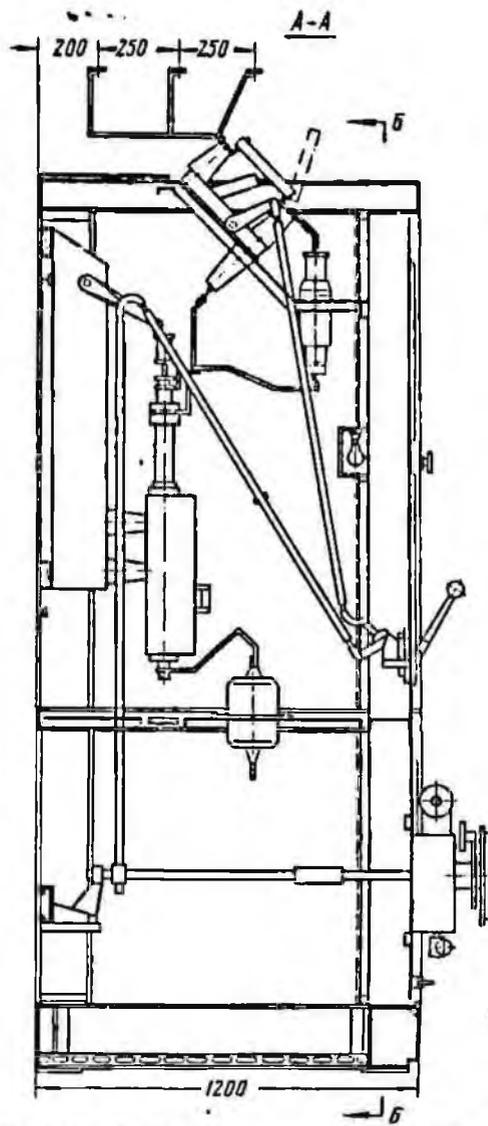


Рис. 98. Ячейка КРУ

Существует большое разнообразие схем, по которым выполняют камеры. Цеховому электрику приходится иметь дело лишь с высоковольтными двигателями (дробилок, мельниц, конвейеров и т. д.). Поэтому ограничимся рассмотрением камеры с аппаратурой, предназначенной для осуществления схемы управления высоковольтным двигателем (см. главу VII).

Камера разделена на три отсека: в верхнем размещены сборные шины и шинный разъединитель; в среднем — выключатель; в нижнем — воронка и трансформаторы тока типа ТЗ. Выключатель отделен стальными листами с проходными изоляторами и проходными трансформаторами тока. Камеры устанавливают в ряд; между собой камеры отделены перегородками из асбоцементных плит или листовой стали. На фасаде камеры справа имеются две сетчатые дверцы, а слева — панель из листовой стали, на которой расположены приводы управления, приборы учета и измерения, а также реле защиты.

Выкатное комплектное устройство КРУ состоит из шкафа 1 и тележки 2 (рис. 98). Шкаф имеет четыре отсека: выключатель 3, трансформаторы тока и кабельные муфты 4, сборные шины 5; отсек измерения и защиты 6.

На тележке расположены выключатель 7 с приводом 8 или трансформатор напряжения, разрядники, силовые предохранители (в зависимости от типа шкафа). Соединение силовых цепей тележки и корпуса осуществляется с помощью втычных контактов 9, расположенных в верхней и нижней частях каркаса тележки.

В верхней части передней стенки каркаса тележки установлена подвижная часть системы низковольтных скользящих контактов, с помощью которой производится разделение цепей вторичной коммутации тележки и шкафа. Тележка имеет три основных положения: рабочее, испытательное и ремонтное. В рабочем положении цепи первичной и вторичной коммутации замкнуты, в испытательном — цепи первичной коммутации разомкнуты, а цепи вторичной замкнуты, что дает возможность опробовать работу выключателя с приводом. При ремонтном положении тележка из корпуса шкафа должна быть убрана и все цепи разомкнуты.

Для осмотра и ревизии сборных шин и изоляторов шинной камеры имеется съемная крышка 10. В отсеке измерения и защиты, называемом релейным шкафом, размещены приборы измерения и учета электроэнергии, аппаратура управления, защиты и сигнализации. Магистраль вторичной коммутации располагается в отсеке между релейным шкафом и камерой сборных шин.

В КРУ предусмотрены механические блокировки, обеспечивающие безопасность обслуживания.

### **Масляный выключатель**

Основным коммутационным аппаратом, т. е. аппаратом, которым производят включение и отключение высоковольтных двигателей, являются масляные выключатели.

В установках напряжением до 10 кв наибольшее распространение получили масляные выключатели типов ВМГ-133 и ВМП-10.

Каждая фаза высоковольтной цепи размыкается контактами выключателя, погруженными в трансформаторное масло и находящимися в отдельном бачке.

Трансформаторное масло служит для гашения дуги, возникающей при размыкании контактов. Это достигается тем, что от действия возникшей дуги образуются газы и пары масла, которые устремляются под большим давлением в дутьевые каналы гасительной камеры, пересекают дугу в нескольких местах, деионизируют и гасят ее.

Цилиндры-бачки установлены вертикально. Движение подвижного контакта-стержня осуществляется с помощью системы рычагов, связанных с приводным валом выключателя.

Приводной вал соединяют с приводом, осуществляющим управление выключателем.

### **Привод к масляному выключателю**

Привод выполняет три операции: включение выключателя, удержание его во включенном положении и отключение выключателя. В соответствии с этим у каждого привода имеются три основные части: включающий механизм; запирающий механизм (защелка, собачка) и механизм, производящий освобождение защелки или собачки.

Включающему механизму приходится развивать большую мощность, чтобы преодолеть вес движущихся частей выключателя, сопротивление отключающей пружины, трение в механизме, сопротивление масла, силы инерции и электродинамические усилия, особенно при включении на короткое замыкание.

Кроме того, включающий механизм должен произвести включение очень быстро, чтобы избежать взрыва выключателя или приваривания контактов при включении на короткое замыкание в сети.

Мощность, необходимая для отключения выключателя, значительно меньше, чем для включения, так как отключающему механизму требуется только освободить защелку запирающего механизма, а отключение произойдет под действием отключающих пружин выключателя.

В зависимости от рода энергии, которую используют для включения, приводы разделяют на ручные, автоматические, грузовые (падающий груз), пружинные (заведенная пружина), электрические и пневматические.

В настоящее время наиболее распространены ручные автоматические приводы (ПРБА), грузовые (УПГП), пружинные (ППМ-10) и электрические (ПС-10, ПЭ-11, ПЭ-2). Выключатель ВМГ-133 может работать с приводами ПРБА, УПГП, ППМ-10 и ПС-10.

В грузовом приводе включение выключателя происходит падающим грузом, который освобождается от удерживающей защелки в момент подачи импульса тока в катушку включающего электромагнита. В пружинном приводе выключатель включается заведенной пружиной, освобождаемой также с помощью электромагнита. В обоих случаях для повторного действия привода необходимо поднять груз или завести пружину. Это выполняется специальным двигателем с редуктором, который автоматически включается после срабатывания привода.

Соленоидный привод поворачивает вал выключателя и включает его в момент подачи постоянного тока в соленоид включения, при этом потребляется значительная электрическая мощность порядка 22 кВт (ток 99 а при 220 в). Постоянный ток подводится от аккумуляторной батареи или от выпрямительного устройства.

Все перечисленные приводы являются автоматическими, так как удерживающая выключатель во включенном положении защелка может отводиться с помощью небольшого электромагнита, цепь которого замыкается (размыкается) автоматически посредством реле при определенных режимах в сети, или с помощью встроенных в грузовые и пружинные приводы (УПП и ППМ-10) вторичных реле прямого действия.

Так, в приводе ППМ-10, помимо отключающего магнита, имеются еще три электромагнитных реле: максимального тока с выдержкой (РТВ) или без выдержки времени (РТМ) и минимального напряжения с выдержкой времени (РНВ). Количество, исполнение и сочетание этих реле различно и при заказе привода указывают требуемый вариант исполнения. Исполнение привода обозначается шифром. Так, для привода ППМ-10/1246 цифра 1 означает реле максимального тока мгновенного действия РТМ, цифра 2 — реле максимального тока с выдержкой времени РТВ, цифра 4 — отключающий электромагнит ЭО, цифра 6 — реле минимального напряжения с выдержкой времени РНВ.

Для действия защиты, срабатывания аппаратуры управления и сигнализации необходим оперативный ток, т. е. ток, с помощью которого осуществляются вышеуказанные операции. Оперативный ток может быть постоянным или переменным. Ручные, грузовые и пружинные приводы рассчитаны на применение переменного оперативного тока, а соленоидные — постоянного.

В настоящее время, как правило, применяют оперативный переменный ток, так как при этом отпадает необходимость в дорогостоящих аккумуляторных батареях или выпрямительных устройствах и упрощается защита. В качестве источников оперативного переменного тока используют трансформаторы тока и напряжения.

Реле максимального тока реагируют (срабатывают) при отклонении тока в сторону увеличения. Реле минимального напряжения срабатывают при уменьшении контролируемого напряжения или полном его исчезновении.

Встроенные в привод реле являются вторичными реле прямого

действия (в отличие от реле косвенного действия). На рис. 99 показаны схемы включения вторичных реле прямого и косвенного действия.

По схеме *a* при увеличении тока в цепи до значения тока срабатывания реле сердечник 2 втягивается в катушку 1, ударник 3 ударяет в запорную защелку 4 и выключатель отключается под действием пружины 6.

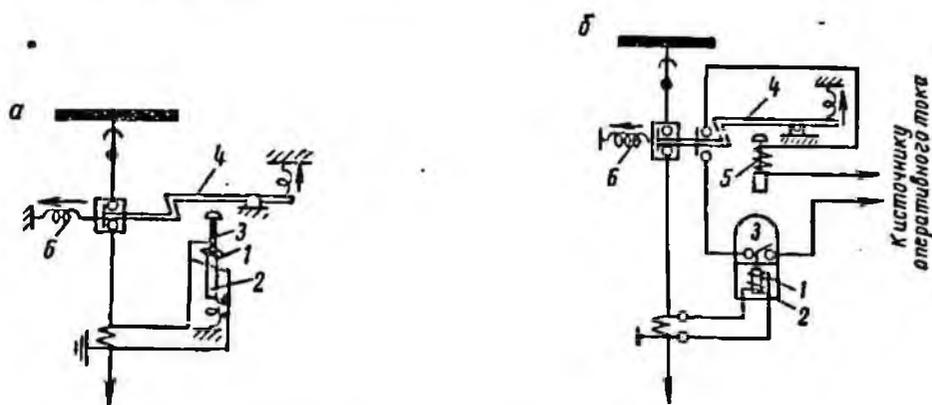


Рис. 99. Вторичные реле прямого и косвенного действия

В схеме *b* контакты 3 замыкают цепь оперативного тока отключающей катушки 5, ударник которой освобождает защелку и пружина 6 отключает масляный выключатель.

## Разъединитель

Разъединитель для внутренней установки представляет собой коммутационный аппарат с видимым местом разъединения и предназначен для включения и отключения участков электрической цепи при отсутствии нагрузки.

Разъединитель не может порвать дугу, поэтому отключение цепи под нагрузкой недопустимо, так как растянутая дуга оплавляет контакты, перекидывается на соседние аппараты, токоведущие и заземленные части, при этом наступает короткое замыкание и аварийное отключение подстанции.

В камере КСО и КРУ применены трехполюсные разъединители, которые монтируются на одной для всех трех фаз металлической раме с общим валом и приводным рычагом. При вращении вала происходит одновременное включение или отключение всех трех фаз разъединителя с помощью изолирующих тяг, соединяющих ножи с соответствующими рычагами на валу.

Каждая фаза разъединителя состоит из:

- 1) токопровода — двух одинаковых неподвижных контактов и соединяющего их подвижного ножа;
- 2) двух опорных изоляторов, на которых закрепляется токопровод.

Во включенном положении нож запирается специальным зацепом, поэтому самопроизвольное открытие ножа под влиянием собственного веса и сотрясений, а также электромагнитных сил невозможно. Привод к разъединителю ручной, рычажного типа.

### **Выключатель нагрузки**

Для управления трехфазными электродвигателями напряжением 3—6 кВ, мощностью до 600 кВт при прямом пуске могут применяться автогазовые выключатели нагрузки типа ВНП-16 или ВНП-17 со встроенными предохранителями.

Выключатели нагрузки ВНП-17 отличаются от ВНП-6 устройством для автоматического отключения при перегорании предохранителя.

Выключатель нагрузки подобен трехполюсному разъединителю внутренней установки и отличается от него наличием дугогасительных камер и отключающих пружин, обеспечивающих необходимую скорость движения ножей во время отключения. К контактным ножам прикреплены медные дугогасительные ножи, изогнутые по дуге окружности.

Дугогасительные ножи входят в пазы гасительных камер. Камеры изготовлены из пластмассы и состоят из двух половинок. Форма паза в камере соответствует форме дугогасительного ножа и имеет полость, в которой располагаются дугогасительные вкладыши из органического стекла.

В конце пазов дугогасительных камер расположены неподвижные дугогасительные контакты. При отключении выключателя нагрузки сначала размыкаются главные контактные ножи, а затем дугогасительные контакты. При размыкании последних возникает дуга, под действием которой органическое стекло разлагается, выделяя газы.

Выход газов затруднен, поэтому внутри камеры повышается давление, возникают вихревые потоки, которые гасят дугу в течение сотых долей секунды.

### **§ 3. УПРАВЛЕНИЕ И ЗАЩИТА**

Обогащительная фабрика обычно входит в состав горнообогащительного или металлургического комбината, системой электропитания которых управляют из диспетчерского пункта, используя телемеханические устройства и автоматизацию отдельных элементов.

Автоматизация заключается в том, что на вводах, секционных выключателях подстанции и трансформаторах предусматривается автоматическое включение резерва (АВР). Например, при отключении рабочего трансформатора включается резервный, а на отходящих от подстанции магистральных кабельных и воздушных линиях — автоматическое повторное включение (АПВ).

Практика эксплуатации электрических сетей показывает, что значительная часть коротких замыканий бывает кратковременными и самоустраивающимися, так как самоустраиваются причины коротких замыканий.

Таковыми причинами на воздушных линиях могут быть атмосферные перенапряжения, перекрытия проводов птицами, набросы, схлестывания проводов и т. п.; на кабельных линиях — пробои в кабельных муфтах с последующим заплывом места повреждения кабельной массой, неустойчивые короткие замыкания на сборках кабельных магистралей и т. п.

Автоматическое повторное включение (АПВ) после отключения короткого замыкания от действия защиты дает возможность быстро восстановить питание и тем самым избежать перерыва в электроснабжении потребителей.

Если после повторного включения короткое замыкание осталось (не устранилось), то линия отключится и снова уже не включится (однократное АПВ).

Под телемеханизацией понимают: телеуправление (ТУ), телесигнализацию (ТС) и телеизмерение (ТИ), т. е. управление, сигнализацию и измерение, осуществляемые на расстоянии из диспетчерского пункта.

Для телеуправления требуется сложная аппаратура, оно применяется для ограниченного числа особо ответственных элементов сети (выключатели питающих высоковольтных линий, понижающие трансформаторы, требующие частых переключений, ртутно-выпрямительные агрегаты и т. п.). Вместо телеуправления стремятся использовать автоматические включения (АПВ, АВР).

Телесигнализация дает положение выключателей и разъединителей на линиях телеуправляемой подстанции, указывает на аварийное отключение выключателя, сигнализирует о неисправности в цепях оперативного тока, о перегрузке трансформатора и ртутного выпрямителя, о возникновении пожара на необслуживаемых подстанциях.

Телеизмерения напряжения, тока и режме мощности выполняются в ограниченном объеме только на головных участках и на телеуправляемых трансформаторах и преобразовательных агрегатах при частых переключениях.

Всякие повреждения и ненормальные режимы в электрических установках должны быть устранены, причем большинство из них в кратчайший срок. Обычно это достигается отключением поврежденного участка сети.

Наиболее распространенными повреждениями являются однофазные замыкания на землю, двух- и трехфазные замыкания, обрывы цепи, замыкания витков одной фазы трансформатора или двигателя и др. Отключение поврежденного участка в кратчайший срок можно осуществить только автоматически с помощью автоматического устройства из одного или нескольких реле, называемого релейной защитой.

В некоторых случаях (например, при перегрузке, при повышении уровня масла в трансформаторе) релейная защита действует не на отключение выключателя, а на сигнал, предупреждающий обслуживающий персонал о наступлении ненормального режима.

Реле различают по виду параметра, на который оно реагирует: реле тока, реле напряжения, реле мощности, температурное реле и т. п. Добавка «максимального» или «минимального» указывает на характер изменения параметра, на который реагирует реле. Например, реле максимального тока реагирует на отклонение тока в сторону увеличения, реле минимального напряжения — на отклонение напряжения в сторону уменьшения.

Существует целый ряд схем релейной защиты, выполняемых с помощью различных реле. При применении для масляных выключателей пружинных и грузовых приводов защиту чаще всего выполняют с помощью рассмотренных раньше встроенных реле.

Если же чувствительность защиты недостаточна, то применяют вторичные реле, из которых большое распространение получило реле типа РТ-80.

Примером выполнения защиты может служить рассмотренная в главе VII защита высоковольтного электродвигателя.

## Глава XI

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

#### § 1. ВНУТРИЦЕХОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ

По внутрицеховой сети электрическая энергия доходит до потребителя — электродвигателя, электромагнитного сепаратора, сварочного трансформатора, электрической лампочки и других электроприемников. Напряжение этой сети соответствует напряжению электроприемников.

В корпусах обогатительных фабрик количество двигателей часто достигает нескольких тысяч, общая мощность их составляет десятки тыс. кВт, а протяженность сети — 100 км и более. Поэтому внутрицеховая сеть очень разветвленная и протяженная.

Распределение электроэнергии внутри цеха выполняется по радиальной, магистральной и смешанной схемам.

На обогатительных фабриках большое распространение получила радиальная схема. Объясняется это тем, что аппаратуру управления часто приходится устанавливать не около каждого двигателя, а в отдельных помещениях (ПСУ) на общем щите станции управления (ЩСУ), от которого к каждому двигателю идет отдельная линия.

Пусковую аппаратуру устанавливают в специальном помеще-

нии главным образом потому, что все технологические механизмы обогатительной фабрики образуют единую поточно-транспортную систему (ПТС), и блокировку между двигателями с наименьшей затратой проводов и кабелей можно выполнить, если аппаратуру группы заблокированных двигателей разместить на одном щите (ЩСУ).

Обычно в корпусе бывает несколько помещений со щитами (ПСУ). Число и расположение ПСУ выбирают таким образом, что-

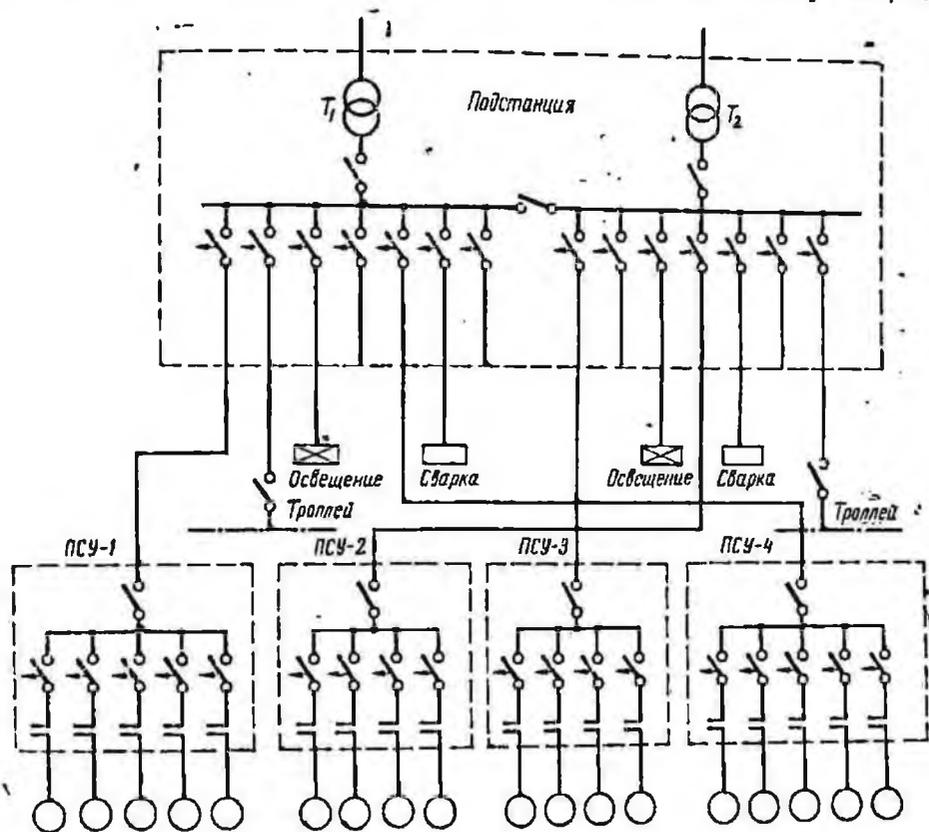


Рис. 100. Схема радиального распределения электроэнергии

бы распределительная сеть имела наименьшую протяженность и наименьшие потери электроэнергии.

Кроме того, при установке в изолированных помещениях пусковая аппаратура защищена от пыли и сырости, что позволяет устанавливать аппаратуру в открытом исполнении. Однако в ряде случаев пусковую аппаратуру, особенно относящуюся к двигателям механизмов с местным управлением и регулировкой скорости вращения, устанавливают около двигателей в уплотненных металлических шкафах, что позволяет значительно сократить длину линий, питающих отдельные двигатели.

На рис. 100 показана схема питающей и распределительной сетей дробильного корпуса обогатительной фабрики.

В том случае, если не связанные последовательной блокировкой зависимостью двигатели расположены в одном направлении, или являются многодвигательным приводом одной машины, а пусковая аппаратура размещена около двигателей, питание их целесообразно выполнять по магистральной схеме.

Широко применяется магистральная схема для питания флотационных машин, расположенных группами в один ряд и состав-

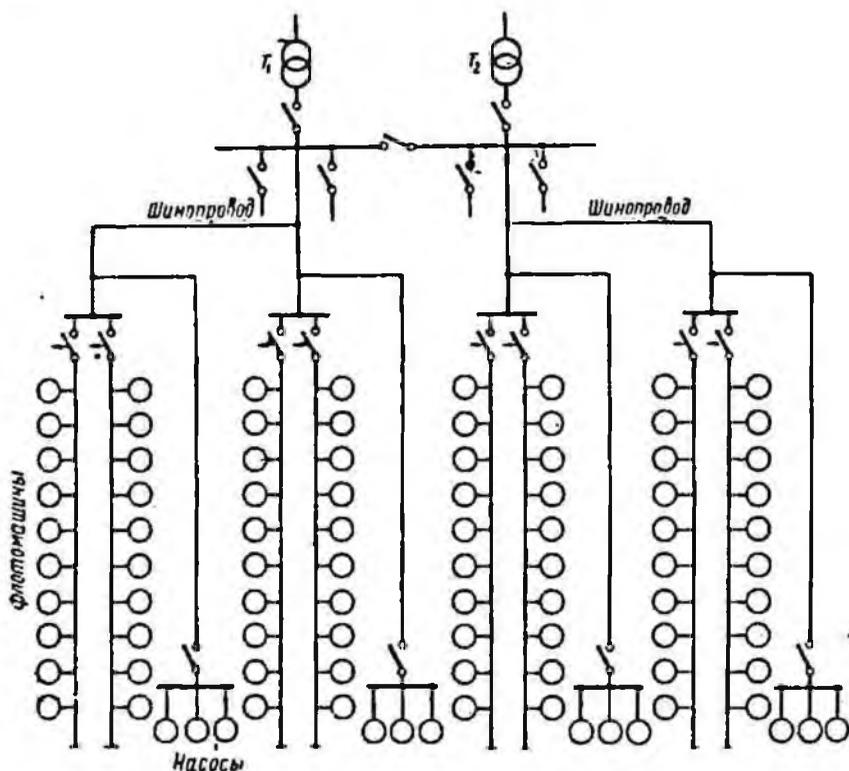


Рис. 101. Схема магистрального распределения электроэнергии

ляющих основную нагрузку корпуса обогащения. Каждая флотационная машина является машиной с многодвигательным приводом с общим числом двигателей до 20 и мощностью каждого двигателя до 20 кВт.

На рис. 101 показано магистральное распределение электроэнергии во флотационном отделении при расположении флотационных машин поперек корпуса. При этой схеме, известной под названием, схема блока трансформатор — магистраль, магистраль выполняется шинами, которые заменяют шины распределительного щита 380 в. Последние как будто вытягиваются и выносятся за пределы подстанции. Магистраль, связанная непосредственно с трансформатором, называется питающей, а отходящие от нее магистрали, к которым подключают двигатели, называются распределительными.

Распределительные магистрали могут выполняться кабелем, проводами, проложенными в трубах, или голыми шинами.

Для флотомашин питающую магистраль обычно выполняют алюминиевыми шинами сечением  $100 \times 8$  или  $80 \times 8$ , а распределительную — проложенными в газовой трубе по машине проводами, к которым подключают отдельные двигатели через установочный автомат.

Для управления и защиты у каждой флотационной машины устанавливается автомат и контактор. При этой схеме отпадает необходимость в установке на подстанции распределительного щита. Только в отдельных случаях бывает целесообразно предусматривать на подстанции одну-две панели для питания освещения, сварки и других мелких потребителей.

Как видно из рис. 101, к шинным магистралям, кроме двигателей флотационных машин, присоединены двигатели других механизмов — насосов, сгустителей и пр., связанных с данной секцией флотационных машин.

## § 2. ПРОВОДА И КАБЕЛИ

Провода и кабели классифицируют прежде всего по назначению на: 1) силовые провода и кабели; 2) контрольные кабели; 3) провода монтажные; 4) провода обмоточные; 5) провода и кабели связи.

Кроме этого, есть много специальных кабелей и проводов (шланговые, морские, самолетные, прожекторные и т. п.).

Рассмотрим только наиболее употребительные в условиях фабрик провода и кабели.

### Силовые провода и кабели

Силовые провода и кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии напряжением до 35 кв. Они делятся на две основные группы:

- 1) с бумажной пропитанной изоляцией;
- 2) с резиновой и пластмассовой изоляцией.

Силовые кабели различаются:

а) по числу и сечению токопроводящих жил — на одножильные, двухжильные, трехжильные и четырехжильные сечением от 2,5 до 800 мм<sup>2</sup>;

б) по конструкции — с поясной изоляцией и отдельно свинцованными жилами. Большинство кабелей до 10 кв изготавливаются с поясной изоляцией, т. е. поверх скрученных изолированных жил накладывается общий поясной слой изоляции;

в) по типам защитных покровов:

в свинцовой или алюминиевой оболочке без брони и с броней; то же, но с броней и покровом из пропитанной кабельной пряжи;

г) по напряжению: до 1; 3; 6; 10; 20; 35 и 110 кв.

На рис. 102 показана конструкция силового бронированного кабеля с бумажной изоляцией.

Жилы у кабелей бывают: однопроволочные круглые (от 2,5 до 16 мм<sup>2</sup>) и многопроволочные, сегментные и секторные (для лучшего заполнения окружности).

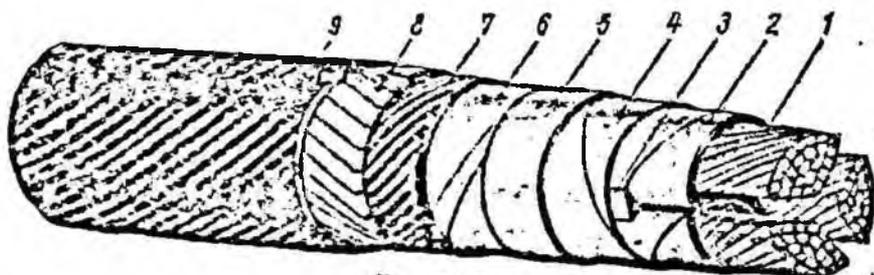


Рис. 102. Конструкция силового кабеля:

1 — токоведущие жилы (медные или алюминиевые), 2 — пропитанная бумага, 3 — заполнители, 4 — пропитанная бумага, 5 — оболочка свинцовая или алюминиевая, 6 — бумажная лента, 7 — прослойка из кабельной пряжи, 8 — стальная броня (ленточная или проволочная), 9 — покров из кабельной пряжи

Между изолированными жилами имеется заполнение — бумажный кордель (из кабельной, телефонной бумаги).

Свинцовая и алюминиевая оболочки служат для защиты изоляции от увлажнения и сохранения электрических свойств изоляции.

Для защиты свинцовой или алюминиевой оболочки от механического воздействия и от сильнодействующих химических сред и блуждающих токов имеются дополнительные защитные покровы. На оболочку кабеля укладывают несколько concentрических слоев из битумного состава и пропитанной кабельной бумаги, а иногда и кабельной пряжи (джута), образующих подушку.

Поверх подушки накладывается броня, которая выполняется либо из стальных лент, либо из стальных плоских или круглых оцинкованных проволок.

Поверх брони у некоторых кабелей накладывается наружный покров из нескольких concentрических слоев битумного состава, джута, мелового покрытия и пропитанной кабельной бумаги. Кабели с наружным покровом применяются при прокладке в земле.

Небронированные кабели могут быть покрыты асфальтом поверх свинцовой или алюминиевой оболочки для защиты оболочки от сырости и химических воздействий.

У кабелей с резиновой изоляцией токоведущие жилы изолированы резиной. Оболочка у них может быть либо из свинца — в кабелях марок СРГ; АСРГ; СРБ; АСРБ; СРБГ и АСРБГ, либо из полихлорвинилового пластика — в кабелях марок ВРГ, АВРГ, ВРБ, АВРБ, ВРБГ, АВРБГ, либо из негорючей резины — в ка-

белях НРГ, АНРГ, НРБ, АНРБ, НРБГ, АНРБГ. Защитные покровы у них такие же, как и у кабелей с бумажной изоляцией.

Для воздушных линий передач применяют сейчас главным образом голые алюминиевые или сталеалюминиевые провода марок А и АС. Провода — многопроволочные, скрученные из твердых алюминиевых проволок. У проводов марки АС имеется стальной сердечник из одной стальной оцинкованной проволоки.

### Контрольные кабели

Контрольные кабели предназначены для присоединения электрических приборов и аппаратов управления в электрических установках до 500 в переменного тока и 1000 в постоянного тока.

Как и силовые кабели, они бывают с бумажной, резиновой и пластмассовой изоляцией. Изготавливаются они с медными и алюминиевыми жилами сечением от 0,75 (медный) и 2,5 (алюминиевый) до 10 мм<sup>2</sup>, с числом жил от 4 до 37.

### Обмоточные провода

Обмоточные провода изготавливаются эмалированные и с эмалево-волокнутой изоляцией и предназначены для обмоток электрических машин, аппаратов и приборов.

В качестве волокнутой изоляции применяют хлопчатобумажную пряжу, кабельную или телефонную бумагу.

Сечение токоведущих жил — круглое и прямоугольное.

Классификация силовых, контрольных и телефонных кабелей приведена в табл. 15.

Таблица 15

Классификация силовых, контрольных и телефонных кабелей

Марка	Наименование	Назначение
<b>Кабели силовые с бумажной изоляцией</b>		
ААГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги в алюминиевой оболочке	Для прокладки в туннелях, каналах внутри помещений, при отсутствии механических воздействий на кабель, в среде, нейтральной по отношению к алюминию
ААБ	То же, но бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается растягивающим усилиям
ААБГ	То же, но без наружного покрова	Для прокладки внутри помещений, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям

Марка	Наименование	Назначение
СБ	Кабель с медными жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	То же, что и ААБ
СБГ	То же, но без наружного покрова	То же, что и ААБГ

## Кабели силовые с резиновой изоляцией

АНРГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой негорючей оболочке	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, при отсутствии механических воздействий на кабель
АВРГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в полихлорвиниловой оболочке	То же, при наличии агрессивных сред (кислот, щелочей и т. д.)
АНРБГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой негорючей оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений в каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АВРБГ	То же, что и АВРГ, но бронированный двумя стальными лентами	То же
НРБГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой негорючей оболочке, бронированный двумя стальными лентами	»
СРБГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами	»

## Гибкие кабели и провода с резиновой изоляцией

КРПТ	Кабель шланговый, переносный, тяжелый (медные жилы)	Для присоединения подвижных электроприемников при напряжении до 500 в переменного тока между жилами в строительстве, в промышленности и на других предприятиях в условиях подверженности значительным механическим воздействиям
ШРПС	Провод шланговый, переносный, средний (медные жилы)	То же, но в условиях подверженности умеренным механическим воздействиям

Марка	Наименование	Назначение
<b>Кабели контрольные с резиновой изоляцией</b>		
АКНРГ	Кабель контрольный с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой негорючей оболочке	Для прокладки внутри помещений, в каналах, в туннелях при отсутствии механических воздействий на кабель
АКВРГ	То же, но в полихлорвиниловой оболочке	То же, но в условиях агрессивной среды
АКНРБГ	То же, что и АКНРГ, но бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в каналах, в туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АКВРБГ	То же, что и АКВРГ, но бронированный двумя стальными лентами	То же

#### Установочные провода и шнуры

АПР	Провод с алюминиевой жилой, одножильный, с резиновой изоляцией, в пропитанной оплетке	Для неподвижной прокладки в сухих и сырых помещениях в сетях с номинальным напряжением до 380 в и на 500 в
АПРТО	Провод с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в пропитанной оплетке, для прокладки в трубах	Для прокладки в металлических трубах во всех помещениях в сетях с номинальным напряжением до 500 в и на 2000 в
ПРГ	Провод гибкий, одножильный, с резиновой изоляцией, в пропитанной оплетке	Для соединения подвижных частей электрических машин, приборов и аппаратов, а также для установок, требующих особой гибкости при монтаже. Напряжение до 500 в и на 3000 в
ПРГЛ	То же, но в лакированной оплетке	То же

#### Провода с полихлорвиниловой изоляцией

АПВ	Провод с алюминиевой жилой, с полихлорвиниловой изоляцией, одножильный	Для неподвижной прокладки в сухих и сырых помещениях
АППВ	Провод с алюминиевыми жилами, с полихлорвиниловой изоляцией, плоский, двух- и трехжильный	То же
ППВ	То же, но с медными жилами	

Марка	Наименование	Назначение
<b>Кабели телефонные (медные жилы)</b>		
ТРК	Кабель телефонный, распределительный, с изоляцией из эмали и пропитанной хлопчатобумажной пряжи, в свинцовой оболочке	Для зарядки Боксов в шкафах и плитах, в распределительных коробках, а также для прокладки по стенам зданий (внутри и снаружи)
ТРКШ	Кабель телефонный, распределительный, с изоляцией из эмали и полихлорвинилового пластинката, в оболочке из полихлорвинилового пластика	То же, но с защитой от прямого действия солнечных лучей
ТБГ	Кабель телефонный, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для открытой прокладки в пожароопасных местах
ТБ	То же, но с наружным покрытием	Для прокладки в земле при уклонах не более 45° и при отсутствии растягивающих нагрузок на кабель

### § 3. ВЫПОЛНЕНИЕ СЕТЕЙ

#### Характеристика сетей и способы их прокладки

В корпусах обогатительных фабрик сеть выполнена в основном кабелями с алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией в винилитовой оболочке или оболочке из негорючей резины марок АВРГ и АНРГ.

Кабели больших сечений, главным образом для питающей сети, приняты марок ААГ и ААБГ, т. е. кабели с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией в алюминиевой оболочке, голые и бронированные.

Применяются также и провода с хлопчатобумажной оплеткой АПР и АПРТО, прокладываемые в газовых трубах.

В ряде случаев, как указывалось выше, сеть выполняется голыми алюминиевыми проводниками или шинами, прокладываемыми на изоляторах по нижнему поясу ферм или в защищенных металлических коробах. В настоящее время изготавливают защищенные шинопроводы: магистральные типа ШМА и распределительные типа ШРА.

Защищенные шинопроводы выполняются с алюминиевыми шинами, заключенными в металлический кожух. В кожухе шинопровода происходит воздухообмен. У шинопроводов, предназначенных для работы в пыльных, сырых цехах и в цехах с агрессивной средой, шины покрывают защитно-изоляционной пленкой из эпо-

кисидной смолы. Они состоят из отдельных секций длиной 1,5; 3,0 и 4,5 м с вводными и ответвительными коробками, с предохранителями, автоматами, выключателями. Магистральные шинопроводы изготавливают на токи 1500, 2500 и 4000 а, распределительные — на токи 250, 400 и 600 а. Шинопроводы прокладывают непосредственно по фермам или на подвесках, по колошам и стенам на кронштейнах, на стойках (рис. 103).

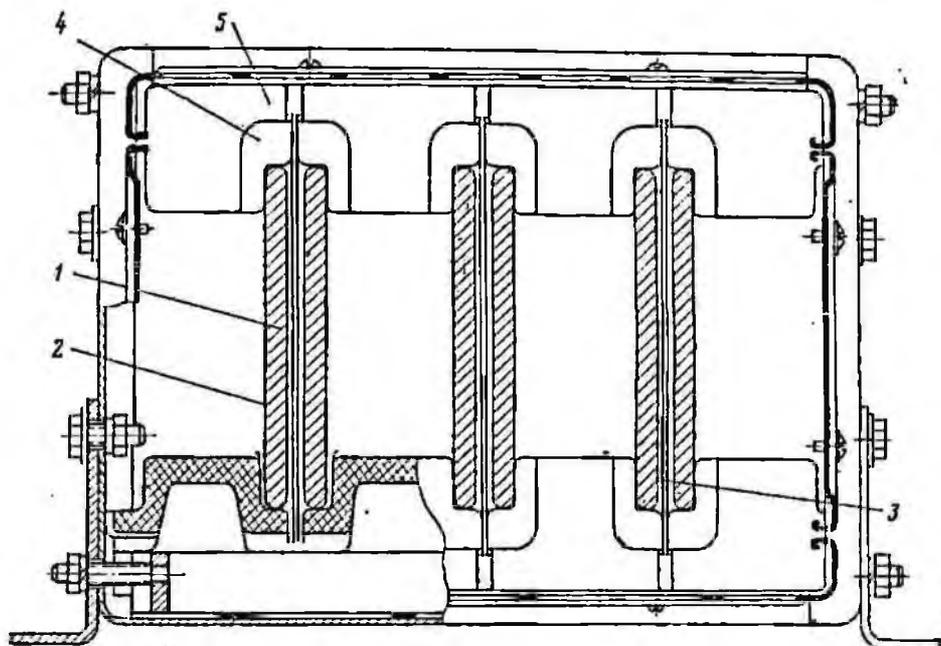


Рис. 103. Шинопровод:

1 — шина, 2 — изоляция шины, 3 — изоляционная перегородка, 4 — эластичная прокладка, 5 — опорные изоляторы

Кабели в производственных помещениях прокладывают открыто на конструкциях, в лотках и в металлических трубах, а в электротехнических помещениях — в каналах, кабельных полуэтажах и в полу в трубах.

Кабельные конструкции изготавливаются в виде сборных штампованных элементов, состоящих из стоек и полок для укладки кабелей.

Конструкции собирают путем вкладывания полок в отверстия стоек или сваркой отдельных элементов. Некоторые конструкции собирают сболчиванием.

Существует много разновидностей кабельных конструкций.

1. Настенные — для горизонтальной или вертикальной прокладки.

2. Потолочные — односторонние и двусторонние елочного типа.

3. Потолочные — П-образные, подвесные.

4. Мостовые — для перехода с одной стены на другую и для вертикальной прокладки по стене.

5. Распорные — для установки между стенами, полом и потолком тоннелей с регулированием длины болтами или раздвижные.

Конструкции устанавливают на стенах, под перекрытиями, подвешивают к колоннам. Крепят их приваркой к закладным или пристраиваемым деталям, а также к строительным частям зданий и сооружений.

Если устанавливают много конструкций (например, в подвалах, туннелях, каналах), то рекомендуется их приваривать к закладным частям.

Отдельные конструкции целесообразно приваривать к пристреливаемым промежуточным планкам. Пристрелку производят строительномонтажным пистолетом, с помощью которого дюбель-гвоздь прибавляет планку к стене. На рис. 104 показана прокладка кабелей на конструкциях, установленных в кабельном канале и под перекрытием.

Конструкции в цехе устанавливают по кратчайшей трассе. Трасса выбирается с расчетом, чтобы было как можно меньше пересечений с другими кабельными трассами и трубопроводами и чтобы кабели не проходили через участки, на которых возможны механическое повреждение, коррозия, вибрация, попадание химических реагентов, заливание водой и др.

Большое число проводов и мелких кабелей удобно прокладывать в лотках заводского изготовления, представляющих собой конструкцию из гнутого перфорированного листа, напоминающую опрокинутую лестницу. Лотки изготовляют в виде отдельных секций стальными и реже асбоцементными. Низ лотка иногда закрывают сеткой.

Кабели и провода могут укладываться в лотках в ряд в один или два слоя, пакетами и пучками, при этом разные по назначению и напряжению кабели отделяются обоймами и разделителями (металлические перегородки).

Провода и кабели, собираемые в пакеты и пучки, замыкают в специальные обоймы, бандажи. Лотки кладут на конструкции, устанавливаемые через 2 м вместо 0,8—1 м, как при прокладке без лотков (см. рис. 104).

В тех случаях, когда кабели нужно защитить от механических, химических или других воздействий, их прокладывают в металлических трубах.

В цехах обогатительных фабрик в трубах выполняют переходы кабелей через перекрытия и площадки, подзод к двигателям и все кабели, находящиеся ниже 2,5 м. Кабели в трубах прокладывают, когда трасса идет по полу, через фундаменты и др. В этом случае трубы укладывают в подливку (верхний слой) пола и перекрытия. Прокладка металлических труб в земле допустима только под полом здания и сооружения.

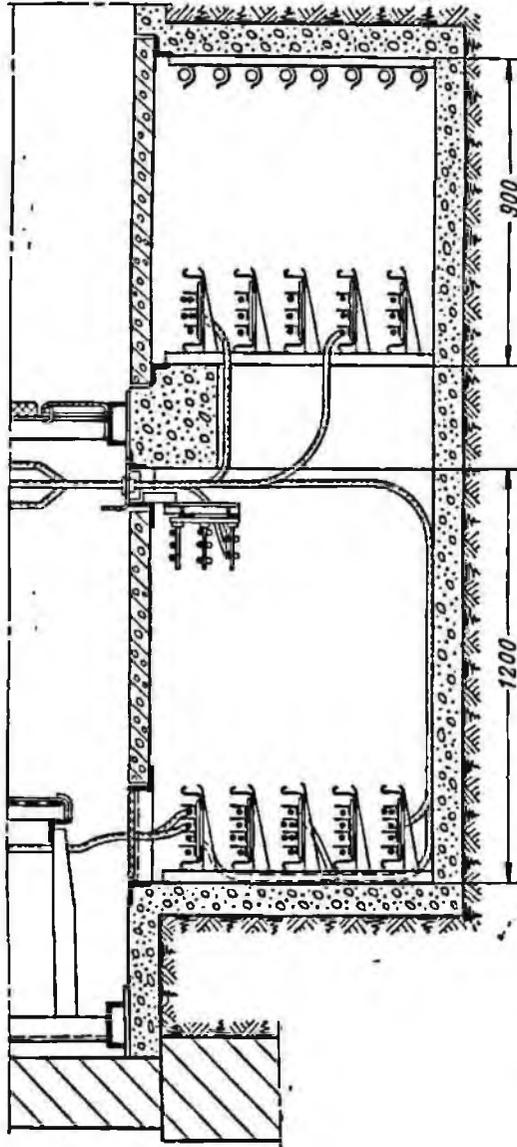
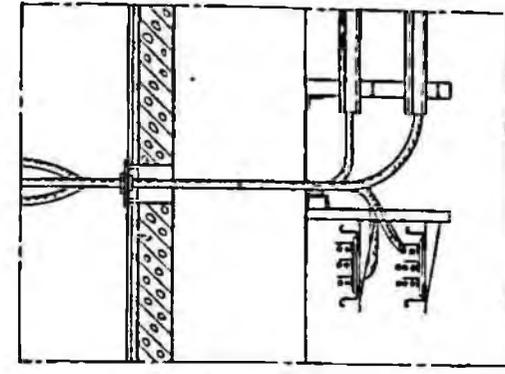


Рис. 104. Прокладка кабелей по конструкциям

Трубы прокладывают также на конструкциях, крепят непосредственно к потолку, стенам, колоннам, к металлическим конструкциям зданий. При больших потоках трубы собирают в пакеты и закрепляют хомутами и прижимами.

Кабельные каналы выполняют стандартных размеров и покрывают съемными плитами из рифленого железа или железобетона. Кабели укладывают на конструкциях, приваренных к закладным частям (см. рис. 104). В каналах глубиной до 0,5 м допускается раскладка кабелей по дну канала, при этом стремятся к наименьшему числу пересечений.

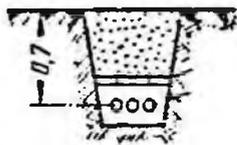


Рис. 105. Прокладка кабелей в траншее

Силовые кабели укладывают на конструкциях в один ряд. Контрольные кабели могут быть уложены в один или два слоя. При прокладке контрольных кабелей в три слоя и более их следует собирать в пакеты (пакетировать). На верхних полках укладывают силовые кабели напряжением выше 1 кВ, под ними укладывают силовые кабели до 1 кВ, а под ними — контрольные кабели.

В тех случаях, когда кабельная трасса переходит из корпуса в корпус по территории фабрики, кабели обычно прокладывают в земляной траншее. Кабели укладывают в один ряд на глубине 0,7 м от поверхности земли и на глубине 1 м при пересечении проезжей части (рис. 105).

Траншеи копают таких размеров, чтобы уложить необходимое число кабелей с соблюдением требуемых нормами расстояний между ними. Наибольшее число прокладываемых силовых кабелей в одной траншее при напряжении до 10 кВ — 6, а при напряжении до 35 кВ — 3.

Кабели в траншее укладывают на подсыпку из песка или мягкого грунта, засыпают слоем мелкой земли без камней, строительного мусора и шлака, после чего кладут железобетонные плиты или кирпичи для защиты от механических повреждений (если это требуется) и засыпают обычной землей.

Кабели напряжением выше 1000 в должны быть защищены от механических повреждений, кабели же до 1000 в должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок).

Для компенсации температурных деформаций и возможных смещений почвы кабели в траншеях укладывают с запасом около 2% к общей длине трассы («змейкой»).

Способ прокладки кабеля стремятся выбрать таким, чтобы он был возможно прост и дешев, надежно предохранял кабели от тех воздействий среды, которые в данных условиях возможны (механические, химические, тепловые и др.), и чтобы кабели были доступны для осмотра, ремонта и замены.

Необходимо также, чтобы прокладку сети можно было выполнять индустриальным методом, т. е. чтобы большая часть монтаж-

ных работ выполнялась на заводе или в мастерской (заготовка блоков, отдельных узлов и т. д.).

Если принять за единицу стоимость прокладки одного километра кабеля в земляной траншее (включая и строительную часть), то относительная стоимость остальных видов прокладки соответствует данным табл. 16.

Относительная стоимость прокладки кабеля

Таблица 16

Способ прокладки	В траншее	На конструкциях	В канале	В туннеле	В блоках
Относительная стоимость	1	1,2	2,0	3,5	5,5

Таким образом, самым дешевым способом является прокладка в траншее, а самым дорогим — прокладка в туннелях и блоках.

В корпусах обогатительной фабрики кабели большей частью прокладываются по конструкциям. Этот способ прокладки сравнительно дешевый, а кабели достаточно защищены и доступны для осмотра и замены.

Устройство каналов в корпусах фабрики нежелательно, так как их будет часто заливать водой или пульпой. Кроме того, выполнить прокладку в каналах по всей фабрике невозможно из-за каскадного расположения оборудования.

В корпусах фабрики много двигателей расположено на площадках, и подвод к ним кабеля возможен только в металлических трубах, так как по Правилам устройства электроустановок кабелей, расположенные ниже 2,5 м от уровня пола, должны быть защищены от механических повреждений.

### Выбор сечения кабеля

Необходимое сечение жил кабеля до 1000 в обычно определяется по условию допустимого нагрева; в отдельных случаях выбранное сечение проверяют по экономической плотности тока. Допустимый нагрев жилы кабеля определяется температурой, допустимой для данного вида изоляции кабеля, а также температурой окружающей среды и условиями охлаждения кабеля.

Поэтому в таблицах допустимых нагрузок оговаривается та температура окружающей среды, для которой составлена таблица. Кроме того, имеются различные таблицы для прокладки кабелей в воздухе для температуры 25°C, в земле и в воде для температуры 15°C.

Если температура окружающей среды отличается от температуры, принятой в таблице, то вводят поправочные коэффициенты на допустимую токовую нагрузку.

Таблица 17

Кабели с алюминиевыми жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией, в свинцовой, полихлорвиниловой и резиновой оболочках, бронированные и небронированные

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, а				
	Кабели				
	одножильные	двухжильные		трехжильные	
		при прокладке			
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	395	310	440	270	385
210	465	—	—	—	—

Таблица 18

Кабели с алюминиевыми жилами, с бумажной пропитанной маслосланифольной и нестекающей массой изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, а					
	Кабели					
	одножильные до 1 кв	двухжильные до 1 кв	трехжильные			четырёхжильные до 1 кв
			до 3 кв	6 кв	10 кв	
2,5	—	35	31	—	—	—
4	60	46	42	—	—	38
6	80	60	55	—	—	46
10	110	80	75	60	—	65
16	135	110	90	80	75	90
25	160	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	—	380	340	310	345
240	675	—	440	390	355	—
300	770	—	—	—	—	—
400	940	—	—	—	—	—
500	1080	—	—	—	—	—
625	1170	—	—	—	—	—
800	1310	—	—	—	—	—

Таблица 19

Кабели с алюминиевыми жилами, с бумажной пропитанной маслохлоридной и нестекающей массой изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, а					
	одножильные до 1 кв	двухжильные до 1 кв	трехжильные			четырёхжильные до 1 кв
			до 3 кв	6 кв	10 кв	
2,5	31	23	22	—	—	—
4	42	31	29	—	—	27
6	55	42	35	—	—	35
10	75	55	46	42	—	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	—	290	250	235	260
240	470	—	330	290	270	—
300	555	—	—	—	—	—
400	675	—	—	—	—	—
500	785	—	—	—	—	—
625	910	—	—	—	—	—
800	1080	—	—	—	—	—

Следовательно, длительно допустимый ток для данного сечения кабеля не есть величина постоянная и одинаковая для всех проводов и кабелей, а зависит от типа изоляции и конструкции кабеля (от марки кабеля), способа прокладки и температуры окружающей среды.

В качестве иллюстрации приведены табл. 17, 18, 19.

Из сказанного также следует, что нельзя определить сечение кабеля, не выбрав его марки и не задавшись способом прокладки.

### Выбор марки кабеля

Выбор марки кабеля зависит от среды, в которой кабель должен работать. Среда больше всего действует на наружную оболочку кабеля или провода (химическое, тепловое воздействие, воздействие воды, воздуха, солнца) и изоляцию (сушит, смачивает, разъедает).

Рекомендации по применению проводов и кабелей даны в каталогах (см. табл. 15).

Во многих корпусах обогатительных фабрик идет мокрый технологический процесс, во флотационных и реагентных отделениях

имеются химические реагенты, а во всех корпусах периодически производится смыв пыли водой. Поэтому для них наиболее подходящими являются кабели с резиновой изоляцией в винилитовой оболочке или в оболочке из негорючей резины. Эти кабели не боятся воды, химических воздействий и масел.

В тех случаях, когда нужно иметь более прочную оболочку, принимают бронированные кабели марок АВРБГ и АНРБГ, а при прокладке в траншее — бронированные кабели с джутовой оплеткой марок АВРБ и ААБ.

## Защита сетей

Электрические сети фабрики защищают от токов короткого замыкания. Время действия и ток срабатывания защиты выбирают наименьшими, но такими, чтобы действие защиты было селективным.

Селективным называют такое действие, при котором поврежденный элемент отключается только ближайшим к месту повреждения выключателем, т. е. отключается только поврежденный участок, а все неповрежденные элементы остаются в работе.

Защита сетей напряжением до 1000 в выполняется установочными автоматами или плавкими предохранителями.

При выборе автоматов или плавких предохранителей нужно, чтобы их номинальный ток был не меньше расчетного тока сети, а ток срабатывания должен быть таким, чтобы защита не срабатывала от эксплуатационных толчков тока (от пусковых токов, при пиках технологической нагрузки, от допустимых перегрузок и т. п.).

Установочные автоматы с комбинированными расцепителями выбирают таким образом, чтобы номинальный ток комбинированного расцепителя не был меньше расчетного тока сети. При этом автомат не будет срабатывать и при эксплуатационных толчках, так как комбинированный расцепитель срабатывает с выдержкой времени, достаточной для обычных условий.

Автомат с электромагнитным расцепителем срабатывает мгновенно при достижении в цепи тока, равного току уставки расцепителя (отсечка).

Для того чтобы выбранный автомат защищал кабель, нужно, чтобы:

- 1) ток комбинированного расцепителя не превышал длительно допустимый ток кабеля;

- 2) уставка срабатывания тока электромагнитного расцепителя была больше длительно допустимого тока кабеля не более чем в 4,5 раза.

**Пример.** Кабель АНРГ сечением  $3 \times 6$  мм<sup>2</sup> проложен в воздухе и его длительно допустимый ток равен 32 а. Расчетный ток, протекающий по кабелю, 22 а. Для защиты правильно выбран автоматический выключатель А-3124 с комбинированным расцепителем 25 а, так как:

- 1) номинальный ток автомата 100 а больше расчетного тока цепи 22 а;
- 2) ток расцепителя 25 а больше расчетного тока цепи 22 а;
- 3) ток срабатывания расцепителя 25 а меньше длительно допустимого тока 32 а.

Автоматический выключатель А-3124 с электромагнитным расцепителем на номинальный ток 30 а и уставкой тока срабатывания 430 а не защищает кабель, хотя по остальным данным удовлетворяет требованиям, так как отношение тока срабатывания 430 а к длительно допустимому току 32 а равно около 12 при допустимом отношении 4,5.

При защите цепи предохранителями ток плавкой вставки выбирают равным:

а) для двигателей механизмов с малым временем разгона и при редких пусках (конвейеры, вентиляторы, насосы и др.)

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{п}}}{2,5},$$

где  $I_{\text{вст}}$  — ток плавкой вставки, а;

$I_{\text{п}}$  — пусковой ток двигателя, а;

б) для двигателей механизмов с большим временем разгона и при частых пусках (двигатели кранов):

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{п}}}{1,6 - 2,0}.$$

Пример. Электродвигатель типа АО62-4 мощностью 14 кВт, номинальный ток которого 19,7 а, пусковой ток  $6,5 \cdot 19,7 \approx 128$  а. Кабель прокладывается по конструкциям.

Выберем кабель АНРГ сечением  $3 \times 4$  мм<sup>2</sup>. Длительно допустимый ток этого кабеля 27 а.

Выбираем автомат А-3124 с номинальным током 100 а. Комбинированный расцепитель на 20 а.

Кабель защищается этим автоматом, так как ток срабатывания расцепителя 20 а меньше длительно допустимого тока на кабель 27 а.

При этом соблюдаются и остальные условия, а именно:

номинальный ток автомата 100 а больше расчетного тока 19,7 а;

ток расцепителя 20 а больше расчетного тока 19,7 а.

Если кабель защищать предохранителями ПР-2, то их надо выбрать на номинальный ток 60 а, а ток плавкой вставки

$$I_{\text{вст}} = \frac{128}{2,5} = 51 \text{ а.}$$

Берем ближайше по каталогу предохранители на 60 а.

Для того чтобы выбранный предохранитель защищал кабель, нужно, чтобы ток плавкой вставки не превышал длительно допустимый ток кабеля в 3 раза:

$$\frac{60}{27} = 2,2 < 3.$$

Таким образом, выбранная плавкая вставка защищает кабель.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Электрическое освещение создается светильниками, т. е. лампами с осветительной арматурой. Светильники объединяются в электрические группы. Каждая группа имеет отдельную сеть, начинающуюся на групповом осветительном щитке. На щитке каждая отходящая группа имеет выключатель и защитный аппарат (автомат или выключатель с предохранителем). Групповые щитки получают питание непосредственно от распределительного щита или через промежуточные распределительные щитки.

Все это, вместе взятое, называют осветительной установкой, которая делится на две части: светотехническую и электротехническую. К светотехнической части относятся источники света, осветительная арматура, величины освещенности, виды и системы освещения; к электротехнической части — источник питания, щитки, выполнение сетей, управление освещением.

В качестве источников света, как правило, применяются лампы накаливания. Люминесцентные лампы в корпусах обогатительных фабрик пока не нашли широкого применения, так как процессы обогащения почти не требуют цветового различия. Лишь во флотационных цехах обогатительных фабрик цветной металлургии требуется различать цвет и там применяют люминесцентные лампы. Их применяют также в диспетчерских и операторских помещениях, особенно в тех случаях, если нет естественного освещения.

Последнее время в основных пролетах фабрик при высоте 6 м и выше начинают применять ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью — ДРЛ. В этом случае можно получить высокую освещенность при малом числе и мощности светильников. В высоких помещениях применяют также зеркальные лампы, которые устанавливают в арматуре светильника «Глубокоизлучатель».

Существует много типов осветительной арматуры, все они являются устройством для подведения тока, перераспределения светового потока лампы в желаемом направлении, для защиты от спящего действия лампы и, наконец, для защиты лампы от окружающей среды.

Большинство помещений фабрики имеет неблагоприятную среду, например пыль, которая в ряде случаев сочетается с химическими примесями в атмосфере, местами с высокой температурой, очень часто с сыростью. При смыве полов и стен возможно попадание струи на светильник. Поэтому, строго говоря, ни один из существующих типов светильников не удовлетворяет условиям среды обогатительных фабрик.

Самыми подходящими были бы светильники по типу «Универсаль» и «Глубокоизлучатель» с уплотняющим стеклом, которые при организации массового выпуска должны широко применяться.

Сейчас на фабриках наиболее распространены следующие типы светильников:

1. «Универсаль» без затенителя — в пыльных и сырых помещениях. Отражатель у него обращен вниз, т. е. экранирован от оседания тяжелой пыли, имеет высокий к.п.д., дешев и удобен в эксплуатации. Применять его следует, начиная с высоты более 3 м при лампах 200 вт и с высоты более 4 м при лампах свыше 200 вт.

2. «Глубокоизлучатель» (подобен «Универсалу», но отражатель у него более глубокий, — при высоте больше 6 м.

3. Промышленный уплотненный ПУ-100 и ПУ-200 с лампами до 100 и 200 вт — в пыльных и сырых помещениях. Применяется в тех случаях, когда по условиям ограничения слепимости невозможно применить «Универсаль» (менее 3 м), а также при высоте подвеса ниже 2,5 м.

4. Фарфоровый полугерметический — во всех помещениях фабрик при малых освещенностях.

5. Плафоны герметические туннельные ПГТ — в галереях, туннелях, под площадками, в проходах между фундаментами (при высоте подвеса 2,5 м и ниже).

Оборудование фабрик большей частью громоздкое и расположено на разных отметках под разными углами. Поэтому светильники общего освещения располагают не равномерно по площади, а применительно к рабочим местам, т. е. локализованию, и система называется общей локализованной.

На ряде механизмов фабрики (в бункерах, на сбрасывающих тележках, на конвейерных весах, на подшипниках мельниц и т. д.) устраивают местное освещение, т. е. светильники устанавливают непосредственно на механизмах, которые создают дополнительную освещенность в требуемых местах.

При ремонтах и осмотрах пользуются переносными лампами пониженного напряжения 36 или 12 в. Поэтому на фабриках имеется сеть ремонтного освещения со штепсельными розетками, установленными вблизи оборудования.

Помимо основного рабочего освещения, имеется аварийное освещение для эвакуации людей. Светильники этого освещения должны освещать путь эвакуации при погасании рабочего освещения. Обычно светильники аварийного освещения включены все время и вместе со светильниками рабочего освещения создают требуемую освещенность.

По Правилам устройств электрических установок для аварийного освещения должны применяться светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, или же на них должны быть нанесены специальные знаки. Чаще всего применяются те же светильники, но окрашиваются в отличный от светильников рабочего освещения цвет.

Светильники аварийного освещения объединяются в отдельные группы и питаются с отдельных щитков аварийного освещения.

Подключены эти щитки к независимому источнику питания (другому трансформатору, вводу и т. п.).

Число светильников аварийного освещения и их местоположение определяется проектом из расчета минимальной освещенности по линиям основных проходов 0,3 лк.

В среднем число светильников аварийного освещения составляет порядка 5—10% от числа светильников рабочего освещения.

Освещенность помещений фабрики устанавливается нормами, которые определены в зависимости от характера работы и даются в соответствующих таблицах.

Для примера ниже приведены некоторые из этих норм освещенности лк

Отделения дробления и грохочения . . . . .	30
Отделения мельниц, классификаторов и флотационных машин . .	50
Отделение фильтрации . . . . .	50
Отделение электромагнитных сепараторов . . . . .	50
Диспетчерская, операторская . . . . .	75
Конвейерные галереи . . . . .	10
Склады (закрытые) . . . . .	5—10

Электротехническая часть осветительной установки обычно выполняется следующим образом.

Напряжение сети рабочего и аварийного освещения принимают 380/220 в, причем лампы включают между нулем и фазой, т. е. на напряжение 220 в.

Сеть ремонтного освещения выполняется напряжением 36 или 12 в через понижающие однофазные трансформаторы 220/36—12 в.

Как правило, питание рабочего и аварийного освещения осуществляется от трансформаторов общих с осветительной нагрузкой самостоятельными линиями с разных секций распределительных щитов подстанций. Эти линии, которые называют питающими, подходят или непосредственно к групповым или к распределительным щиткам, от которых питаются групповые щитки.

В качестве распределительных и групповых щитков применяют щитки завода ХЭМЗ типа ПР-9000 с различным числом и различной комбинацией установочных автоматов А-3000. Для небольших объектов применяют щитки типа ПОН-6 с выключателями и плавкими предохранителями.

Осветительные сети выполняют главным образом кабелями марки АВРГ или АНРГ, прокладываемыми по стенам и потолку на скобах.

В местах, где возможны механические повреждения и при прокладке ниже 2,5 м, а также все спуски и подъемы сети выполняют проводом марки АПРТО в стальных трубах. При перекидке между фермами сеть выполняют изолированным проводом АПР на изоляторах, а сети между колоннами и балками рекомендуется прокладывать кабелем АВРГ или АНРГ на тросе или стальной проволоке.

Управление освещением в основном производится со щитков, при этом осветительная нагрузка помещений, имеющих хорошее естественное освещение, группируется на одних щитках, а осветительная нагрузка помещений, не имеющих естественного освещения, — на других. Делается это для того, чтобы можно было в дневное время отключать вводной автомат щитка и гасить свет во всех помещениях с естественным светом.

В целях удобства обслуживания в крупных корпусах фабрики, имеющих много групповых щитков, удаленных друг от друга, предусматривают централизованное управление.

Для этого перед щитком устанавливают магнитные пускатели, контакторы и т. п. и управляют ими из одного пункта.

Освещением вспомогательных помещений (мастерские, подстанции, распределительные пункты и другие помещения, где люди находятся не все время) управляют местными выключателями.

## Глава XIII

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

#### § 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Надежность, экономичность и бесперебойность работы электрического оборудования зависит от условий его эксплуатации.

Под эксплуатацией понимают повседневный технический надзор и уход, а также текущий профилактический ремонт. При этом необходимо обеспечить работу электрооборудования при наименьших удельных расходах электроэнергии и с наименьшей затратой сил и материальных средств. Эксплуатацией электрооборудования занят специальный эксплуатационный персонал электриков фабрики, который делится на оперативный и ремонтный.

Оперативный персонал состоит из дежурных сменных электриков, которые включают и выключают электрические установки, осуществляют надзор и уход за электрооборудованием, устраняют мелкие неисправности в работе электрических устройств, т. е. обеспечивают нормальную работу электрооборудования в смене. Ремонтный персонал проводит средние и капитальные ремонты, ведет небольшой монтаж вновь устанавливаемого электрооборудования.

Обогатительные фабрики, как правило, входят в состав либо металлургического, либо горнообогатительного комбината; поэтому электрослужба фабрики является частью электрослужбы комбината.

Во главе энергетического хозяйства комбината стоит главный энергетик, который осуществляет техническое руководство эксплуатацией через своих заместителей и отдел главного энергетика

(ОГЭ). Одним из его заместителей является заместитель главного энергетика по электрической части.

В результате многолетней практики установились определенные формы эксплуатации электрохозяйства; наиболее часто электрические сети и подстанции эксплуатируются цехом сетей и подстанций, а электрические установки производственных цехов обслуживаются электрослужбами этих цехов.

Средний и капитальный ремонт электрооборудования производится электроремонтным цехом, а наладка, проверка, испытание и модернизация схем выполняются персоналом электротехнической лаборатории, имеющей в своем составе группы электропривода, грозозащиты и изоляции, релейной защиты и измерений.

В последние годы в связи с внедрением автоматизации стали создавать лаборатории автоматизации.

На обогатительных фабриках эксплуатацию электрохозяйства возглавляет главный электрик. Он подчинен или непосредственно главному энергетiku комбината, или главному энергетiku рудоуправления в зависимости от общей структуры управления.

Главный электрик фабрики осуществляет техническое руководство через старших электриков дробильного и обогатительного комплексов.

Обычно обогатительные фабрики работают в четыре смены. В каждой смене имеются дежурные электрики по каждому комплексу, а на крупных фабриках и по каждому корпусу.

В смене бывает 2—3 дежурных электрика, из которых один является старшим. В одну смену работает бригада электрослесарей-ремонтников в составе 8—10 человек.

Сети и подстанции фабрики обслуживает цех сетей и подстанций комбината, а средние и капитальные ремонты электрооборудования сетей и подстанций производит электроремонтный цех комбината.

## **§ 2. ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ ДЕЖУРНОГО ЭЛЕКТРИКА**

Дежурный электрик является лицом, ответственным за нормальную работу электрооборудования на обслуживаемом им участке. Технический надзор, уход и оперативное переключение проводятся дежурным в соответствии с действующими на данной фабрике эксплуатационными инструкциями. Инструкции составляются применительно к местным условиям на основе правил технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий.

Каждый дежурный, придя на дежурство, должен принять смену от предыдущего дежурного, а по окончании смены сдать ее новому дежурному. Уход с дежурства без сдачи смены запрещается. Также запрещается принимать и сдавать смену во время ликвидации аварии. Приемку и сдачу смены, сдающий и принимающий смену дежурные оформляют росписью в журнале.

При приемке смены дежурный должен ознакомиться с оперативными схемами, лично осмотреть все оборудование и проверить его работу, принять инструмент, материалы, ключи от помещений; прочесть все записи и распоряжения, сделанные за время, истекшее со своего предыдущего дежурства. Сдающий смену дежурный обязан сообщить об электрооборудовании, за которым надлежит установить особое наблюдение для предотвращения аварии.

Принявший дежурство должен сообщить старшему дежурному о вступлении на смену, а также о всех недостатках, замеченных при приемке смены.

Во время дежурства дежурный обязан не менее двух раз осмотреть помещения станций управления (ПСУ), посты управления и электродвигатели, обратить внимание на правильность режима работы, состояние и чистоту оборудования и помещений и устранить замеченные неполадки. Если немедленно устранить неполадки не представляется возможным, то дежурный должен сделать соответствующие записи в журнале. При обнаружении недопустимой перегрузки двигателей, кабелей и ненормальных условий работы аппаратуры, могущих вызвать аварию, дежурный обязан потребовать остановки технологического агрегата для устранения причины его ненормальной работы, а в некоторых особо угрожающих случаях — отключить действующее оборудование.

С введением на фабрике диспетчерского автоматизированного управления сложность обслуживания возрастает, дежурные должны хорошо знать схему управления ПТС, быстро находить и устранять в ней неисправности.

### **§ 3. ПРОВЕРКА ЗНАНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА**

В соответствии с Правилами технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий периодически, не реже одного раза в год, эксплуатационный персонал подвергается проверке знаний этих «Правил».

Проверка знаний индивидуально каждого работника производится квалифицированными комиссиями. Результаты проверки оформляются в специальном журнале с указанием оценки. Прошедшему проверку присваиваются квалификационные группы II—V и выдается удостоверение на право работы на данной электроустановке.

Раз в два года работающие на электроустановке (а также все поступающие на работу по эксплуатации) обязаны пройти медицинский осмотр для установления возможности допуска их к работе по эксплуатации данной установки.

Весь дежурный персонал, непосредственно обслуживающий электроустановки, обязан знать необходимые правила технической эксплуатации и безопасности; в объеме, соответствующем его квалификации, должен быть ознакомлен с обслуживаемым обо-

рудованиисм, аппаратурой, схемой питания и т. д., иметь отчетливое представление об опасностях и мерах предупреждения несчастных случаев; уметь оказать первую помощь при поражении электрическим током и производственных травмах; уметь пользоваться средствами тушения пожара.

#### § 4. НАБЛЮДЕНИЕ И УХОД ЗА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕМ

##### Электродвигатели

При осмотре двигателя дежурный электрик должен проверить, нормально ли число оборотов двигателя, не шумят ли подшипники, не искрят ли щетки, нет ли в двигателе ненормального гудения, вращаются ли смазочные кольца в подшипниках и захватывают ли они масло, не нагревается ли двигатель и нормальна ли его нагрузка.

Число оборотов двигателя можно определить специальным прибором — тахометром, который покажет действительное число оборотов в минуту, или с помощью неоновых указателей мощности (НУМ), о котором будет сказано ниже.

Температуру двигателя и отдельных частей его можно грубо проверить рукой, а точнее — путем замера ртутными или спиртовыми термометрами, которые прикладывают к доступным частям двигателя, или методом сопротивления.

Измерение температуры стали, лобовых частей обмоток, контактных колец, коллекторов и подшипников можно произвести термометром. При этом для лучшей передачи тепла шарик термометра обертывают 2—3 слоями фольги, а с наружной стороны прикрывают куском асбеста, ватой или войлоком. Измерение температуры обмоток большей частью производят методом сопротивления. Этот метод основан на законе Ома, по которому

$$R = \frac{U}{I},$$

т. е., если пропустить постоянный ток через обмотку, сопротивление которой мы хотим измерить, и замерить величины этого тока и приложенного напряжения, по закону Ома можно определить величину сопротивления.

Для получения более точных данных обычно учитывают сопротивление амперметра или вольтметра в зависимости от схемы включения, а именно: если вольтметр был включен непосредственно на концы обмотки, то

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_в}},$$

где  $R_в$  — внутреннее сопротивление вольтметра.

Если же вольтметр был включен одним зажимом на конец измеряемой обмотки, а другим на зажим амперметра, включенного последовательно с обмоткой, то

$$R = \frac{U}{I} - R_a,$$

где  $R_a$  — внутреннее сопротивление амперметра.

Известно, что при нагревании сопротивление проводников постоянному току увеличивается пропорционально температуре. Поэтому, если сопротивление обмотки, выполненной из меди, было при температуре  $t_1$  равно  $R_1$  (например, сопротивление в «холодном» состоянии), при температуре  $t_2$  оно будет  $R_2$ , причем зависимость между  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $R_1$  и  $R_2$  выражается формулой

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_2 + 235}{t_1 + 235}.$$

Превышение температуры обмотки над температурой окружающего воздуха определяют по формуле

$$T = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) - (t_0 - t_1),$$

где  $t_0$  — температура окружающего воздуха, °С.

Температура обмотки будет

$$T_2 = t_0 + T.$$

Сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  можно определить по схеме амперметра и вольтметра либо с помощью мостика.

У крупных двигателей, например у двигателей дробилок, в обмотки и подшипники закладываются термодатчики, которые через переключатель подключают к логометрам, устанавливаемым на щите или пульте. Допустимые значения температур для различных частей машины зависят от класса изоляции и приводятся в эксплуатационных инструкциях.

Нагрузка двигателя проще всего контролируется по амперметру, если он установлен; в противном случае загрузку двигателя удобно определять с помощью неонového указателя мощности (НУМ), состоящего из неоновой лампочки и секундомера.

На свободный конец вала двигателя наклеивается полоска белой бумаги с нанесенной на ней тушью чертой шириной 2—3 мм. Пучок света от неоновой лампочки, заключенной в светонепроницаемую трубку с одним открытым концом, направляют на торец с наклеенной бумажкой. Сосчитав количество теней наклейки, пробежавших за какой-либо отрезок времени, определяют скольжение двигателя, а по нему нагрузку.

**Пример.** Определить фактическую нагрузку двигателя с номинальной мощностью  $P_{н}=4,5$  квт и скоростью вращения  $n=1460$  об/мин, если на экрале шейки вала тень наклейки пробежала 4 раза за 4,2 сек.

Фактическое скольжение

$$s_p = \frac{4 \cdot 60}{2 \cdot 4,2} = 29,2 \text{ об/мин,}$$

где 2 — число пар полюсов.

Номинальное скольжение

$$s_n = 1500 - 1460 = 40 \text{ об/мин.}$$

Фактическая нагрузка двигателя

$$P_p = P_n \frac{s_p}{s_n} = 4,5 \cdot \frac{29,2}{40} = 3,3 \text{ квт.}$$

При осмотре подшипников скольжения следует обращать внимание на то, чтобы уплотнение подшипника было хорошее, не было масляных подтеков, так как во время вращения ротора масло может подсасываться на обмотки машин.

Следует также обращать внимание на скорость вращения смазочных колец. При работе двигателя не должно быть разбрызгивания масла и образования на его поверхности обильной пены; это говорит о том, что масла слишком мало или что кольца вращаются с большой скоростью. Для устранения этого нужно поддерживать нормальный уровень масла и подбирать кольца соответственно размерам вала и скорости вращения. Если кольца вращаются медленно, то это значит, что в подшипник набилась грязь и кольца заедает. Необходимо следить за уровнем масла, доливать его и периодически менять полностью.

Перед заливкой или доливкой масла в подшипник нужно открыть контрольное отверстие, которое обычно закрыто пробкой. Когда уровень масла будет нормальным, масло покажется в контрольном отверстии.

Если контрольного отверстия нет, то масло нужно заливать с таким расчетом, чтобы его уровень был на 5—15 мм ниже вала. Доливать масло приходится примерно один-два раза в неделю.

Полную замену масла с промывкой подшипников стараются производить во время профилактических ремонтов (1 раз в полгода).

В шарико- и роликоподшипниках смазка густая и добавлять ее приходится, если подшипник слишком нагревается. Смену смазки в этих подшипниках производят примерно один раз в год.

Искрение на коллекторе машины постоянного тока бывает по двум причинам: механическим и электромагнитным.

В первом случае причиной искрения может быть неровность коллектора (выступающие пластины или слюда между ними), неравномерность нажатия пружин на щетки, дрожание щеток и т. п. Искры отличаются значительной длиной и имеют желтый цвет.

При увеличении нажатия на щетку искрение ослабевает. Увеличение числа оборотов приводит к резкому искрению.

Во втором случае причиной искрения является неудовлетворительная коммутация и требуется менять положение щеточной траверсы или регулировать поток дополнительных полюсов. В данном случае искры располагаются под щетками и имеют синий цвет. Искрение зависит от нагрузки (с увеличением нагрузки растет) и не зависит от числа оборотов. С увеличением нажатия на щетку искрение усиливается.

Искрение на контактных кольцах двигателей переменного тока встречается реже и может быть только по причинам механического характера.

Слюда между пластинами должна быть удалена на глубину 1—2 мм — «продорожена» с помощью специальной ножовки или фрезы. После продороживания коллектор необходимо отшлифовать стеклянной (но не наждачной) бумагой. Коллектор шлифуют в случае его загрязнения, устраняя неровности и шероховатости. После шлифовки коллектор тщательно очищают и продувают. Коллектор надлежит регулярно чистить, особенно в пазах, гетинаксовыми или текстолитовыми (но не металлическими) пластинами, а затем протирать сухой тряпкой. Если на поверхности коллектора появился слой жира, то его следует снять тряпочкой, смоченной в бензине. Щетки должны быть пришлифованы к коллектору.

Перед пуском электродвигателя после длительной остановки или при установке после ремонта необходимо его тщательно осмотреть, проверить правильность включения, замерить сопротивление обмоток и сопротивление изоляции.

Выводные концы статорной обмотки двигателей переменного тока обозначают:  $C_1, C_2, C_3$  — начала трехфазной обмотки;  $C_4, C_5, C_6$  — концы трехфазной обмотки.

При включении обмотки в звезду концы  $C_4, C_5, C_6$  нужно соединить вместе, а к концам  $C_1, C_2, C_3$  подключить три фазы сети.

Если нужно включить обмотки в треугольник, то нужно соединить концы  $C_1$  и  $C_6$ ;  $C_2$  и  $C_4$ ;  $C_3$  и  $C_5$  и затем к этим соединенным концам подключить трехфазную сеть.

Выводные концы машин постоянного тока маркируют следующим образом:  $C_1$  и  $C_2$  — начало и конец последовательной (серийной) обмотки;  $Ш_1$  и  $Ш_2$  — начало и конец параллельной (шунтовой) обмотки;  $Я_1$  — конец от обмотки якоря;  $Я_2$  (иногда  $Д_2$ ) — конец от добавочных полюсов.

В практике бывают случаи неправильной маркировки концов или вообще маркировка отсутствует. В этом случае прежде всего определяют концы обмоток каждой фазы прозвонкой мегером, индуктором или при помощи пробника. Далее определяют полярность, т. е. начала и концы обмоток.

Если у машины выведены шесть концов, то это наиболее просто делается индуктивным методом, который заключается в следую-

щем. Выводы двух обмоток произвольно соединяют между собой, к двум другим выводам этих обмоток подключают лампу или вольтметр. К выводам оставшейся третьей обмотки подводят переменный ток напряжением 127—220 в.

Если лампа горит или вольтметр показывает напряжение, это значит, что они подключены к зажимам разной полярности, т. е. к началу одной и к концу другой обмотки. Если же лампа не горит, то обмотка подключена к зажимам одинаковой полярности. Последовательным повторением опыта с другими обмотками определяются все начала и все концы.

Если на клеммную доску выведены только три конца, то правильность внутренних соединений проверяют так: к двум любым выводам подводят переменный ток пониженного напряжения, затем вольтметром замеряют напряжение между третьим выводом и каждым из выводов, подключенных к источнику тока. Если соединение обмоток выполнено правильно, то показания вольтметра в обоих случаях будет одинаково и равно половине приложенного напряжения.

Для того чтобы при этом опыте токи не были слишком большими, как уже говорилось раньше, нужно подводить пониженное напряжение, а цепь ротора у двигателей с контактными кольцами — размыкать.

У машин постоянного тока из-за неправильного соединения обмоток могут быть: неправильное чередование главных и дополнительных полюсов и несогласование полярности их. У генераторов по направлению вращения за главным полюсом должен следовать дополнительный противоположной полярности, у двигателей — той же полярности.

Полярность полюсов можно определить при помощи магнитной стрелки, подвешенной на нити, поднося ее поочередно к каждому полюсу.

Испытание нужно проводить отдельно для последовательной и параллельной обмоток, а также для обмотки дополнительных полюсов.

При опыте нужно следить, чтобы магнитная стрелка не перемагнитилась (лучше повторить опыт дважды).

У двигателей смешанного возбуждения нужно проверить согласованность включения обмоток. Делается это также с помощью магнитной стрелки при поочередном включении обмоток. При согласованном включении обмоток полярность главных полюсов в обоих случаях будет одинаковой.

Часто бывает необходимо определить положение нейтрали у машин постоянного тока. Наиболее просто это можно сделать индуктивным способом при неподвижной машине. К зажимам якоря подключают милливольтметр, лучше с нулем посередине шкалы. Обмотку возбуждения подключают к источнику постоянного тока 2—4 в. Траверсу со щетками перемещают до тех пор, пока при

включении и отключении тока в обмотке возбуждения вольтметр не будет реагировать.

Целесообразно проверку нейтралли производить несколько раз при различных положениях якоря.

## Электрическая аппаратура

Почти вся аппаратура управления электродвигателями на обогатительных фабриках размещается в специальных помещениях станций управления (ПСУ). Большинство этой аппаратуры выполнено в виде блоков и станций управления. Как правило, блоки и станции управления включают: автоматы, рубильники, контакторы, магнитные пускатели, переключатели, реле, сопротивления, конденсаторы, а также измерительные приборы.

Рассмотрим, на что следует обращать внимание при осмотрах сборок ПСУ. Основным коммутационным аппаратом является контактор, а в самом контакторе — его контакты.

При осмотре контактора прежде всего следует обращать внимание на состояние его контактов. В случае загрязнения или подгорания их следует зачистить бархатным напильником, предварительно сняв напряжение. При зачистке контакта нужно сохранять его профиль и снимать как можно меньше металла. Смазка контактов не допускается. Они должны быть сухими.

Периодически нужно проверять основные параметры: провал и нажатие контактов. Раствором называется кратчайшее расстояние между контактами при разомкнутом их положении. Провалом называется расстояние, на которое может переместиться под действием пружины подвижной контакт при удаленном неподвижном. Различают два вида нажатий; начальное нажатие — усилие, создаваемое контактной пружиной в точке первоначального касания контактов; конечное нажатие — усилие, от контактной пружины в точке конечного касания контактов при полностью включенном контакте.

При осмотре контакторов необходимо проверять отсутствие перекосов в контактной системе, а в многополюсных — одновременность касания.

Необходимо следить за тем, чтобы дугогасительная камера хорошо прилегала к рогу неподвижного контакта.

У контакторов переменного тока необходимо следить за магнитной системой. Если контактор сильно гудит, то его нужно отключить и устранить неисправность. Проверяют плоскость соприкосновения половинок магнита, отсутствие на них коррозии, целостность короткозамкнутого витка и точность пригонки поверхностей. Из-за неплотности прилегания ярма и якоря магнитной системы часто сгорают втягивающие катушки контакторов.

У автоматов также проверяется состояние контактов, заменяются обгоревшие, регулируется нажатие пружин. После каждого отключения короткого замыкания автомат нужно осмотреть и за-

чистить контакты. Реле должны содержаться в чистоте, подвижные части их должны ходить без заеданий.

Полная ревизия реле и регулировка уставок производятся одновременно с ревизией установки. При осмотре сборок с аппаратурой нужно обращать внимание на плотность контактных соединений, целостность изоляторов и изоляции.

Для удаления пыли необходимо периодически производить обдувку отключенного оборудования. Нельзя обдувать холодным и влажным воздухом, так как возможная конденсация влаги может вызвать пробой обмотки.

## Электроосветительные установки

Электроосветительные установки — щитки, сеть, светильники — на обогатительных фабриках находятся в неблагоприятных условиях вследствие большой запыленности среды, высокой температуры и повышенной влажности.

Осветительную установку содержат в таком состоянии, чтобы она обеспечивала необходимую освещенность. Профилактические осмотры должны проводиться не реже одного-двух раз в месяц. Следует своевременно заменять перегоревшие лампы, периодически чистить и протирать осветительную арматуру (не реже одного раза в неделю). Желательно также периодически производить побелку помещений и очистку стен и потолков.

Персонал должен следить за исправностью переносных ламп ремонтного освещения (12 и 36 в), правильно присоединять патроны к сети: резьбу — к нулевому проводу, а контакт — через выключатель к фазе.

Осветительная сеть должна иметь исправную изоляцию, измерение величины которой нужно производить не менее двух раз в год. Также должна быть обеспечена пожарная безопасность, что достигается исправностью изоляции и правильной установкой плавких вставок и расцепителей автоматов.

Величины вставок и уставок расцепителей автоматов нужно выбирать по таблицам «Правил устройства электроустановок» для данного сечения, марки и способа прокладки проводов. Весьма существенным в работе осветительной установки является постоянство напряжения в сети.

Световая отдача лампы в сильной степени зависит от величины приложенного к ней напряжения, при понижении напряжения резко уменьшается световая отдача. Нормами допускается снижение напряжения у наиболее удаленной лампы до 2,5% от номинального.

Следует периодически производить замер напряжения в отдельных точках сети и в конце магистральных линий в часы максимума нагрузки. Если падение напряжения окажется больше допустимого, то нужно либо поднять напряжение на трансформаторе, либо перераспределить нагрузку по осветительным группам.

Повышение напряжения на величину более 2,5% от номинального также недопустимо, так как в этом случае лампа работает с «перекалом» и резко сокращается срок ее службы. Так, при повышении напряжения на 5% срок службы лампы сокращается примерно в два раза.

## § 5. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Основная задача эксплуатации — поддержание электрооборудования в исправном состоянии. Мелкие неисправности нужно исправлять немедленно, не допуская перехода их в крупные. Например, если изменился зазор между статором и ротором из-за износа подшипников, можно заменить вкладыши. Однако если этого своевременно не сделать, может произойти задевание ротора за статор и повредится обмотка и сердечник. В этом случае требуется капитальный ремонт двигателя.

Если искрят щетки коллектора, то устранить это можно, притерев щетки, увеличив нажатие, почистив коллектор и т. п. При невыполнении этих мероприятий может появиться круговой огонь и потребуются проточка коллектора. Подобных примеров можно привести много.

При полном износе некоторых узлов оборудования их нужно или восстановить, или заменить, т. е. произвести капитальный ремонт. На всех наших предприятиях, в том числе и на обогащательных фабриках, принята система планово-предупредительных ремонтов (ППР). По этой системе ремонты электрооборудования проводятся планово по заранее определенным объемам. Непредвиденные (аварийные) остановки оборудования в этом случае сводятся к минимуму, благодаря чему не происходит нарушения ритмичной работы предприятия.

Ремонт электрооборудования по системе ППР проводится в три стадии:

- а) плановый осмотр;
- б) текущий ремонт;
- в) капитальный ремонт.

Под плановым осмотром понимается ремонт электрооборудования без его разборки. При плановом ремонте проверяется состояние отдельных элементов электрооборудования, производится общая чистка и замена мелких деталей.

Одновременно при плановых осмотрах выявляется необходимость в ремонтах отдельных деталей и целых объектов электрооборудования. Выявляется потребность в остановке оборудования, устанавливаются сроки и объем ремонта. Плановый осмотр производят на месте установки.

При текущем ремонте устраняются все неисправности, обнаруженные при плановых осмотрах, а также производится ремонт

тех узлов, которые в соответствии с графиком подлежат профилактическому ремонту.

Текущий ремонт является основным видом ремонта, поддерживающим работоспособное состояние оборудования до тех пор, пока из-за износа оно не выйдет в капитальный ремонт.

Текущий ремонт сопровождается, как правило, разборкой оборудования и производится как на месте установки оборудования, так и в электроремонтном цехе.

Капитальный ремонт, как и все остальные ремонты, производится в сроки и в объеме, установленные графиком.

Эти сроки и объемы определяются или по статистическим данным срока службы отдельных деталей и всего электрооборудования, или на основании плановых осмотров, текущих ремонтов и испытаний.

В объем капитального ремонта входят:

- а) полная разборка оборудования;
- б) замена всех изношенных узлов и деталей;
- в) полное или частичное обновление основных элементов электрооборудования

Обычно капитальный ремонт производят в электроремонтном цехе.

На примере асинхронного двигателя рассмотрим объемы работ по каждому из видов ремонта.

### *Плановый осмотр*

1. Отключение автомата и разрыв цепи управления аварийным выключателем, чтобы электродвигатель случайно не мог оказаться включенным.

2. Осмотр крепления электродвигателя и крепящих болтов на крышке.

3. Проверка плотности посадки шкива или шестерни и просмотр износа зубьев.

4. Просмотр щеткоподъемного механизма и проверка одновременности опускания щеток на кольца.

5. Просмотр подшипников — проверка вращения смазочных колец, уровня и сорта масла.

6. Осмотр доступных частей обмотки ротора — проверка отсутствия задевания ротора за статор, проверка крепления выводов роторной обмотки у контактных колец.

7. Осмотр лобовых частей обмотки статора, крепление выводов.

8. Проверка плотности контактов подводящих проводов.

9. Проверка исправности заземления.

10. Проверка воздушного зазора щупом.

11. Полная чистка доступных частей двигателя.

### *Текущий ремонт*

1. Разборка двигателя.
2. Продувка вентиляционных каналов, обтирка статора и ротора.
3. Покрытие обмоток лаком и сушка их (при необходимости).
4. Промывка подшипников, а в случае надобности замена их.
5. Сборка двигателя.
6. Проверка воздушного зазора.
7. В двигателе с фазным ротором — чистка колец, подгонка щеток и т. д.
8. Проверка исправности заземления.

Помимо перечисленных пунктов в состав текущего ремонта входит устранение неполадок, выявленных при плановом осмотре.

### *Капитальный ремонт*

1. Полная перемотка статора.
2. Полная перемотка ротора.
3. Смена вала двигателя.
4. Высверливание стержней короткозамкнутой обмотки из пазов ротора и замена их новыми с заливкой алюминием новой обмотки (стержней и колец).
5. Замена контактных колец и щеткодержателей.

## **Содержание ремонтов магнитных пускателей**

### *Планный осмотр*

1. Проверка плотности контактов пускателя.
2. Проверка плотности сблоченных контактов.
3. Осмотр размыкающихся контактов, при надобности замена их.
4. Осмотр наружного состояния катушки.
5. Проверка соответствия тепловых вставок.
6. Проверка действия механизма.
7. Проверка натяжения пружин.
8. Осмотр и проверка кнопочного устройства.
9. Проверка заземления кожуха.
10. Чистка пускателя.

### *Текущий ремонт*

1. Разборка пускателя и чистка деталей.
2. Чистка контактов и замена сильно подгоревших.
3. Смена катушки (в случае неисправности).
4. Проверка работы механизма и смена износившихся частей.
5. Сборка пускателя.

6. Чистка кнопочного устройства и замена поврежденных частей.
7. Осмотр и исправление подводки к пускателью.
8. Проверка заземления кожуха.

### *Содержание работ по проверке и регулировке магнитных пускателей*

1. Проверка вертикального расположения пускателя (отклонение должно быть не больше  $5^\circ$ ).
2. Проверка расположения нижнего конца биметаллической пластинки на уровне конца рычага.
3. Проверка легкости хода пускателя при включении его рукой.
4. Проверка нажатия контактов (при слабом — контакты греются, а при сильном — магнитная система полностью не замыкается и сгорит катушка).
5. Проверка включения пускателя при напряжении 85% от номинального.
6. Проверка минимального напряжения, при котором пускатель надежно удерживается во включенном положении.
7. Проверка действия нулевой защиты.
8. Проверка соответствия характеристик теплового реле паспортным данным (зависимость времени отключения от отключающей величины тока).

Перед началом и после окончания планового осмотра и текущего ремонта производят измерение сопротивления изоляции электродвигателей и аппаратуры при помощи мегомметра.

В условиях обогатительных фабрик плановые осмотры двигателей проводятся: для открытых двигателей — 1 раз в 6 дней, для закрытых — 6 раз в год.

Текущие ремонты двигателей проводятся для открытых двигателей от 4 до 5 раз в год, для закрытых двигателей — 1—2 раза в год.

## **§ 6. РЕМОНТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **Определение и устранение неисправностей**

Для того чтобы отремонтировать двигатель, нужно знать его неисправности. В ремонтной практике определение неисправностей (дефектов) называется дефектировкой.

Двигатель осматривают, испытывают и результаты осмотра записывают в «дефектную» ведомость. В дальнейшем, руководствуясь этой ведомостью, проводят ремонт двигателя.

Неисправности электродвигателя могут быть трех видов: механические, электрические и магнитные.

Чаще всего механические неисправности заключаются в нарушении работы подшипников, поломках щеткодержателей, биении колец, разрыве бандажей, прогибе валов и т. п.

К электрическим неисправностям относятся: пробой изоляции на корпус, витковые замыкания, замыкания между фазами, нарушение контактов, обгорание колец и т. д. К магнитным неисправностям относится нарушение изоляции между листами сердечника, в результате чего получается сильный нагрев железа.

Рассмотрим ряд ненормальных явлений в двигателях, причины, которые могут их вызвать и способы их устранения:

1. Двигатель не идет в ход вхолостую.

Возможные причины:

а) обрыв питающей сети; измерить напряжения на зажимах двигателя между всеми тремя фазами;

б) обрыв одной фазы статорной обмотки при включении звездой; проверить токи в каждой фазе, они должны быть примерно одинаковы;

в) обрыв или слабый контакт в цепи ротора;

г) притягивание ротора к статору вследствие чрезмерного износа подшипников; отключить двигатель от сети, повернуть ротор рукой, замерить зазор между ротором и статором в нескольких точках.

2. Двигатель не вращается под нагрузкой (не берет с места или останавливается с увеличением нагрузки).

Возможные причины:

а) пониженное напряжение в сети; измерить;

б) обрыв фазы статорной обмотки при включении в треугольник; измерить линейные токи, которые должны быть примерно одинаковы;

в) междувитковые замыкания в статорной обмотке; измерить линейные токи;

г) неправильная схема статора: вместо треугольника соединение в звезду или одна фаза звезды перевернута.

3. При пуске или во время работы двигателя из зазора между статором и ротором появились искры и дым.

Возможные причины:

а) задевание ротора за статор; проверить вкладыши подшипников, замерить зазор в нескольких точках;

б) обгорание пыли; продуть.

4. При пуске двигателя срабатывает максимальная защита.

Возможные причины:

а) короткое замыкание в кабеле или двигателе;

б) неправильная уставка защиты, мала уставка тока или мала выдержка времени.

5. При работе двигателя изменился шум, ток возрос или упал до нуля.

Возможная причина: обрыв фазы статора (сгорел предохранитель, нарушился контакт).

6. При работе двигателя наблюдаются периодические колебания тока статора.

Возможные причины:

а) нарушение контакта в короткозамыкающем устройстве (для двигателей с фазным ротором);

б) нарушение контакта в реостате;

в) нарушение контакта в обмотке ротора.

7. Повышенный нагрев статора. Ток — нормальный.

Возможная причина: нет вентиляции, закрыта задвижка подвода воздуха.

8. Чрезмерное нагревание подшипников.

Возможные причины:

а) плохая смазка — мало масла, слишком густое, грязное масло или в него попала вода;

б) смазочное кольцо не подает масло — заклинилось; если кольцо стальное, то возможно магнитное прилипание к валу; в этом случае заменить кольцо на бронзовое или латунное;

в) искривилась шейка вала; проверить индикатором;

г) слишком сильно натянут ремень или слишком затянуты крышки подшипников;

д) перекос подшипников;

е) шероховатость вкладыша или шейки вала; пришабрить;

ж) вибрация от плохой центровки или неравномерной работы пальцев эластичной муфты;

з) слишком наполнены камеры шарико- и роликоподшипников густой смазкой;

и) заклинивание шарико- и роликоподшипников при удалении вала от нагревания; ослабить посадку подшипников.

9. Вытекание и разбрызгивание масла из подшипников.

Возможные причины:

а) масло залито выше уровня маслоуказателя;

б) канавки и отверстия для стока масла загрязнены;

в) масло засасывается внутрь машины разрежением, создаваемым вентилятором, усилить уплотнение между головкой подшипника и валом или просверлить несколько отверстий в торцевой части подшипникового щита;

г) слишком легкое смазочное кольцо — много подает масла.

10. Сильная вибрация.

Возможные причины:

а) нарушилась центровка двигателя и приводимого механизма;

б) нарушилась балансировка агрегата;

в) ослабла затяжка фундаментных болтов;

г) недостаточна жесткость рамы или плиты;

д) повреждение механизма (задевание подвижной части о неподвижную, повреждение шарико- и роликоподшипников).

11. Искрение на кольцах.

Возможные причины:

а) недостаточно пришлифованы щетки;

- б) неравномерное нажатие на щетки;
- в) неровная поверхность контактных колец;
- г) загрязнены поверхности колец или щеток;
- д) большое радиальное биение колец;
- е) перегрузка щеток по току;
- ж) распайка хомутиков в обмотке ротора.

12. Нагреваются контактные кольца, обоймы и пальцы щеткодержателей.

Возможные причины:

- а) велико нажатие на щетки;
- б) плохой контакт между щеткой и щеткодержателем, щетки несоответствующей марки.

## Разборка и сборка

Электродвигатель отсоединяют прежде всего от подводящих проводов, а затем от приводимого механизма, разъединяют полумуфты, снимают полумуфты и разбирают сам двигатель. Снимают колпак контактных колец и отсоединяют проводники, идущие к пусковому реостату. Отвертывают болты, крепящие чашку с укрепленными на ней щеткодержателями, поднимают щетки и снимают чашку. Далее снимают подшипниковые щиты, предварительно отвернув крепящие болты. Вынимают ротор из статора. Снимают с вала роликовый подшипник при помощи винтовой стяжки.

Если ремонт контактных колец не требуется, то на этом разборка заканчивается. Если же ремонт колец необходим, то контактные кольца снимают с вала, а затем стягивают и шариковый подшипник. Сборка двигателя производится в обратном порядке.

## Ремонт железа статора и ротора

Чаще всего встречающиеся неисправности в железе — это чрезмерный нагрев, ослабление прессовки, распушение и поломка зубцов.

Нарушение изоляции в отдельных местах вызывает увеличение вихревых токов, железо начинает перегреваться и нарушается остальная изоляция. Это особенно сильно наблюдается в тех машинах, где изоляция листов выполнена путем наклейки бумаги. При повышении температуры бумага обугливается и выпадает. Нагрев сердечника может также происходить вследствие замыкания листов заусеницами, оставшимися после штамповки или появившимися во время расточки статора и опиловки пазов.

Ослабление прессовки может появиться от выпадения листов бумаги после ее обугливания, а кроме того, вследствие вибрации железа ротора.

Особенно часто деформируются зубцы статора и ротора, при этом они распушаются и образуют «веер». Отогнутые зубцы могут

повредить изоляцию обмотки, а «веер» зубцов в вентиляционном канале уменьшает его сечение, чем ухудшает охлаждение машины.

Для уменьшения «веера» крайние листы ставят утолщенными, а в некоторых случаях применяют нажимные пальцы, которые ставят между торцом сердечника и нажимной шайбой.

Поломка зубцов в одном или нескольких листах происходит вследствие вибрации или механических повреждений.

Устранение этих неисправностей может быть выполнено либо с выемкой обмотки, либо без выемки, что решается в каждом отдельном случае.

Изоляцию листов сейчас делают путем двусторонней лакировки. Заусеницы нужно устранять или хотя бы укладывать листы таким образом, чтобы заусеницы были в одну сторону.

Если обмотка была снята, то после ремонта железо следует испытать на нагрев вихревыми токами. Для этого на статор или ротор наматывают несколько витков гибкого кабеля и пропускают переменный ток.

Если поврежденные места остались, то они будут греться; если температура после 80 мин испытания поднимется до 45 °С, то сердечник нужно разобрать и еще раз выполнить лакировку листов.

Отломанные зубцы на листах восстанавливают, вырубая их из листа фибры и наклеивая бакелитовым лаком на место отломанного зубца.

## Ремонт обмоток

Неисправности обмоток чаще всего заключаются в нарушении изоляции и соединений в обмотке.

У каждого неисправного двигателя прежде всего необходимо проверить правильность соединения обмоток, для чего требуется определить маркировку выводов, т. е. начала и концы обмоток. Если маркировка правильная, но двигатель работает ненормально, нужно проверить соединение катушек с помощью магнитной стрелки.

При ремонте обмоток, восстановлении соединений и изоляции следует помнить, что пыль, грязь, металлические стружки, попадая на изоляцию, резко снижают ее качество.

Поэтому при пайке нельзя пользоваться кислотой, наждачной шкуркой, а нужно употреблять канифоль и стеклянную шкурку.

Для восстановления нарушенной изоляции применяются электронизоляционные материалы, соответствующие как по теплоустойкости, так и по электрической прочности всей остальной электронизоляции машины, т. е. электронизоляционные материалы должны быть одного класса.

## Ремонт контактных колец и короткозамыкателей

К неисправностям, которые чаще всего встречаются, относятся: замыкание между кольцами, выгорание контактных шин или шпилек, нарушение механизма замыкания колец накоротко.

Замыкание между кольцами иногда происходит от оседания щеточной пыли между кольцами или вследствие пробоя изоляции.

В первом случае достаточно простой чистки, а во втором — приходится снимать кольца и менять изоляцию.

Выгоревшие шины и шпильки заменяют новыми и приваривают к кольцам.

В механизме замыкания колец чаще всего приходится менять обгоревшие контакты и сработанные сухарьки ухватика, которые входят в выточку кольца и водят его вдоль вала.

### Испытание после ремонта

Для проверки электрических и механических данных каждый двигатель, прошедший ремонт, подвергается испытаниям, программа которых зависит от вида произведенного ремонта.

Асинхронные двигатели мощностью до 100 кВт и напряжением до 500 в проходят следующие испытания: внешний осмотр; измерение сопротивления изоляции между фазами и относительно корпуса; проверку электрической прочности изоляции; измерение электрического сопротивления обмотки и опыт холостого хода. В некоторых случаях проводят также испытание двигателя под нагрузкой (например, при перемотке двигателя на другое напряжение или другое число оборотов).

При внешнем осмотре обращают внимание на качество чистки, окраски, на надежность болтовых соединений, наличие всех деталей, состояние выводных зажимов и прочность пайки; измеряют зазор между статором и ротором, проверяют поверхность контактных колец, работу щеткодержателей, притирку щеток и т. п.

Сопротивление изоляции измеряют мегомметром, а омическое сопротивление обмоток — с помощью моста.

При опыте холостого хода двигатель включают в сеть с номинальным напряжением и частотой и проверяют его работу в течение 30 мин. При этом проверяют число оборотов, температуру подшипников, ток холостого хода, осевую игру ротора, работу щеточного аппарата, вентилятора, посторонние шумы и т. п.

Испытание под нагрузкой проводится путем затормаживания двигателя колодочным тормозом.

### § 7. РЕМОНТ АППАРАТУРЫ

В процессе ухода за пусковой и релейной аппаратурой главным образом следят за чистотой и плотностью постоянных контактных соединений, нормальным нажатием и нагревом подвижных кон-

тактов. Хороший уход и своевременная замена износившихся деталей обеспечивают длительную службу аппаратуры.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся неисправности аппаратуры и способы их устранения.

### **Рубильники**

Чаще всего ремонт рубильников заключается в смене обгоревших контактов, замене пробитых электронизоляционных деталей, ремонте привода.

Обгоревшие контакты заменяются такими же новыми из того же материала.

Электронизоляционные плиты (асбоцемент, текстолит и др.) в случае их обгорания или поломки также заменяют новыми, при этом текстолитовые панели для увеличения дугостойкости (стойкость против электрической дуги) покрывают электроэмалью. У привода рубильников, чаще всего рычажного, большей частью разбалтываются рукоятка и тяга, которые должны быть укреплены.

### **Контакты и магнитные пускатели**

При включении контакторов и пускателей происходят сильные удары, поэтому помимо неисправностей электрической и контактной частей, часто наблюдается ослабление соединений механических деталей и магнитной системы.

Сгоревшие контакты контактора и пускателя либо заменяют новыми, либо подтачивают старые. При этом необходимо сохранять форму контактных поверхностей (профиль), которая выполнена таким образом, чтобы при замыкании контакта происходило перекатывание одной половинки по другой. Такое перекатывание обеспечивает автоматическую самоочистку контактных поверхностей.

Кроме формы поверхности, должно быть обеспечено нормальное нажатие контактов, нормальный провал и раствор. Прикасание контактов должно происходить по линии не менее 70% ширины контакта. Начальное нажатие меньше нормы может вызвать вибрацию контактов и их приваривание.

Показателем нормального состояния контактора может служить легкий равномерный гул магнитной системы во включенном положении. Если гул дребезжащий, то контактор не исправен. Причиной неисправности могут быть: слишком большое нажатие контактов, повреждение короткозамкнутого витка, грязь или ржавчина на торцовой поверхности якоря или ярма, заедание вала, повреждение катушки, перекося торцовых плоскостей ярма или якоря. Площадь соприкосновения поверхностей якоря и ярма должна быть не менее 70% от общей площади магнитопровода.

Проверяется это с помощью листа копировальной бумаги, который прокладывают между поверхностью якоря и ярма. По

отпечатку на шлифовальной поверхности судят о величине площади соприкосновения.

Вал в подшипниках должен легко поворачиваться. В случае заедания вала рекомендуется подшипник смазать машинным маслом (3—5 капель) или же ослабить затяжку крепящих болтов.

### Автоматы (А-3000)

Контакты автоматов выполнены из металлокерамических композиций на основе серебра и работают устойчиво без ухода.

Автоматы рассчитаны для работы без зачистки контактов и без смены каких-либо частей. Износившийся автомат заменяется новым. Калибровка уставки расцепителя производится на заводе.

Если расцепитель автомата срабатывает не в соответствии с заводской калибровкой, указанной в паспорте автомата, необходимо проверить исправность монтажа автомата. В некоторых случаях бывает необходимо сменить расцепитель. Порядок замены указан в заводской инструкции по монтажу и обслуживанию.

В обычных условиях автомат осматривают со съемом крышки кожуха раз в 6 месяцев и независимо от этого каждый раз после отключения автоматом предельного тока короткого замыкания.

При осмотре автомата обращают внимание на величину провала контактов; если провал ниже 0,5 мм, то автомат для дальнейшей работы не пригоден.

Проверяют также затяжку винтов и гаек и очищают изоляционные части от копоти и корольков металла.

### Реле

Существует большое число разнообразных принципиальных конструкций реле; наиболее распространенные из них — электромагнитные. Возможные неисправности реле рассмотрены ниже.

Причины, по которым реле не включается:

- а) обрыв в цепи катушки;
- б) несоответствие катушки расчетным данным;
- в) слишком большой зазор между сердечником и якорем;
- г) механическое заедание подвижной системы.

Прилипание якоря к сердечнику возможно из-за срабатывания немагнитной прокладки. Перегрев контактов может быть вызван недопустимым током, слабым нажатием контактов, их чрезмерным износом, загрязнением или обгоранием.

Иногда с течением времени изменяется уставка реле. Это может происходить из-за уменьшения давления пружины, из-за срабатывания немагнитной прокладки или нарушения регулировки.

Регулировка этих реле аналогична регулировке контакторов; проводится она путем изменения величины зазора, натяжения пружины и добавочного сопротивления. В условиях эксплуатации необходимо поддерживать чистоту контактов, протирая контакты тряпочкой, смоченной в бензине или спирте.

## Испытание после ремонта

Каждый, вышедший из ремонта аппарат, подвергается контрольному испытанию, при котором проверяют качество сборки, поверхность контактов, правильность электрических соединений, ход подвижных частей, нажатия, раствор и провал контактов, настройку аппарата по техническим условиям, сопротивление изоляции и т. п.

Проводится проверка работы втягивающих катушек при напряжении 80% от номинального, а также определяется величина удерживающего напряжения.

Практически считают сопротивление изоляции катушек нормальным, если оно не ниже 1 Мом.

## Глава XIV

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Техника безопасности представляет собой часть мероприятий, входящих в общий комплекс мероприятий по охране труда. Она преследует цель предупредить несчастные случаи на производстве.

На обогатительных фабриках для безопасности обслуживания схемами дистанционного управления предусматривается подача предупредительного сигнала, а во многих случаях — блокировка невозможности запуска системы без получения разрешающих ответов с мест. В этом случае после получения сигнала о пуске с каждой узловой точки участка рабочий, убедившись, что можно пускать участок, нажимает кнопку разрешения пуска и только после получения разрешения со всех узловых точек диспетчер может пустить всю систему.

При ремонтах оборудования или необходимости экстренной остановки имеются аварийные выключатели, которыми разрывается цепь катушки пускателя или контактора, и механизм останавливается.

При пуске с места длинного конвейера вдоль него дается предупредительный звуковой сигнал.

Узлы ПТС, которые периодически включаются автоматически без предупредительного сигнала (пробоотборка, песковые насосы и т. п.), снабжаются предупреждающими плакатами.

Для работающих на электрических установках существуют правила технической эксплуатации.

В электрических установках основная опасность — поражение электрическим током.

## § 1. ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Действие электрического тока на человеческий организм определяется величиной протекающего через него тока.

Сила тока  $0,01$ — $0,008$  а вызывает у человека неприятное ощущение, но при этом человек сам может оторваться от провода. Сила тока порядка  $0,015$  а вызывает сильные боли в пальцах, кистях и руках. Руки трудно оторвать от проводов. Сила тока свыше  $0,02$  а вызывает паралич дыхательных мышц и при длительном воздействии (несколько секунд) может вызвать смерть. Ток свыше  $0,05$  а парализует сердце, дыхание, падает кровяное давление.

Степень воздействия тока зависит не только от его силы, но и от того, на какие органы человека он воздействует, каким путем проходит. Особенно опасно включение правая рука — ноги, при котором через сердце проходит около  $7\%$  всего проходящего через организм тока.

Обычно при поражении током наблюдаются ожоги кожи и мышц. Объясняется это тем, что в месте контакта проводника с кожным покровом довольно значительное сопротивление и поэтому выделяется много тепла.

По закону Ома величина тока зависит от приложенного напряжения и сопротивления цепи. Сопротивление тела человека является сильно меняющейся величиной и зависит от многих факторов: от состояния кожной поверхности (грубая, нежная, сухая, потная, чистая, грязная и т. д.), обуви, влажности среды, психического состояния человека и т. д.

По действующим Правилам устройства электроустановок различают установки высокого и низкого напряжения.

К установкам низкого напряжения относятся установки, в которых напряжение между любым проводом и землей ни в нормальном, ни в аварийном состоянии изоляции сети не превышает  $250$  в.

Если напряжение больше  $250$  в, то установка относится к установкам высокого напряжения. Как та, так и другая установка не гарантирует безопасность от поражения током. Разделение это определяет лишь различие в организационно-технических мероприятиях техники безопасности.

Безопасным напряжением является такое напряжение, которое не может быть причиной смертельных или тяжелых несчастных случаев.

В отношении поражения людей электрическим током Правилами устройства электроустановок предусматривается классификация на:

- а) помещения без повышенной опасности;
- б) помещения с повышенной опасностью;
- в) особо опасные помещения.

Степень опасности помещения зависит от сырости или проводящей пыли, токопроводящих полов, высокой температуры, воз-

возможности одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования и к заземленным предметам (металлоконструкциям, механизмы и т. д.).

Преобладающее большинство помещений обогатительных фабрик является особо опасными в отношении поражения электрическим током.

К ним относятся: флотационное и реагентное отделения, отделения измельчения и мокрой магнитной сепарации, сушильные корпуса, отделения углеподготовки и углеподачи, открытые склады, электротехнические помещения при токопроводящих полах, закрытые распределительные устройства, кабельные полуэтажи, помещения аккумуляторных батарей и т. д. Эти помещения характеризуются наличием одного из следующих признаков:

- а) особая сырость (влажность воздуха близка к 100%);
- б) химически активная среда;
- в) совпадение двух и более признаков повышенной опасности.

Сухие дробильные отделения, отделения сухой магнитной сепарации, электротехнические помещения с нетокопроводящими полами, электротехнические лаборатории, телефонные станции, радиоузлы и т. п. относятся к помещениям с повышенной опасностью. Эти помещения характеризуются наличием одного из следующих признаков:

- а) влажность, сырость или токопроводящая пыль;
- б) токопроводящие полы, металлические площадки, железобетонные перекрытия и т. п.;
- в) температура выше 30 °С;
- г) возможность одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования и к металлическим конструкциям зданий, технологических агрегатов и т. п., соединенных с землей.

Служебные, конторские помещения, имеющие нетокопроводящие полы, являются помещениями без повышенной опасности.

На обогатительных фабриках для переносного ремонтного освещения сейчас применяется напряжение 12 в.

## § 2. ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

Для того чтобы защитить персонал, работающий на электрических установках или вблизи частей, находящихся под напряжением, от поражения током, действия электрической дуги и т. п., применяют защитные средства в виде приборов, аппаратов и переносных приспособлений.

Защитные средства делят на следующие группы:

- 1) изолирующие защитные средства, имеющие цель изолировать человека от частей, находящихся под напряжением: штанги, клещи, инструмент с изолирующими ручками, резиновые перчатки, боты и галоши, изолирующие подставки, коврики, дорожки;

2) переносные указатели напряжения и токоизмерительные клещи;

3) переносные защитные заземления, переносные ограждения, и предупредительные плакаты;

4) защита от электрической дуги, продуктов горения и механических повреждений; защитные очки, брезентовые рукавицы, противогазы.

Изолирующие защитные средства подразделяются на основные и дополнительные.

К основным средствам при любом напряжении относятся изолирующие штанги и изолирующие клещи для предохранителей.

В установках до 1000 в к основным изолирующим средствам относятся резиновые перчатки и рукавицы и монтерский инструмент с изолирующими ручками.

Перед каждым употреблением защитного средства необходимо путем внешнего осмотра проверить исправность защитного средства, отсутствие повреждений и чистоту; очистить и обтереть от пыли. На поверхности перчаток, бот и т. п. не должно быть заусениц, трещин, пузырей и прочих посторонних включений.

По клейму нужно проверить, в установках какого напряжения допустимо пользование данным средством и не истек ли срок периодических испытаний.

### § 3. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Надежным средством защиты персонала, обслуживающего электрические установки, является сооружение заземляющих устройств и присоединение к ним корпусов электрических машин, трансформаторов, аппаратов, каркасов, щитов, пультов и т. д., как говорят, выполнение заземления.

В нормальных условиях все эти части электроустановок не находятся под напряжением и прикосновение к ним безопасно.

Однако, если произойдет нарушение изоляции токоведущих частей, то напряжение попадает и на эти части, что представит серьезную опасность для человека.

В установках до 1000 в вторичная обмотка трансформатора обычно соединяется в звезду и нулевая точка, или нейтраль, может быть изолирована или заземлена, т. е. металлически соединена с заземляющим устройством. В большинстве случаев нейтраль трансформатора заземляют.

При изолированной нейтрали корпусы электрооборудования заземляют, т. е. соединяют с заземляющим устройством. При заземленной нейтрали корпусы электрооборудования металлически соединяют с заземленной нейтралью трансформатора (как раньше говорили, зануляют).

Смысл металлического соединения с заземленной нейтралью трансформатора (зануления) заключается в том, чтобы при пробое

изоляции на корпус получить ток, достаточный для перегорания плавких вставок или срабатывания автомата с быстрейшим отключением поврежденного электрооборудования.

В качестве заземлителей в первую очередь используют металлические конструкции зданий технологического оборудования, металлические трубопроводы и т. д.

Если же их сопротивление слишком велико, то устраивают искусственные заземлители из газовых труб или углового железа длиной по 2—2,5 м, которые забивают в землю на глубину 0,8 м от верхнего края и соединяют между собой металлической полосой.

При эксплуатации заземляющих устройств периодически производят измерение сопротивления заземления, проверяют наружным осмотром надежность заземляющих шин и проводов, плотность контактов. Измеряют напряжение прикосновения и шаговое напряжение.

Результаты испытаний и осмотров оформляются актами и заносятся в технический паспорт заземления.

При эксплуатации защитного зануления большое значение имеет надзор за правильностью уставок автоматов и плавких вставок предохранителей, ни в коем случае нельзя допускать завышенных плавких вставок и уставок автоматов.

Необходимо вести систематическое наблюдение за целостью нулевого провода, заземления нейтрали и повторных заземлений, так как обрыв нулевого провода или нарушение заземления нейтрали при пробое на корпус создает опасные напряжения прикосновения.

#### **§ 4. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

На основе действующих общих Правил технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий разрабатываются правила для определенных отраслей промышленности.

Ниже приводятся параграфы 120—174, 176—199, 226—231 Правил безопасности при обогащении и агломерации руд цветных и черных металлов («Недра», 1964 г.).

### **1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 в**

#### **А. Осмотр электроустановок**

§ 120. Осмотр электроустановок напряжением до 1000 в разрешается производить одному лицу с квалификацией не ниже группы III. При осмотре электроустановок несколькими лицами одно из них должно иметь квалификацию не ниже группы III.

§ 121. При осмотре распределительных устройств, щитов, шинопроводов, троллеев, сборок запрещается снимать предупредительные плакаты и ограждения, проникать за них, касаться токоведущих частей и производить отбирку или

чистку изоляторов, устранять обнаруженные неисправности, если при этом необходимо приближение к токоведущим частям.

§ 122. При обнаружении в процессе осмотра неисправности, которая согласно «Правилам технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий» не должна устраняться одним лицом, последнее обязано немедленно сообщить об этом своему непосредственному начальнику и сделать соответствующую запись в эксплуатационном журнале.

Устранение такого рода неисправностей производится по указанию вышестоящего начальника, под наблюдением второго лица, с соблюдением предусмотренных указанными правилами мер, обеспечивающих безопасное выполнение работ.

§ 123. Перед применением защитных средств они должны быть тщательно осмотрены, очищены, проверены на отсутствие внешних повреждений, а также по клейму, соответствуют ли они напряжению данной установки и не истек ли срок их периодического испытания. При обнаружении неисправных защитных средств или с просроченным клеймом проверки они должны быть немедленно изъяты из употребления.

#### **Б. Дополнительные методы безопасности при производстве работ и обслуживании электроустановок**

§ 124. Вносить длинные предметы (трубы, лестницы и т. п.) в помещение распределительных устройств и работ вблизи электроустановок, где не все находящиеся под напряжением части закрыты ограждениями, исключающими возможность случайного прикосновения, нужно с особой осторожностью под непрерывным наблюдением производителя работ или выделенного наблюдающего.

§ 125. Применяемые для ремонтных работ подмости и лестницы должны быть прочными и надежными. Лестницы, устанавливаемые на гладких поверхностях, должны иметь основания, обитые резиной, а устанавливаемые на земле — должны иметь на основаниях острые металлические наконечники. Лестницы должны надежно опираться верхними концами на прочную опору. Лестница, если ее необходимо опереть на провод, должна быть снабжена крючком в верхней части. Связанные лестницы к применению не допускаются.

При установке приставных лестниц на высоте подкрановых балок, на элементах металлоконструкций и т. п. необходимо надежно прикреплять верх и низ лестницы к конструкциям. При обслуживании, а также ремонтах электроустановок применение металлических лестниц запрещается.

§ 126. Запрещается подбрасывание каких-либо предметов для подачи лицам, работающим наверху. Подача должна производиться при помощи веревки, к середине которой надежно привязываются необходимые предметы. Второй конец веревки должен находиться в руках у стоящего внизу работника, который удерживает поднимаемые предметы от раскачивания.

§ 127. Включение и отключение отдельных производственных механизмов, агрегатов или группы механизмов посредством пусковой аппаратуры могут производиться лицами, работающими на этих механизмах и агрегатах, прошедшими соответствующий инструктаж и имеющими право самостоятельного обслуживания этих агрегатов и механизмов.

§ 128. Перед пуском временно отключенного оборудования нужно его осмотреть, убедиться в готовности к приему напряжения и предупредить работающих на нем персонал о предстоящем включении.

§ 129. После включения питающей линии вследствие перегорания плавких вставок или действия другой защиты разрешается немедленное повторное однократное включение ее без проверки при условии, если это не запрещено местной инструкцией и включение производится аппаратом закрытого исполнения или дистанционным приводом, гарантирующим невозможность ожога персонала при включении.

§ 130. На временных ограждениях должны быть предупредительные плакаты: «Стоять — опасно для жизни».

§ 131. Рубильники, предназначенные для включения и отключения тока нагрузки, должны быть защищены несгораемыми кожухами без отверстий и щелей или должны иметь дистанционное управление. Рубильники с дистанционным управлением должны быть так размещены, чтобы случайное прикосновение к токоведущим частям было невозможно.

Рубильники в открытом исполнении, предназначенные для снятия напряжения и обслуживаемые электротехническим персоналом, должны устанавливаться за щитком и иметь дистанционное или рычажное управление.

§ 132. На приводах коммутационных аппаратов, закрытых кожухами или установленных за щитом, но управляемых со щита, должны быть четко указаны положения включения и отключения.

## В. Электрическое освещение

§ 133. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы безопасное их обслуживание могло производиться без снятия напряжения с электрооборудования. Это требование не распространяется на лампы, размещаемые в камерах закрытого распределительного устройства.

§ 134. Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 220 в. В помещениях без повышенной опасности указанное напряжение допускается для всех стационарно установленных светильников вне зависимости от высоты их установки.

§ 135. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников с лампами накаливания над полом менее 2,5 м должны применяться светильники, конструкция которых исключает возможность доступа к лампе без специальных приспособлений, либо должно применяться напряжение не выше 36 в. Это требование не распространяется на светильники, обслуживаемые с кранов или площадок, посещаемые только квалифицированным персоналом.

В цехах, где светильники расположены на большой высоте, для их обслуживания допускается использование мостовых кранов, при этом работа должна производиться в диэлектрических перчатках в присутствии второго лица.

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220 в допускаются устанавливать на высоте менее 2,5 м при условии недоступности их контактных частей для случайных прикосновений.

§ 136. Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должны применяться напряжения: в помещениях без повышенной опасности — не выше 220 в и в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 36 в.

Допускается, как исключение, напряжение до 220 в включительно для светильников специальной конструкции:

а) являющихся составной частью аварийного освещения, получающего питание от независимого источника тока;

б) устанавливаемых в помещениях с повышенной опасностью (но не особо опасных).

§ 137. Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220 в допускаются применять для местного освещения при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений. В помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции.

§ 138. Питание светильников, требующих применения напряжения 36 в и ниже, должно производиться от трансформаторов с электрически отдельными обмотками первичного и вторичного напряжений.

§ 139. Винтовые гильзы патронов в сетях, где обязательно заземление корпусов светильников на нулевой провод, должны быть присоединены к нулевому, а не к фазному проводу. Это требование не распространяется на переносные электроприемники и настольные лампы, не требующие заземления (подключаемые штепсельным соединением).

§ 140. Осветительную арматуру общего и местного освещения, не обеспечивающую защиту от слепящего действия источников света, применять запрещается. Не допускается также снижать высоту подвеса светильников и высоту установки прожекторов над уровнем пола (настила, земли), установленную нормами.

§ 141. Применение в производственных помещениях открытых (незащищенных) люминесцентных ламп не допускается, за исключением установок ламп в помещениях, не предназначенных для длительного пребывания людей.

§ 142. Установка и очистка светильников, смена ламп и плавких вставок и ремонт сети должны выполняться, как правило, при отключенном напряжении. Допускается, в виде исключения, выполнение указанных работ без снятия напряжения с соблюдением мер безопасности согласно требованиям раздела I «Правил технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий».

§ 143. Открытые токоведущие части осветительных щитков, контактные части штепсельных соединений, выключателей, переключателей и рубильников должны быть защищены кожухами и крышками.

#### Г. Переносный электроинструмент и ручные светильники

§ 144. Электроинструмент (электродрели, электрогайковерты, электрошлифовальные машины, электропаяльники, резьбо-парезатели, вибраторы и т. п.) должен удовлетворять следующим основным требованиям:

а) быстро включаться и отключаться от электросети, не допускать самопроизвольного включения и отключения;

б) быть безопасным в работе и иметь недоступные для случайного прикосновения токоведущие части.

§ 145. Напряжение переносного электроинструмента должно быть:

а) не выше 220 в в помещениях без повышенной опасности;

б) не выше 36 в в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и вне помещений.

§ 146. При наличии защитного пускателя, обеспечивающего дистанционное управление и автоматическое мгновенное отключение электроинструмента от сети в случае замыкания на корпус его или обрыва заземляющего провода, допускается эксплуатация электроинструмента под напряжением 220 в независимо от категории помещения, а также вне помещения. При невозможности обеспечить работу электроинструмента на напряжение 36 в допускается электроинструмент напряжением до 220 в, но с обязательным использованием защитных средств (перчаток) и надежного заземления корпуса электроинструмента.

§ 147. Корпус электроинструмента на напряжение 36 в должен иметь специальный зажим для присоединения заземляющего провода с отличительным знаком «З» или «Земля».

§ 148. Для питания ручных светильников в помещениях с повышенной опасностью должно применяться напряжение не выше 36 в.

§ 149. В помещениях особо опасных и вне помещений, а также при наличии особо неблагоприятных условий, когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобством положения работающего, соприкасающегося с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах, баках, цистернах и т. п.), для питания ручных и переносных светильников должно применяться напряжение не выше 12 в.

§ 150. Штепсельные соединения, предназначенные для подключения электроинструмента, ручных светильников, должны быть с недоступными токоведущими частями и в необходимых случаях иметь заземляющий контакт.

§ 151. Штепсельные соединения (розетки, вилки), применяемые на напряжение 12 и 36 в, по своему конструктивному выполнению должны отличаться от обычных штепсельных соединений, предназначенных для напряжений 110 и 220 в, и исключать возможность включений вилки 12 и 36 в в штепсельные розетки 110 и 220 в. Штепсельные соединения на 12 и 36 в должны иметь окраску, резко отличную от окраски штепсельных соединений 110 и 220 в.

§ 152. Проверка на отсутствие замыканий на корпус и состояния изоляции проводов, отсутствие обрыва заземляющей жилы (провода), электронного инструмента, ручных светильников, а также изоляции понижающих трансформаторов и преобразователей частоты производится мегомметром не реже одного раза в месяц лицом с квалификацией не ниже группы III.

§ 153. Перед выдачей на руки рабочему электронный инструмент должен быть проверен в присутствии рабочего на стенде или прибором (например, типа «нормометра») в отношении исправности заземляющего привода и отсутствия замыкания на корпус электронного инструмента.

Электронный инструмент, имеющий дефекты, выдавать для работы запрещается.

§ 154. К работе с электронным инструментом допускаются лица, имеющие квалификацию не ниже группы II.

§ 155. Для присоединения к сети электронного инструмента должен применяться шланговый провод, допускаются к применению многожильные гибкие провода (типа ПРГ) с изоляцией на напряжение не ниже 500 в, заключенные в резиновый шланг.

§ 156. При пользовании ручным электронным инструментом или светильниками их провода или кабели должны по возможности подвешиваться. Непосредственное соприкосновение проводов и кабелей с металлическими горячими, влажными и масляными поверхностями или предметами не допускается.

§ 157. При обнаружении каких-либо неисправностей работа с электронным инструментом или ручными светильниками должна быть прекращена.

§ 158. При прекращении подачи тока во время работы с электронным инструментом или перерыве в работе электронный инструмент должен быть отсоединен от электросети.

§ 159. Лицам, пользующимся электронным инструментом, запрещается:

а) передавать электронный инструмент, хотя бы на непродолжительное время, другим лицам;

б) разбирать электронный инструмент и производить самим какой-нибудь ремонт (как самого электронного инструмента, так и проводов, штепсельных соединений и т. п.);

в) держаться за провод электронного инструмента или касаться вращающегося режущего инструмента;

г) удалять руками стружку или опилки во время работы инструмента или до полной его остановки;

д) работать на высоте более 2,5 м с приставных лестниц;

е) вносить внутрь барабанов котлов, металлических резервуаров и т. п. переносные трансформаторы и преобразователи частоты.

## 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НАПЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 в

§ 160. В электроустановках напряжением выше 1000 в при производстве осмотра одним лицом запрещается производить какие бы то ни было работы, а также проникать за ограждения, входить в камеры распределительного устройства и во взрывные камеры масляных выключателей. Осмотр оборудования, аппаратуры и ошиновки должен производиться с порога камеры или стоя перед барьером.

§ 161. При обнаружении соединения какой-либо токоведущей части электроустановки с землей запрещается до отключения приближаться к месту такого повреждения на расстоянии менее 4—5 м в закрытых распределительных устройствах и 8—10 м на открытых подстанциях.

Приближение на более близкое расстояние допустимо только для выполнения операций с коммутационной аппаратурой, позволяющей ликвидировать замыкание на землю, а также при оказании необходимой помощи пострадавшим. В этих случаях следует обязательно обезопасить себя от действия шагового напряжения путем применения диэлектрических бот, ковриков или других надежно изолирующих средств; все операции следует производить в диэлектрических перчатках или с помощью изолирующей штанги.

§ 162. Обратное включение отключившегося выключателя, в случае когда привод его не защищен стенкой или металлическим щитом, может быть произведено без предварительной проверки отключившегося объекта только дистанционно.

§ 163. На временных ограждениях должны быть плакаты: «Стоять — высокое напряжение».

§ 164. В установках напряжением 15 кВ и ниже в случае особой необходимости по условиям работ или из-за конструктивных особенностей оборудования ограждение может касаться частей, находящихся под напряжением. Применяемые в таких случаях ограждения (накладки, колпаки) должны удовлетворять требованиям «Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках».

§ 165. Установку указанных в § 164 ограждений следует производить в присутствии второго лица, с максимальной осторожностью, в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующей подставке. При необходимости должны применяться изолирующие клещи или специальные штанги. Перед установкой ограждение должно быть тщательно очищено от пыли пылесосом или протерто сухой тряпкой.

§ 166. Производитель работ (наблюдающий) для осуществления надзора должен все время находиться на месте работ. Оставаться в помещении установок напряжением выше 1000 В или на открытой подстанции одному лицу из состава ремонтной бригады, в том числе производителю работ (наблюдающему), не разрешается.

При необходимости отлучки производитель работ (наблюдающий), если на это время его не может заменить ответственный руководитель, обязан на время своего отсутствия вывести бригаду из помещения и запереть дверь.

§ 167. При работах в помещении, где полностью снято напряжение выше 1000 В, можно оставаться одному любому лицу из состава бригады.

§ 168. Допускается кратковременная отлучка одного или нескольких работников бригады. В этом случае производитель работ (наблюдающий) должен провести необходимый инструктаж. До возвращения отлучившихся производитель работ (наблюдающий) не имеет права уходить с рабочего места.

§ 169. При необходимости по условиям работы (например, регулировка выключателей, прозвонка цепей, проверка изоляции и т. п.) разрешается одновременное пребывание работников из состава бригады (одного или нескольких) в разных помещениях установок напряжением выше 1000 В; квалификация лица, находящегося отдельно от производителя работ, должна быть не ниже группы III, и ему при допуске к месту работы должны быть даны производителем работ все необходимые указания по технике безопасности.

§ 170. При перерыве работ на протяжении рабочего дня (на обед или по условиям производства работ) бригада удаляется из помещения электроустройства или с открытой подстанции. Плакаты, ограждения и заземления остаются на месте. Ни один из работающих не имеет права после перерыва войти в помещение установки напряжением выше 1000 В или в открытую подстанцию в отсутствие производителя работ или наблюдающего.

Допуск бригады после такого перерыва оперативным персоналом не производится. Производитель работ (наблюдающий) сам указывает бригаде место работ.

§ 171. После полного окончания работы место работ убирается работающей бригадой и осматривается ответственным руководителем работ.

§ 172. Без снятия напряжения и без установки ограждения допускается производство небольших по объему и кратковременных работ:

а) работы на кожухах оборудования, чистка кожухов и мелкий ремонт арматуры кожуха, маслоуказательных стекол и т. п., присоединение аппаратуры для сушки и очистки масла;

б) доливка и взятие проб масла;

в) измерение токоизмерительными клещами, проверка нагрева контактов штангой, определение штангой вибрации шин, смена предохранителей, единичная операция по контролю изоляторов и соединительных зажимов штангой.

...напряжения может быть дополнен главным энергетиком с техническим инспектором совета проф-

§ 172. Работы производятся двумя лицами, одно из которых — мастер (а работавшим и должно иметь квалификацию не

...производящее работы, должно быть квалификации

§ 173

...работы допускаются лишь в том случае, если они производятся в сухих подмоетях, причем между работающим и токоведущими частями должно сохраняться расстояние при напряжении до 15 кв не менее 1 м, а при напряжении выше 15 до 35 кв — не менее 1 м при напряжении выше 35 кв — не менее 1,5 м.

...приближение на меньшие расстояния при измерениях токовозмущения клещами, при применении изолирующих клещей и т. п., выполняется в соответствии с требованиями «Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках».

...напряжения может быть перед работающими и только с одной стороны.

Работы при наличии напряжения сзади или с двух боковых сторон запрещается. Также запрещается работать в согнутом положении, если при выпрямлении между работающим и токоведущими частями, находящимися под напряжением, получается расстояние меньше указанных выше.

До начала работ на кожухах оборудования путем внешнего осмотра проверяется исправность их заземления.

В электроустановках с незаземленной нейтралью работа на кожухах оборудования при наличии в сети замыкания на землю запрещается.

§ 174. Производство работы с лестницы разрешается в том случае, если она соответствует требованиям § 125, поддерживается рабочим и так установлена, что возможность касания или опасного приближения к неотключенным токоведущим частям работающего даже при случайном его падении исключается.

### 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ

§ 176. Настоящие правила распространяются на электрические двигатели до 1000 в и выше 1000 в.

§ 177. На электродвигателях и приводимых ими в движение механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения механизма и электродвигателя.

§ 178. Электропривод немедленно (аварийно) отключается от сети в случаях:

- а) появления дыма или огня из электродвигателя или его пускорегулирующей аппаратуры;
- б) несчастного случая с человеком, требующего немедленной остановки электродвигателя;
- в) вибрации сверх допустимых норм, угрожающей целостности электродвигателя;
- г) поломки приводного механизма;
- д) нагрева подшипников сверх допустимого;
- е) сильного снижения числа оборотов, сопровождающегося быстрым нагревом электродвигателя.

В местной инструкции, утвержденной главным энергетиком, могут быть указаны и другие случаи, при которых электродвигатели должны быть аварийно отключены, а также указан порядок устранения аварийного состояния и пуска электродвигателя.

§ 179. Выводы статорной обмотки и кабельные воронки электрических машин должны быть укреплены и защищены ограждениями, снятие которых во время работы машин запрещается. Вращающиеся части машин — шкивы, муфты, вентиляторы и открытые части валов — также должны быть ограждены.

Коробки выводов электрических машин и пускорегулирующей аппаратуры должны быть уплотнены и закрыты крышкой, которую невозможно открыть без специального приспособления.

§ 180. Выводы обмоток статора, якоря и полюсов должны иметь маркировку. На пускорегулирующих устройствах должны быть отмечены положения «пуск» и «работа».

§ 181. У выключателей, контакторов, магнитных пускателей, рубильников и т. п., а также у предохранителей, смонтированных на групповых щитах, должны быть надписи, указывающие, к какому двигателю они относятся.

§ 182. После остановки электродвигателя на ремонт с питающего кабеля на шите или сборке должно быть снято напряжение, а на приводе выключателя вывешен плакат: «Не включать — работают люди».

Снятие плаката «Не включать — работают люди» и включение машины могут быть произведены только после того, как лицо, производившее работы, сделает в журнале запись об окончании работ, а лицо, принявшее работу, делает отметку о разрешении на включение электродвигателя.

§ 183. Шлифование колец ротора допускается производить на вращающейся электрической машине лишь при помощи колодок из изолирующего материала.

§ 184. Операции с пусковыми устройствами электродвигателей, имеющими ручное управление, должны производиться в диэлектрических перчатках. Перед этими устройствами, расположенными в сырых местах, должны быть установлены изолирующие подставки.

§ 185. Включение и отключение выключателей электродвигателей дежурными у агрегатов производятся единолично.

§ 186. Никаких работ в цепях вращающихся электродвигателей и их аппаратуре производить не разрешается, за исключением работ в цепи реостата ротора и испытательных работ, производимых по специальным программам, в которых предусматриваются необходимые меры безопасности.

Работы в цепи реостата ротора во время вращения электродвигателя допускаются лишь при поднятых щетках или (при наличии регулировочного реостата) полностью выведенном реостате, в диэлектрических перчатках или инструментом с изолированными рукоятками в диэлектрических галошах или стоя на резиновом коврике.

§ 187. Если при работах ремонтный персонал может иметь соприкосновение с вращающимися частями электродвигателя или механизма, то, кроме выключателя, отключается также разъединитель, на приводе которого вывешивается плакат «Не включать — работают люди».

§ 188. Перед началом работ на электродвигателях должны быть приняты меры, препятствующие ошибочному включению выключателей и разъединителей, которыми произведено отключение (снятие рукояток с приводов, запираание их на замок и т. п.).

#### 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРКА

§ 189. Постоянные электросварочные работы в зданиях должны производиться в специально для этого отведенных вентилируемых помещениях.

В помещениях для сварки запрещается хранить легковоспламеняющиеся вещества.

§ 190. Подключения сварочных агрегатов в отделениях и цехах фабрики можно осуществлять только к специальным сварочным постам, которые должны быть всегда закрыты на замок. Подключение других токоприемников к этим постам запрещается.

§ 191. Сварочные работы и работы с применением огня на реagentной площадке и в отделении приготовления реagentов должны производиться с выполнением противопожарных мероприятий и в присутствии ответственного лица технического надзора.

§ 192. Корпус сварочного агрегата, а также зажим вторичной обмотки сварочного трансформатора, к которому подключается провод, идущий к изделию (обратный провод), должен быть заземлен.

Запрещается пользоваться заземленным одним аппаратом для заземления другого.

§ 193. При сварке внутри металлических конструкций, котлов и резервуаров персонал обязан, кроме использования диэлектрических перчаток и галош, подстилать резиновый коврик и надевать резиновый шлем. Пользоваться металлическими шитками в таких случаях запрещается.

Снаружи котлов и резервуаров должен непрерывно стоять наблюдающий, готовый в случае необходимости подать первую помощь в соответствии с местной инструкцией.

§ 194. Запрещается производить какие-либо ремонты сварочных установок под напряжением.

§ 195. Электродержатели должны быть снабжены козырьками (экранами), защищающими руку сварщика от брызг металла и действия дуги.

§ 196. По окончании сварочных работ электросварочный трансформатор отключают от электросети, после чего электродержатель отсоединяют от трансформатора и запирают на замок в деревянный ящик, обитый внутри асбестом.

§ 197. В мастерских, кабинах, рабочих местах сварки должны вывешиваться плакаты, предупреждающие о возможности облучения глаз и кожи работающих.

§ 198. Запрещается производить сварочные работы на закрытых сосудах, находящихся под давлением (котлы, баллоны, трубопроводы), или сосудах, содержащих воспламеняющиеся или взрывоопасные вещества.

§ 199. Включение и отключение сварочных машин от электросети напряжением до 1000 в могут производить электромонтеры, электрослесари и электро-сварщики с квалификационной группой не ниже II, а в установках напряжением выше 1000 в — не ниже группы IV (при наличии дистанционного управления — не ниже группы III).

## **§ 5. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

Для того чтобы спасти человека, пораженного электрическим током, необходимо возможно быстрее освободить его от действия тока. При этом следует помнить, что без применения мер предосторожности прикосновение к человеку, находящемуся под током, может быть опасно для лица, оказывающего помощь.

В первую очередь необходимо отключить ту часть установки, которой касается пострадавший. При этом необходимо принять меры, предупреждающие возможность травмы при падении его (особенно если пострадавший находится на высоте).

В некоторых случаях (в установках напряжением до 1000 в) при необходимости можно перерубить или перерезать провода, каждый по отдельности со стороны питания или с обеих сторон топором с сухой деревянной рукояткой или инструментом с изолирующими рукоятками.

В случае невозможности быстрого отключения установки пострадавшего необходимо отделить от токоведущих частей, приняв меры по собственной изоляции от тока.

При напряжении до 1000 в можно воспользоваться сухой палкой, веревкой или другим нетокопроводящим предметом для отделения провода от пострадавшего. Оказывающий помощь должен надеть диэлектрические перчатки, а если их нет, то надеть на руку суконную фуражку или обмотать руку сухим шарфом.

Для изоляции оказывающий помощь должен одеть галоши, а если их нет, то встать на сухую доску, на сухую токопроводящую подстилку или сверток сухой одежды.

При освобождении пострадавшего от тока рекомендуется действовать лишь одной рукой.

При напряжении свыше 1000 в для освобождения пострадавшего от тока необходимо одеть диэлектрические боты, перчатки и пользоваться изолирующей штангой или клещами (на соответствующее напряжение).

После освобождения от тока пострадавшему нужно оказать первую помощь.

Если пострадавший находится в сознании, но до этого был в обмороке или длительное время находился под током, то ему до прибытия врача нужно дать полный покой.

Если пострадавший без сознания, но дышит, то его нужно уложить, расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха и обеспечить полный покой. Давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать водой, растирать и разогревать тело. Вызвать врача.

Если дыхание редкое и судорожное, ему следует делать искусственное дыхание и массаж сердца.

Если у пострадавшего отсутствуют признаки жизни (дыхание, сердцебиение, пульс), нужно делать искусственное дыхание до прибытия врача.

Оказывать помощь нужно немедленно по возможности на месте происшествия, не тратя ни одной секунды. Ни в коем случае не нужно пострадавшего зарывать в землю.

## ЛИТЕРАТУРА

- Батанов А. И. Обогащение руд черных металлов. Госгортехиздат, 1961.  
Богородицкий Н. П., Пасынков В. В. Материалы в радиоэлектронике. ГЭИ, 1961.
- Виноградов Н. В. Электрослесарь по ремонту и монтажу промышленного электрооборудования. Трудрезервиздат, 1959.
- Гареев Б. М. Электротехнические материалы. ГЭИ, 1958.
- Гейтлини Б. В. Чтение схем и чертежей электроустановок. ВУПиздат, 1958.
- Грейсух М. В. Электрооборудование обогатительных и агломерационных фабрик. Metallurgizdat, 1960.
- Ермилов А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. ГЭИ, 1963.
- Каталог-справочник. Обоганительное оборудование. Госгортехиздат, 1961.
- Константинов Б. А., Лукьянов Т. П. Эксплуатация электроустановок промышленных предприятий. ГЭИ, 1955.
- Кузнецов М. И. Электротехника. Трудрезервиздат, 1952.
- Липов П. П. Оборудование дробильно-сортировочных фабрик. Metallurgizdat, 1955.
- Москалев А. Г. Как читать электрические схемы. ГЭИ, 1953.
- Нежданов В. Т., Нежданов И. В. Аппараты низкого напряжения, т. I и II. ЦИИТИ, 1961.
- Правила технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий. «Проминь», Днепропетровск, 1964.
- Правила безопасности при обогащении и агломерации руд цветных и черных металлов. «Недра», 1964.
- Правила устройства электроустановок. ГЭИ, 1964.
- Скоров В. А. Обоганитель горнорудной промышленности. Госгортехиздат, 1961.
- Тяжпромэлектропроект. Проектные и технические материалы.
- Тяжпромэлектропроект. Технические материалы по автоматическим выключателям и предохранителям. ГЭИ, 1956.
- Уралмеханобр. Проектные и технические материалы.
- Фишман М. А. Обогащение руд цветных металлов. Госгортехиздат, 1961.
- ЦБТИ. Каталоги электрооборудования.
- Юденич Г. И. Обогащение железных и марганцевых руд. Metallurgizdat, 1955.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие . . . . .	3
Глава I. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ . . . . .	5
Глава II. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ . . . . .	8
§ 1. Проводниковые материалы . . . . .	8
§ 2. Электроизоляционные материалы . . . . .	9
Газообразные электроизоляционные материалы . . . . .	11
Жидкие электроизоляционные материалы . . . . .	11
Твердеющие электроизоляционные материалы . . . . .	13
Волокнистые электроизоляционные материалы . . . . .	14
Пластические массы . . . . .	14
Минеральные электроизоляционные материалы . . . . .	14
§ 3. Магнитные материалы . . . . .	14
Глава III. ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ . . . . .	15
§ 1. Понятие о чертеже . . . . .	15
Масштаб . . . . .	16
Разрезы и сечения . . . . .	16
Размеры и размерные линии . . . . .	18
Условные обозначения на чертежах . . . . .	18
Особенности строительных чертежей . . . . .	19
§ 2. Электрические схемы . . . . .	19
Назначение . . . . .	19
Виды электрических схем . . . . .	20
§ 3. Чертежи электроустановок и электросетей . . . . .	28
Чертежи силового электрооборудования . . . . .	34
Чертежи электроосвещения . . . . .	38
Глава IV. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ТРАНСФОРМАТОРЫ . . . . .	40
§ 1. Электродвигатели и генераторы постоянного тока . . . . .	40
Схемы возбуждения машин постоянного тока . . . . .	43
. . . . .	44
§ 2. Трансформаторы . . . . .	45
Силовые трансформаторы . . . . .	48
Измерительные трансформаторы . . . . .	49
§ 3. Асинхронные электродвигатели . . . . .	53
§ 4. Синхронные электродвигатели . . . . .	53

<b>Глава V. ЭЛЕКТРОПРИВОД ОСНОВНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ</b>	
<b>ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК</b>	54
§ 1. Понятие об электроприводе	54
Выбор мощности двигателя	57
§ 2. Дробилки и мельницы	60
§ 3. Грохоты и классификаторы	64
§ 4. Конвейеры, элеваторы, питатели	65
§ 5. Насосы и вентиляторы	69
§ 6. Флотационные машины	70
§ 7. Электромагнитные сепараторы	72
§ 8. Электромагнитные шкивы. Подвесные электромагниты. Метел- лоискатели	76
§ 9. Машины для промывки, сгущения и обезвоживания	78
§ 10. Самоогательное оборудование	79
<b>Глава VI. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ</b>	
<b>ПРИБОРЫ</b>	80
§ 1. Контактторы	80
§ 2. Магнитные пускатели	81
§ 3. Автоматические выключатели	82
§ 4. Пакетные выключатели и переключатели	83
§ 5. Универсальные переключатели	84
§ 6. Реле	86
§ 7. Шаговые распределители и номеронабиратели	95
§ 8. Блоки и станции управления	97
§ 9. Селеновые выпрямители	100
§ 10. Измерительные приборы	101
<b>Глава VII. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕХАНИЗМАМИ</b>	103
§ 1. Схемы управления электродвигателями напряжением выше 1000 в	103
Схема управления асинхронным электродвигателем с коротко- замкнутым ротором	104
Схема управления асинхронным электродвигателем с фазным ротором	106
Схема управления синхронным электродвигателем	108
§ 2. Схемы управления электродвигателями напряжением до 1000 в	111
Управление асинхронным электродвигателем с короткозамкну- тым ротором	111
Управление асинхронным электродвигателем с фазным ротором	117
Управление многоскоростным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором	118
§ 3. Управление электровибрационными машинами и электромаг- нитными сепараторами	122
Электровибрационные машины	122
Электромагнитные сепараторы	123
§ 4. Управление вспомогательными механизмами и устройствами	125
Самоочищающийся воздушный фильтр	125
Самоходная разгрузочная тележка	126
Система смазки	128
Вспомогательные насосы	131
Вибраторы	132
Шиберы	133
<b>Глава VIII. ЭЛЕМЕНТЫ КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИ-</b>	
<b>ЧЕСКОГО ПРОЦЕССА</b>	135
§ 1. Указатели уровня	135
§ 2. Сигнализатор наличия руды на конвейерной ленте	138
§ 3. Устройство для сигнализации забивки течек	138

	Стр.
§ 4. Автоматическое регулирования одностадийного цикла измельчения . . . . .	139
§ 5. Автоматическое регулирование плотности пульпы . . . . .	141
§ 6. Автоматическое управление шаропитателем . . . . .	142
<b>Глава IX. УПРАВЛЕНИЕ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ . . . . .</b>	<b>143</b>
§ 1. Основные положения . . . . .	143
§ 2. Диспетчерское автоматизированное управление (ДАУ) . . . . .	144
§ 3. Размещение электрооборудования . . . . .	151
<b>Глава X. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК . . . . .</b>	<b>154</b>
§ 1. Схемы питания электроэнергией . . . . .	155
§ 2. Подстанции . . . . .	158
Комплектные распределительные устройства 6—10 кв . . . . .	159
Масляный выключатель . . . . .	162
Привод к масляному выключателю . . . . .	163
Разъединитель . . . . .	165
Выключатель нагрузки . . . . .	166
§ 3. Управление и защита . . . . .	166
<b>Глава XI. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ . . . . .</b>	<b>168</b>
§ 1. Внутрицеховое распределение энергии . . . . .	168
§ 2. Провода и кабели . . . . .	171
Силовые провода и кабели . . . . .	171
Контрольные кабели . . . . .	173
Обмоточные провода . . . . .	173
§ 3. Выполнение сетей . . . . .	176
Характеристика сетей и способы их прокладки . . . . .	176
Выбор сечения кабеля . . . . .	181
Выбор марки кабеля . . . . .	183
Защита сетей . . . . .	184
<b>Глава XII. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ . . . . .</b>	<b>186</b>
<b>Глава XIII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ . . . . .</b>	<b>189</b>
§ 1. Основные положения . . . . .	189
§ 2. Права и обязанности дежурного электрика . . . . .	190
§ 3. Проверка знаний эксплуатационного персонала . . . . .	191
§ 4. Наблюдение и уход за электрооборудованием . . . . .	192
Электродвигатели . . . . .	192
Электрическая аппаратура . . . . .	197
Электроосветительные установки . . . . .	198
§ 5. Организация ремонтов электрооборудования . . . . .	199
§ 6. Ремонт асинхронных двигателей . . . . .	202
Определение и устранение неисправностей . . . . .	202
Разборка и сборка . . . . .	205
Ремонт железа статора и ротора . . . . .	205
Ремонт обмоток . . . . .	206
Ремонт контактных колец и короткозамыкателей . . . . .	207
Испытание после ремонта . . . . .	207
§ 7. Ремонт аппаратуры . . . . .	208
Рубильники . . . . .	208
Контакты и магнитные пускатели . . . . .	208
Автоматы (А-3000) . . . . .	209
Реле . . . . .	209
Испытания после ремонта . . . . .	210

	Стр.
Глава XIV. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ . . . . .	210
§ 1. Опасность поражения электрическим током . . . . .	211
§ 2. Защитные средства . . . . .	212
§ 3. Защитное заземление . . . . .	213
§ 4. Правила безопасности при обслуживании электроустановок	214
§ 5. Первая помощь при поражении электрическим током . . . . .	222
Литература . . . . .	224

*Рожко Лев Петрович*

**ЭЛЕКТРИК ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК**

Отв. редактор М. В. Грейсух  
Технический редактор В. В. Быкова

Редактор издательства Н. Т. Башенко  
Корректор А. В. Сергеева

---

Сдано в производство 18/VI 1965 г.	Подписано к печати 29/IX 1965 г.
Формат 60×90 <sup>1/16</sup>	Печ. л. 14,25
Тираж 2750 экз.	Уч.-изд. л. 14,15
T-13136.	Зак. № 617/1162-11.
	Цена 65 коп.
	Индекс 1—3—3

---

Издательство «Недра», Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.  
Московская типография № 6 Главполиграфпрома  
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати  
Москва, Ж-88, 1-й Южно-портовый пр., 17.

### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
21	Табл. 2, 1 графа слева, 2 снизу		
28	13 сверху	по принципу встречной маркировки	с обычной маркировкой
28	14 сверху	провод 27	провод 415—27
222	12 сверху	Электродержатели	Электродержатели

Л. П. Рожко. Электрик обогатительных фабрик. Зак. 2161/617.

65 коп

**НЕДРА · 1965**