И. Л. КОВАЛЬСКИЙ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

МЕТАЛЛУРГИЗДАТ
1955

И. Л. КОВАЛЬСКИЙ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебник
для школ и курсов
мастеров

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Москва 1955

АННОТАЦИЯ

В книге описываются электрооборудование обогатительных фабрик и конструктивные особенности пусковой и регулирующей аппаратуры. Освещаются современные методы электрификации процессов обогащения на основе использования электропривода. Излагаются принципы автоматического контроля регулирования процессов обогащения и диспетчерской системы управления. Приводятся схемы электроснабжения и распределения электроэнергии на обогатительных фабриках.

Книга предназначена в качестве учебника для школ мастеров.

Издательство просит читателей направлять свои отзывы и пожелания по этой книге по адресу:
Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер., 14.
Металлургиздат.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
1. Понятие о процессах обогащения 5
2. Обогатительная фабрика 10
3. Режим и условия работы фабричного электрооборудования 15

Глава I. Электроснабжение обогатительной фабрики 17
1. Общие сведения 17
2. Схемы электроснабжения 22
3. Электрическая аппаратура распределительных устройств подстанций 27
4. Трансформаторные подстанции обогатительных фабрик 45
5. Схемы распределения электроэнергии на низком напряжении 52

Глава II. Электрические сети 55
1. Общие сведения 55
2. Расчет электрических сетей 56
3. Конструктивное выполнение линий и сетей 58
4. Токопроводы для электрифицированных транспортных устройств 61

Глава III. Электропривод на обогатительной фабрике 63
1. Общие сведения 63
2. Системы электропривода 65
3. Классификация электродвигателей 69
4. Выбор электродвигателей по роду тока, напряжению и мощности 74

Глава IV. Аппаратура управления 81
1. Общие сведения 81
2. Аппаратура ручного управления 82
3. Контакторы постоянного и переменного тока 90
4. Пусковые и регулировочные реостаты 92
5. Реле 99
6. Воздушные автоматические выключатели 108
7. Магнитные пускатели 111
8. Пуск трехфазных синхронных двигателей 115
9. Регулирование скорости вращения электродвигателей 116
10. Защита электродвигателей 120
11. Эксплуатация электродвигателей 126

Глава V. Схемы автоматизации оборудования обогатительных фабрик 129
1. Общие сведения 129

2. Управление электродвигателями 131
3. Автоматическое регулирование работы дробильного оборудования 147
4. Автоматическое регулирование работы оборудования измельчения 159
5. Управление работой насосных агрегатов 164
6. Автоматическое регулирование плотности пульпы.... 176
7. Контроль щелочности пульпы 184
8. Автоматический контроль в отделениях обезвоживания 192
9. Приборы и схемы автоматического учета 195
10. Диспетчерская система управления 203

Глава VI. Оборудование для электромагнитных и электрических методов обогащения 215
1. Общие сведения 215
2. Электромагнитные сепараторы 219
3. Железоотделители 227
4. Электростатические сепараторы 228

Глава VII. Электроосвещение обогатительной фабрики..... 232
1. Общие сведения 232
2. Источники света 234
3. Люминесцентные лампы 237
4. Выбор системы освещения и способы прокладки осветительных сетей 241
5. Выбор мощности ламп и расчет мощности электрической осветительной установки 242
6. Эксплуатация осветительных сетей 247

Глава VIII. Техника безопасности..... 250
1. Общие сведения 250
2. Защитные заземления и зануления..... 253

Глава IX. Энергетические показатели..... 256
1. Общие сведения 256
2. Определение мощности компенсирующего устройства для повышения коэффициента мощности..... 257

Глава X. Основные сведения по проектированию электрооборудования обогатительных фабрик 259
1. Общие сведения 259
2. Исходные данные 269
3. Выбор мощности и типа электродвигателей и пусковой аппаратуры 274
4. Размещение трансформаторных подстанций и электрооборудования 285
5. Диспетчерская связь и автоматика..... 286

Литература 294

ВВЕДЕНИЕ

1. Понятие о процессах обогащения

Большинство полезных ископаемых не может быть непосредственно использовано в металлургическом и химическом переделах без предварительного обогащения.

Главной целью обогащения полезного ископаемого является разделение его на отдельные части и повышение содержания в них (концентрация) определенных минералов.

Современная обогатительная фабрика представляет собой сложный комплекс различных электрифицированных агрегатов и механизмов, тесно связанных друг с другом ходом технологического процесса.

Основой механизации и автоматизации всего технологического процесса и всех работ, связанных с его проведением, на обогатительной фабрике является электрификация, предполагающая широкое применение электропривода.

Электрический привод по сравнению с другими видами приводов обладает рядом весьма ценных преимуществ. Основные из них: простота конструкции, малые размеры и вес на единицу мощности электродвигателя, возможность изготовления электродвигателей с характеристиками, отвечающими разнообразным требованиям технологических процессов и режимов работы машин. К важным преимуществам электродвигателей относятся также их высокий пусковой и перегрузочный моменты и простота управления.

Электрическая энергия позволяет осуществлять простейшими средствами автоматизацию технологических процессов, дистанционное управление агрегатами, отдаленными на большие расстояния, и организовать диспетчерскую службу.

Кроме того, в ряде случаев электрическая энергия используется для электромагнитных и электростатических методов обогащения полезных ископаемых, являющихся часто одними из наиболее эффективных и экономичных методов разделения минерального комплекса.

В организации производства обогатительной фабрики обеспечение электроэнергией имеет решающее значение. Перерыв в подаче электроэнергии или отказ в работе одного электропривода может привести к остановке не только данного агрегата, но и всей цепи аппаратов, связанных схемой технологического процесса. Это, в свою очередь, неизбежно приводит к потерям ценного сырья и снижению качества продукции.

Надежная и бесперебойная работа электроприводов и всего энергетического хозяйства обогатительной фабрики в значительной степени предопределяет эффективность работы всего предприятия.

* *
*

Все механические процессы отделения полезных минералов от пустой породы и одних минералов от других, называются обогатительными. Процессы обогащения развивались в течение тысячелетий от простой ручной отборки и промывки руд до современного процесса — флотации.

Всякий процесс обогащения применим к руде, измельченной до такой степени, чтобы полезные минералы, подлежащие разделению и выделению, были возможно полнее отделены друг от друга.

Степень (величина) вкрапленности, характер руды, требования, предъявляемые металлургами к качеству продуктов обогащения (концентратам), а также экономические соображения определяют технологическую схему переработки или, другими словами, последовательность тех процессов, которые нужно применить при обогащении данной руды.

В зависимости от того, как производится обогащение руды — в присутствии воды или без нее — говорят о сухом (пневматическом) или мокром (гидравлическом) обогащении. Наибольшее распространение получило мок-

рое обогащение как более эффективное, экономичное и безопасное по условиям труда.

В настоящее время для разделения различных минералов используют различие их физических и химических свойств: удельных весов, магнитных свойств, свойств их поверхностей и др.

Методы обогащения, основанные на разнице удельных весов минералов, называются гравитационными.

Методы обогащения, основанные на использовании магнитных свойств минералов, называются магнитными или электромагнитными.

Методы, основанные на использовании разницы в электропроводности, называются электростатическими.

Методы обогащения, при которых используется различие физических и химических свойств поверхностей минералов и частиц руды, называются флотационными.

Для обогащения руд, содержащих благородные металлы (золото, серебро и др.), применяют химические методы — амальгамацию и цианирование. Амальгамация основана на свойстве благородных металлов давать с ртутью амальгаму, а цианирование — на растворимости благородных металлов в растворах цианистых солей.

Кроме того, для обогащения некоторых руд применяют промывку (для удаления глинистой мелочи) и выщелачивание (для перевода растворимых соединений полезного ископаемого в раствор для последующей его обработки).

* *
*

Самым старым методом обогащения является ручная сортировка (рудоразборка). Этот способ заключается в разборке кусков по внешнему виду и весу.

Несколько позднее начали применять и другой метод обогащения — промывку, при которой мелкие минеральные частицы отделяются водой от более крупных.

Частицы ценной руды обычно встречаются в довольно тесном срастании с пустой породой, поэтому уже очень давно пришли к выводу, что рудоразборку и промывку можно улучшить, если предварительно дробить руду, а затем уже разделять разнородные по составу зерна вручную или на просеивающей поверхности.

Сначала руду дробили большими ручными кувалдами, т. е. источником энергии была мускульная сила человека. В дальнейшем дробящие устройства приводились в движение животными. Позднее на смену им пришли паровые машины и, наконец, электродвигатели.

Дальнейшим этапом развития техники обогащения было использование промывной силы воды и силы тяжести для разделения минеральных частиц по их удельным весам. В развалинах знаменитых серебряных рудников в Аттике были найдены каменные столы с наклонной поверхностью, которые использовались для обогащения серебросодержащих свинцовых руд. Поток воды сносил вниз по наклонной плоскости стола более легкие и мелкие частицы, в то время как более тяжелые осаждались на поверхности стола. Так возник один из способов гравитационного обогащения (концентрация на столах).

В средние века открыли, что концентрация зернистого материала может быть достигнута отслаиванием его на сите, погруженном в воду. Машина, на которой производилась концентрация материала, первоначально приводилась в движение вручную; она была названа отсадочной машиной, а сама операция — отсадкой.

Совершенствование способов дробления и измельчения вызвало развитие методов грохочения и классификации раздробленного и измельченного материала.

Первым приспособлением для этой цели были неподвижные грохоты. Они употребляются и в настоящее время, несмотря на то, что вращающиеся барабанные грохоты в значительной степени вытеснили их. Вслед за барабанными грохотами начали применять вибрационные грохоты — устройства, в которых просеивающей поверхности сообщается с помощью механизма вибрация.

Для классификации мелких частиц были сконструированы классификаторы, действие которых основано на различной скорости осаждения в воде частиц различной крупности.

В последнее время возник еще один метод гравитационного обогащения — это обогащение в тяжелых суспензиях. Сущность этого процесса состоит в разделении минеральных частиц различных удельных весов в среде, имеющей промежуточный удельный вес. Для разделения

крупных частиц применяются конусы, классификаторы, барабаны; более мелких — гидроциклоны, в которых процесс разделения по удельным весам усиливается за счет возникновения центробежных сил.

Магнитное обогащение при помощи постоянных магнитов впервые было применено в XVIII в. Однако этот метод внедрялся медленно в связи с отсутствием удачной конструкции машины для магнитного обогащения — сепаратора. Развитию магнитного обогащения способствовало использование магнитного поля электромагнитов при конструировании сепараторов. На этой основе было создано много конструкций сепараторов для обогащения сильномагнитных руд.

Электромагнитную сепарацию слабомагнитных руд начали применять несколько позднее, так как только в 90-х годах прошлого века было предложено использовать для создания мощных магнитных полей сочетание плоского и противопоставленного ему заостренного полюсов.

Флотационный процесс обогащения, открытый в 1860 г., первоначально состоял в выделении из пульпы, содержащей 10—20% масла от веса руды, сульфидных минералов. До 1902—1905 гг. этот процесс не получил широкого применения, но затем, когда была открыта способность пузырьков воздуха или газа, прилипая к частицам сульфидов, выносить их на поверхность пульпы, флотационный процесс начал быстро совершенствоваться и проникать в промышленную практику обогащения полезных ископаемых.

Возможность селективной флотации мелких частиц, которые ранее не обогащались, способствовала самому широкому внедрению этого процесса. Например, селективная флотация медноцинковопиритной руды позволяет последовательно выделять из тонкоизмельченной руды медный, цинковый и железный минералы в медный, цинковый и пиритный концентраты.

В настоящее время в целях наиболее полного и комплексного использования руд на фабриках применяются технологические схемы обогащения, сочетающие все рациональные для данной руды процессы обогащения, а в ряде случаев в комбинации с процессами пиро- и гидрометаллургической обработки.

2. Обогатительная фабрика

Обогатительная фабрика представляет собой совокупность исполнительных и вспомогательных аппаратов, используемых при обогащении полезных ископаемых, двигателей и сетей водо- и воздухопроводов, размещенных в одном или нескольких зданиях.

Производительность обогатительных фабрик может быть весьма различна — от нескольких до многих десятков тысяч тонн в час.

Для обогатительных фабрик весьма характерно каскадное, ступенчатое расположение на склоне, при котором используется сила тяжести перемещаемых материалов. Ввиду сложности и многообразия типов оборудования, применяемого на обогатительных фабриках, стремятся так разместить оборудование, чтобы обеспечить доступ к нему для наблюдения, управления и ремонта.

Небольшие по мощности фабрики обычно располагаются в одном здании, крупные — в нескольких. В этих случаях в отдельные здания выделяется оборудование, при помощи которого осуществляются отдельные законченные технологические операции.

В зависимости от производительности фабрики и схемы цепи аппаратов выделяются соответствующие цехи или отделения: дробления, измельчения, отсадки, концентрации на столах, флотации, обезвоживания и др.

В зависимости от назначения обогатительные фабрики делятся на сортировочные, дробильные, промывочные, флотационные; по разрабатываемому полезному ископаемому — на медные, свинцово-цинковые, золотоизвлекательные, молибденовые угле- и железообогатительные и др. Обогатительная фабрика представляет собой промежуточное звено между горным цехом и металлургическим заводом, Горный цех транспортирует добываемую руду в кусках размерами до 1500 *мм* на фабрику, на которой она в ряде последовательных операций обрабатывается и в виде одного или нескольких концентратов направляется на следующий передел для извлечения металлов и ценных компонентов.

В зависимости от производительности фабрики, места расположения рудника или карьера и крупности руда

доставляется в автомобилях, вагонетках электровозной тяги и подвесной канатной дороги или в железнодорожных вагонах. Иногда, если фабрика расположена вне рудника, дробильное отделение размещается на месте добычи руды (штольня, шахта, карьер), тогда на фабрику поступает дробленая руда, причем в этом случае сооружается промежуточный склад дробленой руды.

Весь процесс переработки руды на фабрике механизирован: при сухой переработке руда передается от одного механизма к другому транспортерами, элеваторами и по жолобам; при мокрой переработке — по трубам и жолобам (самотеком или с помощью центробежных насосов и эрлифтов).

Для стабилизации технологических процессов на обогатительной фабрике используется различная аппаратура, обеспечивающая равномерную подачу руды (ленточные, маятниковые и тарельчатые питатели), питатели для подачи реагентов, водомеры, регулирующие подачу воды, и т. д.

Для производства ремонтов оборудования на фабрике имеются мостовые краны, кранбалки, электротельферы и другие подъемные устройства. Как правило, на фабрике имеются и своя механическая мастерская и электромастерская, оборудованные необходимым минимумом станков и инструментов.

Технологический процесс на современной обогатительной фабрике протекает следующим образом [1].

Дробление и грохочение руды

Предварительно взвешенная руда доставляется в бункеры дробильного отделения, откуда она с помощью питателей подается непосредственно в дробилку или предварительно проходит через грохот, после чего крупная руда поступает в дробилку, а мелкая смешивается с крупной после дробления.

В зависимости от крупности руды операция дробления повторяется два-три раза или, как говорят, производится в две-три стадии; в последнем случае руда про-

[1] На отдельных фабриках те или иные из описанных ниже операций и машин могут отсутствовать.

ходит крупное, среднее и мелкое дробление. Каждой стадии дробления сопутствует грохочение, после которого остаток на грохоте поступает в дробилку на дробление, а прошедший через грохот материал — на следующую стадию дробления. В последней стадии дробления дробленая руда после дробилки поступает на грохот, верхний продукт которого возвращается в дробилку, а нижний является готовым продуктом.

Руда передается от одной дробилки к другой транспортерами, элеваторами или самотеком по жолобу. Дробление осуществляется в щековых или конусных дробилках, реже в валковых дробилках.

Для сортировки смеси зерен по крупности руду перед дроблением обычно подвергают грохочению; для этого применяются колосниковые, вибрационные и реже барабанные грохоты.

Колосниковый неподвижный грохот представляет собой ряд брусков, скрепленных поперечными болтами и расположенных под некоторым углом к горизонтали на определенном расстоянии друг от друга.

В вибрационном грохоте инерционного типа на вал насажены неуравновешенные грузы, вследствие чего при вращении возникают силы инерции. Под действием этих сил укрепленный на пружинах подвижной короб с натянутым ситом вибрирует.

Вибрационный грохот характеризуется тем, что у него колебания решета происходят почти перпендикулярно плоскости решета, при этом куски руды подбрасываются вверх и вниз, что улучшает процесс грохочения.

Барабанный грохот, применяемый для мокрой сортировки руды представляет собой слегка наклонный металлический ситообразный цилиндр с отверстиями различных диаметров.

Из дробильного отделения руда в виде зерен размером 8—25 *мм* подается в бункер и затем с помощью питателя на измельчение в шаровые или стержневые мельницы. В шаровые и стержневые мельницы при измельчении в них к руде в определенном весовом соотношении подается вода. Руда при вращении мельницы под ударным и ис-

тирающим действием шаров или стержней подвергается измельчению и в виде пульпы выходит из мельницы.

Обычно мельница работает в замкнутом цикле с классификатором, в котором руда разделяется на классы по величине зерен. Крупные зерна подаются обратно в мельницу для дальнейшего измельчения вместе с рудой, а тонкий материал выделяется в виде пульпы.

Обычно применяются реечные, спиральные или чашевые классификаторы, представляющие собой сосуды, из которых с помощью реечного или спирального механизма удаляются осевшие крупные частицы, а взвешенная в пульпе мелочь выносится потоком.

Характерной особенностью режима работы шаровой и стержневой мельниц является большой расход электроэнергии при холостом ходе мельницы. Мощность, потребляемая шаровыми и стержневыми мельницами, зависит от общего веса загруженных шаров или стержней, диаметра барабана мельницы и скорости вращения ее и почти не зависит от степени загрузки мельницы рудой. Поэтому при очень жидкой пульпе, когда загрузка мельницы рудой мала, резко возрастает удельный расход электроэнергии на измельчение.

Обогащение руды

Руда перед обогащением измельчается до различной крупности в зависимости от ее характера и применяемого процесса обогащения. Так, обогащение в тяжелых суспензиях возможно уже после первого дробления, т. е. при крупности кусков от 100 *мм* и ниже.

Для отсадки требуется руда с крупностью кусков от 25 *мм* и ниже; для концентрации на столах — от 4 *мм* и ниже; для магнитной сепарации — от 25 *мм* и ниже; для флотации — от 0,25 *мм* и ниже.

Обогащение в тяжелых суспензиях осуществляется в конусном сепараторе или классификаторе, из которых механически удаляются осевшая тяжелая часть и всплывшая легкая часть.

Мокрая отсадка производится в отсадочных машинах, в которых при помощи электропривода приводится

в движение решето или поршень машины, создающий восходящие и нисходящие потоки жидкости.

Концентрация на столах осуществляется на плоскости. Электродвигатель с помощью специального механизма придает ей возвратно-поступательное движение. Под действием возникающих при этом движении сил, а также воды поступающая на стол пульпа расслаивается по крупности и удельному весу.

Сухая и мокрая электромагнитная сепарация сильномагнитных руд производится в барабанных и ленточных сепараторах; слабомагнитных — в ленточных и дисковых сепараторах.

Процесс флотации осуществляется во флотационных машинах механического и пневматического типов. Машины механического типа обычно многокамерные; каждая камера машины имеет вращающийся ротор (импеллер), назначение которого диспергация (измельчение) воздуха на мельчайшие пузырьки и поддержание собственно руды во взвешенном состоянии в пульпе. Кроме того, каждая машина имеет устройство для удаления пены с поверхности пульпы.

В зависимости от характера руды на фабрике применяется тот или иной процесс обогащения или комбинация их, обеспечивающая наиболее рациональное и эффективное извлечение ценных компонентов из руды.

В результате выполнения тех или иных обогатительных операций получаются конечные продукты обогащения: концентраты (иногда промпродукты) и отходы производства (хвосты). Концентраты и промпродукты (если они получаются), а в ряде случаев и отходы мокрых процессов обогащения подвергаются обезвоживанию, т. е. из них удаляется вредная и ненужная для последующих процессов влага.

Обезвоживание может осуществляться в одну, две или три стадии (сгущение, фильтрация и сушка).

Сгущение производится в чанах, снабженных механизмом для непрерывного удаления оседающей твердой части пульпы. Этим способом можно получить продукт, содержащий 50—70% влаги.

Фильтрация пульпы осуществляется обычно в вакуум-фильтрах барабанного и дискового типов, в которых во-

да из пульпы просасывается через пористую ткань, одетую на вращающийся барабан или диск. Приставшая к ткани твердая часть пульпы удаляется скребком. Имеются и другие конструкции фильтров, в частности, фильтры, работающие под давлением.

Сушка обычно производится в барабанных вращающихся сушильных печах.

В целях создания наиболее благоприятных условий труда отделения фабрики, где осуществляется сухая переработка руды (дробильное и др.), оборудуются специальной системой вентиляции для пылеулавливания и системой гидрообеспыливания. Мокрые цехи фабрики также оборудуются вентиляционной системой.

3. Режим и условия работы фабричного электрооборудования

Как следует из описания современной обогатительной фабрики, для осуществления процесса обогащения используются разнообразные машины и механизмы. Все основные машины и агрегаты приводятся в действие при помощи индивидуальных электрических двигателей. Кроме того, электроэнергия используется на фабриках для осуществления некоторых технологических функций (электромагнитное обогащение, электросепарация) и для освещения. Успешная работа фабрики зависит от бесперебойной подачи электроэнергии, работы электродвигателей и электромашин. Поэтому при выборе машин, подающих и потребляющих электроэнергию, а также пусковой и регулирующей аппаратуры, должны особо учитываться условия их работы. В отделениях и цехах, где производится сухая переработка руды, учитывается необходимость защиты оборудования от пыли, а в цехах и отделениях мокрой обработки — от влаги, так как наличие их резко ухудшает условия эксплуатации электрооборудования. Необходимо отметить, что большинство помещений фабрик относится к числу опасных в отношении поражения обслуживающего персонала электрическим током. Сырость, влага, электропроводная пыль усложняют поддержание изоляции электрооборудования в порядке.

Электроаппаратура дистанционного и автоматического управления на обогатительных фабриках, если она расположена в цехе, должна быть защищена от сырости и пыли, в противном случае аппаратуру выносят в изолированное от агрессивной среды помещение.

К электрооборудованию фабрик всегда предъявляются строгие требования в отношении надежности и бесперебойности работы.

Как уже указывалось, отличительной особенностью обогатительных фабрик является поточность технологического процесса, при которой работа различных механизмов строго зависит друг от друга: остановка одного из них влечет за собой вынужденное прекращение работы всех остальных механизмов и аппаратов данной технологической цепи. В связи с этим значительная часть электроприводов блокируется таким образом, что остановка одного из них вызывает отключение всех предыдущих по ходу процесса двигателей.

Обогатительные фабрики, как правило, работают круглосуточно непрерывно в течение года; на ремонтные работы выделяется часть рабочего времени, не превышающая 10% от календарного времени.

Наряду с этим в промышленности работают фабрики с особым режимом, обусловленным специфическими особенностями: фабрики с сезонным поступлением сырья; фабрики, не обеспеченные в достаточной мере рудой и вынужденно работающие на прерывной рабочей неделе.

Режим работы отделений фабрик обычно различен. Отделения крупного дробления работают, как правило, синхронно с выдачей руды рудником — 2 смены (14 час.) или три смены — 21 час. в сутки в зависимости от мощности; отделение среднего и мелкого дробления работает в две смены с выходными днями и без них. В отдельных случаях дробильное отделение работает одну смену.

Главные корпусы фабрик, т. е. отделения измельчения и собственно обогащения работают круглосуточно и редко с выходными днями. Отделения обезвоживания работают также на непрерывном режиме.

Глава I

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

1. Общие сведения

В царской России большинство предприятий цветной металлургии принадлежало иностранцам, хищнически эксплуатировавшим рудные месторождения и совершенно не заинтересованным в техническом оснащении обогатительных фабрик. Еще меньше заботились они об улучшении условий труда рабочих и обеспечении их безопасности.

Если первая в России электростанция мощностью 505 *квт* была сооружена в Царском селе (г. Пушкин под Ленинградом) в 1885 г., то в районах расположения предприятий цветной металлургии фабрично-заводские электростанции начали появляться лишь в первом десятилетии нынешнего века.

Первый опыт применения электрической энергии на фабрике Садонского свинцового рудника (Северный Кавказ) не получил должного распространения.

В качестве силовых установок для привода производственных механизмов обогатительных фабрик использовались паровые машины и двигатели внутреннего сгорания; причем преобладал трансмиссионный способ сочленения привода с машиной-орудием, применение которого вызывало большие механические потери и потери на холостой ход трансмиссии.

Отечественная электротехническая промышленность занималась преимущественно сборкой машин из импортных деталей, несмотря на то, что наука об электричестве и его практическом применении занимала в России одно из первых мест. Целая плеяда ученых-физиков, предвосхищая во многом ученых зарубежных стран, плодотворно работала в этой области, и к началу нынешнего века были достигнуты огромные успехи.

При Советской власти за годы предвоенных пятилеток мощность электростанций возросла в несколько раз.

Пятым пятилетним планом развития СССР на 1951—1955 годы намечено увеличение общей мощности электростанций примерно вдвое, а гидроэлектростанций — втрое.

* *
*

Передача электроэнергии по проводам всегда связана с потерями, величина которых зависит от силы тока, а также от длины, сечения и материала провода. Передача энергии при более высоком напряжении позволяет иметь при заданной мощности меньшую силу тока, а значит, и меньшие потери в проводах. В связи с этим большей частью бывает выгоднее передавать электроэнергию при максимальном напряжении и минимальной силе тока.

Передача больших мощностей на значительное расстояние при низком напряжении вообще недопустима, так как при этом потребовалось бы настолько большое сечение провода, что задача оказалась бы практически невыполнимой. Однако в местах потребления электрической энергии, т. е. у электродвигателей, осветительных приборов и т. п., выгодно иметь электрический ток сравнительно низкого напряжения, чтобы обеспечить достаточную безопасность обслуживания и вместе с тем уменьшить затраты, связанные с изоляцией установки. В связи с этим получаемая на месте потребления электроэнергия высокого напряжения преобразуется обычно в электроэнергию пониженного напряжения, после чего распределяется по отдельным потребителям тока.

Для выполнения этой задачи в центрах значительного потребления энергии строятся специальные сооружения — понижающие трансформаторные подстанции. Эти подстанции имеют специальные распределительные устройства, предназначенные для принятия электроэнергии, передачи ее к трансформаторам для преобразования и, наконец, для распределения преобразованной энергии по отдельным потребителям.

Крупные фабрики имеют на своей территории сеть таких подстанций. При этом электроэнергия часто по-

дается на подстанции, не имеющие трансформаторов, а только распределительные устройства. От таких подстанций энергия высокого напряжения передается по кабелям (фидерам) для питания понижающих подстанций, расположенных на территории фабрики или непосредственно в ее отделениях, а частично и непосредственно для питания высоковольтных электродвигателей. Такие подстанции, не преобразующие энергию, называются фидерными. Возможны комбинированные, т. е. фидерно-трансформаторные подстанции.

Небольшие трансформаторные подстанции, оборудованные 1—2 трансформаторами малой мощности до 320 *ква* и простейшим распределительным устройством, называются трансформаторными пунктами или киосками.

В зависимости от места установки аппаратуры распределительные устройства подстанции можно разделить на два типа — закрытые и открытые. В закрытых подстанциях все размещено внутри здания. Этот тип подстанции обычно применяется для преобразования электроэнергии напряжением до 10 *кв*. Как частное решение возможна отдельная установка трансформаторов на открытом воздухе.

В открытых подстанциях как трансформаторы, так и распределительные устройства высокого напряжения размещаются вне здания на открытом воздухе и только аппаратура низкого напряжения для управления устройством и распределением преобразованной энергии устанавливается в небольшом закрытом помещении. Открытые подстанции сооружаются для преобразования электроэнергии напряжением 35 *кв* и выше.

Электрическая энергия высокого напряжения подводится к подстанции по одной или нескольким линиям и поступает на сборные полосы — шины. Для возможности включения и отключения подстанции от питающей ее линии между вводом и сборными шинами, как правило, устанавливаются специальные масляные выключатели (*ВМ1* на рис. 1). Для осмотра и ремонта масляный выключатель отделяется от ввода и сборных шин при помощи двух комплектов разъединителей *Р1* и *Р2*. От сборных шин высокого напряжения ток поступает в транс-

форматор трехфазного тока, проходя по пути через разъединитель *Р3* и второй масляный выключатель *ВМ2*.

Из трансформатора преобразованная энергия уже более низкого напряжения поступает на вторую систему сборных шин, откуда она распределяется соответствующими устройствами по потребителям.

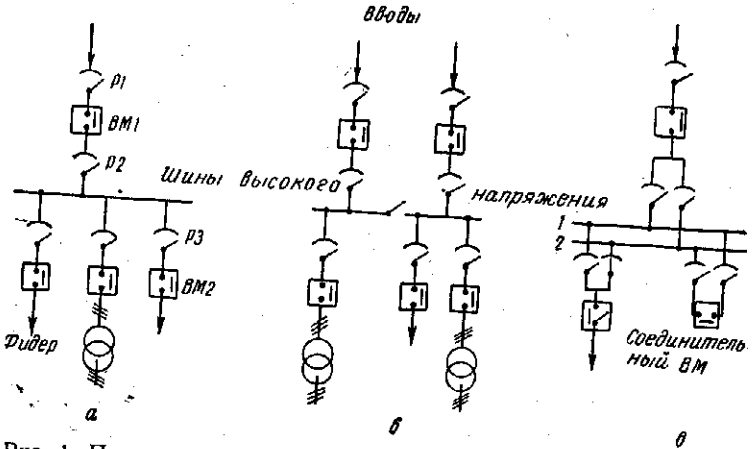


Рис. 1. Принципиальные схемы подстанции со стороны высокого напряжения:

1 — первая система шин высокого напряжения; *2* — вторая система шин высокого напряжения; *Р1, Р2, Р3* — разъединители; *ВМ1, ВМ2* — масляные выключатели

а — с одним вводом и несекционированной системой шин; *б* — с двумя вводами и секционированной системой шин; *в* — с двойной системой шин и соединительным масляным выключателем

Для изображения электрических схем подстанции обычно используются условные обозначения, приведенные в Приложении. При помощи этих обозначений на рис. 1 изображены принципиальные схемы электрического оборудования высокого напряжения подстанции.

Если часть электрической энергии высокого напряжения используется для питания высоковольтных двигателей или передается на другую подстанцию (рис. 1, *а*), то для этого предусматривается один или несколько фидеров, отходящих от сборных шин высокого напряжения и включаемых через отдельные фидерные разъединители и масляные выключатели. На рис. 1,*б*, кроме разъедини-

телей на вводах и на ответвлениях к трансформаторам и отходящим фидерам, показан разъединитель, секционирующий сборные шины, т. е. разделяющий их на отдельные части, каждая из которых может работать независимо.

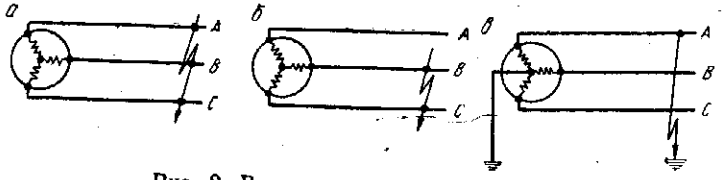


Рис. 2. Виды короткого замыкания:

а — трехфазное короткое замыкание; *б* — двухфазное короткое замыкание; *в* — однофазное короткое замыкание; *A*, *B*, *C* — фазы

При такой схеме возможно отключение части шин для осмотра и чистки. На рис. 1,*в* (см. шины высокого напряжения *1* и *2*) показана двойная система шин, допускающая ремонт и чистку одной из систем без перерыва эксплуатации подстанции. Описанные схемы являются упрощенными, однолинейными; на более подробных трехлинейных схемах каждая фаза распределительного устройства обозначается отдельной линией, указываются все аппараты, приборы, защитные и сигнальные устройства, схемы их включения и т. д.

Основными элементами распределительных устройств являются масляные выключатели, разъединители, реакторы, разрядники, конденсаторы, изоляторы, а также трансформаторы напряжения и тока.

Электрическое оборудование подстанций выбирается с учетом условий эксплуатации и случайных нагрузок, возникающих при ненормальном режиме работы. Наиболее опасным является режим короткого замыкания. Короткое замыкание возникает в электрических установках при нарушении изоляции между токоведущими частями (проводами, шинами) и заключается в электрическом соединении между собой двух или трех фаз. При соединении двух проводов короткое замыкание называется двухфазным, трех проводов — трехфазным. В системах с заземленной нейтралью возможно однофазное замыкание (рис. 2).

Величина тока короткого замыкания $I_к$ зависит от напряжения и сопротивления короткозамкнутой цепи, характеристики генераторов и состояния их возбуждения. Чем дальше от источника тока короткое замыкание, тем больше сопротивление короткозамкнутого участка и меньше ток короткого замыкания.

На подстанциях обогатительных фабрик ток короткого замыкания обычно не превышает 5—10 тыс. *а*. Наибольшее мгновенное значение $I_{уд}$ (ударный ток) тока короткого замыкания представляет собой величину, равную

$$I_{уд} = 1{,}8\sqrt{2}\, I_к ,$$

где $I_{уд}$ — ударный ток, *а*;

$I_к$ — максимум (амплитуды) периодической слагающей тока короткого замыкания, *а*.

1,8 — ударный коэффициент тока короткого замыкания.

2. Схемы электроснабжения

В зависимости от того, где расположена обогатительная фабрика — поблизости или далеко от промышленного центра, электроснабжение ее осуществляется от ближайшей энергосистемы, районной электростанции или от собственной электростанции.

На рис. 3 изображена схема электроснабжения промышленного района от двух независимых источников электроэнергии, связанных кольцевой линией электропередачи напряжением 110 *кв* и перемычкой длиной 60 *км*, которая при нормальном режиме эксплуатации отключена. В случае аварии на одной из электростанций кольцевая линия позволяет частично компенсировать недостающую электроэнергию за счет использования второго источника электроэнергии. Перемычка включается также во время ремонта одной из подстанций, включенных на высоковольтное кольцо. Такая схема обеспечивает полную надежность электроснабжения.

В современных схемах электроснабжения стремятся рассредоточить источники электроэнергии и электросети.

На рис. 4 изображена схема электроснабжения комбината цветной металлургии производительностью 3—

5 тыс. *т/сутки*. От энергосистемы к комбинату электроэнергия передается по линиям напряжением 110 или 35 *кв*. В зависимости от характера предприятий и расстояния от отдельных цехов до основного потребителя электроэнергии — обогатительной фабрики — отдельные элементы схемы могут меняться, но основа почти всегда остается та же.

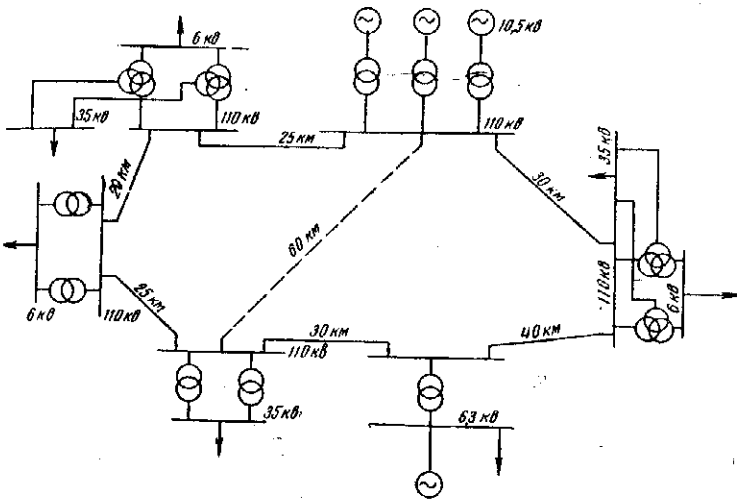


Рис. 3. Схема электроснабжения промышленного района от двух источников электроэнергии

Если металлургический завод, который перерабатывает концентрат, выпускаемый обогатительной фабрикой, расположен в районе этой фабрики, то в схему электроснабжения комбината включается и подстанция металлургического завода.

При близком расположении рудника от главной понизительной подстанции (ГПП) или малой потребляемой мощности рудника вместо напряжения 35 *кв* бывает достаточно 6 *кв*. При малой мощности обогатительной фабрики вместо нескольких цеховых подстанций сооружается одна, которая совмещается с распределительным устройством фабрики.

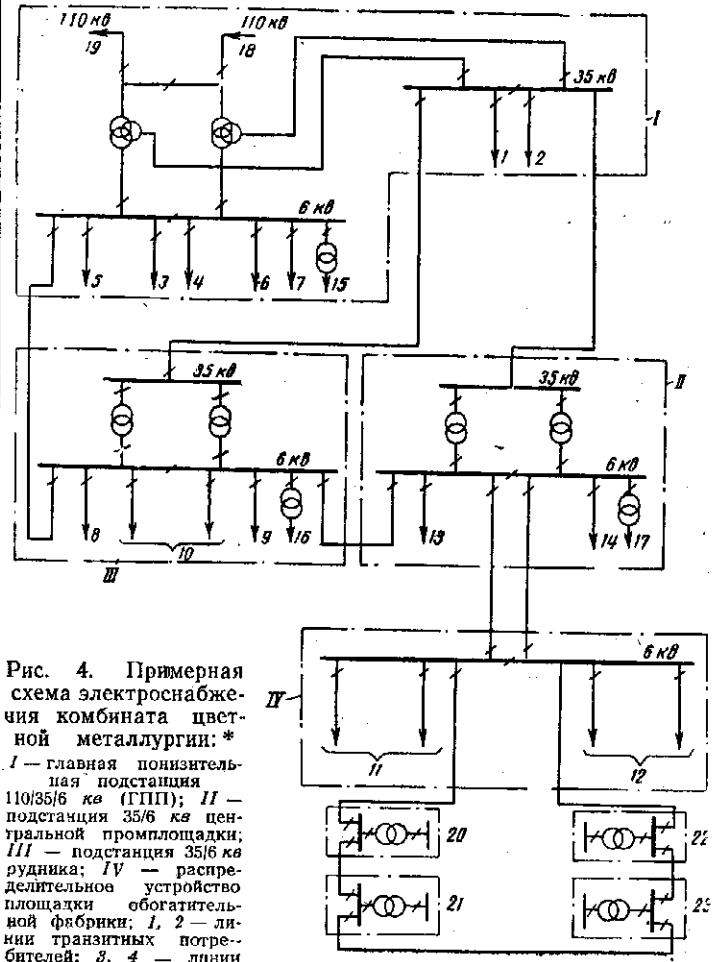


Рис. 4. Примерная схема электроснабжения комбината цветной металлургии: *

1 — главная понизительная подстанция 110/35/6 *кв* (ГПП); *II* — подстанция 35/6 *кв* центральной промплощадки; *III* — подстанция 35/6 *кв* рудника; *IV* — распределительное устройство площадки обогатительной фабрики; *1, 2* — линии транзитных потребителей; *3, 4* — линии к подстанциям поселка; *5, 6* — линии к подстанции насосной станции; *7* — линия к подстанции прирельсовой базы; *8, 9* — линии к подстанции компрессорной; *10* — линии к шахтным подстанциям; *11, 12* — линии к двигателям 6 *кв* обогатительной фабрики; *13* — линия к подстанции химической лаборатории; *14* — линия к подстанции центральной ремонтно-механической мастерской; *15, 16, 17* — трансформаторы собственных нужд; *18, 19* — питающие линии высоковольтного кольца энергосистемы; *20, 21, 22, 23* — цеховые подстанции обогатительной фабрики

* На схеме масляные выключатели не показаны.

По степени ответственности электроснабжения потребители делятся на категории; так, например, почти все крупные обогатительные фабрики большого народнохозяйственного значения являются потребителями I категории и поэтому не терпят даже кратковременного перерыва в электроснабжении. Обогатительные фабрики небольшой производительности, как правило, относятся ко II категории, т. е. к таким потребителям, для которых перерыв в электроснабжении влечет за собой только недовыпуск продукции. К III категории потребителей относятся ремонтно-механические мастерские, складское хозяйство, поселок и т. д. В соответствии с этим степень резервирования питания токоприемников обогатительных фабрик зависит от их категории.

Важнейшим условием обеспечения бесперебойного снабжения потребителя электроэнергией является расположение источников электроэнергии возможно ближе к потребителю и сведение к минимуму числа промежуточных узлов между источниками и потребителями. С этой целью необходимо в случаях, где это возможно, стремиться к применению глубоких вводов. Как правило, чем выше напряжение, тем экономичнее электроснабжение.

При проектировании новых электрических сетей и их реконструкции должны быть учтены перспективы развития энергосистемы примерно на 5—10 лет.

Обогатительные фабрики получают электроэнергию от районных подстанций или электростанций по линиям электропередачи (ЛЭП) напряжением 110, 35, 10, 6, 3 *кв* через ГПП предприятия. От ГПП энергия распределяется к цеховым подстанциям, в том числе и к подстанции фабрики по ЛЭП 3—6—10—35 *кв*. От подстанции фабрики потребители получают электроэнергию низкого напряжения 0,120—0,127; 0,22; 0,38; 0,5 *кв* (последние две величины условно отнесены к разряду низких напряжений). К крупным электродвигателям подводится напряжение 3 или 6 *кв* непосредственно от шин цеховой подстанции.

В СССР в целях обеспечения безопасности обслуживающего персонала и по экономическим соображениям для промышленных электросетей применяется преиму-

щественно напряжение 400/230 *в*, так как оно позволяет совмещать силовую и осветительную сети, причем непосредственно к световым точкам подводится напряжение 220 *в*. Правда, такое совмещение обладает серьезным техническим недостатком, снижающим качество освещения: период пуска электродвигателя сопровождается снижением напряжения в питающей сети и трансформаторе вследствие потерь напряжения от пусковых токов. При частых запусках двигателей в результате уменьшения светового потока лампы начинают мигать. Однако обогатительные фабрики, где имеет место непрерывный поточный процесс, относятся к предприятиям с длительным режимом работы электродвигателей, поэтому мигание ламп на фабриках почти отсутствует.

Ниже приведена шкала номинальных напряжений согласно «Правилам устройства электрических установок»:

0,120—0,127; 0,22; 0,23—0,4; 0,5; 3; 6; 10; 35; 110; 154; 220 *кв* переменного тока;

0,11—0,12; 0,22; 0,44 *кв* постоянного тока.

По классификации, установленной электротехническими правилами, к установкам низкого напряжения относятся только такие, в которых напряжение по отношению к земле не превышает 0,25 *кв*.

Выше было указано, что условно в шкалу низких напряжений включены также величины 0,38 и 0,5 *кв*.

Чтобы устранить необходимость в трансформировании подводимой к электродвигателям мощности, стремятся применять высокое напряжение. Вопрос о выборе величины напряжения обычно возникает, когда мощность электродвигателя находится в диапазоне как высоких, так и низких напряжений, например, при мощности электродвигателя 200 *квт* и наличии двух сетей с напряжением 380 и 6000 *в* можно применить любое из этих напряжений, в то время как при мощности электродвигателя 100 *квт* принимается только одно напряжение 380 *в*.

При технико-экономических сравнениях выбора напряжения необходимо учитывать единовременные капитальные затраты и ежегодные эксплуатационные расходы, которые в основном сводятся к потерям в трансформаторах и электросетях и, как правило, представляют значительную величину.

3. Электрическая аппаратура распределительных устройств подстанций

Каждая подстанция имеет распределительные устройства высокого и низкого напряжения. Распределительное устройство состоит из группы различных аппаратов, электрически соединенных друг с другом.

Распределительные устройства высокого напряжения (более 500 *в*) состоят из сборных шин и следующих основных приборов и аппаратов: масляных или автогазовых выключателей, разъединителей, выключателей нагрузки (разъединителей мощности), реакторов (для ограничения величины тока короткого замыкания), измерительных трансформаторов тока и напряжения, разрядников и дугогасящих приспособлений.

Распределительные устройства низкого напряжения (менее 500 *в*) состоят из рубильников, автоматических выключателей, магнитных пускателей, контакторов, реостатов, измерительных приборов (амперметров, вольтметров, ваттметров, счетчиков), распределительных ящиков, щитов и силовых и осветительных пунктов.

Выключатели высокого напряжения в цепях переменного тока любого напряжения применяются для включений, выключений и переключений как при нормальных режимах, так и при аварийных.

По роду установки различают выключатели для внутренней и наружной установки.

Масляные выключатели изготавливаются на напряжение от 3 до 220 *кв*. В выключателях этого рода объем масла бывает большим (многообъемные) или малым (малообъемные), а разрыв дуги может происходить непосредственно под маслом или при помощи дугогасительных камер.

Многообъемные выключатели используются как для гашения дуги, так и для изоляции токоведущих частей различных фаз друг от друга и от бака; малообъемные — только для гашения дуги.

Схема устройства многообъемного выключателя приведена на рис. 5. Выключение производится путем соединения неподвижных контактных ножей *3* с подвижными ножами *4*, укрепленными на подвижной траверсе *5*

Контакты удерживаются во включенном положении защелкой, имеющейся в приводе; отключающая пружина *6* при этом сжата. При отключении защелка смещается, и под действием пружины *6* контакт нарушается.

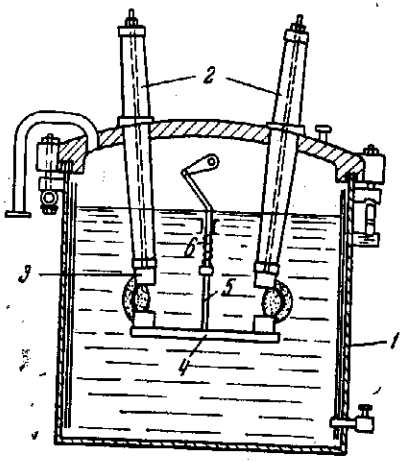


Рис. 5. Схема многообъемного бакового масляного выключателя:

1 — бачок; *2* — проходные изоляторы; *3* — неподвижные контактные ножи; *4* — подвижные контактные ножи; *5* — траверса; *6* — отключающая пружина

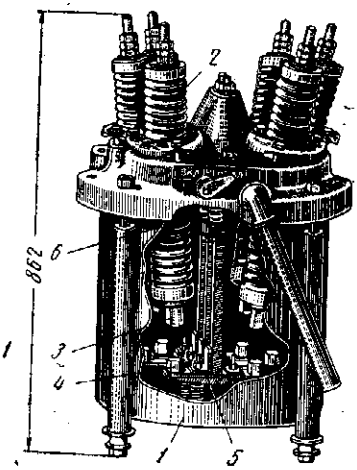


Рис. 6. Общий вид масляного выключателя типа ВМБ-10:

1 — бачок; *2* — проходные изоляторы; *3* — неподвижные контакты; *4* — подвижные контакты; *5* — контактная траверса; *6* — отключающие пружины

К описанной конструкции относятся масляные выключатели типа ВМЭ-6, ВМБ-10, ВМ-35, ВМД-35 с напряжением до 35 *кв*, номинальным током до 1000 *а*, предельно отключаемой мощностью до 400 *мгва*.

Выключатели ВМБ-10 (рис. 6) предназначены для внутренней установки; ВМ-35, ВМД-35 — только для наружной установки.

В отличие от многообъемных выключателей в малообъемных масляных выключателях роль изолятора выполняет твердый диэлектрик — фарфор, стеатит, бакелит и пр. Масло служит лишь для гашения дуги, поэтому количество его удается значительно снизить.

Малообъемный (горшковый) масляный выключатель в настоящее время является наиболее распространенным видом отключающего аппарата в энергосистемах промышленных предприятий. Этот вид масляного выключателя представляет собой (рис. 7) три небольших изолирован-

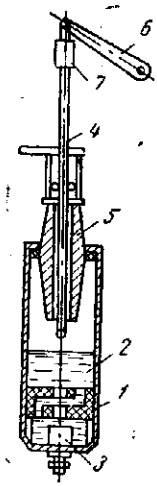


Рис. 7. Схема устройства горшкового масляного выключателя (малообъемного)

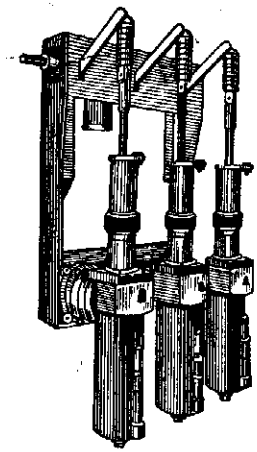


Рис. 8. Общий вид масляного выключателя типа ВМГ

ных внутри металлических бачка *1*, заполненных маслом *2*. В нижней части бачка помещен неподвижный контакт *3*. Подвижный контакт *4* выходит наружу из бачка через изолятор *5* и соединяется с рычагом приводного механизма *6* изолятором *7*. При включении выключателя подвижный контакт входит в неподвижный. Бачки выключателя находятся под напряжением, поэтому их изолируют. Общий вид выключателя ВМГ-133 приведен на рис. 8 (номинальное напряжение до 10 *кв*, номинальный ток до 1000 *а*).

Электропромышленность выпускает также безмасляные, так называемые автогазовые высоковольтные выклю-

чатели, в которых дуга гасится струей газов, образующихся при разложении твердого дугогасящего вещества электрической дугой. На рис. 9 показан автогазовый выключатель типа ВГ-10М на 400 *а* и отключающую мощность 300 тыс. *ква* при напряжении 10 *кв* и отключающую мощность 200 тыс. *ква* при напряжении 6 *кв*.

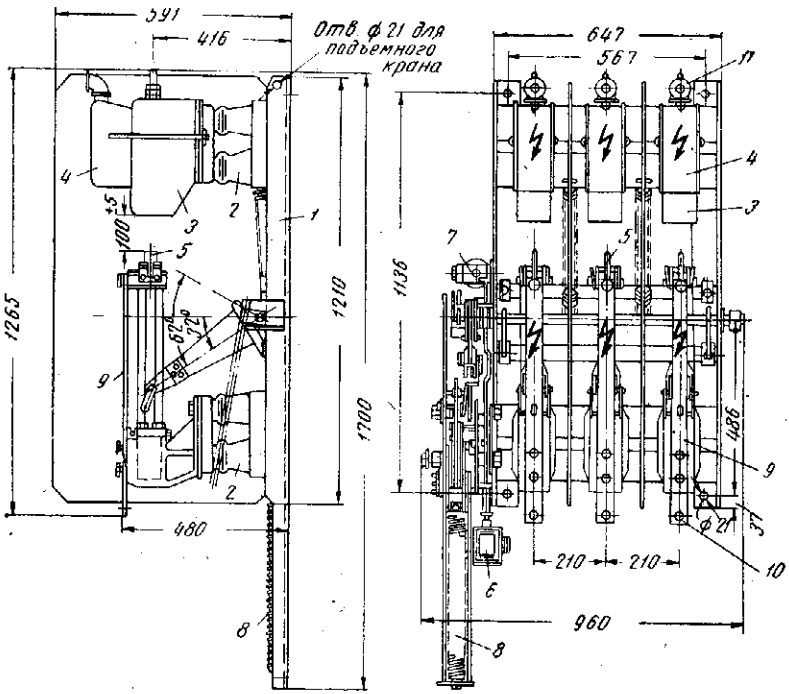


Рис. 9. Автогазовый выключатель типа ВГ-10М:

1 — рама; *2* — изоляторы; *3* — дугогасительная камера; *4* — газоотвод; *5* — подвижной контакт; *6* — включающий приводной рычаг электромагнита; *7* — отключающий электромагнит; *8* — включающая пружина; *9* — медная шина; *10* — зажим; *11* — выхлоп для газа

Другим видом автогазового выключателя является выключатель нагрузки (разъединитель мощности), который устанавливается внутри помещений и используется совместно с плавкими предохранителями. Выключатель

рассчитан на включение и отключение цепей только при рабочих токах до 400 *а* и напряжении 6—10 *кв*. Выключатели с более высоким напряжением применяются для установки на открытом воздухе.

Для управления масляными выключателями применяются ручные и автоматические приводы. При помощи ручных приводов выключатель включается вручную, а отключается автоматически.

Для автоматического включения и отключения масляного выключателя применяют преимущественно электромагнитный привод постоянного тока.

По сравнению с ним привод переменного тока обладает следующими недостатками:

а) потребляемая электромагнитом мощность почти вдвое больше;

б) значительно больше размеры электромагнита;

в) намного сложнее конструктивное выполнение.

Однако у электромагнитного привода переменного тока имеется и весьма важное преимущество: для его питания нет необходимости приобретать дорогостоющую аккумуляторную батарею с зарядным агрегатом. Поэтому более целесообразно применять электромагнитные приводы переменного тока с питанием от селенового выпрямителя, тем более, что можно ограничиться одним выпрямителем для нескольких приводов, учитывая неодновременность их действия.

В целях более широкого внедрения метода автоматического повторного включения (АПВ) в эксплуатации энергосистем промышленных предприятий применяют автоматический грузовой привод АПВГ, состоящий из автоматической коробки КАМ или ПРБА, соответствующего груза и механизма включения и отключения.

Конструкция автоматического грузового привода АПВГ для автоматического повторного и резервного включения (АПВ и АВР) к выключателям от 3 до 35 *кв* обладает рядом недостатков, поэтому на ремонтно-механическом заводе Латвэнерго был разработан более усовершенствованный универсальный привод типа УГП-51.

Масляные выключатели выбирают по номинальному напряжению и току, проверяя соответствие предельных величин отключаемой мощности и тока расчетным данным выключателя.

Основное назначение разъединителей — съем напряжения с определенного участка цепи. Конструкция разъединителя должна обеспечивать создание хорошо видимого воздушного изоляционного промежутка для безопасности при ремонтах.

Разъединители нельзя использовать для отключения электрических цепей под нагрузкой, так как это может вызвать замыкание между фазами. Допускается включение и отключение трансформаторов, работающих вхолостую: при напряжении до 10 *кв* — мощностью до 320 *ква* и при напряжении до 35 *кв* — мощностью до 1000 *ква*.

Возможно также включение и отключение зарядных токов кабельных линий до 10 *кв* при длине линий менее 5 *км* при условии, что в сети отсутствует однофазное замыкание на землю в момент операции.

На выводах линий устанавливаются разъединители с заземляющими ножами для заземления отключенного участка цепи. Заземляющие ножи должны быть сблокированы с главными ножами для предотвращения возможных случаев включения заземляющих ножей при включенных главных ножах, и наоборот.

Разъединители бывают трехполюсные и однополюсные — для внутренней и наружной установки.

Для включения и выключения контактных ножей применяют ручной рычажный маховичный или автоматический электродвигательный и пневматический приводы в зависимости от номинального тока, типа разъединителя, места его установки и назначения.

Рычажные приводы устанавливаются при небольших расстояниях от места управления до разъединителя и токах не выше 1500 *а*, маховичные приводы — при малых расстояниях и больших токах (до 5000 *а*).

Электродвигательные или пневматические приводы применяют для дистанционного управления разъединителями.

Выключатели нагрузки (разъединители мощности) в отличие от разъединителей обычного типа имеют дугога-

сящие устройства в виде гасительных камер, обычно с твердым газогенерирующим веществом. Они предназначаются для включения и отключения цепей под нагрузкой. При применении выключателей нагрузки защита от коротких замыканий осуществляется при помощи высоковольтных плавких предохранителей. В цепях напряжением 6—10 *кв* получили распространение выключатели ВН-16 и ВНП-16 (при номинальном напряжении 6 *кв* номинальный ток равен 400 *а*; при напряжении 10 *кв*—200 *а*.

Реакторы служат для ограничения величины тока короткого замыкания. Уменьшение токов короткого замыкания достигается искусственным увеличением индуктивного сопротивления цепи короткого замыкания. Уменьшение токов короткого замыкания позволяет устанавливать более простое и дешевое электрооборудование и повышает надежность его работы.

В закрытых распределительных устройствах напряжением до 10 *кв* применяют бетонные сухие реакторы с воздушным охлаждением. Как для внутренней, так и для наружной установки на любое напряжение изготовляются реакторы с масляным охлаждением. Реактор выбирают по номинальному напряжению, току, индуктивному сопротивлению и проверяют на термическую и динамическую устойчивость при коротких замыканиях.

Измерительные трансформаторы

Электроснабжение обогатительной фабрики не может быть обеспечено без надлежащего контроля за работой аппаратов и их защиты путем установки соответствующих измерительных и защитных приборов. В целях безопасной эксплуатации, максимального упрощения проводки на щитах, удобства обслуживания и стандартизации приборов измерения и защиты их включают в главную цепь через измерительные трансформаторы напряжения и тока. Обычно применяют вторичное напряжение 100 *в*, вторичный ток 5 *а*.

Чтобы предотвратить возможность появления высокого напряжения на приборах при повреждении изоляции измерительного трансформатора, его вторичная обмотка заземляется.

Сердечники измерительных трансформаторов выполняются в соответствии с их назначением по определенному классу точности.

Трансформаторы напряжения для номинальных напряжений, не превышающих 35 *кв*, по конструкции почти

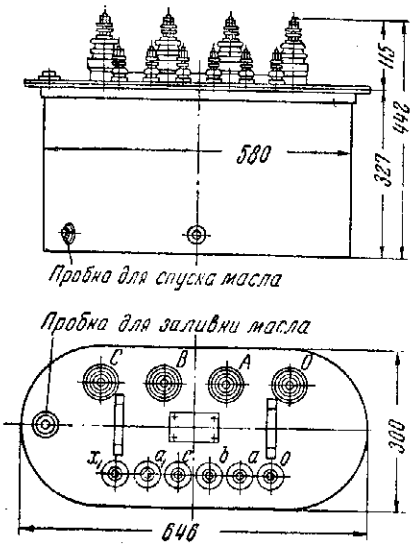


Рис. 10. Трехфазный пятистержневой трансформатор напряжения типа НТМИ-6 на 6 *кв*:

A, *B*, *C* — изоляторы фаз высокого напряжения; *O* — изолятор нейтрали высокого напряжения; *a*, *b*, *c* — изоляторы фаз низкого напряжения; *o* — изолятор нейтрали низкого напряжения; a_1, x_1 — изоляторы выводов дополнительных обмоток для контроля изоляции

аналогичны силовым трансформаторам, но отличаются меньшими размерами и отсутствием специальных устройств для охлаждения. Они выполняются однофазными и трехфазными.

Трансформаторы напряжения до 3 *кв* заводы изготовляют с сухой изоляцией, а для напряжений 6 *кв* и выше — заполненные маслом.

Трансформаторы напряжения присоединяются к шинам высокого напряжения со стороны первичной обмотки через токоограничивающие предохранители.

На рис. 10 показан общий вид трехфазного трансформатора напряжения для внутренней установки типа НТМИ-6. Наиболее употребительные схемы соединения трансформаторов напряжения приведены на рис. 11.

Измерительные трансформаторы своими первичными обмотками включаются последовательно в цепь измеряе-

мого тока. Токовые обмотки приборов измерения и защиты присоединяются последовательно ко вторичной обмотке трансформатора тока.

Для предотвращения перегрева трансформатора тока вследствие появления в нем высокого напряжения его

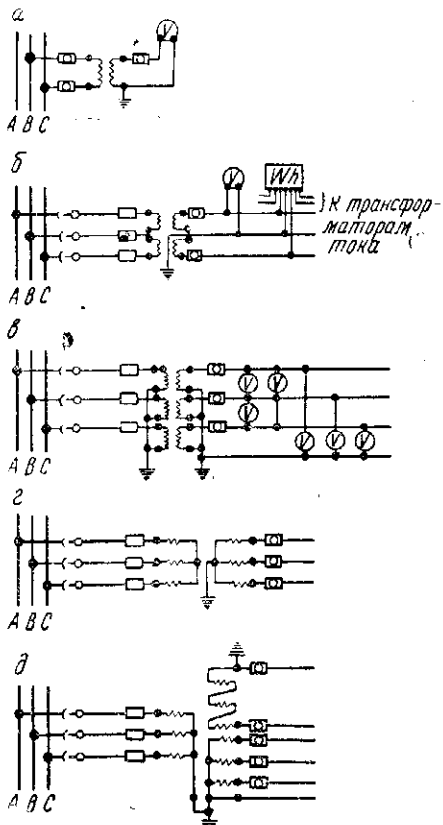


Рис. 11. Схемы соединения трансформаторов напряжения:

а — схема включения однофазного трансформатора к трехфазной сети с целью замера напряжения между двумя фазами; применяется для включения вольтметра и нулевой катушки; *б* — схема включения двух однофазных трансформаторов напряжения, включенных в открытый или неполный треугольник; *в* — схема включения трех однофазных трансформаторов напряжения, включенных в звезду с заземленной нейтралью со стороны высокого напряжения и в звезду с выведенным нулевым проводом со стороны низкого напряжения; *г* — схема включения трехфазных трехстержневых трансформаторов напряжения, соединенных по схеме звезда—звезда; *д* — схема использования трехфазных трансформаторов для измерения напряжения проводов трехфазной системы по отношению к земле

вторичная обмотка никогда не должна быть разомкнута; при отключении приборов вторичную обмотку необходимо замкнуть накоротко.

По конструктивному устройству трансформаторы тока подразделяются на катушечные, проходные, шинные, опорные, встроенные в масляные выключатели; одновит-

ковые и многовитковые; однообмоточные и двухобмоточные.

В закрытых распределительных устройствах напряжением до 3 *кв* применяют катушечные трансформаторы то-

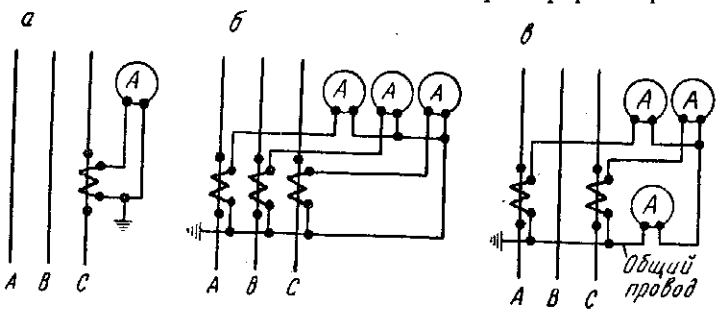


Рис. 12. Схема соединения трансформаторов тока:

а — для измерения тока в одной фазе; *б* и *в* — для измерения тока в трех фазах

ка, напряжением до 10 *кв* — проходные. Наиболее употребительные схемы соединений трансформаторов тока приведены на рис. 12.

Приборы защиты оборудования и аппаратуры

Для надежного электроснабжения обогатительных фабрик требуется четкая оперативная работа питающей электросети и электроподстанции. Предотвращение возможных нарушений нормальной эксплуатации подстанции и защита аппаратуры от повреждений при чрезмерных перегрузках, протекании токов короткого замыкания и пр. достигается путем установки реле соответствующего назначения.

Основные виды релейной защиты, применяемой на подстанциях обогатительных фабрик, следующие:

1) от токов короткого замыкания — максимальные токовые реле с зависимой характеристикой (токовая отсечка) типа ИТ;

2) от перегрузок сверх допустимых пределов — максимальные токовые реле мгновенного действия типа ЭТ, действующие на сигнал или отключение масляного выключателя через реле времени типа ЭВ;

3) от внутренних повреждений обмоток силовых и осветительных трансформаторов — газовые реле ПГ-22, действующие на сигнал или отключение в зависимости от уровня масла в консерваторе трансформатора, а также манометрические термометры для температурной сигнализации.

Для силовых трансформаторов мощностью от 7500 *ква*, одиночно стоящих, и для трансформаторов не ниже 1000 *ква*, работающих параллельно, устанавливается дополнительная дифференциальная защита без выдержки времени, выполняемая при помощи максимальных токовых реле;

4) для автоматического повторного включения фидеров ответственных потребителей при кратковременных отключениях этих линий вследствие возникновения токов короткого замыкания и других причин — реле ЭПВ.

Для защиты обмоток силовых трансформаторов мощностью до 180 *ква*, трансформаторов напряжения и маломощных отходящих линий высокого напряжения устанавливают трубчатые предохранители типа ПК, заполненные мелкозернистым кварцевым песком. Они предназначены для отключения цепей напряжением от 3 до 35 *кв*; отключаемая мощность — 200 тыс. *ква*.

Технические данные для выбора предохранителей приведены в табл. 1.

Таблица 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫБОРА ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ ПК на 3—35 *кв* ДЛЯ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Номинальный ток *а*		Минимальная мощность (*ква*) защищаемого трансформатора при напряжении, *кв*			
трансформатора	предохранителя	3	6	10	35
1,9	5	10	20	30	100
5	10	20	50	75	—
8	15	30	75	100	320
10	20	50	100	180	560
20	40	100	180	320	1000
30	50	—	320	560	1800

Полное время отключения токов короткого замыкания предохранителями типа ПК составляет 0,005—0,007 сек.

Важной особенностью предохранителей с кварцевым песком является то, что они сильно уменьшают протекающий ток короткого замыкания, что устраняет необходимость обеспечения динамической и термической устойчивости аппаратов и проводников. Это обстоятельство позволяет применять такие предохранители для защиты трансформаторов напряжения мощных подстанций без дополнительных сопротивлений.

Описанная выше аппаратура устанавливается в распределительных устройствах, в которых располагаются токоподводящие и сборные шины. Аппаратура подсоединяется к ним с помощью шин. Материалом для шин служит преимущественно прямоугольный, реже круглый алюминий, сталь (при рабочих токах не выше 200 *а*) или медь (в крайних случаях), как правило, без изоляции. Сборные шины и ответвления монтируются и крепятся на изоляторах (опорных и проходных).

Сечение шин на подстанции выбирают в зависимости от номинального тока присоединенных источников питания силовых трансформаторов или питающих линий и проверяют на действие токов короткого замыкания. Сборные шины обычно секционируются. Их сечение выбирается по нагрузке, равной 0,7 от мощности наиболее крупного источника питания, присоединенного к секции.

Изоляторы устанавливаются в соответствии с номинальным напряжением; проходные изоляторы выбираются с учетом номинального тока данной цепи. При этом изоляторы проверяются на устойчивость при механических нагрузках, обусловленных протеканием токов короткого замыкания.

Распределительные щиты и пульты

Электроэнергия высокого напряжения после преобразования ее на подстанции в энергию такого напряжения, которое необходимо для питания электродвигателей, осветительных устройств и специального оборудования, распределяется по отдельным участкам и цехам фабрики. Для удобства эксплуатации это распределение должно

быть выполнено так, чтобы все управление, а также контроль и учет отпускаемой энергии были сосредоточены по возможности в одном месте.

Распределительные устройства, служащие для выполнения указанной задачи, называются распределительными щитами. Распределительный щит (рис. 13) состоит из стальных панелей *1*, укрепленных на общем каркасе. На лицевой стороне панелей установлены измерительные приборы *3* и выведены рукоятки рубильников *4*. За панелями находятся рубильники *5*, плавкие предохранители *6*, трансформаторы тока *7* и воронки кабелей *8*. Наверху каркаса расположены на изоляторах сборные шины *2*.

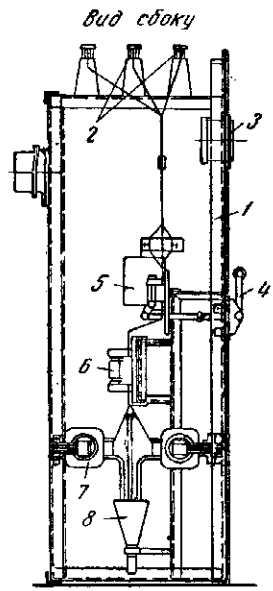


Рис. 13. Распределительный щит низкого напряжения

Для распределения энергии между токоприемниками обогатительной фабрики служат распределительные пункты, имеющие вид металлических шкафов с дверцами. В шкафу монтируются вводные кабельные воронки, вводной рубильник, сборные стальные шины и соответствующее число трубчатых предохранителей, которые крепятся на изоляторах.

В условиях обогатительных фабрик, при наличии сырости и пыли, распределительные пункты должны иметь резиновые уплотняющие прокладки в дверцах и сальники на кабельных выводах.

При компоновке оборудования обогатительных фабрик необходимо предусматривать такое размещение распределительных пунктов, чтобы они находились возможно ближе к центрам электрических нагрузок.

В установках с напряжением от 120 до 500 *в* включение и отключение различных цепей осуществляется с помощью таких аппаратов, при использовании которых разрыв электрической дуги происходит в воздухе. Они на-

зываются воздушными выключателями постоянного и переменного тока; наиболее простым из них является рубильник.

В зависимости от числа полюсов в цепи применяют одно-, двух- и трехполюсные рубильники. Рубильники выполняются с центральной рукояткой, с боковой рукояткой и рычажным приводом. Рубильники с центральной рукояткой предназначены для отключения небольших токов при напряжении не свыше 250 *в*. Токи свыше 1000 *а* обычно отключаются с помощью разъединителей.

Рубильники с защитным кожухом, применяемые для напряжения до 500 *в*, обладают важным преимуществом по сравнению с открытым рубильником: они защищают оператора от действия дуги и предохраняют от соприкосновения с контактами или попадания на токоведущие части металлических деталей.

Рубильники выполняются для установки на лицевой стороне щита и сзади щита. Первый тип рубильников может быть изготовлен для присоединения проводов спереди или сзади.

Наибольшая надежность при эксплуатации достигается установкой рубильника сзади щита с выводом привода на лицевую сторону.

Для отключения незначительных токов используют пакетные выключатели.

Предохранители

Простейшим средством автоматического отключения электрического аппарата или сети при перегрузке или протекании в них токов короткого замыкания является плавкая вставка предохранителя, которая должна быть изготовлена в виде наиболее ослабленного участка цепи электрического тока. Такая плавкая вставка расплавится раньше, чем температура проводов или обмоток электрической аппаратуры и машин повысится сверх допустимых пределов.

Разрядники, заземляющие тросы и молниеотводы

Перенапряжение, т. е. повышение напряжения сверх номинального, возникает при коротких замыканиях, за-

мыканиях на землю (коммутационные), а также от действия молнии (атмосферные). Коммутационные перенапряжения обычно не превышают четырехкратной величины номинального напряжения, атмосферные же превышают его во много раз.

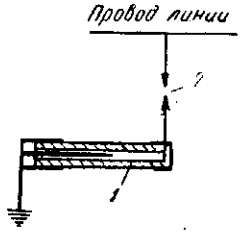


Рис. 14. Схема устройства трубчатого разрядника

Для защиты от прямых ударов молнии применяют заземляющие тросы и молниеотводы. Кроме того, используются также разрядники, представляющие собой аппараты, отводящие волны перенапряжения в землю. Для этих целей применяются трубчатые разрядники, устанавливаемые на опорах линии электропередачи, и вентильные разрядники, устанавливаемые на подстанциях.

Трубчатый разрядник (рис. 14) состоит из гасительной трубки, изготовленной из фибры, внутри которой укреплены стержень и пластина, разделенные искровым промежутком *1*. Внешний искровой промежуток *2* отделяет разрядник от присоединяемой линии. Опасное перенапряжение пробивает искровые промежутки, и волна перенапряжения отводится в землю. Дуга гасится газами, выделяющимися под действием высокой температуры электрической дуги при разложении материала гасительной трубки.

Вентильный разрядник состоит из фарфорового чехла, содержащего многократный искровой промежуток с шунтирующим сопротивлением и колонку вилитовых дисков, частично шунтированных емкостью.

Устройство заземлений и занулений

Для предохранения обслуживающего персонала и всех лиц, соприкасающихся с приемником электрической энергии, от опасности поражения током при прикосновении к частям, нормально не находящимся под напряжением, устраиваются защитные заземления. Кроме того, устрой-

ство заземлений устраняет или уменьшает опасность от повышения напряжения или обеспечивает быстрое отключение поврежденных частей. Такое заземление называется рабочим. К рабочим заземлениям относятся заземления генераторов, разрядников, трансформаторов и т. п.

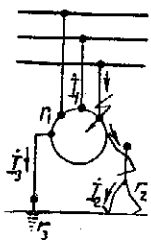


Рис. 15. Схема защитного заземления:

I_1 — ток средней фазы; r_1 — сопротивление первой фазы; I_2 — ток, протекающий через человека, прикоснувшегося к корпусу двигателя в момент замыкания крайней фазы на корпус; r_2 — сопротивление тела человека; I_3 — ток замыкания; r_3 — сопротивление замыкания на землю

Заземлить какую-либо часть устройства — это значит надежно соединить ее с металлическим заземлителем, т. е. проводником, находящимся в соприкосновении с почвой, так, чтобы ток перешел в землю при достаточно малом переходном сопротивлении. Величина этого сопротивления определяется расчетом в зависимости от того, какое напряжение прикосновения и шаговое напряжение допустимы для данного случая.

Напряжение прикосновения — это напряжение, возникающее в цепи тока замыкания на землю между двумя точками, к которым одновременно может прикоснуться человек; шаговое напряжение — напряжение, под которым могут оказаться ноги человека на поверхностях с разными потенциалами, обусловленными током замыкания на землю. При напряжении до 1000 *в* величины шагового напряжения и напряжения прикосновения принимаются равными 65 *в*; при напряжениях свыше 1000 *в* — 65—150 *в*.

На рис. 15 показана цепь тока замыкания на землю при наличии защитного заземления; на рис. 16 — защитное и рабочее заземления. Защитное заземление подстанции выполняется из стальных труб (диаметром 35—50 *мм*, длиной 2—3 *м*), забиваемых в землю и соединенных путем сварки со стальными полосами (рис. 17).

Релейная защита подстанций

Релейной защитой называют устройства, предназначенные для защиты установок от ненормальных режимов работы. Реле автоматически отключают выключатель

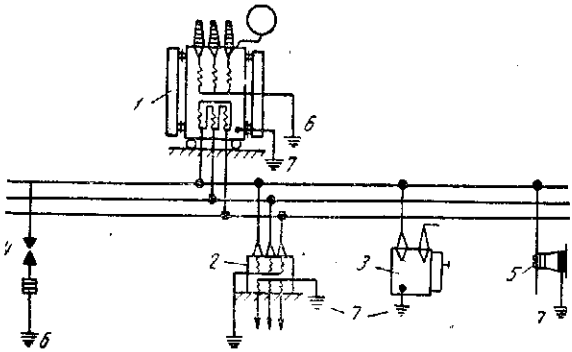


Рис. 16. Схемы защитного и рабочего заземлений:

1 — силовой трансформатор; *2* — трансформатор напряжения; *3* — масляный выключатель; *4* — вентильный разрядник; *5* — опорный изолятор; *6* — рабочее заземление; *7* — защитное заземление

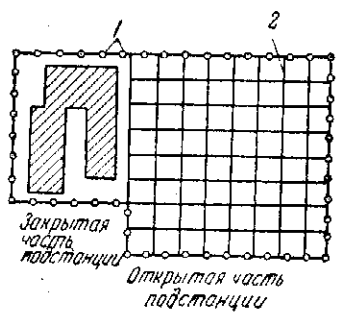


Рис. 17. Заземляющий контур подстанции:

1 — стальные трубы; *2* — стальные полосы

поврежденного участка или подают сигнал о начале ненормального режима работы.

Механизм реле состоит из двух основных частей: воспринимающей и исполнительной. Воспринимающая часть реле предназначена для восприятия действия тока, напряжения и т. д. и в случае отклонения их величин от установленных значений — для приведения в действие исполнительной части. Назначением исполнительной части реле является выполнение той или иной работы в зависимости от назначения — замыкания или размыкания приборов.

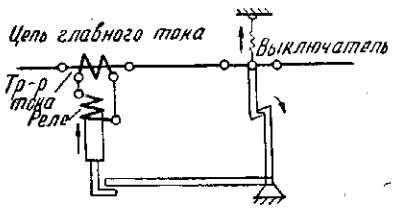


Рис. 18. Схема работы реле прямого действия

Различают реле прямого (рис. 18) и косвенного действия (рис. 19).

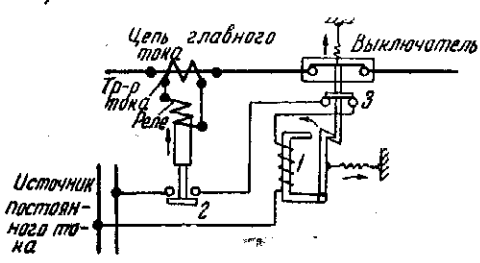


Рис. 19. Схема работы реле косвенного действия:

1 — выключающая катушка привода выключателя; *2* — контакты реле; *3* — блоккоитакты реле

По характеристике скорости действия реле могут быть подразделены на реле мгновенного действия и на реле с выдержкой времени. Выдержкой времени реле называется промежуток времени с момента возникновения в защищаемой цепи тока, выходящего за нормальные, заданные пределы, до момента срабатывания исполнительной части реле.

4. Трансформаторные подстанции обогатительных фабрик

Правильное определение мощности трансформаторных подстанций и места их расположения имеет весьма важное значение для снижения капитальных затрат и эксплуатационных расходов на электроснабжение предприятия.

Мощность трансформаторов определяется по группам токоприемников, имеющих одинаковые характеристики, с учетом соответствующего коэффициента спроса K_c, т. е. отношения расчетной мощности $P_р$ к установленной мощности $P_у$:

$$K_c = \frac{P_р}{P_у} = \frac{k_1 k_2}{\eta_1 \eta_2},$$

где k_1 — коэффициент загрузки;
k_2 — коэффициент одновременности;
η_1 — к. п. д. электродвигателя;
η_2 — к. п. д. сети низкого напряжения фабрики.

К установленной мощности относится установленная номинальная мощность всех видов оборудования, нормально находящихся в работе; резервное оборудование (насосы, питатели и пр.) не учитывается.

Если на фабрике установлены крупные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, то во избежание посадки (снижения) напряжения в сети ниже допустимых пределов при пуске короткозамкнутых электродвигателей при выборе числа и мощности силовых трансформаторов необходимо исходить из трехкратной мощности наиболее крупного электродвигателя плюс максимальная потребляемая мощность остальных электроприемников.

Согласно «Правилам устройства электроустановок промышленных предприятий», допустимые максимальные потери напряжения в сети до сборных шин источника питания при нормальных условиях работы не должны превышать 5% и при аварийных условиях — 12%.

На рис. 20 приведены кривые зависимости дополнительной потери напряжения в трансформаторе от пусковой мощности коротокозамкнутого электродвигателя.

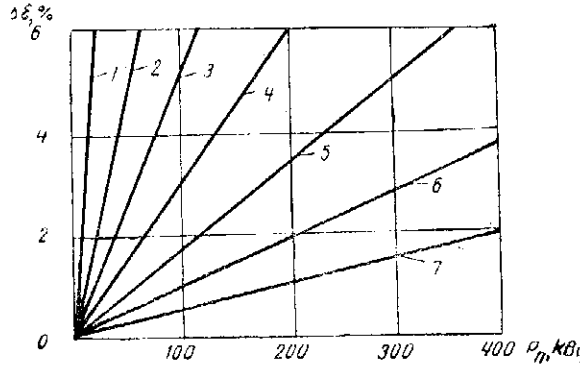


Рис. 20. Зависимость дополнительной потери напряжения в трансформаторе $\Delta\varepsilon$ от пусковой мощности $P_п$ короткозамкнутого электродвигателя при непосредственном пуске под полным напряжением сети.

График дан для следующих мощностей трансформаторов: *1* — 20 *ква*; *2* — 50 *ква*; *3* — 100 *ква*; *4* — 120 *ква*; *5* — 320 *ква*; *6* — 560 *ква*; *7* — 1000 *ква*

Конструктивное выполнение подстанций

Трансформаторная подстанция обогатительной фабрики представляет собой одноэтажное здание, в котором располагается распределительное устройство (РУ) 3—6—10 *кв* с одной системой шин, камера силовых трансформаторов и помещение щита управления. РУ состоит из одного или двух рядов ячеек с коридором управления. При автоматическом управлении выключателями на подстанции устанавливаются также щит управления и аккумуляторная батарея для питания электромагнитных приводов. Кроме того, выделяется помещение для конденсаторных батарей.

При малых значениях мощности и токов короткого замыкания на подстанциях применяют баковые масляные выключатели с большим объемом масла типа ВМБ-10 или ВМЭ-16. В этом случае распределительное устройство должно иметь взрывные камеры с дверцами, открывающимися наружу, а при невозможности выполнения этого условия — со взрывным коридором.

В целях ускорения монтажа распределительных устройств применяют каркасные сборные конструкции из сортовой стали, изготовляемые на заводе. Они доставляются на место строительства, где производятся установка электрической аппаратуры, приборов защиты и измерений и монтаж соединительной проводки. Особенно важны преимущества сборных конструкций при использовании их в цеховых подстанциях, встроенных в производственное здание.

Конструкция подстанции определяется характером оборудования (число и тип вводов, конструкция шин, тип масляных выключателей, количество трансформаторов и т. д.).

На рис. 21 приведены план и разрез подстанции с камерами для многообъемных масляных выключателей, четырьмя трансформаторами и щитом низкого напряжения. Размеры коридора управления *А*, коридора щитов низкого напряжения *Б* и трансформаторных камер *В*, *Г* зависят от габаритов, числа приборов и оборудования.

На рис. 22 показана панель распределительного щита низкого напряжения (до 500 *в*).

Наиболее совершенным видом распределительного устройства с одинарной системой сборных шин является комплектное устройство, в котором установлены сухие трансформаторы, вследствие чего оно более безопасно и позволяет осуществлять скоростной монтаж. Кроме того, это устройство легко передвигается в случае необходимости при реконструкции фабрики.

Все комплектные распределительные устройства, выпускаемые отечественной промышленностью предусматривают возможность выкатки выключателей.

Тележка, снабженная особым механизмом для вкатывания и выкатывания выключателя, имеет два положения: рабочее и контрольное. В первом положении электрически соединены все аппараты первичной и вторичной схем коммутации подвижной и неподвижной частей распределительного устройства. Во втором (контрольном) положении аппараты первичной схемы коммутации находятся в отключенном положении. Однако цепи управления и сигнализации привода выключателя остаются соединенными с соответствующими цепями в неподвижной части камеры,

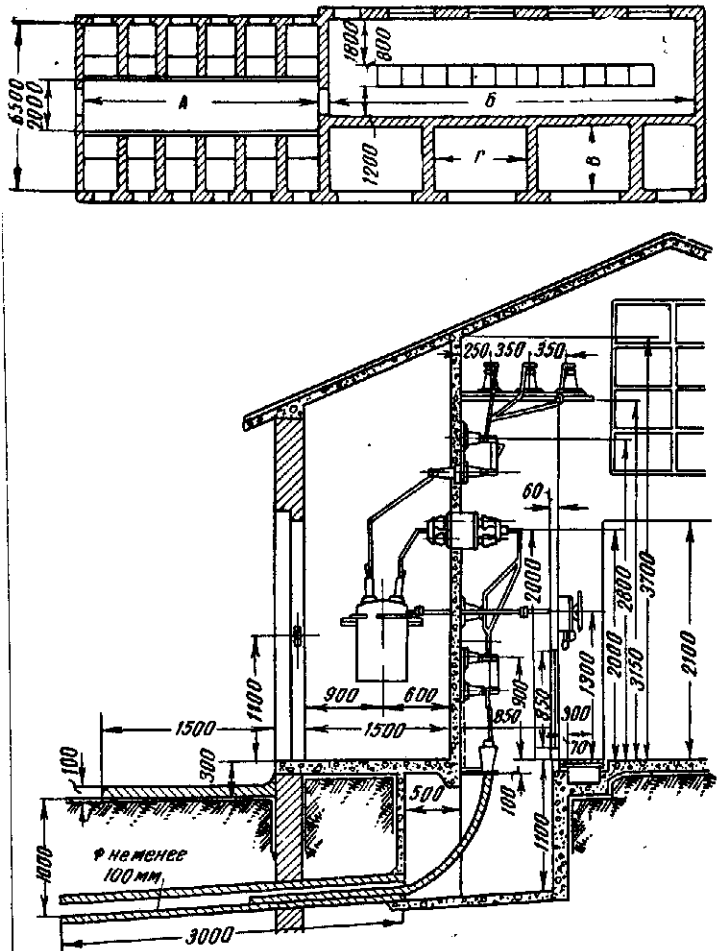


Рис. 21. План и разрез подстанции по камере масляного выключателя и коридору управления

благодаря чему обеспечивается возможность опробования выключателя посредством ключа управления и опробования сигнализации.

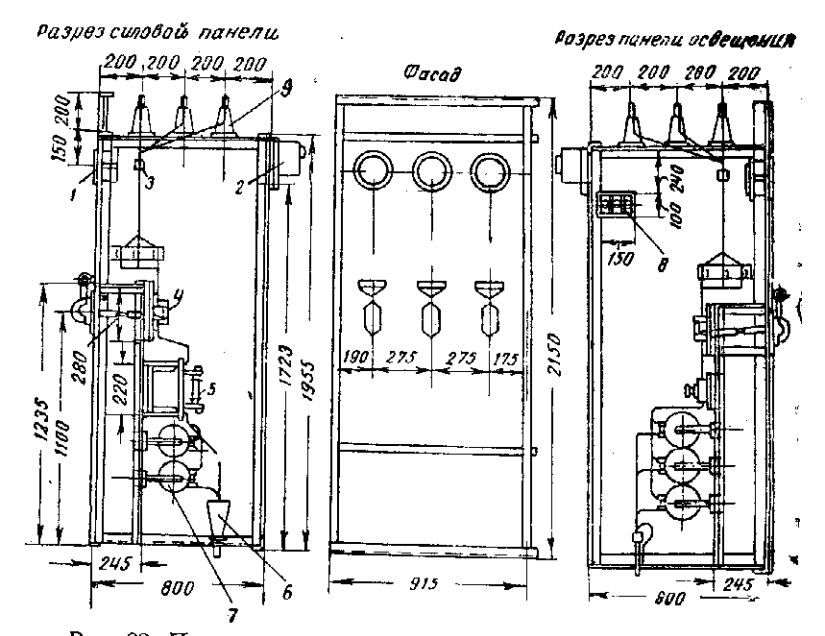


Рис. 22. Панель распределительного щита низкого напряжения:

1 — амперметр; *2* — счетчик; *3* — текстолит; *4* — рубильник; *5* — предохранитель; *6* — воронка; *7* — трансформатор тока; *8* — пробочные предохранители; *9* — изоляторы ОА-3

Цепи первичной коммутации соединяются контактами штепсельного типа, ножи располагаются в неподвижной части; вторичные цепи соединяются специальными подвижными контактами.

Выкатная часть распределительного устройства присоединяется к заземляющей магистрали с помощью скользящего контакта.

Существуют два вида комплектных распределительных устройств: стационарные и выкатные, в состав которых входят все элементы нормальных схем электрических соединений с несложной релейной защитой, ручным или

электромагнитным приводом масляных выключателей и автоматическим отключением.

В комплектных распределительных устройствах устанавливаются аппаратура и приборы защиты измерения, которые имеют относительно уменьшенные габариты, что позволяет сократить размеры распределительных устройств.

На рис. 23 изображено выкатное распределительное устройство, выпускаемое заводом «Электрощит» для одностороннего и двустороннего обслуживания. При одностороннем обслуживании обеспечивается доступ и осмотр аппаратуры без снятия напряжения со сборных шин, но только после выкатки масляного выключателя. При двустороннем обслуживании для тех же операций выкатка масляного выключателя не требуется.

Конструкция выкатных распределительных устройств обеспечивает механическую блокировку, не допускающую:

1) выкатывания тележки из рабочего положения и вкатывания ее за контрольное положение при включенном масляном выключателе;

2) включения выключателя, когда тележка находится между рабочим и контрольным положениями, или при перемещении ее с помощью механизма вкатывания;

3) вкатывания тележки при включенном выключателе.

Эта блокировка создает безопасные условия для выполнения электромонтажных работ и устраняет возможность перекрытия между вторичными контактами при перенапряжениях.

Выкатные комплектные распределительные устройства можно применять на крупных подстанциях обогатительных фабрик, где не менее 10—15 ячеек.

Стационарные комплектные распределительные устройства имеют обычную основную блокировку между выключателями и разъединителями, что исключает возможность операции при включенном выключателе. Устраивается также блокировка, устраняющая возможность открывания дверей отсека выключателя под напряжением и дверей отсека линейного разъединителя до наложения заземления.

Применение комплектных распределительных устройств сокращает сроки строительства и монтажа подстан-

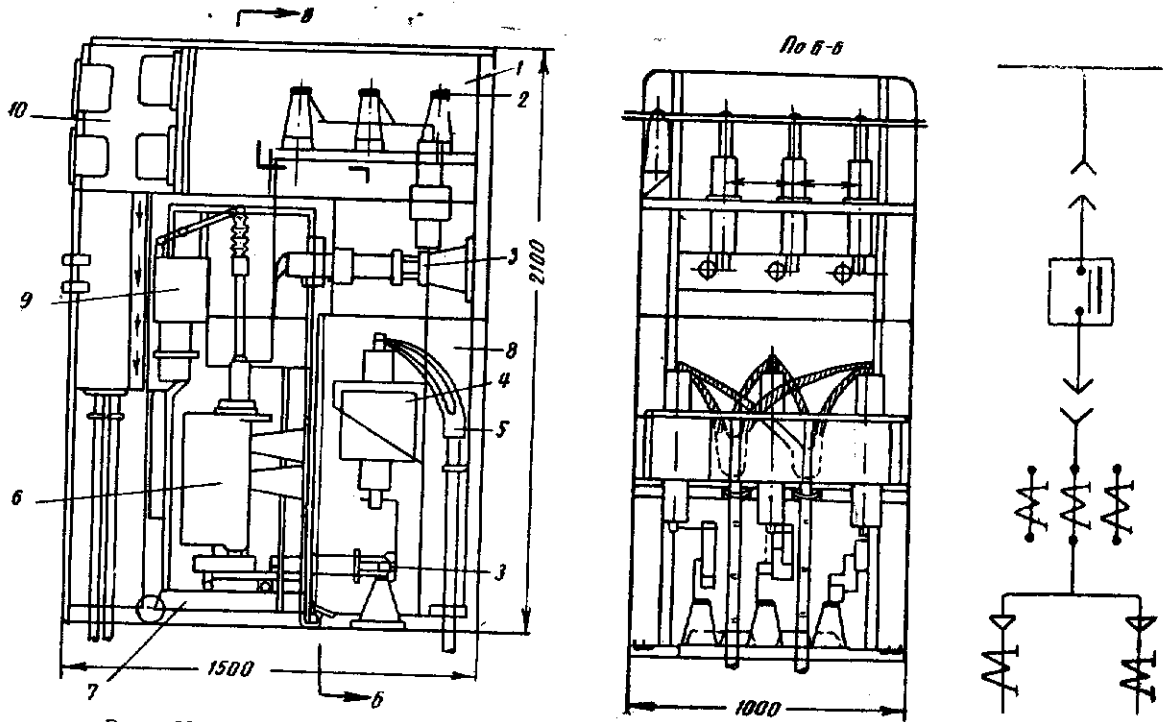


Рис. 23. Выкатное распределительное устройство с выключателем ВМГ-133:

1 — шинная камера; 2 — сборные шины; 3 — штепсельный разъединитель; 4 — трансформаторы тока; 5 — кабельная разделка; 6 — масляный выключатель ВМГ-133; 7 — выкатная часть; 8 — шкаф; 9 — соленоидный привод; 10 — отсек реле и измерительных приборов

ций и их габариты, повышает надежность электроснабжения, безопасность обслуживания и снижает стоимость электроэнергии.

Силовые трансформаторы для охлаждения обмоток заполняются большим количеством масла, поэтому для предотвращения пожара при взрыве трансформаторов их устанавливают в отдельных камерах. Под трансформатором устраивается маслосточная яма с металлической сеткой, на которую насыпается слой крупного гравия. В случае взрыва трансформатора горящее масло будет стекать в яму через слой гравия, который преграждает доступ воздуха в яму и задерживает сток масла; таким образом, предотвратится распространение огня.

Обычно трансформатор присоединяется к сборным шинам со стороны высокого напряжения кабелем, со стороны низкого напряжения — голыми шинами.

Распределительные щиты низкого напряжения комплектуются из стандартных панелей, изготовляемых в виде металлических конструкций. Каркас выполняется из угловой стали, а передняя панель — из листовой стали.

Прежде чем приступить к работам в электроустройствах, необходимо снять напряжение, проверив его отсутствие указателем напряжения. Указатель напряжения должен иметь штамп лаборатории о контрольной проверке. Наличие напряжения проверяют в резиновых перчатках и резиновых ботах.

Убедившись в отсутствии напряжения, необходимо заземлить и накоротко соединить все фазы ремонтируемой части установки, чтобы обеспечить надежную защиту от случайных попаданий под напряжение.

5. Схемы распределения электроэнергии на низком напряжении

Правильный выбор схемы распределения энергии с учетом категории потребителей является одним из важнейших условий обеспечения надежного электроснабжения.

Схемы распределения энергии бывают: радиальные, магистральные с сосредоточенными и с распределенными нагрузками (например, электродвигатели флотационных

машин) и кольцевые (рис. 24). Магистральные схемы бывают сквозные и «в цепочку».

На обогатительных фабриках наиболее распространены радиальные, кольцевые «в цепочку» и смешанные (радиально-магистральные) схемы.

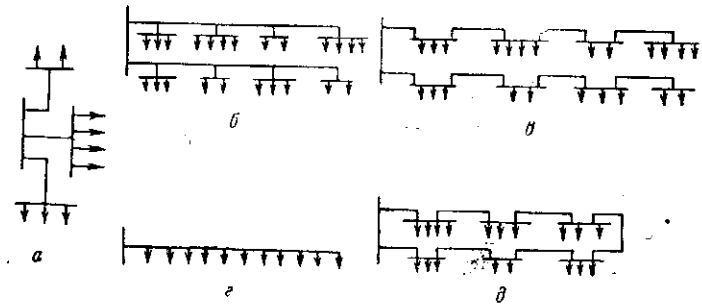


Рис. 24. Принципиальные схемы распределения электрической энергии от электроподстанции к электроприемникам:

а — радиальная; *б* — магистральная сквозная с сосредоточенными нагрузками; *в* — магистральная «в цепочку» с сосредоточенными нагрузками; *г* — магистральная сквозная с распределенными нагрузками; *д* — кольцевая

Мощные электродвигатели получают питание непосредственно от сборных шин распределительного устройства высокого напряжения или от щита низкого напряжения подстанции, остальные электроприемники — через распределительные пункты, присоединяемые по одной из схем, показанных на рис. 24.

Радиальные схемы применяют, если отдельные группы электроприемников расположены в разных направлениях по радиусам. Магистральные, сквозные и «в цепочку» — если эти группы расположены в одном направлении, на небольшом расстоянии друг от друга. По кольцевой схеме получают питание отдельные группы ответственных электроприемников, расположенных обычно на незначительном расстоянии друг от друга. Если таких направлений несколько, то прокладывается соответствующее число кольцевых магистралей.

При построении схемы распределения электроэнергии необходимо стремиться к созданию кратчайшей и доступной трассы магистралей. Распределительные пункты дол-

жны быть размещены вблизи от центров нагрузок, но в то же время не должны мешать доступу к технологическому оборудованию.

Присоединение электроприемников к распределительным пунктам может быть независимым (индивидуальным) или «в цепочку» (при небольшой мощности, близком расположении друг от друга и значительной удаленности от распределительного пункта). Не следует объединять больше трех электродвигателей и электродвигатели различного технологического назначения.

Магистрали, питающие электроосветительные сети, присоединяются непосредственно к сборным шинам щита низкого напряжения электроподстанции или к главному питательному пункту на обогатительной фабрике (для неответственных потребителей).

Глава II

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

1. Общие сведения

Электрическая сеть — это система проводов, соединяющих источник тока с его потребителями. Электрические сети бывают постоянного и переменного тока; высокого (более 250 *в*) и низкого (менее 250 *в*) напряжения, силовые и осветительные.

Электрическая сеть может быть разомкнутая (рис. 25) и замкнутая (рис. 26), воздушная или кабельная.

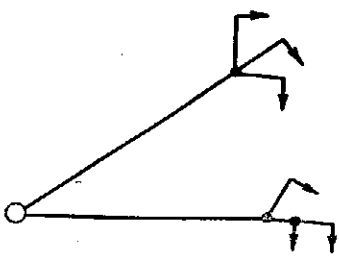


Рис. 25. Разомкнутая электрическая сеть

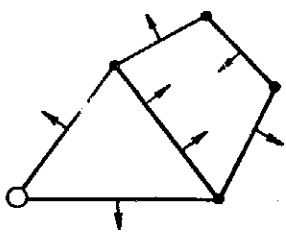


Рис. 26. Замкнутая электрическая сеть

Трехфазная четырехпроводная система 380 *в* с заземленным нулевым проводом относится к сетям низкого напряжения; трехпроводная — к сетям высокого напряжения.

Возможность передачи электроэнергии на большие расстояния впервые в мире была установлена в 1880 г. русским ученым Д. А. Лачиновым. Первая передача была осуществлена русским изобретателем М. О. Доливо-Добровольским с помощью трехфазного трансформатора при линейном напряжении 15000 *в*. В настоящее время электроэнергия передается на многие сотни километров.

2. Расчет электрических сетей

Выше было указано, что правильное определение величины электрической нагрузки является одной из основных задач при проектировании электроснабжения обогатительных фабрик. Это особенно важно для правильного расчета сетей и выбора сечения кабеля, шин и проводов. Согласно существующим «Правилам устройства электротехнических установок», за расчетный ток принимают ток такой величины длительного режима работы, по которому следует выбирать элементы сети, чтобы они не перегревались сверх допустимых пределов токами, действительно имеющими место в эксплуатации.

На обогатительных фабриках сети рассчитывают по плотности тока и потере напряжения.

Сечение проводников питающей сети выбирают для наибольшего из тех токов, продолжительность действия которого не вызывает повышения температуры проводов сверх допустимой.

Сечение проводов и кабелей к отдельным электроприемникам рассчитывают, исходя из номинального тока электроприемника независимо от коэффициента его загрузки и из следующих данных:

1) расчетной максимальной нагрузки;
2) вида и способа прокладки сети;
3) наименьших величин тока плавких вставок и уставок тока максимальных расцепителей автоматов, допустимых из расчета на максимальные токи сети;
4) температурных условий окружающей среды;
5) потерь напряжения в сети.

Протекание тока по жиле провода или кабеля вызывает его нагрев. Тепло передается изоляционному покрову (бумаге, резине, винилиту), и при возрастании температуры изоляции сверх допустимых пределов целость ее нарушается, в дальнейшем она приходит в негодность. Чтобы предотвратить повреждение изоляции, сечение провода следует выбирать, исходя из действительных условий работы провода (нагрузки током и температуры окружающей среды).

Практически расчет проводов на нагревание не делают, а пользуются таблицами допускаемых нагрузок.

Кабели небольшой длины (внутрицеховая кабельная сеть) можно выбирать только по допустимой величине тока без проверки на потерю напряжения.

Потерей напряжения называется алгебраическая разность между напряжением в начале и в конце линии. Для постоянного тока потеря и падение напряжения равны; для переменного тока потеря напряжения равна падению напряжения, умноженному на $\cos\varphi$ нагрузки. При расчете сетей допускаются следующие потери напряжения от шин подстанции до наиболее удаленного приемника тока, %:

для силовых сетей напряжением до 1 *кв*	5—6
для осветительных сетей	2,5—3
» смешанных сетей	4
» сетей с напряжением 3—6 *кв*	5

Расчет сети постоянного или однофазного переменного тока с нагрузкой на конце линии сводится к определению сечения проводов по формуле

$$S = \frac{2Il}{\gamma \Delta V},$$

где ΔV — заданная потеря напряжения, *в*;

l — длина участка сети, *м*;

γ — удельная проводимость металла проводов (находится по таблице), *м/мм² · ом*.

Так как

$$I = \frac{P \cdot 1000}{V_н},$$

то

$$S = \frac{2Pl \cdot 1000}{\gamma \Delta V \cdot V_н},$$

где P — мощность, *квт*;

$V_н$ — номинальное напряжение, *в*.

Расчет сети трехфазного тока для кабельных сетей до 10 *кв* с нагрузкой на конце линии производится по формуле

$$S = \frac{\sqrt{3}\, Il \cos\varphi}{\gamma \Delta V};$$

$$S = \frac{Pl \cdot 100}{\gamma \Delta V \cdot V_н}.$$

3. Конструктивное выполнение линий и сетей

Для обогатительных фабрик используют воздушные (наружные питательные) и кабельные линии высокого и низкого напряжения.

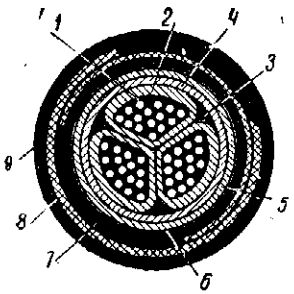


Рис. 27. Трехжильный кабель:

1 — токоведущая жила; *2* — пропитанная бумажная изоляция; *3* — джутовый заполнитель; *4* — бумажная изоляция (поясная); *5* — свинцовая оболочка; *6* — бумажная лента; *7* — джутовая прослойка; *8* — ленточная броня; *9* — джутовый покров

Согласно существующим правилам, к установкам низкого напряжения относятся такие, действующее напряжение которых между любым проводом и землей не превышает 250 *в*. Все остальные относятся к установкам высокого напряжения. Однако условно принято называть высокими напряжениями такие, значения которых превышают 1000 *в*.

Линии напряжением 3—6—10 *кв*, а также низковольтные линии прокладываются на деревянных опорах; провода на них монтируются с помощью штыревых изоляторов на штырях или крюках. Материалом для проводов служат голые (неизолированные) алюминий, сталь и иногда медь.

Для предохранения древесины опор от гниения их пропитывают антисептиками.

На территориях промышленных предприятий вместо воздушных линий прокладывают подземные кабели — в траншеях, каналах или тоннелях в зависимости от категории потребителей и числа прокладываемых кабелей. Наибольшее распространение получили трех- и четырехжильные силовые кабели (рис. 27). На рис. 28 изображен кабельный канал и траншея в разрезе.

В условиях обогатительных фабрик избегают прокладки кабелей в каналах, так как трудно предохранить их

от попадания влаги. Поэтому предпочитают прокладывать кабель по стенам, перекрытиям и конструкциям открыто или в стальных трубах, а изолированные провода

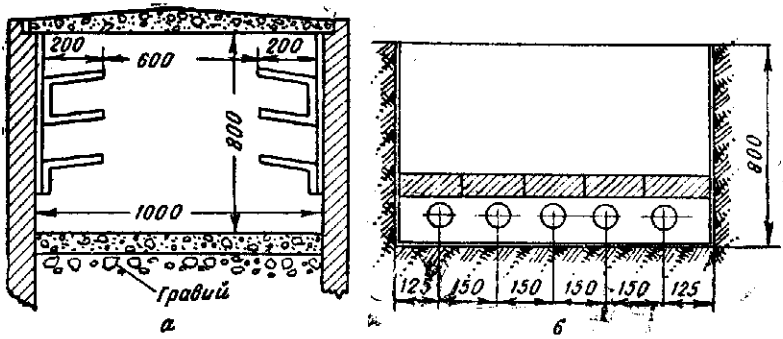


Рис. 28. Схемы прокладки кабелей:
а — в канале; *б* — в траншее

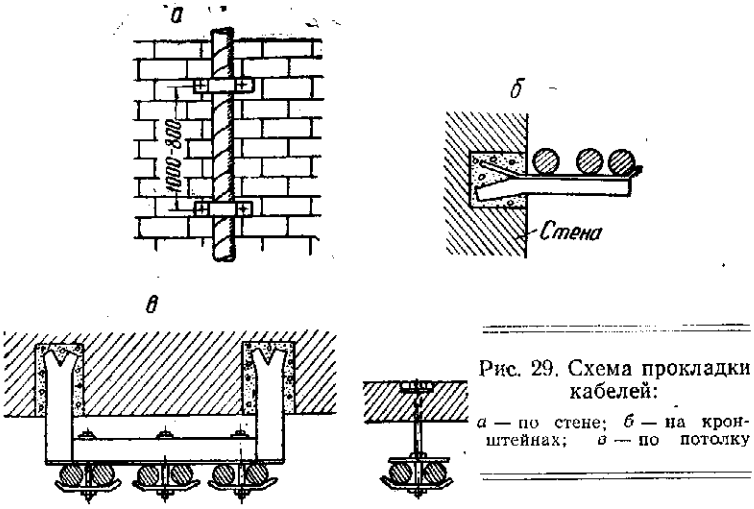


Рис. 29. Схема прокладки кабелей:
а — по стене; *б* — на кронштейнах; *в* — по потолку

обязательно заключают в стальные трубы и таким же образом прокладывают к силовым и осветительным пунктам и электроприемникам (рис. 29).

Кабели и провода изготовляются разных марок в зависимости от характера среды и назначения.

Кабели с алюминиевыми жилами должны применяться наравне с кабелями с медными жилами. Силовые и контрольные кабели в алюминиевой оболочке применяются для прокладки на воздухе (во всех помещениях, каналах, туннелях и в наружных установках) и в земле в траншеях наравне с кабелями в свинцовой оболочке. Для агрессивных сред оболочку кабелей выбирают, учитывая влияние данной среды.

Провода с алюминиевыми жилами сечением 4 *мм*² (2,5 *мм*² по меди) и выше должны применяться наравне с проводами с медными жилами. Для вторичных цепей на движущихся установках и механизмах, подверженных постоянным сотрясениям и вибрации (тельферы, краны и т. п.), применяются провода с медными жилами.

При прокладке в каналах, туннелях, по стенам и потолкам, станкам и механизмам в сырых и особо сырых помещениях применяют силовые кабели марок: СГ, СБГ, СБГВ, СПГ, СПГВ, ОСБГ, ОСБГВ, ОСПГВ, АБГ, АБГВ, ААБГ, ААБГВ, АПГ, АПГВ, ААПГ, ААПГВ, АОСБГ, СРГ, СРБГ, СРПГ, ВРГ, ВРБГ и НРГ; контрольные кабели марок: КСГ, КСБГ, КСПГ, КАБГ, КСРГ, КСРБГ, КСРПГ, КВРГ, КВРБГ, КВРПГ, КНРГ.

Небронированные кабели разрешается прокладывать в помещениях распределительных устройств, щитовых помещениях, электростанциях и т. п., а в других помещениях — на высоте не менее 2 *м* или при условии защиты их от механических повреждений (стальными трубами или шлангами, угловой сталью и т. п.).

Для силовых и осветительных сетей внутри помещений и вне зданий применяют изолированный алюминиевый провод марки АПР-500 с прокладкой в изоляционных трубках, по роликам, изоляторам и клицам. Для силовых и осветительных сетей внутри пожароопасных помещений, во вторичных цепях при напряжении до 500 *в* переменного и 1000 *в* постоянного тока применяют изолированный провод марки ПР-500 с прокладкой в изоляционных трубках, проложенных, в свою очередь, в газовых трубах по металлическим, бетонным и кирпичным поверхностям.

Для осветительных сетей в сухих и отапливаемых помещениях при напряжении до 220 *в* между жилами ис-

пользуют изолированный провод марки ПРД с прокладкой их по роликам.

4. Токопроводы для электрифицированных транспортных устройств

Для подъема и передвижения тяжелого оборудования, а также для транспортировки различных реагентов к питателям на обогатительных фабриках применяют краны и тельферы с электродвигателями и токоприемниками, устанавливаемыми на самих подъемно-транспортных устройствах. Электроэнергия подается к токоприемникам по токопроводам (троллеям), прокладываемым на специальных конструкциях по подкрановым балкам (рис. 30).

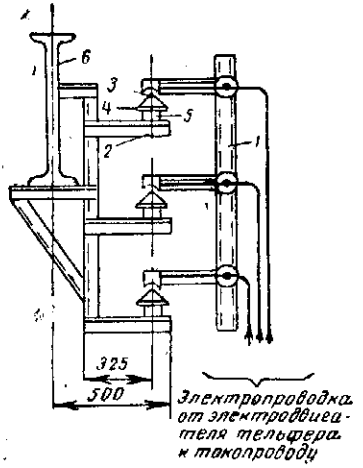


Рис. 30. Токопровод из угловой стали и токоприемник:

1 — токоприемник; 2 — конструкция из угловой стали; 3 — токопровод из угловой стали; 4 — держатель; 5 — троллейбусный изолятор; 6 — подкрановая балка

В зависимости от принятой на фабрике схемы распределения электрической энергии токопроводы получают питание через отдельные фидеры от ближайшего цехового распределительного пункта или непосредственно от шин распределительного щита подстанции.

Токопровод выполняется обычно из угловой (для кранов) и полосовой стали (для тельферов). Иногда для токопровода используется голый медный, алюминиевый или стальной провод. В отличие от токопровода из сортовой стали, который жестко крепится, голый провод подвешивается свободно, поэтому он не обеспечивает достаточной надежности в эксплуатации.

Токопроводы крепятся обычно при помощи троллейбусных фарфоровых изоляторов. В зависимости от типов подкрановых балок и их размеров изоляторы закрепля-

ются на соответствующих металлических конструкциях, располагаемых на расстоянии 2,5—3 *м* друг от друга. Расстояния между конструкциями тельферных монорельсов принимают не выше 2 *м* на прямых участках и не выше 1 *м* на закруглениях. Стыковые соединения отдельных участков троллейной линии выполняются таким образом, чтобы они могли одновременно служить и компенсаторами температурного расширения.

Для защиты от возможных случайных прикосновений к токопроводам на кране устанавливаются специальные ограждения, если токопроводы доступны для лица, находящегося на кране.

Возможность отключения троллейной линии в любой момент обеспечивается установкой рубильников в местах подвода питания к токопроводам, если они не получают питания непосредственно от распределительного щита подстанции, расположенной в том же цехе. При свободной подвеске токопроводов их отключение должно быть автоматическим, для чего применяются контакторы с кнопочным управлением.

Наличие напряжения на токопроводе, его концах или отдельных секциях контролируется сигнальными фонарями.

Глава III

ЭЛЕКТРОПРИВОД НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ

1. Общие сведения

Устройство, приводящее с помощью электрического тока в действие машину, прибор или агрегат, называется электроприводом. Современный электропривод представляет собой сочетание электрических машин и приборов, которые вместе с технологическим агрегатом составляют единую электрифицированную производственную машину. Современную обогатительную фабрику нельзя представить себе без электрического двигателя в качестве привода производственного механизма.

Первый электропривод появился в 1838 г., когда русский академик Б. С. Якоби впервые произвел на Неве испытание катера, движение которого со скоростью 2,5 *км/час* обеспечивалось электродвигателем. В катере, шедшем против течения, находилось 12 пассажиров. Электродвигатель катера получал питание от гальванической батареи.

Промышленное значение электропривод начал приобретать с 1889 г., когда русский ученый М. С. Доливо-Добровольский — создатель техники трехфазного тока, являющегося основой всей современной электроэнергетики, изобрел электродвигатель трехфазного тока. До этого времени техническое оснащение промышленных предприятий стояло на низком уровне.

Усовершенствование конструкции электродвигателя и способов его сочленения с производственным механизмом проложило широкий путь развитию промышленной энергетики. Явные экономические преимущества промышленной электроэнергетики (централизованное производство энергии и удобство передачи и распределения ее на большие расстояния) привели к тому, что электродвигатель начал вытеснять паровую машину и двигатель внутреннего сгорания, ранее служившие приводами про-

изводственных механизмов на промышленных предприятиях, в том числе и на обогатительных фабриках.

Тем не менее внедрение электропривода на обогатительных фабриках шло медленно. Лишь после Великой Октябрьской революции, когда по указанию В. И. Ленина был составлен план электрификации всей страны (план ГОЭЛРО), электропривод стал неотъемлемой частью любого производственного агрегата на обогатительных фабриках, как основное условие механизации трудоемких процессов.

С этого времени электротехнические факультеты Ленинградского, Московского и Харьковского электротехнических институтов начали теоретическую разработку вопросов электропривода в лабораториях и в производственных условиях.

Систематического изложения теоретических основ электропривода тогда еще не было, первый учебник был создан С. А. Ринкевичем в 1925 г.

Были развернуты широкие лабораторные научно-исследовательские работы по изучению поведения индивидуального электропривода, предназначенного для длительного и повторно-кратковременного режима в условиях эксплуатации. Эти работы велись под руководством К. И. Шенфера (ГЭЭИ, ныне ВЭИ).

Стремясь к дальнейшему усовершенствованию электрического привода в целях снижения потерь электроэнергии, советские электротехники разработали конструкции электропривода, который представляет собой составную часть машины-орудия. Примером такой конструкции может служить углеразмольная мельница с приводом системы инж. П. А. Фридкина. У этой мельницы барабан одновременно служит и ротором асинхронного двигателя.

Советскими инженерами разработана также конструкция асинхронного двигателя с дуговым статором, особенность которого состоит в том, что он может работать с малым числом оборотов без редуктора.

В настоящее время ведутся работы над усовершенствованием принципиально новой конструкции асинхронного двигателя — с дуговым (сегментным) статором.

В этом приводе вращающийся орган рабочей машины, например, барабан шаровой мельницы или маховик компрессора, одновременно служит и ротором электропривода; причем ротор охватывается статором не по всей окружности, а лишь по определенной его части (сегменту).

Отличительная особенность дугового асинхронного двигателя состоит в том, что синхронное число оборотов двигателя n зависит не только от числа полюсов при постоянной частоте, но и от электрического угла охвата ротора:

$$n = \frac{60 f \alpha}{p 2 \pi} (1 - s),$$

где f — частота, *гц*;
α — угол охвата, радиан;
p — число пар полюсов;
s — скольжение, %.

В обычном электродвигателе синхронная скорость вращения при неизменном числе пар полюсов неизменна, тогда как в двигателе с дуговым статором эту скорость можно изменять путем изменения величины угла охвата ротора статором.

Основные преимущества такого привода следующие:

а) отпадает необходимость в установке дорогостоящего редуктора;

б) появляется возможность использования в качестве ротора части приводимого механизма, например, барабана мельницы;

в) простота, надежность и безопасность в эксплуатации.

Однако низкие электромеханические показатели двигателей с дуговым статором по сравнению с нормальным двигателем (с круговым статором) служат причиной медленного внедрения их в промышленность.

2. Системы электропривода

В промышленности применяется большое число различного рода электроприводов. По исполнению электроприводы можно разделить на три группы: групповые,

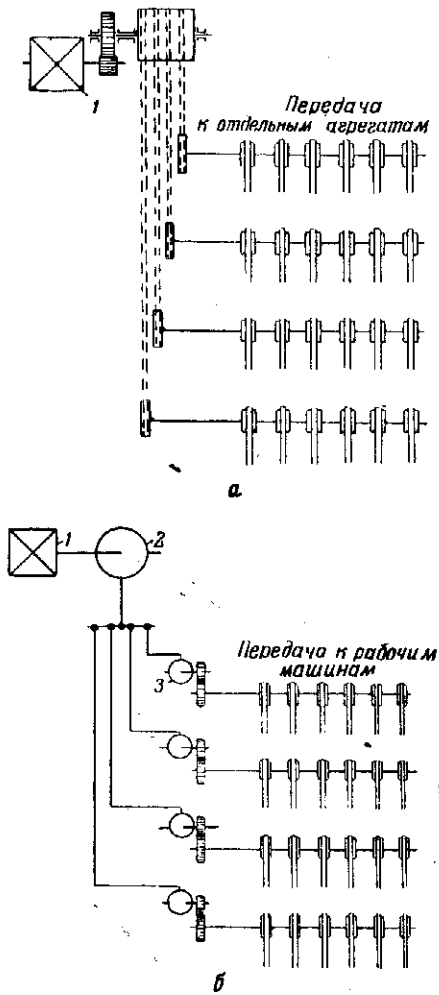


Рис. 31. Схема группового электропривода:

а — трансмиссионный привод; *б* — групповой электропривод
1 — двигатель; *2* — генератор; *3* — электродвигатель

индивидуальные и многодвигательные. При групповом электроприводе от одного двигателя приводится в действие несколько машин (рис. 31), при индивидуальном электроприводе каждая машина имеет свой индивидуальный двигатель (рис. 32); при многодвигательном

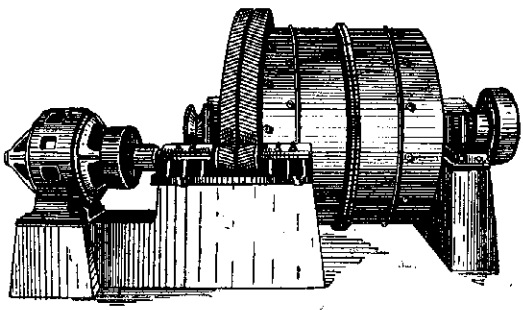


Рис. 32. Индивидуальный электропривод мельницы

электроприводе машина имеет несколько двигателей, приводящих в действие отдельные рабочие части ее (рис. 33).

В настоящее время благодаря большим технико-экономическим преимуществам индивидуального и многодвигательного приводов перед групповым на обогатительных фабриках крайне редко применяется групповой привод. Групповой привод через трансмиссию используется для вспомогательного мелкого оборудования, работа которого не связана с технологическим процессом; в ряде случаев применяется привод двух машин при помощи клиновидной передачи от одного электродвигателя.

Индивидуальный электропривод имеет, как правило, механическую передачу, но двигатель может быть также встроен в машину.

В условиях фабрики индивидуальный электропривод обычно требует наличия блокировочного устройства, допускающего работу электродвигателей лишь в определенных условиях (порядок пуска, остановки, работы). Индивидуальный электропривод, рационально спроектированный в соответствии с требованием технологии, ра-

двигатели, имеющие плотно закрытый корпус, недопускающий проникновения влаги внутрь двигателя при его

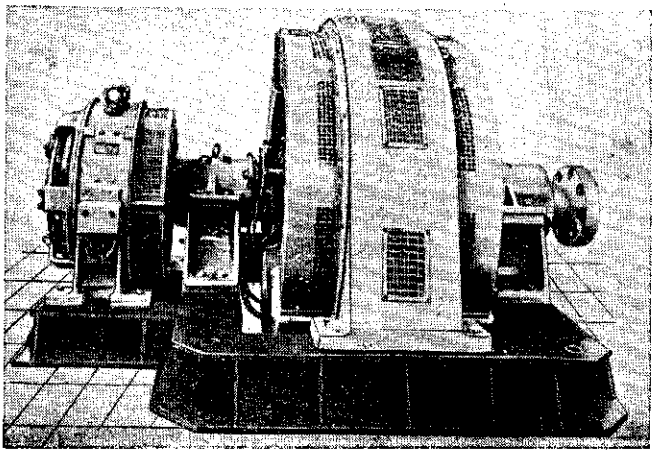


Рис. 36. Защищенный синхронный двигатель с возбудителем на одном валу

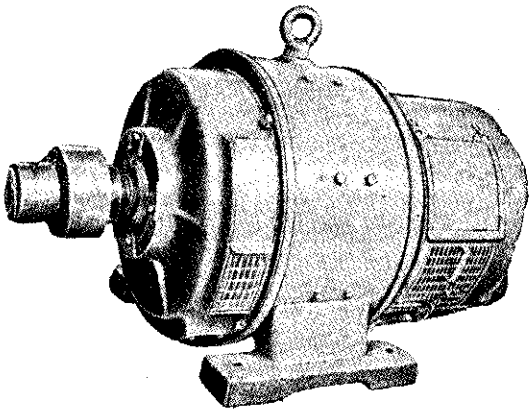


Рис. 37. Двигатель постоянного тока, защищенный от влаги и грязи

погружении в воду до 4 час., применяются во влажных помещениях.

Взрывобезопасные двигатели имеют закрытую конструкцию корпуса, выдерживающую внутреннее давление до 8 *ата*, т. е. противостоящую взрыву газа внутри двигателя.

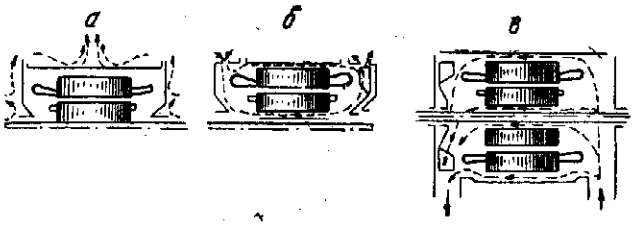


Рис. 38. Способы вентиляции электродвигателей:

а — естественное охлаждение; *б* — самовентиляция; *в* — независимая вентиляция

Защита двигателей от воздействия среды осуществляется также при помощи изоляции — влагостойкой, кислотоупорной и жароупорной.

В двигателях с естественным охлаждением (рис. 38, *а*) выделяющееся тепло отдается через кожух в среду; в двигателях с самовентиляцией (рис. 38, *б*) имеется вентилятор, насаженный на вал; в двигателях с независимым охлаждением (рис. 38, *в*) охлаждающий воздух или вода подаются специальным вентилятором или насосом.

По способу крепления различают двигатели, устанавливаемые на лапах, и двигатели, укрепленные на фланцах (фланцевые).

Двигатели одной серии обычно изготовляются мощностью 0,6—125 *квт* при синхронных скоростях вращения 3000, 1500, 1000 и 750 об/мин и напряжения 220/380 и 500 *в*. Они имеют защищенное исполнение — серии А и АЛ (с чугунным алюминиевым корпусом) и закрытое обдуваемое исполнение — серии АО и АОЛ.

Двигатели асинхронные серии АМ6 (с фазным ротором) имеют мощность 45—410 *квт*; взрывобезопасные асинхронные двигатели МА-140 2,7—148 *квт*; защищенные асинхронные двигатели серии МА-200 6—105 *квт* (рис. 39).

Электродвигатели серии АМ6 предназначены для продолжительной работы; модификациями ее являются двигатели АМО, ГАМ, ДАМ, ГАМО, ДАМО, ДАМСО — с фазным или короткозамкнутым ротором. Короткозамкнутая роторная обмотка может иметь двойную беличью клетку (обозначение Д) или обмотку, заложенную в глубокий паз (обозначение Г).

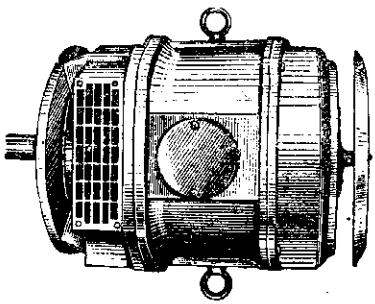


Рис. 39. Электродвигатель МА-204 для вертикальной установки

Синхронные двигатели МС-320 имеют мощность 155—6550 *квт* при напряжении 6000 *в* и скорости вращения 187—1000 об/мин. Эти двигатели снабжены пусковой короткозамкнутой обмоткой для асинхронного запуска.

Электродвигатели постоянного тока серии ПН выпускаются мощностью от 0,3 до 200 *квт* при напряжении 110, 220, 440 *в* и скорости вращения 550—2850 об/мин.

Обычно электродвигатели выполняются с одним свободным концом вала, по заказу — с двумя. Вал может быть выполнен для соединения глухой или эластичной муфтой, для посадки на него шкива или зубчатого соединения.

4. Выбор электродвигателей по роду тока, напряжению и мощности

Качество и экономичность электроснабжения обогатительных фабрик в значительной степени обусловливаются правильным выбором электродвигателей для привода производственных механизмов.

При выборе электродвигателя необходимо, чтобы он удовлетворял следующим условиям:

а) обладал характеристикой, в достаточной степени соответствующей приводу, т. е. позволял сообщать механизму необходимые скорость и ускорение при пуске и длительной работе;

б) при нормальной работе не перегревался сверх пределов, допускаемых нормами;

в) обеспечивал нормальную работу при возможных кратковременных перегрузках.

В зависимости от среды, в которой электродвигатель будет работать, выбирают соответствующее конструктивное исполнение: открытый, защищенный, закрытый, с подводом наружного воздуха, герметически закрытый или взрывобезопасный.

На современных обогатительных фабриках наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели благодаря особенностям, выгодно отличающим их от других видов электродвигателей.

Для привода, не требующего больших пусковых моментов (насосы, вентиляторы, компрессоры, мельницы и т. п.), при потребляемой мощности от 250 *квт* и выше применяются синхронные электродвигатели.

В целях повышения коэффициента мощности электросетей до 0,92—0,95 последнее время намечается широкое внедрение в промышленность синхронных двигателей не только крупных, но и малых мощностей от 30 *квт* и выше.

К основным преимуществам асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором относятся простота конструкции, отсутствие коллектора, а следовательно, и надежность эксплуатации. Эти двигатели по сравнению с двигателями с фазным ротором обладают, кроме перечисленных выше преимуществ, еще и повышенными коэффициентами мощности и к. п. д.

Единственным недостатком асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором является отсутствие пропорциональности между кратностью пускового момента ($1 \div 5$) двигателя и кратностью пускового тока ($5 \div 7$) вследствие малого сопротивления ротора, что приводит к значительному снижению коэффициента мощности при пуске двигателя. Этот недостаток устраняется путем устройства в роторе двигателя глубоких пазов или двух клеток, расположенных концентрически. Такое конструктивное исполнение ротора значительно увеличивает его

сопротивление в пусковой период по сравнению с сопротивлением при номинальном числе оборотов благодаря паразитному току, вызванному повышенной частотой тока в роторе при больших скольжениях [1].

Если необходим такой высокий пусковой момент, каким не обладает ни один тип двигателя с короткозамкнутым ротором, применяют двигатель с контактными кольцами, позволяющими вводить добавочное сопротивление пускового реостата в цепь ротора, чем достигается относительно бо̀льшее значение скольжения и увеличение пускового момента.

Для регулирования скорости подачи руды питателями мельниц и дробилок, а также для регулирования скорости подачи питателями реагентов необходимо обеспечить возможноть регулирования скорости приводимого механизма в широких пределах. В этом случае применяют двигатель постоянного тока, который обладает несомненными преимуществами по сравнению с двигателем трехфазного тока: в то время как число оборотов асинхронных электродвигателей поддается регулировке лишь в сторону понижения в пределах 40—60% от номинального, число оборотов двигателей постоянного тока параллельного возбуждения можно изменять при помощи реостата до 300% от номинального.

В случае необходимости регулирования скорости в еще бо̀льших пределах применяют электромашинные усилители или ионные аппараты, при помощи которых достигается изменение числа оборотов в соотношении до 1 : 120.

Для регулирования числа оборотов ступенями используют многоскоростные асинхронные электродвигатели с переключением числа пар полюсов в статорных обмотках.

Выбор электродвигателя по величине напряжения обычно определяется потребляемой мощностью двигателя

---

[1] Скольжение — это разность скоростей вращения вращающегося магнитного поля и ротора асинхронной машины, отнесенная к скорости вращения поля. Для нормальных асинхронных двигателей скольжение составляет от 8 до 2%. Скольжение уменьшается с возрастанием мощности двигателя.

и напряжением питающей электросети. Некоторые затруднения в выборе напряжения встречаются в тех случаях, когда электродвигатели требуемой мощности изготовляются для низкого и высокого напряжений, причем условия электроснабжения позволяют в равной степени применять любое из них. В таких случаях необходимо производить технико-экономическое сравнение для выбора наиболее экономичного напряжения.

Двигатели, предназначенные для длительного режима работы, могут развивать номинальную мощность (мощность по паспорту) неограниченно долгое время без перегрева отдельных частей. Двигатели повторно-кратковременного режима развивают номинальную мощность без перегрева длительное время, работая с перерывами в 15, 25 и 40% от времени полного нормального цикла, составляющего 10 мин.

Существующие нормы допускают мгновенную перегрузку асинхронных электродвигателей трехфазного тока при номинальных значениях напряжения и частоты. Пределом перегрузки является максимальный вращающий момент двигателя.

Наименьшее отношение максимального вращающего момента к номинальной его величине бывает:

1) у двигателей всех мощностей с фазным ротором для длительного режима работы — от 2 до 2,5 при любых мощностях; у крановых двигателей мощностью до 8 *квт* — 2,2; у тех же двигателей мощностью выше 8 *квт* — 2,75;

2) у двигателей с обыкновенным короткозамкнутым ротором длительного режима работы — от 1,8 до 2 при любых мощностях; у крановых двигателей мощностью до 8 *квт* — 1,9; при мощности выше 8 *квт* — 2,3;

3) у двигателей с короткозамкнутым ротором с двойной клеткой или глубоким пазом — от 1,8 до 2,7.

Для синхронных электродвигателей трехфазного тока кратковременная перегрузка допускается до величины, не превышающей максимального вращающего момента. Наименьшее отношение максимального вращающего момента к номинальному моменту 1,6. При работе двигателя с форсировкой возбуждения это отношение бывает в пределах 3—4.

Приведенные значения перегрузок допускаются при номинальных напряжении, частоте и силе тока возбуждения, при рабочем соединении обмоток и опережающем коэффициенте мощности, равном 0,8.

В табл. 2 приведены средние значения к. п. д. и cos φ (коэффициента мощности) в зависимости от мощности электродвигателя.

Таблица 2

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ К.П.Д. и cos φ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТКРЫТОГО И ЗАЩИЩЕННОГО ТИПОВ

Мощность электродвигателя, *квт*	К.п.д., %				cos φ			
	нагрузка				нагрузка			
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
10	78,0	84,0	86,0	86,0	0,49	0,69	0,79	0,82
20	81	87	88	88	0,54	0,72	0,81	0,84
30	82	89	90	90	0,58	0,73	0,83	0,86
40	83	89,5	90,5	90,5	0,60	0,74	0,84	0,87
50	83,5	89,5	91	91	0,61	0,78	0,85	0,88
60	84	89,5	92	92	0,62	0,79	0,86	0,89
70	84	89,5	92	92	0,63	0,80	0,87	0,89
80	84	89,5	92	92	0,63	0,80	0,87	0,89
90	84	89,5	92	92	0,63	0,80	0,87	0,89
100	84	89,5	91	91	0,62	0,80	0,86	0,88

Мощность двигателей рассчитывается с учетом диаграмм нагрузок. Обычно для машин и аппаратов обогатительных фабрик заводы-изготовители указывают мощность двигателей. Перерасчет мощности производится тогда, когда возникают условия работы, отличные от расчетных. Конструкция машины обычно предопределяет тип передачи и скорость вращения. При нормальной работе фабрики запуск почти всех машин производится вхолостую или при нагрузке до 50% за исключением некоторых видов оборудования (сгустителей, классификаторов, питателей). В этих случаях двигателям не

приходится преодолевать повышенных пусковых моментов. Однако, учитывая возможность пусков под нагрузкой после внезапной остановки транспортных устройств, дробильно-размольного и технологического оборудования, выбирают двигатели для условий пуска под номинальной нагрузкой. Двигатели этих машин должны развивать пусковые моменты 1,2—1,5 $M_п$[1].

Пуск насосов, вентиляторов, воздуходувок осуществляется при закрытых задвижках. Пусковой момент двигателей этих машин не меньше 0,75—0,9 $M_п$. Электроприводы мельниц и сушильных барабанов имеют пусковые моменты 1,7—2,0 $M_п$.

Определив мощность на валу двигателя и прочие параметры, которым он должен удовлетворять, выбирают тип двигателя, соответствующий условиям окружающей среды и способу сочленения с приводимым механизмом.

При выборе необходимо стремиться к обеспечению надежной защиты внутренних токоведущих частей от механических повреждений и вредного воздействия пыли, влаги, едких паров и газов.

На обогатительных фабриках двигатели в открытом исполнении применяют лишь в машинном отделении и ремонтно-механическом цехе. В отделениях дробления и измельчения, где содержание влаги в воздухе невелико, устанавливают двигатели, защищенные от проникновения капель и брызг; в остальных отделениях, насыщенных влагой, но при отсутствии едких паров или газов — применяют двигатели в закрытом исполнении. Эти двигатели выполняются с естественным или принудительным охлаждением как для продувки внутренних полостей, так и для обдувки с поверхности. При наличии в окружающей среде едких паров или газов применяют герметические электродвигатели.

Для флотационных машин и контактных чанов обогатительных фабрик применяют вертикальные двигатели, для прочих механизмов — горизонтальные.

По пусковым условиям для механизмов обогатительных фабрик, как правило, применяют электродвигатели с короткозамкнутым ротором, кроме двигателей к мель-

---

[1] $M_п$ — пусковой момент.

ницам и другим машинам, работающим в особых условиях.

Размеры электродвигателей зависят главным образом от скорости их вращения, т. е. от числа пар полюсов: чем выше скорость вращения, тем меньшие размеры имеют двигатели. Наибольшее применение получили быстроходные электродвигатели (1500, 3000 об/мин).

В целях повышения естественного коэффициента мощности электросетей последнее время для отдельных видов машин (мельницы, компрессоры, насосы и т. п.) применяют синхронные электродвигатели.

Глава IV

АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ

1. Общие сведения

Аппараты, при помощи которых осуществляется пуск и остановка двигателей, реверсирование, регулирование скорости, электрическое торможение и отключение двигателей, носят общее название аппаратуры управления.

Аппаратура управления называется пусковой, если с ее помощью производится пуск и остановка двигателей, подключение и отключение от сети приемников тока; пускорегулирующей — если с ее помощью производится пуск и регулирование скорости двигателя; защитной — если она применяется для защиты двигателей и других приемников; сигнализирующей — если с ее помощью определяется состояние электроприемника.

По способу управления аппараты бывают:

а) неавтоматические — для непосредственного ручного управления при помощи рукоятки или рычага, имеющегося у аппарата, или для дистанционного управления с помощью механического или электромагнитного промежуточного звена;

б) автоматические — действующие в установленных пределах через механические или электрические приспособления, получающие импульс при определенных, заранее заданных условиях.

По роду защиты от окружающей среды различаются аппараты:

а) открытые (без кожуха или с кожухом), которые находятся под напряжением, но не имеют специальных приспособлений для защиты от проникновения в них посторонних тел и могут оказаться доступными для случайных прикосновений. Эти аппараты при напряжении до 220 *в* устанавливаются лишь в таких помещениях, которые обслуживаются специальным персоналом (машинные отделения, электростанции, электроподстанции и т. п.). При наличии у открытых пусковых аппаратов

дистанционного (рычажного или электромагнитного) управления, при установке их на недоступной высоте (2,5 *м* и выше) или за ограждением (щиты, сетки, поручни и т. п.) они могут применяться и в производственных цехах, а в электромашинных помещениях при этих условиях напряжение аппаратов может быть повышено до 6000 *в*;

б) защищенные (с кожухом), у которых имеются специальные защитные приспособления от проникновения внутрь посторонних предметов. Против пыли, влаги и газов эти приспособления не защищают. Кожух предохраняет лишь от прикосновения обслуживающего персонала к токоведущим частям, а также от непосредственного действия искры;

в) каплезащищенные (с кожухом), конструкция которых не допускает проникновения внутрь водяных капель, падающих вертикально;

г) брызгозащищенные (с кожухом), внутрь которых не могут проникнуть брызги, падающие под углом к вертикали до 45°;

д) пыленепроницаемые, имеющие такие уплотнения зазоров, которые не допускают проникновения пыли, но не предохраняют от попадания влаги и газов;

е) герметические, снабженные плотно закрытым корпусом, не допускающим проникновения влаги даже при полном погружении его в воду;

ж) взрывозащищенные, заключенные в плотно закрытый корпус, прочность которого выдерживает давление от взрыва смесей газов при случайном попадании их в аппарат и воспламенении.

Для управления каким-либо двигателем или группой двигателей аппаратура управления комплектуется по определенной схеме.

2. Аппаратура ручного управления

Простейшими аппаратами ручного управления электродвигателями являются рубильники и переключатели.

Рубильники

Рубильники — это воздушные неавтоматические выключатели; применяются они для ручного отключения

и включения электрических цепей переменного и постоянного тока напряжением до 500 *в* при нагрузке, не превышающей 1000 *а*.

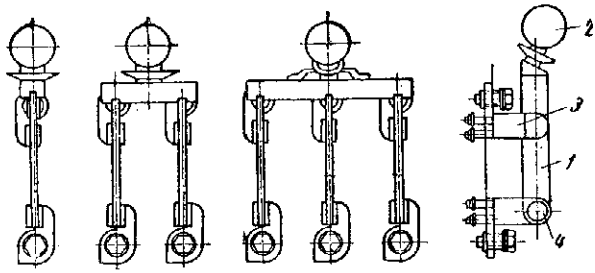


Рис. 40. Рубильники открытого типа

В зависимости от назначения, рода тока и способов управления рубильники и переключатели изготовляются однополюсными и многополюсными с центральной и боковой рукояткой, с рычажным приводом, открытые и закрытые.

На рис. 40 показаны однополюсный, двухполюсный и трехполюсный рубильники открытого типа. Рубильники имеют медные контактные ножи *1*, соединенные общей рукояткой *2*, изготовленной из изоляционного материала. С помощью рукоятки ножи, вращающиеся на шарнирах *4*, могут быть введены в неподвижные контакты *3*.

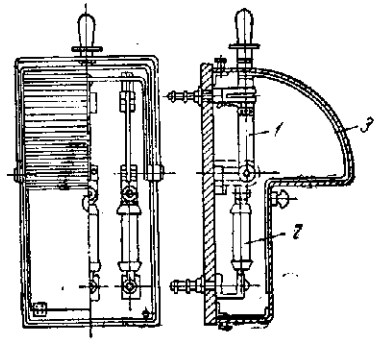


Рис. 41. Рубильник закрытого типа:

1 — рубильник; *2* — предохранитель; *3* — кожух

Рубильники и переключатели помещаются в закрытые кожухи или устанавливаются в специальных, закрываемых помещениях.

При эксплуатации рубильников и переключателей особо тщательно нужно следить за состоянием контактов.

На рис. 41 показан общий вид более безопасного при обслуживании закрытого рубильника с плавкими предохранителями.

Устройство переключателей, или перекидных рубильников аналогично устройству рубильника с дополнительными неподвижными контактами.

Плавкие предохранители

Плавкие предохранители применяются для защиты электродвигателей при коротких замыканиях. Плавкие вставки предохранителя, расплавляясь при повышении тока выше определенной величины, отключают защищаемую установку от источника напряжения.

Различают номинальный ток предохранителя и номинальный ток плавкой вставки. Номинальным током предохранителя называется ток, на который рассчитаны его токоведущие и контактные части, а номинальным током плавкой вставки — ток, на который рассчитана сама плавкая вставка.

В цепях с напряжением до 500 *в* включительно применяются плавкие предохранители трех типов: пробочные, пластинчатые и трубчатые. Пробочные предохранители применяются для защиты электроосветительных установок и двигателей малой мощности при номинальном токе до 60 *а*; пластинчатые — при силе тока до 200 *а*. Состоят они из одной или нескольких проволочек или пластинки, впаянных в латунные наконечники. Трубчатые предохранители применяются при токах до 600 *а*; в предохранителях этого типа плавкие вставки помещены внутри открытых фарфоровых трубок, выложенных асбестом.

Стандартные предохранители изготовляются на номинальные токи 15, 25, 60, 100, 200, 350, 600 *а*; плавкие вставки — на 6, 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300, 350, 430, 500, 600 *а*.

При отсутствии стандартных предохранителей их можно выбирать по данным табл. 3

Время, необходимое для расплавления предохранителя, зависит от величины тока, протекающего через плавкую вставку. При токе больше номинального на 25% предохранитель не плавится: при токе больше номинального

Таблица 3

ЗАВИСИМОСТЬ ДИАМЕТРА ПЛАВКОЙ ВСТАВКИ ОТ СИЛЫ ТОКА

Сила тока *а*	Диаметр, *мм*		Сила тока *а*	Диаметр, *мм*	
	Cu	Pb		Cu	Pb
5	0,16	0,6	50	0,73	2,78
10	0,25	0,95	60	0,83	2,89
15	0,33	1,25	70	0,92	3,48
20	0,40	1,51	80	1,00	3,81
25	0,46	1,75	90	1,08	4,12
30	0,52	1,98	100	1,16	4,42
40	0,63	2,40	120	1,31	4,99

на 75% — расплавляется через 50 мин.; при токе больше номинального на 200% — за 30—40 сек. и при 8 ÷ 10-кратной перегрузке — мгновенно.

При пуске в ход короткозамкнутых асинхронных двигателей пусковой ток в 6 ÷ 8 раз больше номинального. Продолжительность пика пускового тока 6 ÷ 8 сек. При токе, превосходящем номинальный ток предохранителя в 2,5 раза, вставка расплавляется через 8 ÷ 10 сек. Поэтому предохранители для защиты короткозамкнутых двигателей выбираются по пусковому току, уменьшенному в 2,5 раза.

Контроллеры непосредственного управления

Контроллеры непосредственного управления применяются для пуска в ход, регулирования скорости и реверсирования электродвигателя. При наличии контроллера все операции с двигателем можно производить только в определенной последовательности.

Контроллеры выполняются двух типов — барабанные и кулачковые. Принципиальная схема барабанного контроллера показана на рис. 42, *а*; электрическая — на рис. 42, *б*. Конструктивно контроллер — это вращающийся барабан *1*, выполненный из изоляционного материала, на котором закреплены специальные контакты (сегмен-

ты) *2*, соединенные в известном порядке и изолированные от вала контроллера и неподвижной вертикальной рамки *3* с укрепленными на ней контактными пальцами *4*. Провода от сети и двигателя подводятся к пальцам. Каждому

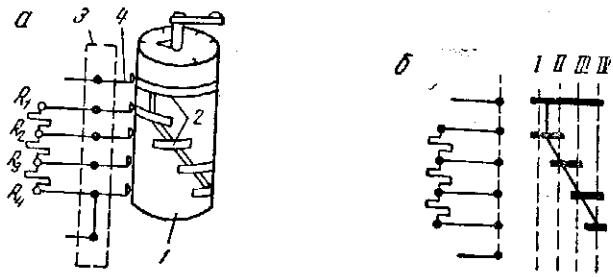


Рис. 42. Принципиальная и электрическая схемы барабанного контроллера:
$R_1 \div R_4$ — сопротивления

положению барабана соответствует определенное соединение пальцев друг с другом через сегменты на барабане согласно схеме управления двигателем. Барабан и пальцы для охлаждения и гашения дуги обычно помещаются в масляной ванне.

На электрической схеме, изображенной на рис. 42, *б*, толстые горизонтальные линии изображают сегменты, а вертикальный ряд точек — пальцы. Пронумерованные вертикальные пунктирные линии *I*, *II*, *III*, *IV* обозначают рабочие положения сегментов при вращении барабана.

Принципиальная схема управления асинхронным двигателем с помощью барабанного контроллера показана на рис. 43. Схема показывает, что две фазы статора двигателя подключаются к сети через контроллер для реверса, третья фаза — непосредственно. Обмотки ротора подключены к реостату, секции которого постепенно выключаются при вращении барабана.

Принципиальная схема кулачкового контроллера изображена на рис. 44, *а*, электрическая — на рис. 44, *б*.

Контроллер состоит из контактных элементов *А*, размыкаемых и замыкаемых при помощи кулачковых дисков *Б*, насаженных на вал. Контактные элементы располага-

ются в один вертикальный ряд и находятся нормально в замкнутом положении под действием пружин. При вращении вала кулачковые диски *Б* воздействуют механически на контактные элементы *А*, размыкают их в определенной последовательности и производят необходимые переключения по схеме.

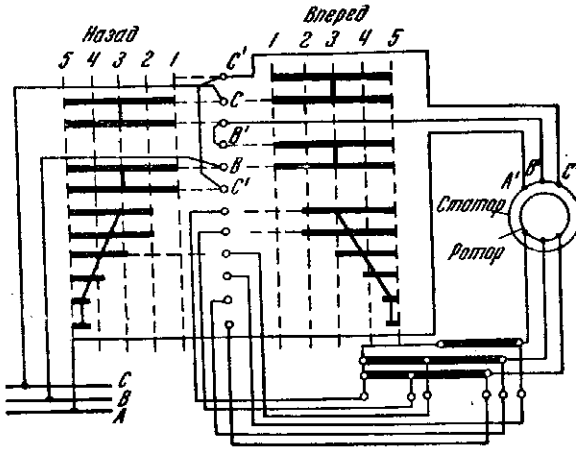


Рис. 43. Принципиальная схема управления асинхронным двигателем с помощью барабанного контроллера:

A, B, C — фазы; *A', B', C'* — фазы электродвигателя; *1÷5* — рабочее положение сегментов при вращении барабана

На электрической схеме неподвижные контакты *5, 6, 7, 8* контактных элементов показаны кружками, подвижные *1, 2, 3* и *4* — кружками с вертикальными черточками, опущенными вниз.

Применяются контроллеры обычно для управления двигателями подъемно-транспортных механизмов.

Пакетные выключатели

Пакетные выключатели применяются для управления короткозамкнутыми двигателями мощностью до 5 *квт*. Выключатель состоит из колец, выполненных из изолирующего материала. Внутри колец помещается контактная си-

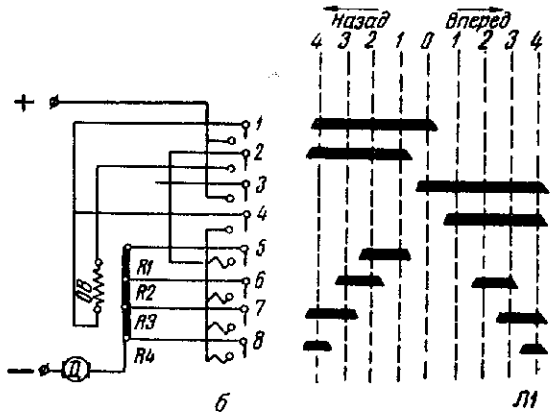


Диаграмма работы контроллера.

Кон-такты	Назад 4	Назад 3	Назад 2	Назад 1	0	Вперед 1	Вперед 2	Вперед 3	Вперед 4
1	×	×	×	×	×				
2	×	×	×	×					
3					×	×	×	×	×
4						×	×	×	×
5			×	×					
6		×	×				×	×	
7	×	×						×	×
8	×								×

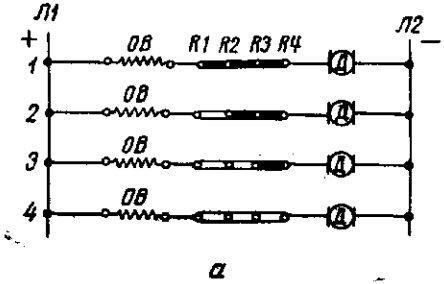


Рис. 44. Принципиальная схема управления двигателем постоянного тока при помощи кулачкового контроллера:

а — развернутая схема пуска двигателя постоянного тока (направление «Вперед»)

стема, состоящая из неподвижных контактов-пластинок и подвижных контактов-ножей.

Пакетные переключатели типа ПК изготовляются в виде однополюсных, двухполюсных и трехполюсных аппаратов для напряжений 250 и 380 *в*.

В табл. 4 приведена техническая характеристика пакетных выключателей.

Таблица 4

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Номинальное напряжение *в*	Ток, *а*			
250	10	25	60	100
380	6	15	35	60

На рис. 45 приведена принципиальная схема управления короткозамкнутым двигателем при помощи пакетного выключателя.

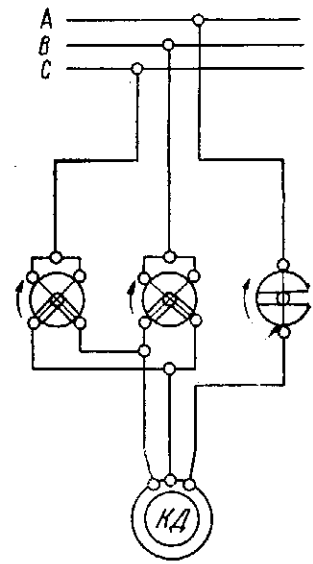


Рис. 45. Принципиальная схема управления двигателем при помощи пакетного выключателя:

A, B, C — фазы

Моторные и распределительные ящики

В сырых и пыльных помещениях рубильники с предохранителями для пуска и защиты электродвигателей размещают на изоляционных плитах внутри чугунных или железных ящиков, которые должны быть обязательно заземлены.

На рис. 46 приведен общий вид распределительного ящика ЯР-25 с пробочными предохранителями (на рисунке пробки убраны). Этот тип ящика применяется при величине тока до 25 *а* для двигателей до 3 *квт* и осветительных установок. Внутри ящика имеется трехполюсный рубильник барабанного типа. Для приемников бо́льшей

мощности применяются ящики по типу III-А на ток до 60 *а* (III-А-50), 100 *а* (III-А-100) и 200 *а* (III-А-200).

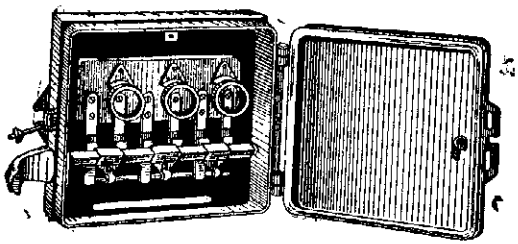


Рис. 46. Общий вид распределительного ящика ЯР-25

На рис. 47 показаны общий вид и схема внутренних соединений ящика типа III-А. В таких ящиках вмонтированы рубильник, предохранители и при желании амперметр и вольтметр.

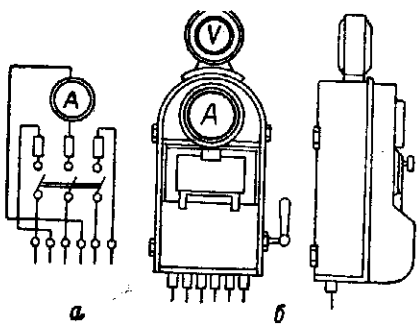


Рис. 47. Распределительный ящик III-А:
а — схема внутренних соединений;
б — внешний вид

3. Контакторы постоянного и переменного тока

Контактором называется электромагнитный прибор дистанционного действия, предназначенный для замыкания и размыкания под нагрузкой силовых цепей постоянного и переменного тока при напряжении не выше 500 *в*. Общий вид контактора показан на рис. 48. При протека-

нии тока через катушку *2* якорь *1* притягивается к сердечнику и замыкает контакты *3* и *4* в цепи. Рабочим контактам контактора придают изогнутую форму, вследствие чего они катятся друг по другу при замыкании и размыкании (рис. 49). Это приводит к стиранию окиси меди с поверхности и разрыву дуги вне рабочих поверхностей.

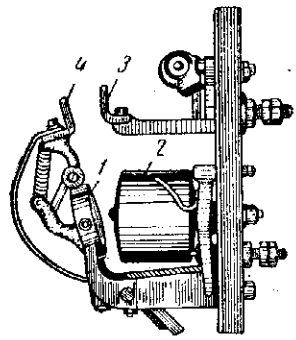


Рис. 48. Общий вид контактора

Контакторы могут иметь блокконтакты, при помощи которых осуществляется блокировка контакторов с другими аппаратами.

Различают контакторы постоянного и переменного тока, открытые и закрытые, одно-, двух- и трехполюсные.

Контакторы постоянного тока типа КП изготовляют на ток 40 ÷ 2500 *а*; контакторы переменного тока КТ изготовляют четырех величин II, III, IV, V. В табл. 5 приведены предельные мощности асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, включаемых при помощи этих контакторов.

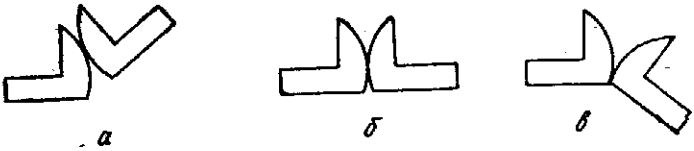


Рис. 49. Перекатывающиеся контакты:
а — начальное положение; *б* — промежуточное положение; *в* — конечное положение

Таблица 5

Величина контактора	Ток *а*	Мощность (*квт*) при напряжении, *в*		
		220	380	500
II	75	20	35	45
III	150	40	65	85
IV	300	75	130	165
V	600	150	250	360

Для управления высоковольтными или мощными двигателями применяют командоконтроллеры. Командоконт-

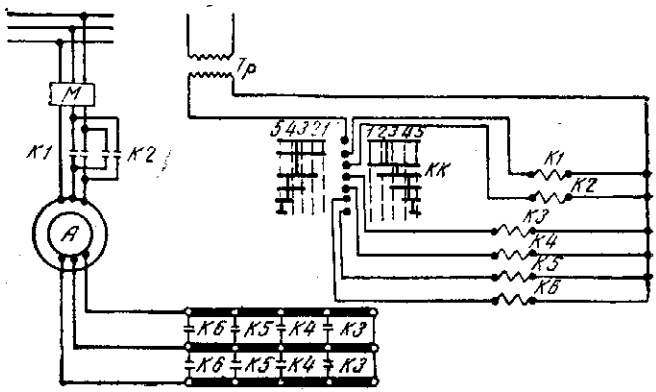


Рис. 50. Схема контакторной системы управления:

М — масляный выключатель; *А* — двигатель асинхронный; *Тр* — трансформатор; *КК* — командоконтроллер; *К1*, *К2* — контакторы в цепи статора; *К3 ÷ К6* — контакторы в цепи ротора

роллер позволяет переключать контакторы в цепях управления. Он компактен и удобен, так как по обмоткам контакторов и через него проходит небольшой ток. Различают командоконтроллеры барабанного и кулачкового типов. Командоконтроллеры применяются в схемах контакторного управления двигателями постоянного тока и асихронными двигателями с контактными кольцами.

На рис. 50 изображена принципиальная схема контакторной системы управления, в котором командоконтроллер замыкает цепи катушек контакторов. Контакторы *К1* и *К2* служат для реверса, а *К3 ÷ К6* — для выключения сопротивлений.

4. Пусковые и регулировочные реостаты

Пусковым реостатом называется регулируемое сопротивление, которое включается в цепь двигателя на время пуска; регулировочным — сопротивление, включаемое на все время работы.

Различают сопротивления жидкостные и металлические. На обогатительных фабриках применяются только металлические, закрытые и открытые с масляным и воздушным охлаждением.

Металлические сопротивления состоят из собственно элементов сопротивления, переключающего устройства, соединительных проводов, зажимов, рамы и кожуха (рис. 51). Сопротивления с коммутирующим устройством имеют переключатели ступеней.

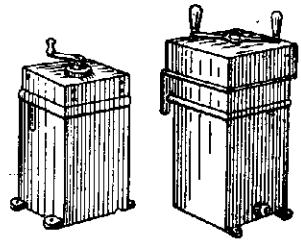


Рис. 51. Внешний вид реостата с масляным охлаждением

Переключающее устройство реостата для двигателей малой мощности и с небольшим числом пусков в час выполняется обычно в виде плоского переключателя. Для более мощных двигателей или при большом числе включений в час применяют переключающее устройство контроллерного и контакторного типов или специальные контроллеры барабанного или кулачкового типа.

Открытые сопротивления не имеют защитного кожуха и, как правило, снабжены воздушным охлаждением.

Закрытые сопротивления имеют кожух, выполненный таким образом, что прикосновение к частям, находящимся под напряжением, или проникновение внутрь посторонних предметов невозможно без снятия его. Кожух не предохраняет от проникновения внутрь пыли, влаги, паров и газов из окружающей среды.

При масляном охлаждении элементы сопротивления и коммутирующее устройство погружены в масло и отдают ему выделяющееся тепло.

Сопротивления с масляным охлаждением характеризуются большой нагрузочной способностью элементов сопротивления, незначительным расходом материала сопротивления, малыми габаритами.

Они защищают контакты и элементы сопротивления от вредного действия окружающей среды и позволяют применять дешевые материалы в качестве сопротивления. Вместе с тем сопротивлениям с масляным охлаждением свойственны существенные недостатки: большой расход

масла, малая частота пусков в час, возможность взрыва газа и воспламенения масла от электрической искры. Вследствие этого масляные сопротивления применяются только в качестве пусковых с малым числом пусков в час и в помещениях, не опасных с точки зрения взрыва пыли и газа.

Сопротивления с воздушным охлаждением имеют большие габариты, но зато они не обладают недостатками сопротивлений с масляным охлаждением; поэтому они получили широкое распространение в качестве пусковых и пускорегулирующих.

Для пуска в ход асинхронных двигателей в сырых и пыльных помещениях применяют реостаты типа РМ и ПР (табл. 6) и контроллеры барабанного типа. Эти реостаты представляют собой металлические сопротивления, заключенные в кожух, наполненный маслом.

Таблица 6

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПУСКОВЫХ РЕОСТАТОВ ТИПОВ РМ и ПР ДЛЯ РУЧНОГО ЗАПУСКА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип	Число ступеней	Предельный ток *а*	Мощность электродвигателя *квт*	
			для пуска при полной нагрузке	для пуска при половинной нагрузке
РМ-1531	8	200	50	50—100
РМ-1641	8	400	75—100	130—200
РМ-1651	9	500	150—175	200—350
РМ-1661	10	600	200—300	600
РМ-1671	11	750	300—500	500—1000
ПР-17,5	5	17,5	35	75
ПР-29,5	7	29,5	59	110
ПР-55	7	55	100	110
ПР-90	8	90	180	230
ПР-170	7	95—170	330	350
ПР-330	7	170—330	515	350

Для регулирования скорости применяют металлические регулировочные реостаты, рассчитанные на продолжительную работу под нагрузкой.

В большинстве случаев применяют регулировочные реостаты в виде ящиков сопротивлений, с воздушным охлаждением. Ящики сопротивлений собирают из элементов сопротивлений, представляющих собой изолирующие основания, на которые намотана проволока или лента, или литые чугунные элементы. Элементы сопротивлений в ящиках соединены последовательно. Технические данные стандартных ящиков приведены в табл. 7.

Таблица 7

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ СТАНДАРТНЫХ ЯЩИКОВ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Тип ящика	№ ящика	Допустимый ток, *а*					Сопротивление ящика (холодного), *ом*	Число элементов в ящике
		длительный	повторно-кратковременный при ПВ, %					
			40	20	12,5	6		
ЯС-100	5	216	335	465	580	770	0,10	20
	7	181	283	392	490	650	0,14	
	10	152	237	328	410	545	0,20	
	14	128	200	277	346	460	0,28	
	20	107	167	232	289	386	0,40	
	28	91	142	197	245	327	0,56	
	40	76	118	164	205	273	0,80	
	55	64	100	139	173	232	1,10	
	80	54	85	118	147	196	1,60	
	110	46	71	99	123	165	2,20	
ЯС-101	38	55	86	119	149	198	1,52	40
	54	46	72	100	125	166	2,16	
	75	39	61	85	106	141	3	
	105	33	52	72	89	119	4,2	
	140	29	45	62	77	103	5,6	
	200	24	38	52	65	86	8	
	280	20	32	44	55	73	11,2	

Примечания: 1. Токи указаны для температуры сопротивлений, превышающей на 265° температуру окружающей среды.
2. При нагреве величина сопротивления увеличивается на 10% на каждые 100°.

Для пуска двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей с фазным ротором длительного режима работы пусковые реостаты выбирают в зависимости от номинальной мощности двигателя. В тех случаях, когда не удается подобрать стандартный реостат для данной мощности двигателя, его сопротивление рассчитывают.

При расчетах сопротивлений пользуются методами, описанными в специальной литературе. Ниже приводится метод приближенного определения величин пусковых сопротивлений для основных типов электродвигателей постоянного тока и асинхронных двигателей с фазным ротором.

При расчетах величина ступеней сопротивления принимается в процентах от номинального сопротивления электродвигателя.

При расчетах сопротивлений для двигателей постоянного тока пользуются формулой

$$R_н = \frac{U_н}{I_н},$$

где $R_н = r_1 + r_2$ — внешнее и внутреннее сопротивление силовой цепи, определяющее при неподвижном якоре и номинальном напряжении $U_н$ номинальный ток якоря $I_н$.

При расчетах сопротивлений для асинхронных двигателей с фазным ротором пользуются формулой

$$R_п = 0{,}99 \frac{E_{н.р}}{\sqrt{3}\, I_{п.р}},$$

где $R_п$ — такое активное сопротивление каждой фазы ротора, которое при неподвижном роторе и номинальных величинах напряжения $U_н$ и частоты периодов f в статоре определяют номинальную силу тока в роторе $I_н$ при полном сопротивлении фазы ротора;

$E_{н.р}$ — э. д. с. между кольцами неподвижного разомкнутого ротора;

$I_{п.р}$ — длительный ток ротора, определяемый по каталогу.

Принимая номинальное сопротивление $R_н$ за 100%, находят величину сопротивлений r' ступеней реостата в процентах:

$$r' = \frac{r}{R_н} 100\%,$$

где r — сопротивление реостата, *ом*.

В табл. 8 и 9 приведены данные для приближенного выбора числа ступеней пусковых сопротивлений.

Таблица 8

ВЫБОР ЧИСЛА СТУПЕНЕЙ ПУСКОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Мощность двигателя *квт*	Число ступеней							
	при ручном управлении			при контакторном управлении				
	возбуждение двигателя							
	параллельное	последовательное	смешанное	последовательное			параллельное	смешанное
				полная нагрузка	половинная нагрузка	вентиляторы, центробежные насосы		
0,75—2,5	2	2	2	1	1	1	1	1
3,5—7,5	4	4	4	2	1	2	2	2
10—20	4	4	4	3	2	2	2	2
22—35	4	4	4	4	2	3	2	3
35—55	7	7	7	4	3	3	2	3
60—95	7	7	7	5	3	4	3	4
100—200	9	9	9	6	4	4	3	4

При малой мощности трансформаторов или генераторов, не позволяющих осуществлять пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором соизмеримой мощности при полном напряжении, применяют пуск двигателя при пониженном напряжении в статоре. В таких случаях в цепь статора вводят пусковые сопротивления или реактор.

Таблица 9

ВЫБОР ЧИСЛА СТУПЕНЕЙ ПУСКОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Мощность двигателя *квт*	Число ступеней			
	при ручном управлении	при контакторном управлении		
		полная нагрузка	половинная нагрузка	вентиляторы, центробежные насосы
0,75—2,5	2 на фазу	1	1	1
3,5—7,5	То же	1	1	1
10—20	» »	2	1	2
22—35	3 на фазу	2	2	2
35—55	То же	3	2	3
60—95	4 на фазу	4	3	3
100—200	То же	5	3	4

На рис. 52 изображена схема управления двигателем средней мощности при напряжении в статоре, понижен-

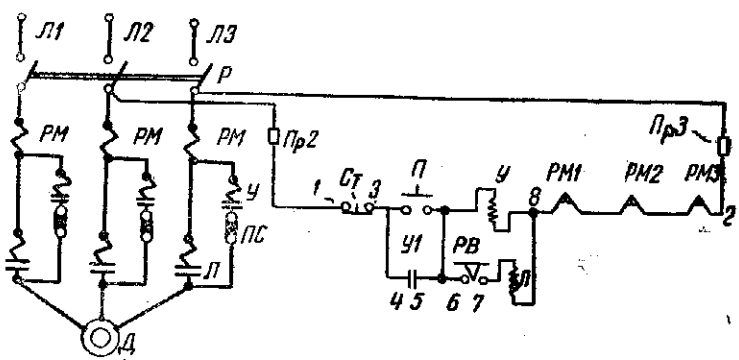


Рис. 52. Схема пуска электродвигателя при пониженном напряжении с помощью пусковых сопротивлений в цепи статора:

Д — двигатель; *Л1, Л2, Л3* — фазы сети; *Р* — рубильник; *Пр2* и *Пр3* — предохранители; *У* — контактор включения сопротивлений; *Л* — контактор замыкания сопротивлений накоротко; *ПС* — пусковое сопротивление; *Ст* — кнопка «Стоп»; *П* — кнопка «Пуск»; *У1* — нормально открытый контакт контактора *У*; *РВ* — нормально открытый контакт с выдержкой времени; *Л* — катушка контактора; *РМ1, РМ2, РМ3* — нормально закрытые контакты максимальных токовых реле

ном при помощи пусковых сопротивлений. Пониженное напряжение переключается на полное в функции времени.

Нажав на кнопку «Пуск», включают контактор *У*, который подключает двигатель *Д* к сети через пусковые сопротивления *ПС*. При включении контактора приводится в действие маятниковое реле *РВ*, связанное с подвижной системой контактора тягой.

Через промежуток времени, соответствующий уставке реле, замыкается его нормально открытый контакт *РВ* (*6—7*), включающий по цепи *1—3—4—5—6—7—2* контактор *Л*, главные контакты которого замыкают пусковые сопротивления накоротко.

Для защиты от токов короткого замыкания в цепи управления устанавливают плавкие предохранители *ПР*. Применять для защиты двигателя только реле максимального тока не рекомендуется, так как они, защищая сеть от токов короткого замыкания или увеличения пускового тока, возможного в случае повреждения пусковых сопротивлений, не защищают двигатель от перегрузки.

5. Реле

Более совершенная защита электродвигателей осуществляется с помощью реле, автоматически отключающих установки от сети при изменении режима работы.

Реле — один из наиболее распространенных элементов автоматической аппаратуры и встречается обычно в любой электрической схеме.

Реле могут работать под воздействием тока, тепловой и световой энергии, звуковых колебаний, механических усилий и т. п. Электрические реле делятся на реле напряжения, тока, мощности, сопротивления, частоты и пр.

По выполняемым функциям различают реле управления, защиты и сигнальные реле.

Каждое реле может быть в нормальном (невозбужденном) и возбужденном состоянии. Действие реле — это переход из одного из этих состояний в другое. Реле, реагирующее на увеличение воздействующего фактора (максимальное), переходит при работе из нормального состояния в возбужденное. Реле, реагирующее на снижение воздействующего фактора (минимальное), при работе переходит из возбужденного состояния в невозбужденное (нормальное). Действие реле начинается при определенной величине воздействующего фактора, которая называ-

ется параметром трогания реле (ток трогания, напряжение трогания).

Реле возвращается в исходное положение при другой величине воздействующего фактора, которую называют параметром возврата реле.

Отношение параметра возврата к параметру трогания называют коэффициентом возврата.

Реле может действовать мгновенно или замедленно, с выдержкой времени. Возможная связь между величиной параметра, на изменение которого реагирует реле, и временем срабатывания реле, графически изображена на рис. 53. Реле мгновенного действия (рис. 53, *а*) характеризуется ничтожным временем срабатывания; реле с независимой выдержкой времени (рис. 53, *б*) срабатывает с заданной выдержкой времени независимо от величины воздействующего фактора; реле с зависимой выдержкой времени свойственна плавная характеристика (рис. 53, *в*).

Электрические реле в зависимости от расположения в схеме по отношению к силовым цепям и исполнительным аппаратам разделяются на первичные и вторичные, прямого и косвенного действия.

Первичные реле включаются в силовые цепи непосредственно, а вторичные — через измерительные трансформаторы (трансформаторы тока или напряжения).

Реле прямого действия воздействуют на исполнительные аппараты механически, в то время как реле косвенного действия управляют исполнительными аппаратами электрическим путем.

По назначению реле подразделяются на выявительные, позволяющие сравнивать действительную величину воздействующего фактора с заданной, промежуточные, передающие, усиливающие импульс, данный выявительными реле, и исполнительные.

Реле управления, защиты и сигнализации конструктивно отличаются друг от друга, так как реле управления имеет большую частоту включения, а реле защиты работает редко и т. д.

Максимальная защита двигателей осуществляется с помощью максимальных реле электромагнитного типа, автоматически отключающих установку при коротких замыканиях.

Максимальное реле представляет собой электромагнит с разъемным сердечником, катушка которого имеет небольшое число витков проволоки большого сечения и включается последовательно в цепь.

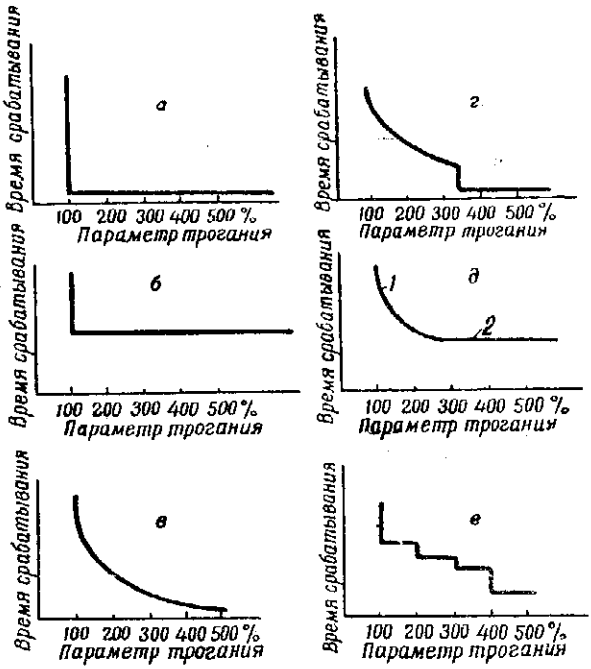


Рис. 53. Характеристики реле:

а — мгновенного действия; *б* — с независимой выдержкой времени; *в* — с зависимой выдержкой времени; *г* — с отсечкой; *д* — с ограниченно зависимой выдержкой времени; *е* — со ступенчатой характеристикой; *1* — переменная слагающая времени срабатывания; *2* — постоянная слагающая времени срабатывания

Схема действия максимальной защиты показана на рис. 54. При перегрузке двигателя реле *2* притянет правое плечо рычага *3* и освободит защелку механизма свободного расцепления *4*, а пружина *5* автоматически разорвет цепь.

Ток трогания, при котором начинает действовать реле, равен

$$I_{тр} = kI_н,$$

где $I_{тр}$ — ток трогания;
k — коэффициент допускаемой перегрузки;
$I_н$ — номинальный ток двигателя.

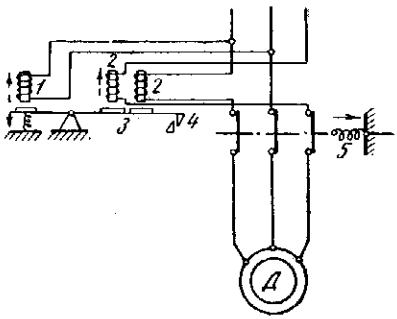


Рис. 54. Схема действия максимальной и минимальной (нулевой) защит:

1 — нулевое реле; 2 — максимальное токовое реле; 3 — плечо рычага; 4 — механизм свободного расцепления; 5 — пружина

При уставке на номинальный ток двигателя реле сработает при пуске двигателя и выключит автоматический выключатель.

При уставке на ток, близкий к пусковому, реле не сработает даже при обычных перегрузках. Поэтому применяют приспособление, которым регулируют скорость выключения автоматических выключателей (отключение с выдержкой времени).

Минимальная защита осуществляется с помощью минимальных реле электромагнитного типа, которые автоматически отключают установку при уменьшении напряжения в сети ниже допустимой величины. Необходимость такой защиты вызвана тем, что при пониженном напряжении (50—70% от номинального) асинхронный двигатель потребляет большой ток, перегревающий обмотку.

Минимальное реле выключает установку при уменьшении напряжения до 50—70% от номинального и применяется обычно для защиты асинхронных двигателей с

контактными кольцами, не рассчитанных на пусковые толчки при выведенном пусковом реостате.

Схема действия минимальной защиты показана на рис. 54. При исчезновении напряжения или уменьшении его сердечник реле *1* выпадает и освобождает защелку, а пружина *5* разрывает цепь. При внезапном появлении нормального тока выключатель самопроизвольно не включится, так как для этого нужно сцепить выключающую тягу с защелкой.

Тепловая защита осуществляется с помощью тепловых реле, которые автоматически отключают установку при небольших, но длительных перегрузках, вызывающих перегрев обмоток двигателей.

Тепловая характеристика теплового реле почти совпадает с тепловой характеристикой электродвигателя. Тепловое реле реагирует не на ток, а только на температуру нагрева двигателя.

Тепловые реле удовлетворительно защищают двигатели при продолжительной работе и неудовлетворительно — при повторно-кратковременной работе ввиду несовпадения тепловых характеристик реле и двигателей.

Тепловые реле не реагируют на кратковременные толчки тока при пуске двигателей, и при коротких замыканиях последние могут выйти из строя. Поэтому последовательно с тепловыми реле необходимо устанавливать плавкие предохранители или максимальные реле для защиты двигателей от коротких замыканий.

Наиболее распространены тепловые биметаллические реле. Основными частями таких реле являются биметаллическая пластинка и нагревательный элемент, включаемый последовательно в цепь защищаемого двигателя.

Биметаллическая пластинка состоит из двух жестко связанных пластинок из разных металлов с различными коэффициентами линейного теплового расширения.

При нормальной температуре (между 0 и 20°) пластинки имеют одинаковую длину, но при повышении температуры одна из пластинок удлиняется больше, вследствие чего прогибаются обе пластинки. Прогибание пластинок используется для приведения в действие механизма, выключающего автоматический выключатель.

Принцип действия теплового реле и его характеристика показаны на рис. 55.

Биметаллическая пластинка *2* помещена внутри или сбоку нагревательного элемента *1* и укреплена одним кон-

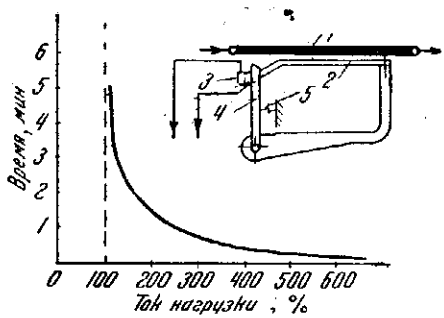


Рис. 55. Схема действия и характеристика теплового реле:

1 — нагревательный элемент; *2* — биметаллическая пластина; *3* — контакты; *4* — подвижной рычаг; *5* — пружина

цом на стойке, а другим свободным концом упирается в рычаг *4*.

При нагревании биметаллической пластинки выше установленной температуры она изгибается кверху, освобождая рычаг *4*, который под действием пружины *5* размыкает контакты *3*, вызывая выключение автомата.

Для повторного включения автомата необходимо сначала нажать кнопку и установить тепловое реле в нормальное положение, при котором пластина *2* упирается в рычаг *4*.

Нажимать кнопку теплового реле следует спустя некоторое время (0,5—3 мин.) после выключения автомата.

Ниже приводится краткое описание реле, применяемых для управления и защиты двигателей.

Электромагнитное реле времени типа РЭ состоит из ярма *1* (рис. 56, *б*) в виде угольника из полосовой стали; круглого сердечника *2* с насаженной медной гильзой *6*, прикрепленного к ярму; якоря *3*, представляющего собой пластину, качающуюся на призматической опоре; катушки *4* и пружины *5*.

Действие реле основано на следующем принципе. На якорь *3* действуют две противоположно направленные силы: сила притяжения электромагнита, определяемая магнитным потоком, и сила, создаваемая пружиной *5*. При протекании через катушку постоянного тока якорь

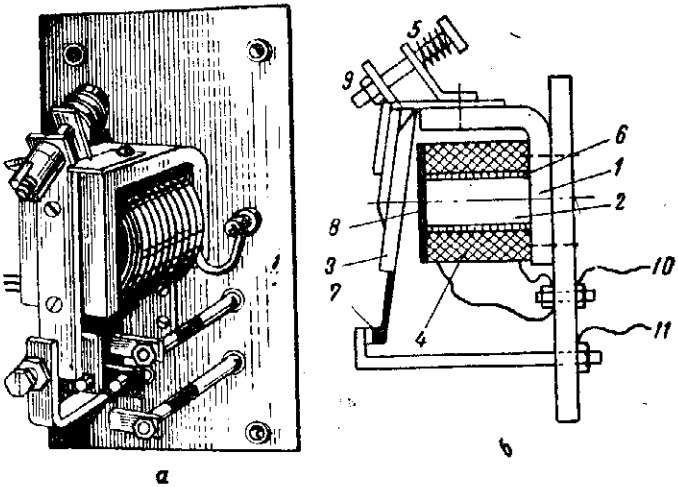


Рис. 56. Электромагнитное реле времени типа РЭ:
а — общий вид; *б* — схема устройства

под действием магнитного потока будет притянут к сердечнику и контакты *7* разомкнутся. В этом случае цепь катушки управляемого контактора будет разорвана.

При отключении катушки реле от сети ток, а стало быть, и магнитный поток исчезают не мгновенно.

При уменьшении магнитного потока усилие, создаваемое пружиной, превзойдет притягивающее усилие электромагнита. В этот момент якорь *3* отойдет от сердечника и замкнет контакт *7*, тем самым реле замкнет цепь катушки контактора.

Время, в течение которого магнитный поток уменьшается до заданной величины, и есть выдержка времени реле. Если нужно иметь более пологую характеристику реле, на сердечник *2* насаживается медная гильза *6* или

катушка реле отключается от питающей сети и закорачивается на себя.

Выдержку времени регулируют, изменяя толщину немагнитной прокладки *8* между сердечником и якорем и натяжение пружины *5* с помощью болта *9*. Болт *10* служит для присоединения к сети; болт *11* — для присоединения проводов к катушке контактора.

Электропромышленность выпускает следующие электромагнитные реле времени: РЭ-100, РЭ-180, ЭРЭ-100 и ЭРЭ-180. Реле РЭ-100 имеет меньшие габаритные размеры и дает выдержку времени в пределах 0,05—0,5 сек.; изготовляется оно с гильзой и без нее. Реле РЭ-180 имеет большие габариты, выполняется только с гильзой и дает выдержку времени в пределах 1—5 сек. Реле типа РЭ-100 и РЭ-180 просты по конструкции, весьма надежны в эксплуатации и применяются на обогатительных фабриках.

Использование электромагнитных реле времени возможно только при установке преобразователей переменного тока в постоянный для питания цепей управления. Такие схемы применяются при большом числе включений. В более простых случаях применяют механические маятниковые реле времени.

Маятниковое реле времени (рис. 57) имеет двуплечный рычаг *1*, сидящий на оси *2*, на котором установлен контакт *3*, и рычаг *5* на шарнире *4*. На одном конце этого рычага закреплен сектор *6*, на другом — груз *7*, стремящийся повернуться по стрелке, чем и обеспечивается сцепление сектора с зубчаткой *8*, сидящей на валу *9*. На противоположном конце валика, входящем внутрь корпуса реле, имеется зубчатка *10*, сцепленная с зубчаткой *11*, сидящей на валу *12*. На этом же валу находится анкерное колесо *13*, связанное с зубчаткой *11*. Колесо *13* со специальным профилем зуба контролируется якорем *14* маятника *15*, качающегося на оси *16*. Путем перемещения гаек *18*, находящихся на винте *17*, можно регулировать длину маятника. С рычагом *1* шарнирно связана тяга *19*, на конце которой находится гильза *20*, прижимаемая пружиной *21*.

Реле приводится в действие контактором или специальным электромагнитом. Сопряжение с контактором или

электромагнитом осуществляется вилкой *22*, охватывающей гильзу *20*. При включении контактора вилка сдвигает гильзу вдоль штока, заставляя сжиматься пружину,

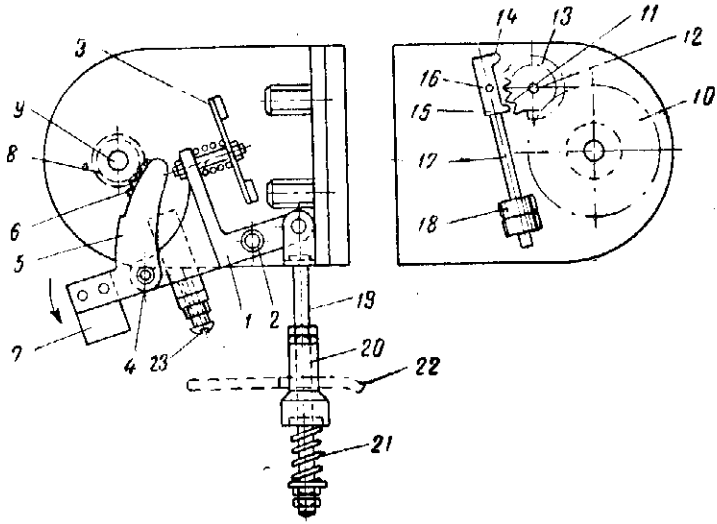


Рис. 57. Схема маятникового реле времени

которая передает штоку усилие и поворачивает рычаг *1*. Так как рычаг сцеплен с зубчатками, то движение его будет замедляться маятником. Когда последний зуб сектора *6* выйдет из зацепления с зубчаткой *8*, движение рычага не будет ничем задерживаться и он замкнет контакты. Когда контактор отключится и освободит гильзу *20*, рычаг под действием груза *7* возвратится в исходное положение. При этом движении сектор *6* не сцепляется с зубчаткой *8*, так как его зубья наклонены в сторону, противоположную движению.

Маятниковое реле даст выдержку времени в пределах 0,5—5 сек. Выдержка времени регулируется изменением положения рычага при помощи винта *23* и гаек *18*.

При автоматизированном управлении трехфазным асинхронным двигателем с контактными кольцами используется электромагнитное реле трехфазного тока РЭ-190

(рис. 58), имеющее три одинаковых магнитопровода. Каждый из них состоит из ярма *1* с прикрепленным к нему сердечником *2*, на который насажена катушка *3*, и стальной пластинки (якоря) *4*, укрепленной на раме *8*. Магнитопроводы крепятся на изоляционной плите *12* таким образом, что магнитное взаимодействие отсутствует. Якори механически жестко скреплены друг с другом на раме *8*, несущей контакт *5* и жестко связанной с валиком *6*. Пружиной *7* рама оттягивается от сердечников; пружина регулируется винтом *9*. Реле имеет открытый контакт *10* и закрытый *11*. Подвижной контакт *5* и неподвижные контакты *10* и *11* выполнены в виде шпилечного винта с накладками. Величина тока регулируется нажатием пружины *7*, винтом *9* и изменением зазора между сердечником и якорем при помощи винта *13*.

Реле РЭ-190 включается в цепь ротора и в цепь статора. В цепи ротора с его помощью контролируется величина тока при автоматизированном запуске асинхронного двигателя. Каждая катушка реле включается самостоятельно через сопротивление $R_д$ на последнюю секцию реостата (рис. 59). Сопротивление $R_д$ частично устраняет влияние изменения частоты тока ротора на работу реле.

Для автоматического пуска двигателей переменного тока применяется однофазное токовое реле. Такое реле включается непосредственно или через трансформатор тока в цепь статора двигателя.

Схема действия токового реле показана на рис. 60. Реле *ТР* состоит из катушки *1* с сердечником *2*, имеющим контакты *3*, цепи катушки контактора *4* и проводки к статору двигателя. При прохождении тока больше заданной величины катушка втягивает сердечник, и контакт *3* размыкается.

6. Воздушные автоматические выключатели

Плавкие предохранители обеспечивают грубую защиту электродвигателя. В ответственных случаях требуется более совершенная защита. С этой целью применяются автоматические выключатели, снабженные защитными устройствами для автоматического отключения установки при ненормальных режимах (перегрузке, коротком замы-

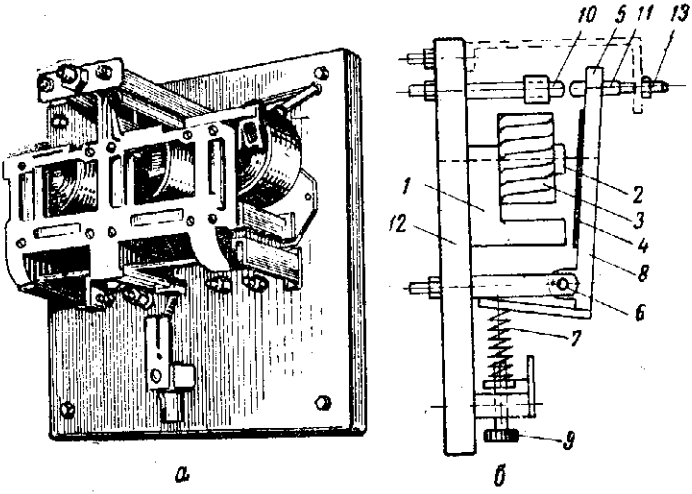


Рис. 58. Электромагнитное реле трехфазного тока РЭ-190:
а — общий вид; *б* — схема устройства

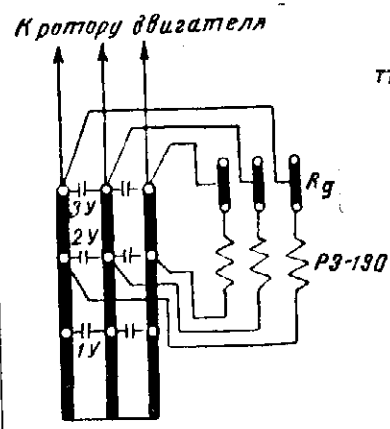


Рис. 59. Схема включения реле РЭ-190 в цепь ротора

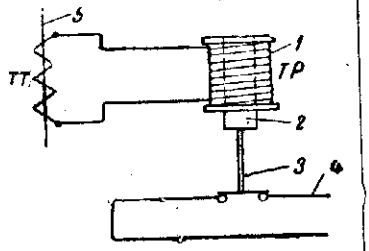


Рис. 60. Схема действия токового реле

кании, понижении или полном исчезновении напряжения и т. д.). Автоматические выключатели включают только вручную, воздействуя на соответствующий механический привод.

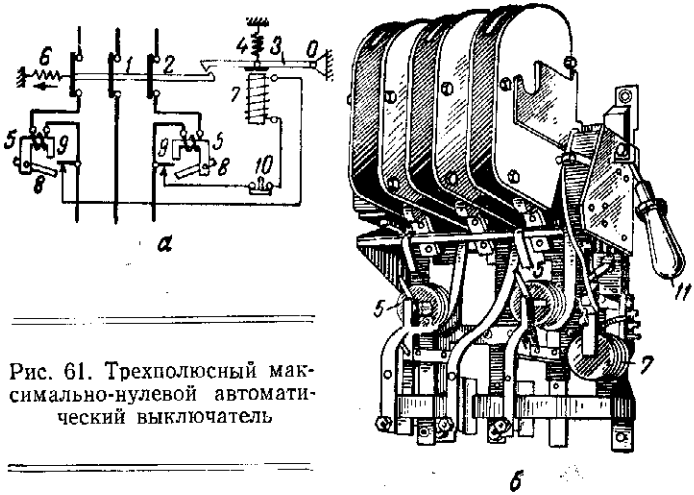


Рис. 61. Трехполюсный максимально-нулевой автоматический выключатель

В зависимости от назначения различают автоматические выключатели максимальные и минимальные токовые, минимального напряжения, обратного тока и т. д.

На рис. 61 показан трехполюсный максимально-нулевой автоматический выключатель. Он состоит (рис. 61, *а*) из главных контактов *1*, удерживаемых в замкнутом положении рычагами *2* и *3* (пружина *4* обеспечивает нужное расцепление), двух токовых катушек *5* и катушки *7* минимального напряжения. При понижении напряжения электромагнит не может удержать контакты и под действием пружины *6* отключается. При срабатывании токового реле его якорь *8* разрывает контакт *9* в цепи катушки *7* минимального напряжения и отключает автомат. Автоматический выключатель включают вручную, нажимая кнопку *10*, или рукояткой *11* (рис. 61, *б*).

Автоматы типа А рассчитаны на номинальный ток от 140 до 1500 *а*. Они выпускаются в двухполюсном и трехполюсном исполнениях с реле максимального тока в одном, двух или трех полюсах. В зависимости от назначения выбирают автоматы с электромагнитом минимального напряжения или отключающим максимальным. Последние изготовляются также с тормозящими электромагнитами для схем, предусматривающих некоторую выдержку времени отключения. Это дает возможность использовать автоматы и для пуска электродвигателей с короткозамкнутым ротором, так как при кратковременных пусковых токах тормозящий электромагнит не позволяет отключать электродвигатель от сети.

7. Магнитные пускатели

В условиях обогатительных фабрик наиболее распространенным аппаратом для управления электродвигателем или генератором небольшой мощности является магнитный пускатель, который состоит из контактора постоянного или переменного тока. Пускатель включается и отключается дистанционно при помощи кнопок «Пуск» и «Стоп», устанавливаемых у рабочего места производственного механизма или на щите управления. В схемах автоматики часто вместо кнопок устанавливаются поплавковый выключатель, реле давления и т. п.

В зависимости от назначения магнитные пускатели применяют в нереверсивном или реверсивном исполнении. Реверсивный магнитный пускатель представляет собой два рядом стоящих контактора, механически сблокированных таким образом, что когда один из них включен, другой — отключен.

Одно из назначений магнитного пускателя — защита короткозамкнутого электродвигателя от перегрузки, осуществляемая тепловыми реле типа РТ, встроенными обычно в две фазы пускателя. Магнитный пускатель не может служить защитой двигателя от токов короткого замыкания.

При соответствующем нагреве тепловые реле РТ-1 отключают двигатель при превышении нагрузки на 20% в течение 20 мин. с момента достижения пускателем уста-

новившейся температуры вследствие нагревания номинальным током.

Через 3—4 мин. после срабатывания защиты двигатель можно повторно включить в сеть, нажав и отпустив кнопку «Возврат» включения теплового реле, расположенную на лицевой стенке крышки пускателя.

Наличие включающего электромагнита в пускателях позволяет обеспечивать отключение электродвигателей при понижении напряжения на 30—40% от номинального или при полном его исчезновении (нулевая защита).

Магнитные пускатели работают нормально при напряжении 0,85—1,05 от номинального.

На рис. 62 показана схема включения двигателей с короткозамкнутом ротором. Электродвигатель включают, нажимая кнопку «Пуск». При этом замыкается цепь: фаза *Л1* — кнопка *П* — кнопка *Ст* — катушка *К* — контакт *РТ* — фаза *Л2*. Одновременно включаются главные контакты *К1*, *К2*, *К3* и нормально разомкнутый блок-контакт *БК*, шунтирующий кнопку «Пуск».

Нормально двигатель отключают, нажимая кнопку «Стоп», что вызывает разрыв цепи катушки *К*. В результате катушка оказывается не в состоянии удержать главный контактор в замкнутом положении, главная цепь магнитного пускателя размыкается, и электродвигатель останавливается.

Нормально замкнутый контакт *РТ* размыкается в тех случаях, когда срабатывает тепловое реле, т. е. при перегрузке двигателя сверх допустимой величины.

На рис. 63 показана схема управления электродвигателем средней мощности с фазным ротором. Обычно такой двигатель имеет приспособление для подъема щеток, к которому пристраивают нормально закрытый контакт *1*. Пусковой реостат *2* снабжен нормально закрытым контактом *3* и нормально разомкнутым контактом *4*. Нажимая кнопку «Пуск», постепенно выводят реостат, а щетки поднимают; при этом разомкнутся контакты *1* и *3*, а контакт *4* замкнется.

После остановки электродвигателя необходимо вновь опустить щетки и ввести полное сопротивление реостата в цепь ротора, чтобы была исключена возможность повторного запуска при короткозамкнутом роторе. Если

реостат ошибочно оставлен в выведенном положении, запуск двигателя невозможен, так как блокировочная цепь разорвана.

Схема реверсивного магнитного пускателя изображена на рис. 64. Нажатием кнопки «Вперед» (контакт *1*) включают двигатель для направления «Вперед», замыкая цепь втягивающей катушки *2* контактора реверсивного пускателя. У кнопки «Вперед» имеются один нормально открытый контакт *1*, другой — нормально закрытый *4*, назначение которого — разомкнуть цепь катушки *3* контактора «Назад» при нажатии кнопки «Вперед».

Аналогично устроена кнопка *5*; при нажатии ее двигатель вращается в обратном направлении, причем цепь катушки *2* оказывается разомкну-

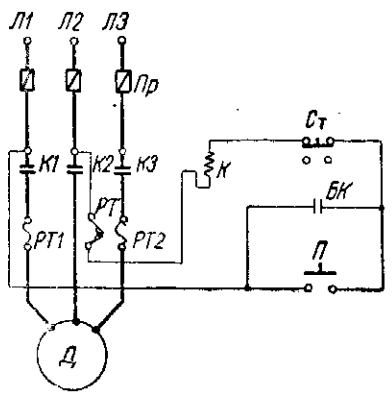


Рис. 62. Схема включения двигателя с короткозамкнутым ротором:

Л1, Л2, Л3 — фазы электролинии; *Пр* — предохранитель; *К* — катушка пускателя и главные контакты; *РТ* — температурное реле; *П* — кнопка «Пуск»; *Ст* — кнопка «Стоп»; *БК* — блокконтакт

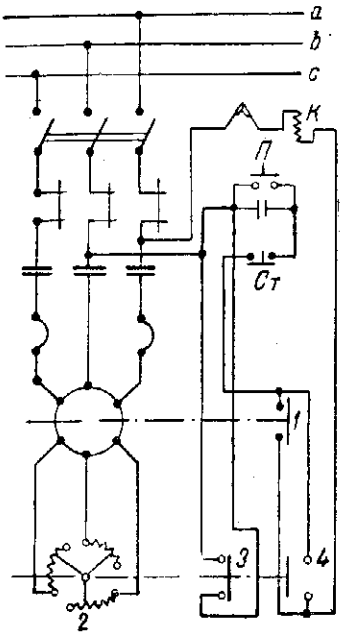


Рис. 63. Схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором с помощью нереверсивного пускателя:

1 — нормально закрытый контакт, пристроенный к приспособлению для подъема щеток; *2* — пусковой реостат; *3* — нормально закрытый контакт на реостате; *4* — нормально открытый контакт на реостате; *К* — катушка; *П* — кнопка «Пуск»; *Ст* — кнопка «Стоп»

той. Таким образом осуществляется электрическая блокировка, не позволяющая включать одновременно катушки *2* и *3*.

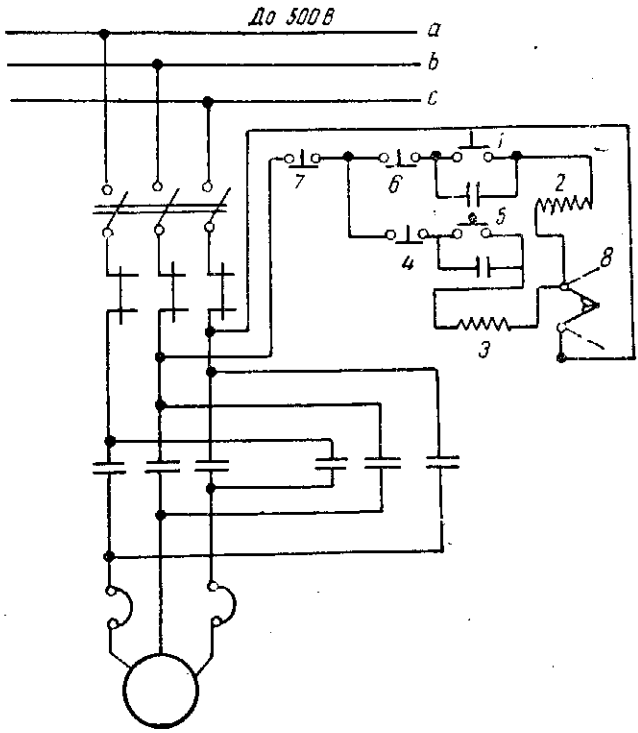


Рис. 64. Схема управления электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного пускателя:
1 — нормально открытый контакт кнопки «Вперед»; *2* — катушка контактора «Вперед»; *3* — катушка контактора «Назад»; *4* — нормально закрытый контакт кнопки «Вперед»; *5* — нормально открытый контакт кнопки «Назад»; *6* и *7* — кнопки «Стоп»; *8* — контакт теплового реле

Для пуска двигателей средней и большой мощности, работающих в длительном режиме, применяют контакторы и магнитные станции (блоки управления).

На обогатительных фабриках применяются пускатели и контакторы в закрытом исполнении. Так как воздушные автоматы изготовляются только открытыми, то для них следует предусматривать защитный кожух.

8. Пуск трехфазных синхронных двигателей

Применяют два способа пуска синхронных двигателей:

1) непосредственное (прямое) включение двигателя в сеть при номинальном напряжении;

2) включение двигателя в сеть при пониженном напряжении через пусковые сопротивления, реактор или автотрансформатор.

На рис. 65, *а* показана схема пуска двигателя при непосредственном включении в сеть. Обмотка возбуждения *1* перед пуском синхронного двигателя отсоединяется от возбудителя постоянного тока *2*. Переключатель *3* в цепи возбуждения включают в положение «Пуск», затем замыкают главный рубильник *4*. Двигатель приходит во вращение, работая в режиме асинхронной машины с ко-

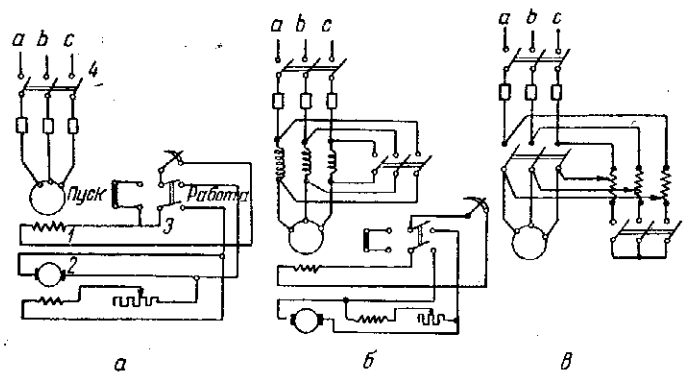


Рис. 65. Принципиальная схема пуска синхронного двигателя

роткозамкнутым ротором. В момент вращения двигателя со скольжением $S = 0{,}05$, т. е. по достижении им 95% синхронной скорости, в обмотку возбуждения *1* включают постоянный ток переключением переключателя *3*

в положение «Работа». Двигатель втягивается в синхронизм, и пуск в ход заканчивается.

На рис. 65, *б* изображена схема пуска синхронного двигателя через реактор, включаемый на время разбега двигателя до подсинхронной скорости, а на рис. 65, *в* — та же схема, но вместо реактора применен автотрансформатор.

Наиболее широко распространен первый способ пуска синхронного двигателя (прямое включение на сеть).

9. Регулирование скорости вращения электродвигателей

Для производственных механизмов, требующих по условиям технологического процесса регулирования числа оборотов, обычно в качестве привода применяют двигатели постоянного тока, так как в этом случае простым способом (изменением тока возбуждения при помощи сопротивлений) можно добиться плавного изменения скорости двигателя в широких пределах. Это особенно важно для электропривода питателей для руды, дробилок и мельниц, правильный режим работы которых обусловливает нормальный ход всего технологического процесса фабрики.

С меньшими затратами средств на оборудование, но менее точное регулирование работы питателей обеспечивается применением четырехскоростных электродвигателей, регулируемых при помощи переключателей.

Наилучшим способом регулирования числа оборотов питателя и подобных ему механизмов могло бы быть регулирование при помощи коллекторного электродвигателя переменного тока, который обладает преимуществами двигателя постоянного тока и в то же время не требует особого источника питания. Выпуск таких двигателей намечен нашей промышленностью.

Ввиду того, что использование двигателей постоянного тока связано с дополнительными капиталовложениями на оборудование, излишними эксплуатационными расходами по преобразованию переменного тока в постоянный для питания двигателей, число оборотов неответственных механизмов часто регулируют при помощи асинхронных двигателей.

Регулирование скорости вращения электродвигателей постоянного тока

Для регулирования скорости производственного механизма, например, питателей руды на обогатительной фабрике, можно применять двигатель постоянного тока параллельного возбуждения, шунтируя реостатом $R_ш$ его якорную обмотку (рис. 66, *а*).

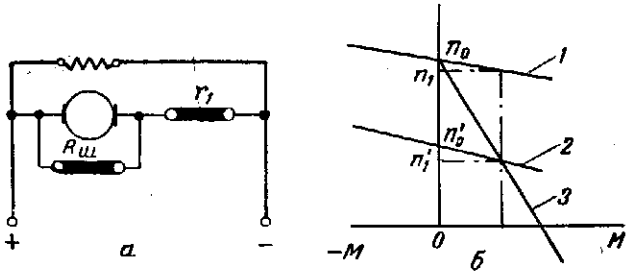


Рис. 66. Регулирование скорости двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при шунтировании якорной обмотки:

а — схема; *б* — характеристики

1 — естественная характеристика; *2* — характеристика при шунтировании якоря двигателя; *3* — реостатная характеристика для нормальной схемы включения;

n, n_1' — скорость идеального холостого хода двигателя соответственно без шунтирования якорной обмотки и с шунтированием; n_0, n_0' — скорость идеального хода двигателя под нагрузкой

Скорость идеального холостого хода двигателя n (при $M = 0$) будет меньше, чем при нормальной схеме включения, т. е. без шунтирования якорной обмотки двигателя. Объясняется это тем, что благодаря падению напряжения в сопротивлении реостата напряжение, приложенное к якорю, при отсутствии тока в якорной цепи будет ниже напряжения сети.

Естественная и реостатные характеристики двигателя при шунтировании его якорной обмотки показаны на рис. 66, *б*.

По сравнению с реостатной (для нормальной схемы) характеристика для схемы с шунтированием более стабильна, т. е. скорость двигателя гораздо меньше зависит от изменения момента при шунтирующей схеме, чем при нормальной схеме.

Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей

Существует несколько различных способов регулирования скорости вращения асинхронных двигателей. На обогатительных фабриках для этой цели чаще всего вводят сопротивления в цепь ротора или изменяют число полюсов.

Используя реостат, у которого число ступеней включаемого сопротивления соответствует заданным пределам изменения скорости двигателя, достигают более или менее плавного регулирования в сторону понижения его номинальной скорости, обычно при постоянном моменте. Пределы регулирования зависят от нагрузки.

Недостатки этого способа регулирования — падение жесткости характеристик двигателя при понижении скорости и довольно значительные потери энергии.

В силу того, что потери в роторной цепи пропорциональны скольжению, регулирование скорости введением сопротивления в цепь ротора наиболее экономично для двигателей, работающих с вентиляторным, а также с крановым моментом. Этим способом скорость регулируется не более чем на 20% от основной скорости.

При регулировании скорости вращения многоскоростных электродвигателей переключением числа полюсов изменяется направление тока благодаря переключению обмоток каждой фазы с последовательного соединения на параллельное.

При синхронной скорости двигателя

$$n_0 = \frac{60f}{p},$$

где f — частота тока;

p — число пар полюсов.

При уменьшении числа пар полюсов (например, с четырех на два) скорость увеличивается вдвое.

Изменение числа пар полюсов осуществляется переключением одиночной звезды обмотки статора на двойную или треугольника — на двойную звезду.

Регулирование скорости путем переключения числа полюсов многоскоростных двигателей является одним из наиболее экономичных методов регулирования. Особенно

ощутимы его преимущества при регулировании скорости вентиляторов, насосов и тому подобных машин.

Как было сказано выше, диапазон изменения скорости при ступенчатом регулировании зависит от числа полюсов статора двигателя и частоты питающей сети.

В СССР принята промышленная стандартная частота питающей сети 50 *гц*. Отсюда и определяется диапазон стандартных скоростей, на которые рассчитаны многоскоростные электродвигатели, выпускаемые нашей промышленностью. Наибольшая скорость — 3000 об/мин, наименьшая — 375 об/мин.

Электромагнитные муфты-регуляторы скорости

При тяжелых условиях пуска электропривода (мельницы и т. п.) иногда применяют электромагнитные муфты, представляющие собой особый вид расцепной муфты (рис. 67). Она состоит из двух частей, на одной из которых имеется обмотка электромагнита, возбуждаемая постоянным током; эта часть муфты укреплена на ведущем валу. Другая часть муфты, притягиваемая первой, укреплена на ведомом валу.

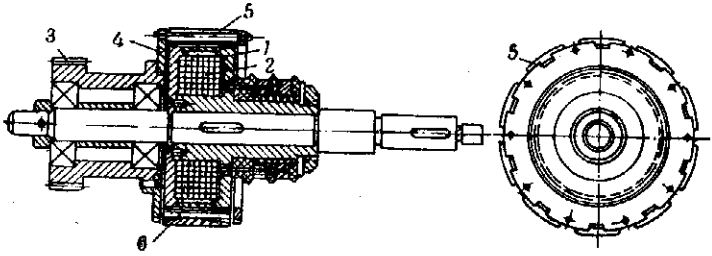


Рис. 67. Электромагнитная муфта с радиальными поверхностями трения:

1 — корпус; *2* — обмотка; *3* — зубчатое колесо; *4* — латунный диск; *5* — якорьки; *6* — пружины

Ток к электромагнитной муфте подводится от особого источника постоянного тока через соответствующие щетки и контактные кольца.

Особенности электромагнитной муфты состоят в плавности сцепления, надежной защите от перегрузки на валу

и возможности дистанционного управления путем включения и выключения тока, питающего ее обмотки.

Электромагнитные муфты в комбинации с электромагнитным тормозом применяются в питателях для реагентов. Такая муфта состоит из магнитопровода тормоза, закрепленного неподвижно, магнитопровода муфты на ведущем валу и якоря.

Подача напряжения на обмотку муфты вызывает сцепление поверхностей якоря и муфты за счет сил трения, вследствие чего ведомый вал начинает вращаться.

Выключение обмотки муфты и обмотки тормоза обеспечивает сцепление якоря с тормозным диском и торможение ведомого вала. Точность работы такого типа муфты до 0,05%.

Электромагнитные муфты используют также для передачи малых мощностей в приборах.

В табл. 10 приведены технические данные электромагнитных муфт для передачи малых мощностей.

Таблица 10

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ

Параметры	ЭМ-1	ЭМ-2	ЭМ-3	ЭМ-4	ЭМ-5	ЭМ-6
Потребляемая мощность, *вт*	18	31	6,3	6,3	11,3	8,3
Потребляемый ток, *а*	0,18	0,28	0,057	0,057	0,103	0,378
Сечение провода, *мм*²	0,20	0,21	0,1	0,1	0,1	0,25
Число витков	10000	9000	11100	11100	8800	2100
Ход якоря, *мм*	2	6,5	3	3	2	3
Напряжение питающей сети постоянного тока, *в*	110	110	110	110	110	22

10. Защита электродвигателей

Эксплуатация электроприводов обогатительных фабрик возможна лишь при правильном выборе электрической защиты двигателей и прочих электроприемников.

Согласно действующим «Правилам устройства электротехнических установок», для предотвращения ненор-

мальных режимов работы и возможных повреждений электродвигателей они должны быть обеспечены следующими видами защиты.

Асинхронные, синхронные двигатели и двигатели постоянного тока (напряжением до 1000 в)

1. Защита от коротких замыканий без выдержки времени, осуществляемая аппаратом, установленным для защиты ответвления, питающего электродвигатель.

Уставка тока автоматического выключателя или номинальный ток плавкой вставки должны быть выбраны таким образом, чтобы была исключена возможность ложного срабатывания защиты при кратковременных резких превышениях номинального тока, обусловленных пусковыми токами при нормальном пуске и самозапуске в нормальных условиях эксплуатации.

2. Защита от перегрузок должна, как правило, предусматриваться для электродвигателей длительного режима работы.

Такая защита выполняется при помощи плавких предохранителей или автоматических выключателей. Номинальный ток плавкой вставки должен быть приблизительно равен номинальному току электродвигателя. Термический элемент, электромагнитное реле и другие приборы защиты, которыми снабжены автоматические выключатели, должны обеспечивать отключение электродвигателя при длительной нагрузке его током, составляющим 1,2 от номинального тока.

Автоматический выключатель должен обладать выдержкой времени, исключающей возможность ложного срабатывания при кратковременных перегрузках в нормальных условиях эксплуатации. Ток, предельно отключаемый аппаратом для защиты электродвигателя от перегрузок, может быть меньше тока короткого замыкания, если защитный аппарат, установленный на ответвлении к электродвигателю, обладает предельно отключаемым током, соответствующим току короткого замыкания.

Защита от перегрузки необязательна для электродвигателей; работающих в следующих режимах:

а) повторно-кратковременном;

б) длительном, если номинальный ток менее 4 *а* и они защищены плавкой вставкой на 4 *а*;

в) длительном, если по условиям электропривода возможность перегрузки обычно исключена, например, для вентиляторов, насосов и т. п.

Асинхронные и синхронные электродвигатели (напряжением 2000 в и выше)

1. Если для защиты двигателей не устанавливаются плавкие вставки, необходимо в целях защиты от многофазных замыканий для всех двигателей мощностью до 2000 *квт* и двигателей мощностью выше 2000 *квт*, имеющих только три вывода, применять токовую отсечку без выдержки времени с одним реле прямого или косвенного действия.

2. При значениях тока замыкания на землю больше 10 *а* должна быть предусмотрена защита от однофазных замыканий на землю, действующая на отключение посредством максимальной токовой защиты нулевой последовательности без выдержки времени, присоединяемой к трансформатору или к фильтру тока нулевой последовательности.

3. Защита от резких превышений номинального тока (сверхтоков), обусловленных перегрузкой в ходе технологического процесса, осуществляется одним токовым реле, которое включает сигнал или отключает цепь питания. В тяжелых условиях при запуске двигателя через сопротивление обязательно действие защиты на отключение во избежание самозапуска двигателя при выведенном сопротивлении.

4. Для синхронных двигателей предусматривается защита от выпадения из синхронизма при помощи:

а) максимальной токовой защиты с зависимой или независимой характеристикой, действующей от пульсирующих токов в статоре;

б) защиты от переменного тока, появляющегося в обмотке возбуждения.

Последние два вида защиты могут вызвать:

а) переключение обмотки возбуждения двигателя на гасительное сопротивление, чтобы привести его в го-

товность к повторной синхронизации в тех случаях, когда пуск двигателя в условиях нормальной эксплуатации осуществляется с обмоткой возбуждения, включенной на гасительное сопротивление;

б) отключение и повторный автоматический пуск (для двигателей с постоянно подведенным возбуждением);

в) отключение при невозможности повторной синхронизации или повторного автоматического пуска.

5. Защита двигателей от понижения напряжения ниже допустимых пределов в режиме самозапуска обеспечивается посредством защиты минимального напряжения с выдержкой времени на ступень бо́льшей выдержки времени быстродействующих защит от многофазных замыканий, отключающей неответственные двигатели. Число и мощность двигателей, подлежащих отключению, зависят от того, какую величину напряжения необходимо поддерживать для обеспечения надежного самозапуска ответственных двигателей.

6. Если по условиям безопасности требуется защита от самозапуска двигателя после длительного исчезновения напряжения, ее можно выполнить путем использования защиты минимального напряжения с выдержкой времени 8—10 сек.

7. Защита от чрезмерного понижения или полного исчезновения напряжения должна устанавливаться для следующих электродвигателей:

а) не допускающих непосредственного включения в сеть;

б) не допускающих самозапуска по условиям технологического процесса (например, электродвигатели дробилок) или вследствие опасности для жизни обслуживающего персонала;

в) отключение которых с прекращением питания всего предприятия или какой-либо части его диктуется необходимостью, например, тем, что суммарная мощность электродвигателей, для которых предусматривается самозапуск, должна быть приведена в соответствие с мощностью генераторов и трансформаторов, питающих сеть.

Кроме того, для электродвигателей постоянного тока должна быть предусмотрена защита от повышения скорости выше допускаемых пределов, обусловленных тре-

бованиями безопасности для обслуживающего персонала и сохранности оборудования.

Плавкие вставки, применяемые для защиты электродвигателей от токов короткого замыкания, необходимо выбирать так, чтобы кратность установленного для них номинального тока по отношению к номинальному току асинхронных двигателей с фазным ротором и двигателей постоянного тока не превышала при длительном режиме работы 1; при повторно-кратковременном режиме работы при ПВ 25% 1,25; для двигателей асинхронных с короткозамкнутым ротором и синхронных длительного режима во время пуска при пониженном напряжении сети (автотрансформаторный, реакторный и т. п.) 2,0; во время пуска при полном напряжении сети 2,75.

Следует иметь в виду, что для синхронных электродвигателей и асинхронных с короткозамкнутым ротором при значениях пускового тока, превышающих семикратный от номинального, следует соответственно повышать и номинальные токи плавких вставок до таких значений, которые обеспечивали бы нормальную эксплуатацию.

Выбор тока трогания реле

Защита от перегрузок и токов короткого замыкания обычно выполняется при помощи индукционных токовых реле с ограниченно зависимой характеристикой и отсечкой, действующих на отключение цепей электромагнитов конктакторов главного тока.

Уставку тока трогания выбирают, исходя из длительно допустимого тока нагрузки (номинальный ток двигателя) при нормальных условиях, т. е. при температуре окружающего воздуха 35°.

Ток трогания определяется из выражения:

$$i_{тр} = \frac{I_н K}{n_т},$$

где $i_{тр}$ — ток трогания реле;

$K = \frac{k_з}{k_в}$ — коэффициент надежности;

$k_з$ — коэффициент запаса, равный $1{,}1 \div 1{,}2$;

$k_в$ — коэффициент возврата реле, равный 0,85;

$I_н$ — номинальный ток электродвигателя;
$n_т$ — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Для реле серии ИТ-80 имеем:

$$i_{тр} = \frac{1,1\, I_н}{0,85\, n_т} = 1,3\, \frac{I_н}{n_т}. \qquad (1)$$

Уставку тока отсечки вычисляют, исходя из величины пускового тока двигателя:

$$i_{отс} = K\, \frac{I_п}{n_т} = K k_п\, \frac{I_н}{n_т}, \qquad (2)$$

где $i_{отс}$ — ток отсечки реле;
$I_п$ — пусковой ток;
$k_п$ — кратность пускового тока;
K — коэффициент надежности, равный 1,3.

Подставив в формулу (2) значения из уравнения (1), получим:

$$i_{отс} = 1,3\, \frac{I_п}{n_т} = k_п i_{тр}.$$

Следовательно, кратность тока отсечки реле по отношению к току трогания принимают равной кратности пускового тока двигателя.

Среди выпускаемых промышленностью токовых реле характеристикой, обычно наиболее соответствующей перегрузочной характеристике электродвигателя, обладает реле ИТ-82. Максимальное время действия этого реле 16 сек., что позволяет отстроиться от пусковых токов. Такая характеристика реле обусловливает широкое его применение для защиты электродвигателей.

Правда, защита двигателей с помощью реле серии ИТ-80 обладает существенным недостатком, заключающимся в наличии у нее мертвой зоны: при перегрузках до 30% такое реле не обеспечивает защиты, так как не срабатывает. В этом отношении реле ИТ-80 аналогичны тепловым реле, которые также имеют мертвую зону. Это обстоятельство заставляет применять токовые реле с независимой характеристикой в сочетании с реле времени в тех случаях, когда требуется более точная защита от перегрузок.

11. Эксплуатация электродвигателей

Нормальная работа современной обогатительной фабрики с поточным процессом производства требует надежной и безаварийной эксплуатации всего электрохозяйства и в том числе электродвигателей. Авария на одном электроприводе может привести к остановке всей цепи аппаратов, связанных с поточным процессом производства.

Эксплуатация электрохозяйства обогатительных фабрик ведется в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок промышленных предприятий». Необходимым условием бесперебойной работы фабрики является предупреждение возможных неполадок, что обеспечивается постоянным наблюдением за поведением и состоянием оборудования.

Обязательным является составление технического паспорта и учетной карточки на каждый электродвигатель, аппарат, прибор и пр. По карточке ведется учет состояния оборудования и его недостатков. В паспорт вносятся все технические характеристики объекта, а также данные для заказа или изготовления запасных частей. Учетная карточка содержит сведения о перемещениях оборудования, ремонтах, результатах испытаний и осмотров.

Необходимо своевременно выявлять и систематическ изучать причины износа и выхода из строя деталей эле трооборудования.

В электродвигателях наиболее часты неисправност механической части обмоток и щеток.

Для предотвращения неполадок в электродвигателя необходимо: при монтаже электропривода обеспечиват тщательную сборку всех деталей и его наладку. Во время эксплуатации постоянно наблюдать за подачей масла в подшипники, состоянием и износом щеток, коллекторов, колец, контактов, зажимов и подшипников, за нормальной нагрузкой электродвигателя, величиной зазора между статором и ротором, за температурой обмоток стали и подшипников двигателя. Кроме того, необходимо следить за тем, чтобы в обмотки двигателя и пусковой аппаратуры не попадала влага.

Для быстрого и доброкачественного ремонта электрооборудования необходимо иметь в достаточном количестве запасные части и обмоточные станки.

Капитальный ремонт электродвигателей обычно производится один раз в год, средний ремонт в условиях обогатительных фабрик — один раз в шесть месяцев. Осмотр и проверка электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры — один раз в шесть дней.

Ремонт двигателей и пусковой аппаратуры приурочивают к ремонту приводимых механизмов. Капитальный ремонт слагается из следующих видов работ: подготовки инструментов и приспособлений для ремонта; полной разборки электродвигателя, при которой снимаются крышки и вынимается ротор; ремонта статора (перемотка обмотки, ремонт контактных колец, коллектора, вентилятора) и подшипников; сборки электродвигателя, пропитки, сушки, испытания и пробного пуска после окончания ремонта.

В объем среднего ремонта входят следующие работы: осмотр, очистка двигателя от грязи и устранение замеченных неисправностей; замер зазоров в междужелезном пространстве и в подшипниках между вкладышем и шейкой вала; чистка и промывка подшипников скольжения; проверка смазки подшипников качения и замена ее в случае надобности; проверка состояния контактных колец, коллектора, щеточного механизма; пуск и приемка двигателя после ремонта.

Эксплуатационное испытание электродвигателя заключается в следующем:

1) внешний осмотр; проверка вращения вала и отсутствия трения между ротором и статором; чистка и продувка машины;

2) проверка сопротивления изоляции обмоток и пусковой аппаратуры;

3) испытание изоляции обмоток от замыкания на корпус и между витками путем подведения напряжения, превышающего номинальное.

Омические сопротивления обмоток двигателей и пускорегулирующих устройств измеряются при остановленном двигателе вольтметром и амперметром или мостиком (приборами класса точности не ниже 0,5).

Сопротивления изоляции измеряются мегомметром напряжением на 1000 *в* для обмоток напряжением 500 *в* и выше и мегомметром на 500 *в* для обмоток напряжением ниже 500 *в*. При измерении мегомметром испытательное напряжение 1000 *в* поддерживается в течение 1 мин.

Величина сопротивления изоляции обмоток электродвигателей не нормируется.

Испытательное напряжение $U_и$ для статоров новых двигателей составляет:

$$U_и = 2U_н + 1000 \text{ в},$$

где $U_н$ — номинальное напряжение статора двигателя, *в*.

Для роторов асинхронных двигателей:

$$U_н = 2U_р + 1000 \text{ в (реверсивный двигатель)};$$

$$U_н = 4U_р + 1000 \text{ в (нереверсивный двигатель)},$$

где $U_р$ — номинальное напряжение ротора двигателя, *в*

Продолжительность испытания 60 сек.

Глава V

СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

1. Общие сведения

Развитие и рост социалистической промышленности неразрывно связаны с широким внедрением автоматических методов контроля, управления и регулирования.

Непрерывность и поточность технологического процесса на обогатительных фабриках создает благоприятные условия для внедрения автоматического управления, регулирования и диспетчерского контроля.

Внедрение комплексной автоматизации всего технологического процесса обогащения и введение дистанционного контроля и регулирования обеспечивают существенное повышение производительности и экономичности работы фабрик.

Автоматическое управление и регулирование на обогатительной фабрике сводится к выполнению в заданной последовательности под действием соответствующих автоматов некоторых заранее заданных режимов технологических процессов и установленного режима работы оборудования (пуск и остановка механизмов, реверс и пр.).

Автоматическое регулирование осуществляется на основе точного автоматического измерения и требует применения сложной и совершенной аппаратуры. Измерение на расстоянии называется телеизмерением, а управление на расстоянии — телеуправлением.

Для автоматического регулирования применяются приборы и приспособления, действие которых основано на механическом, гидравлическом, пневматическом и электрическом принципах. Наибольшее распространение в промышленности для автоматического регулирования получили электрические приборы и устройства. К таким

приборам относятся гальванометры, мосты сопротивлений, логометры, потенциометры и др. В качестве приборов, воспринимающих результаты измерений, служат различного рода реле: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные, электронные и пр.

Электродвигателями можно управлять на расстоянии, установив на месте управления пускатели или кнопки управления (при наличии у пускателей электромагнитных катушек).

Первый способ применяется редко; он неэкономичен, так как при крупных двигателях требует излишних затрат на силовой кабель для подводки от двигателя к пускателю.

Второй способ — наиболее распространенный — обладает следующими преимуществами:

а) кнопки управления включаются в цепь оперативного тока магнитного пускателя; для присоединения их применяются провода малых сечений независимо от мощности двигателя;

б) кнопки управления имеют небольшие габариты и в случае надобности могут быть установлены на щите управления.

В настоящее время на обогатительных фабриках широко применяются электродвигатели с короткозамкнутыми роторами. По сравнению с двигателями, имеющими фазный ротор, они более просты по конструкции, имеют лучший к. п. д., более высокий коэффициент мощности и более низкую стоимость.

Недостатками электродвигателя с короткозамкнутым ротором являются малый пусковой момент и весьма большой ток, потребляемый из сети при запуске (4—8-кратный от номинального тока). Это обстоятельство заставляет применять электродвигатели с контактными кольцами в тех случаях, когда данный механизм или аппарат запускается под нагрузкой, и, следовательно, двигатель должен при запуске обладать достаточным пусковым моментом.

Дистанционное управление на обогатительных фабриках сводится к пуску электродвигателей, открыванию

или закрыванию задвижек и клапанов для изменения подачи пульпы, раствора, воды, воздуха и т. п. и изменению числа оборотов аппарата.

Если требуется плавное открывание и закрывание задвижек, применяют сельсины. При применении сельсинов достигается синхронное передвижение штурвала задвижки и штурвала управления на диспетчерском пункте.

Большое распространение получили бесконтактные сельсины, применяемые в качестве индукторов телепередачи угловых и линейных перемещений (уровень жидкости, положение задвижек, клапанов и т. п.).

Бесконтактные сельсины наиболее пригодны для контроля работы механизмов и аппаратов в условиях агрессивной среды (кислота, щелочь, пыль и т. п.).

По назначению сельсины разделяются на датчики (первичные приборы) и приемники (вторичные приборы).

Техническая характеристика бесконтактных сельсинов приведена в табл. 11.

2. Управление электродвигателями

Для дистанционного управления электродвигателями небольшой мощности с корткозамкнутым ротором обычно применяют магнитные пускатели. Если надо изменить направление вращения двигателя, используют реверсивный магнитный пускатель.

На рис. 68 показана принципиальная схема управления двигателем с короткозамкнутым ротором при помощи нереверсивного магнитного пускателя. При нажатии кнопки «Пуск» включается пускатель и замыкается цепь: фаза *Л2* — кнопка «Пуск» — кнопка «Стоп» — катушка *К* пускателя — тепловое реле *РТ* — фаза *Л3*. Катушка *К* возбуждается и замыкает главные контакты *К1*, *К2* и *К3* пускателя, включая таким образом электродвигатель. При этом блокконтакт *БК* замкнет накоротко кнопку «Пуск». При нажатии кнопки «Стоп» цепь питания катушки разрывается, пускатель отключает двигатель от сети. При перегрузке двигателя сработает тепловое реле

Таблица 11

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕСКОНТАКТНЫХ СЕЛЬСИНОВ ДЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ 110 *в*, 50 *гц*
(БД — датчики, БС — приемники)

Типы сельсинов	Ток возбуждения первичной обмотки *а*	Максимальное напряжение вторичной обмотки, *в*	Максимальный статический синхронный момент, *г · см*	Тип и число приемников	Удельный синхронный момент *г·см/град* при сопротивлении линии связи (одной фазы), *ом*			Статическая ошибка ненагруженного приемника, град. при сопротивлении линии связи (одной фазы), *ом*		
					$R=0$	$R=10$	$R=20$	$R=0$	$R=10$	$R=20$
БД-404А	0,45	49±2	—	1 приемник БС-404А	5,1	4,2	3,8	0,80	0,9	1,15
БД-501А	1,35	54±2	—	3 приемника БС-404А	4,6	3,7	2,5	0,95	1,4	1,50
					$R=0$	$R=5,7$	$R=7,7$	$R=0$	$R=5,7$	$R=7,7$
БД-501А	—	—	—	1 приемник БС-501А	42	32,0	29,0	0,50	0,55	0,8
БД-501А	—	—	—	5 приемников БС-501А	15,2	19,0	11,0	0,95	1,00	1,00
БД-501А	—	—	—	8 приемников БС-501А	10,5	9,0	8,6	1,20	1,20	1,35
БС-404А	0,45	49±2	240	—	—	—	—	—	—	—
БС-501А	1,35	54±2	1800	—	—	—	—	—	—	—

РТ, нагревательные элементы которого включены в две фазы статора. Обратное включение двигателя, отключенного под действием *РТ*, возможно лишь после нажатия

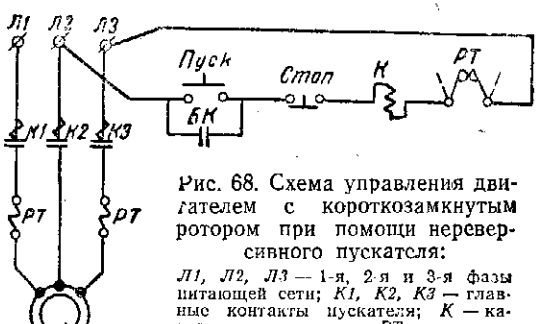


Рис. 68. Схема управления двигателем с короткозамкнутым ротором при помощи нереверсивного пускателя:

Л1, Л2, Л3 — 1-я, 2-я и 3-я фазы питающей сети; *К1, К2, К3* — главные контакты пускателя; *К* — катушка пускателя; *РТ* — тепловое реле; *БК* — блокконтакт

специальной кнопки по истечении некоторого промежутка времени, необходимого для остывания нагревательных элементов.

Контактор магнитного пускателя осуществляет защиту от понижения или исчезновения напряжения сети, при котором катушка контактора под действием собственного веса падает, размыкая главные контакты и блокконтакт, шунтирующий кнопку «Пуск».

Для повторного включения пускателя надо нажать на кнопку «Пуск» после того, как восстановится нормальное напряжение в сети.

Магнитные пускатели не защищают двигатель от токов короткого замыкания; для этой цели используются предохранители, устанавливаемые на распределительном пункте или щите, питающем данный двигатель.

На рис. 69 показана схема управления двигателем с короткозамкнутым ротором при помощи реверсивного магнитного пускателя. Для пуска двигателя надо нажать кнопку *ВП*, а чтобы изменить направление вращения двигателя — кнопку *НЗ*. При этом в точках *1—5* разорвется цепь катушки *В* и включится контактор *Н*, так как его катушка получит питание по цепи фаза *Л2—6—5—3—4* — фаза *Л3*. Фазы *Л1* и *Л3* переключатся, и дви-

гатель начнет вращаться в обратном направлении. Для остановки двигателя служит кнопка «Стоп».

В схеме использованы двухцепные кнопки *ВП* и *НЗ* с нормально открытыми и нормально закрытыми контактами. Это обеспечивает возможность непосредствен-

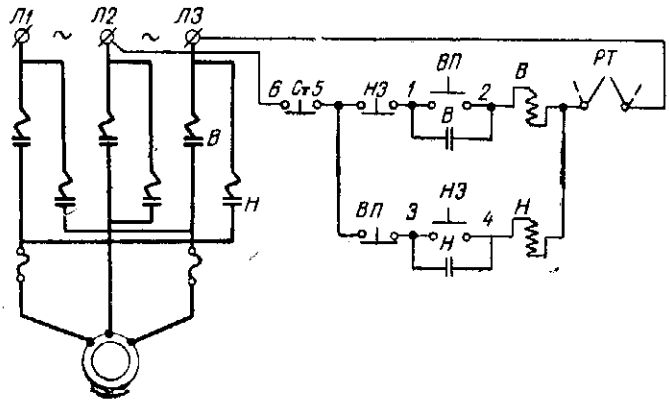


Рис. 69. Схема управления двигателем с короткозамкнутым ротором при помощи реверсивного пускателя:

В — главные и блокировочные контакты контактора «Вперед»; *Н* — главные и блокировочные контакты контактора «Назад»; *ВП* и *НЗ* — соответственно кнопки пуска «Вперед» и «Назад»; *РТ* — тепловое реле

ного реверсирования и предотвращает одновременное включение контакторов *В* и *Н*, если случайно одновременно нажаты обе кнопки.

Для управления двигателями средней и большой мощности (как с короткозамкнутым, так и с фазным ротором) применяют главным образом магнитные станции или блоки управления. Они удобны тем, что позволяют сконцентрировать на одной панели всю аппаратуру управления и защиты двигателя: контакторы, предохранители, реле, рубильники, переключатели и пр.

Контакторы переменного тока недостаточно устойчивы при большой частоте включений, поэтому для управления двигателями, работающими в повторно-крат-

ковременном режиме, используют контакторы постоянного тока.

Для автоматического управления асинхронными двигателями с фазным ротором существует множество различных схем. В основном они различаются по способу автоматизации пуска двигателя:

1) в функции скорости;

2) в функции тока;

3) в функции времени.

Наибольшее распространение получили схемы с автоматизацией пуска в функции времени.

На рис. 70 показана схема управления двигателем длительного режима с автоматическим пуском в функции времени. В этой схеме применяется маятниковое реле времени, пристроенное к контакторам.

Нажав кнопку «Пуск», включают линейный контактор *Л*. После подачи напряжения на статор двигателя, контактор своим блокконтактом *БК* подготавливает цепь для питания катушек контакторов ускорения. При замыкании главных контактов контактора *Л* придет в действие сблокированное с ними маятниковое реле времени и по истечении установленного (заранее заданного) времени закроет свой контакт *РВ1*. После этого получит питание первый контактор ускорения 1У, шунтирующий первую пусковую ступень сопротивления. В таком же порядке замкнутся два других контактора ускорения под воздействием маятниковых реле времени. В связи с тем, что контакты последнего контактора *3У* нагружены длительно, он выбирается трехполюсным, причем контакты его включаются треугольником.

Нормально открытый контакт *БК* служит для облегчения работы маятниковых реле; он разрывает цепь катушек контакторов ускорения, кроме того, в случае приваривания контактов реле он обеспечивает отключение контактора ускорения.

Назначение реле максимального тока *РМ* — обеспечивать отключение двигателя при коротких замыканиях и неправильном пуске. Эти реле от перегрузок не защищают, поэтому они настраиваются на ток, превышающий пусковой.

Отключение при значительном снижении или исчезновении напряжения осуществляется линейным контактором *Л*.

Следует отметить, что недостаточная надежность действия маятниковых и демпферных реле времени при-

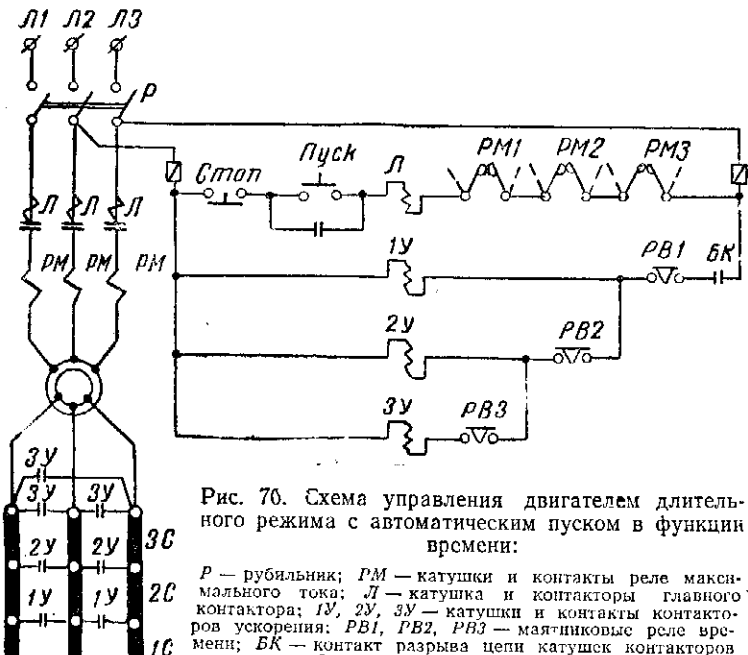


Рис. 76. Схема управления двигателем длительного режима с автоматическим пуском в функции времени:

Р — рубильник; *РМ* — катушки и контакты реле максимального тока; *Л* — катушка и контакторы главного контактора; *1У, 2У, 3У* — катушки и контакты контакторов ускорения; *РВ1, РВ2, РВ3* — маятниковые реле времени; *БК* — контакт разрыва цепи катушек контакторов ускорения; *1С, 2С, 3С* — соответственно первая, вторая и третья ступени сопротивления

водит к необходимости использования электромагнитных реле времени, хотя для питания их катушек требуется постоянный ток. Задача эта упрощается при использовании твердых выпрямителей.

Дистанционное управление синхронными двигателями сводится в основном к управлению асинхронным пуском, т. е. к автоматизации определенной последовательности операций в статорной и роторной цепях синхронного двигателя, при которой питание обмотки возбуждения по-

стоянным током начиналось бы только по достижении двигателем подсинхронной скорости. При такой последовательности операций в статорной цепи аналогичны операциям при пуске асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, поэтому и схемы управления статорными цепями для обоих типов двигателей принципиально ничем не отличаются.

При наличии соответствующих условий (надлежащая конструкция двигателя и достаточная мощность питающей сети) применяют непосредственное включение двигателя на полное напряжение, т. е. прямой пуск. При этом на зажимы статора подается полное напряжение сети, затем после достижения двигателем подсинхронной скорости в ротор подастся полное возбуждение.

На рис. 71 изображена схема управления автотрансформатора пуском синхронного двигателя низкого напряжения и питания цепей управления от сети переменного тока. Процесс пуска двигателя происходит в следующем порядке. Включением контактора *У* двигатель подключается к сети через автотрансформатор *АТ*. По истечении заранее установленного времени двигатель переключается с контактора *У* на контактор *Л*, который подает на статор двигателя полное напряжение, вследствие чего достигается разгон двигателя до подсинхронной скорости. После этого в ротор подается полное возбуждение, и двигатель входит в синхронизм.

Нормальное отключение двигателя производится нажатием кнопки «Стоп», а аварийное отключение — под действием релейной защиты. Наличие в схеме реле максимального тока предохраняет двигатель от повторного запуска при появлении короткого замыкания в цепи. При недопустимом понижении или исчезновении напряжения двигатель отключается контакторами.

Приведенная схема обладает следующими недостатками: программная защита весьма сложна, в то же время отсутствует контроль самовозбуждения возбудителя; не устранена возможность работы двигателя в асинхронном режиме, возбудитель не возбудится; в слу-

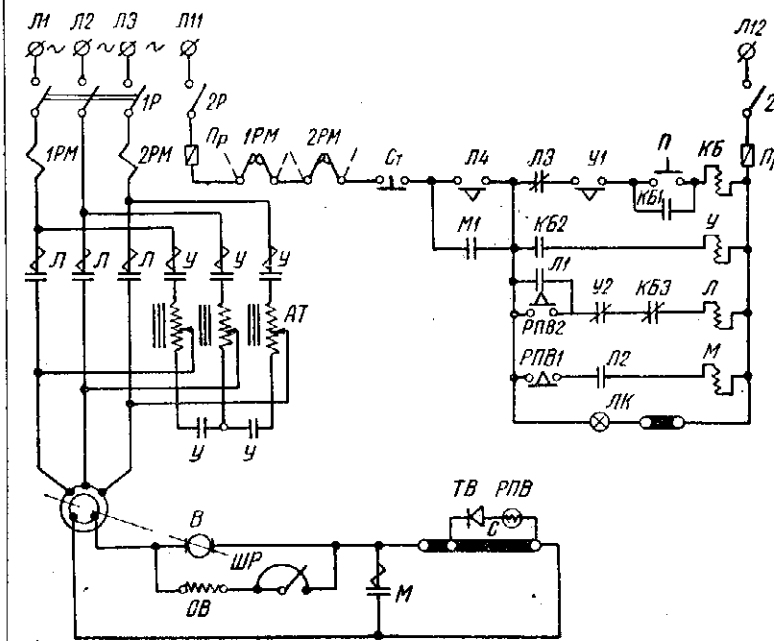


Рис. 71. Схема управления автотрансформаторным пуском синхронного двигателя низкого напряжения:

1Р и *2Р* — рубильники главной и оперативной цепей; *1РМ* и *2РМ* — реле максимального тока; *П* — кнопка включения контактора *КБ*; *АТ* — автотрансформатор; *У* — контактор ускорения и его контакты; *С* — сопротивление в цепи ротора, по величине превышающее в 10 раз сопротивление роторной обмотки; *РПВ* — реле времени подсинхронного включения двигателя; *Л* — главный контактор в цепи статора; *РПВ1* — блокконтакт подачи напряжения на катушку контактора *М*; *М* — контактор, шунтирующий сопротивление *С* для подачи в ротор двигателя полного возбуждения; *М1* — блокконтакт, предотвращающий своим замыканием отключение двигателя после окончания выдержки времени маятникового реле, пристроенного к контактору *Л*, и размыкание его контакта *Л4*; *Ст* — кнопка отключения двигателя; *ТВ* — твердый выпрямитель питания реле *РПВ*; *ЛК* — контрольная лампа; *КБ1, КБ2, КБ3* — блокконтакты контактора *КБ*; *РПВ2* — блокконтакт реле *РПВ*; *Л1, Л2, Л3* — блокконтакты контактора *Л*; *Пр* — предохранители; *В* — возбудитель; *ОВ* — обмотка возбуждения; *ШР* — реостат

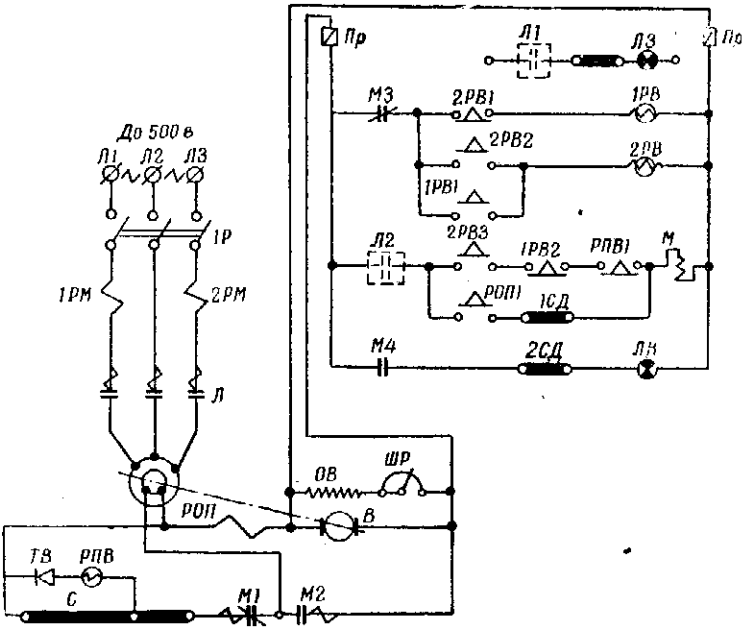


Рис. 72. Схема управления пуском синхронного двигателя низкого напряжения при питании цепей управления от возбудителя (пунктиром обозначены контакты, не входящие в комплект станции управления):

РОП — реле защиты от обрыва цепи возбуждения; *1РВ* и *2РВ* — вспомогательные реле времени, обеспечивающие правильную очередность работы аппаратов управления; *1СД* — сопротивление в цепи контактора *М*; *1РВ1, 1РВ2, 2РВ1, 2РВ2, 2РВ3* — контакты реле *1РВ* и *2РВ*; *РПВ* и *РПВ1* — реле времени и его контакт; *М1, М2, М3, М4* — блокконтакты контактора *М*; *ЛЗ, ЛК* — сигнальные зеленая и красная лампы; *ТВ* — твердый выпрямитель; *С* — сопротивление; *2СД* — дополнительное сопротивление в цепи сигнальной лампы.

чае несрабатывания реле максимального тока работа двигателя в таком режиме может вызвать перегрев пусковой обмотки и выход двигателя из строя. Кроме того, отсутствует сигнализация потери возбуждения при работе двигателя, что может привести к перегреву пусковой обмотки, если при потере возбуждения не сработала максимальная защита.

На рис. 72 изображена более совершенная схема, в которой источником питания цепей управления являет-

ся возбудитель синхронного двигателя. В этой схеме устранена возможность включения контактора возбуждения при отсутствии напряжения у возбудителя.

На схеме не показаны аппараты для управления цепями статора, так как они не входят в комплект магнитной станции управления синхронным двигателем. Схема управления цепями статора, показанная на рис. 72, может быть применена для низковольтного электродвигателя.

Общий недостаток существующих типовых схем управления синхронизацией электродвигателей — их сравнительная сложность, которая является причиной недостаточно широкого применения в промышленности синхронных двигателей.

На рис. 73 изображена типовая панель управления прямым пуском синхронного двигателя.

Существует множество различных схем дистанционного управления группой электродвигателей. Их структура определяется многими факторами: числом двигателей в управляемой группе, мощностью каждого из них, мощностью питающей энергоустановки и т. д. Однако все эти схемы можно разбить на две категории:

а) для пуска путем последовательного включения двигателей без принудительной выдержки времени в интервалах между их включением (без использования реле времени);

б) для пуска с принудительной выдержкой времени.

Схемы первой категории обладают рядом недостатков, основным из которых являются тяжелые условия пуска двигателей. Поэтому наиболее широкое распространение получили схемы второй категории. Однако и у них имеется недостаток, заключающийся в их громоздкости вследствие большого числа реле времени.

Южшахтпроектом разработаны схемы автоматического пуска группы электроприводов при помощи импульсного датчика. Особенность такого способа состоит в том, что должны быть применены лишь три реле времени при любом числе включаемых двигателей. При этом достигается последовательное включение через

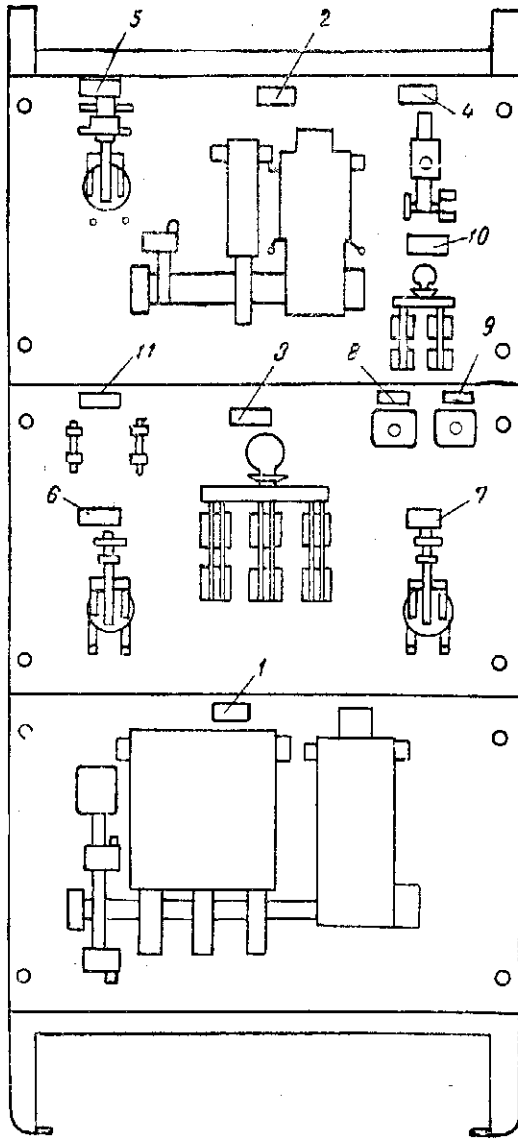


Рис. 73. Панель управления прямым пуском синхронного двигателя:

1 — линейный контактор; *2* — контактор возбуждения; *3* — рубильник в цепи главного контактора; *4* — реле подачи возбуждения; *5* — блокировочное реле; *6*, *7* — реле максимального тока в цепи статора электродвигателя; *8* и *9* — кнопки «Пуск» и «Стоп»; *10* — рубильник в цепи управления; *11* — плавкие предохранители в цепи защиты управления

равные промежутки времени (около 5 сек.) двух двигателей данной автоматически включаемой группы.

Действие электромагнитных реле времени осуществляется по особой линии автоматического включе-

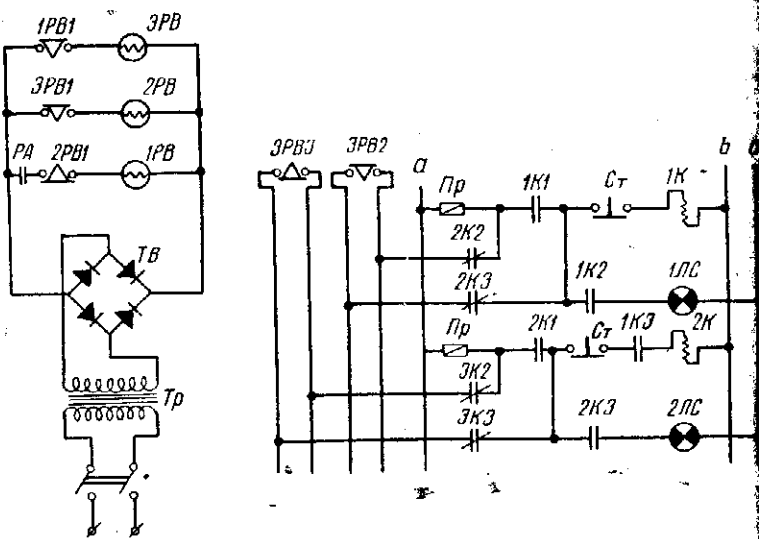


Рис. 74. Принципиальная схема импульсного датчика системы Южшахтпроекта

ния, к которой присоединяются цепи управления всех электродвигателей данной системы автоматического пуска.

На рис. 74 приведена принципиальная схема пуска электродвигателей с использованием датчика Южшахтпроекта. В датчике применены одно реле времени серии РЭ-100 (*1РВ*) и два реле времени серии РЭ-180 (*2РВ* и *3РВ*) для постоянного тока. Для питания этих реле в датчик встроен твердый выпрямитель *ТВ*.

В схеме пуска двигателей осуществляется общий принцип такой блокировки, которая обеспечивает включение двигателей в последовательности, обратной направлению потока обрабатываемого материала. Напри

мер, присоединение контактора *1К1* первого двигателя выполнено через нормально закрытый контакт контактора *2К1* второго двигателя и т. д.

После получения разрешающего сигнала о пуске группы двигателей включением выпрямителя импульсного датчика начинается работа устройства по автоматическому пуску электродвигателей.

Действие импульсного датчика заключается в следующем: замыканием контакта разрешающего сигнала включается реле *1РВ* через нормально замкнутый контакт *2РВ1* и по истечении собственного времени включения (около 0,1 сек.) оно замыкает свой контакт *1РВ1* в цепи реле *3РВ*.

По истечении около 0,1 сек. (собственное время включения) реле *3РВ* замкнет свой контакт *3РВ1* в цепи реле *2РВ* и контакт *3РВ2* в цепи первой линии автоматического включения. Еще через 0,1 сек. включится реле *2РВ* и своим нормально закрытым контактом разомкнет цепь реле *1РВ*. Через следующие 0,1 сек. реле *1РВ* разомкнет контакт *1РВ1* и разорвет цепь реле *3РВ*, которое отпустит якорь по истечении около 5 сек. и выключит реле *2РВ*. При этом замкнется нормально закрытый контакт *3РВ3* во второй линии автоматического включения и разомкнет контакт *3РВ2* в первой линии. Обесточенное реле *2РВ* через 5 сек. замкнет нормально закрытый контакт *2РВ1* в цепи реле *1РВ*, после чего вся система датчика вернется в исходное положение. Весь этот цикл действия устройства будет повторяться в описанном выше порядке до тех пор, пока не выключится твердый выпрямитель *ТВ*.

Замыканием контакта *3РВ2* соединяется цепь катушки *1К* линейного контакта первого двигателя: фаза *а* — предохранитель *ПР* — контакт *2К2* — контакт *3РВ2* — контакт *2К3* — кнопка «Стоп» — катушка *1К* — фаза *b*. Включившись, линейный контактор *1К* первого двигателя замыкает контакт *1К1* и подключает двигатель к сети. Контакт *1К1* шунтирует контакт *2К2*, и катушка *1К* подключается к сети между фазами *а* и *b* через предохранитель и кнопку «Стоп». Контакт *1К2* включает сигнальную лампу *1ЛС*, а контакт *1К3* подготовляет цепь катушки *2К* линейного контактора второго двигателя.

В силу того, что катушка *1К* включена между фазами *a* и *b*, минуя первую линию автоматического включения, при размыкании контакта *3РВ2* первый двигатель будет оставаться подключенным к сети. При замыкании контакта *3РВ3* будет включен в работу второй двигатель.

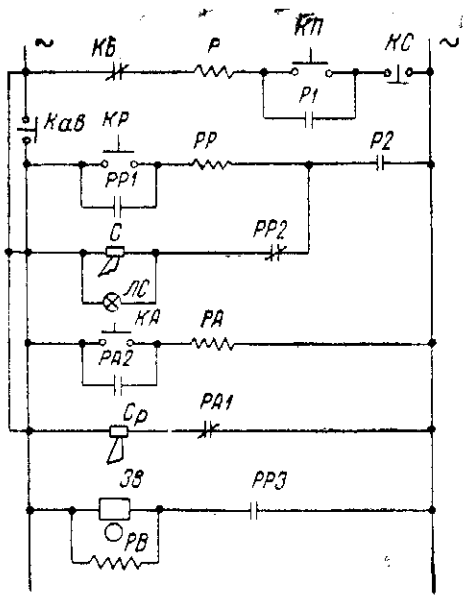


Рис. 75. Схема сигнализации при централизованном пуске двигателей:

КБ — блокировочный контакт; *Р* — блокирующее реле; *КП* — кнопка на диспетчерском щите; *КР* — разрешающая кнопка; *РР* — разрешающее реле; *Р1* и *Р2* — контакты блокирующего реле; *РР1* и *РР2* — контакты разрешающего реле *РР*; *КА* — аварийная кнопка; *РА* — реле аварийного режима; *РА1*, *РА2* — контакты реле аварийного режима; *Зв* — звонок; *РВ* — реле времени; *Кс* — кнопка «стоп»; *Кав* — кнопка аварийная.

Проектным институтом Днепрогипрошахт разработана схема централизованного пуска двигателей при помощи импульсного датчика, обеспечивающая безопасность включения двигателей с диспетчерского щита (рис. 74, 75 и 76). До включения двигателей диспетчер сигналом предупреждает персонал, обслуживающий пускаемые в ход механизмы. Двигатели включаются после того, как с рабочих мест получены ответные сигналы о готовности механизмов к пуску.

При нажатии установленной на диспетчерском щите кнопки *КП* с нормально открытым контактом (рис. 75) получает питание катушка реле *Р*, замыкается контакт *Р1* и блокируется предупреждающая кнопка *КП*. Одновременно замыкается контакт *Р2*, включающий сирены *Ср*,

установленные на рабочих площадках, и сигнальные лампы, смонтированные на диспетчерском щите. Число сирен и сигнальных ламп соответствует числу рабочих площадок.

При готовности механизмов к пуску обслуживающий персонал нажимает разрешающую кнопку *КР*, которая замыкает цепь катушки реле *РР*. При этом замкнется контакт *РР1*, блокирующий кнопку *КР*, и разомкнется контакт реле *РР2*; сирены на рабочих местах и сигнальные лампы у диспетчера окажутся выключенными. Одновременно контакт *РР3* включит звонок *Зв*, сигнализирующий диспетчеру о готовности схемы к пуску, и включит реле *РВ*. Контакты этого реле замкнут цепи датчика импульсов.

Контакты всех реле включаются последовательно со звонком и реле *РВ*, которые действуют лишь после подачи сигнала о готовности со всех площадок.

На рис. 76 изображена принципиальная схема централизованного пуска двигателей дробильного отделения при помощи импульсного датчика.

Получив питание, катушка реле *Р* замкнет контакты *Р3* и *Р4*, подключающие цепи управления двигателей к датчику *Д*, который, как показывает его схема (см. рис. 74), через определенные промежутки времени попеременно соединяет фазу *с* с линиями *1* и *2*, включая напряжение в катушки контакторов соответствующих двигателей.

С подачей импульса создается цепь: фаза *с* — контакты *Р3* — *КУ3* — блокконтакт *КБ2* — кнопка *1С* — катушка линейного контактора *1К* первого двигателя — контакт *1РТ* — фаза *b*. При этом замыкаются главные контакты пускателя, и двигатель включается в работу.

При включении главных контактов пускателя первого двигателя замыкается блокконтакт *1КБ2*, подключающий катушку *2К* пускателя второго двигателя к фазе *с*. Но в силу того, что цепь управления разомкнута, двигатель не включится. Спустя 1—3 сек., датчик замкнет цепь линии *2*, и главные контакты пускателя второго двигателя включатся. При этом замкнется блокконтакт *2КБ2*, подключающий к датчику цепь катушки *3К* пускателя третьего двигателя, а блокконтакт *КБ3* в цепи реле *Р* схемы

сигнализации (см. рис. 75) разомкнется. Лишенное питания, реле *Р* разомкнет свой контакт *Р2* и обесточит реле *РР*. В свою очередь, реле *РР* своим контактом *РР3*

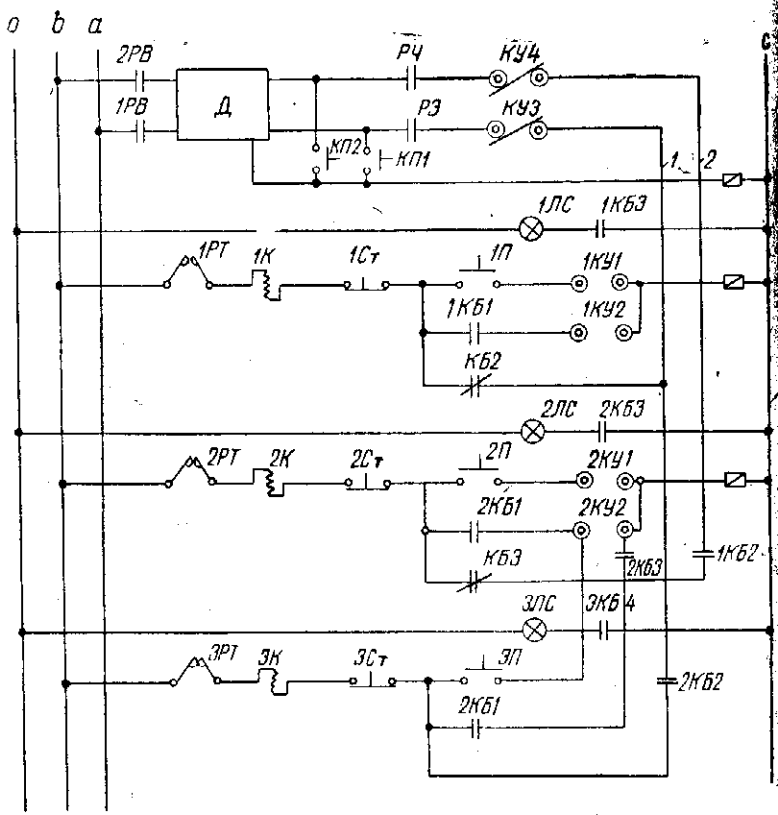


Рис. 76. Схема централизованного пуска двигателей дробильного отделения при помощи импульсного датчика

отключит звонок *3в* и реле *РВ* датчика. Пуск двигателей закончился.

Включение каждого двигателя сопровождается загоранием сигнальной лампы *ЛС* на щите у диспетчера.

Если датчик неисправен, двигатель запускают при помощи кнопок *КП1* и *КП2* (см. рис. 76), которые поочеред-

но нажимает диспетчер. Индивидуальный запуск двигателя с рабочего места при опробовании его после ремонта или по другой причине осуществляется размыканием на диспетчерском щите контактов *КУ3* и *КУ4* и замыканием контактов *1КУ1* и *1КУ2*. При таком соединении цепей дистанционный запуск двигателей исключается, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала. Кнопки *П* («Пуск») устанавливаются на площадках и служат для индивидуального включения двигателей с рабочего места. Кнопки *С* («Стоп») предназначены для остановки механизмов с места или дистанционно. При этом механизмы, подающие материал к остановленному механизму, также останавливаются.

С диспетчерского пункта двигатели отключаются размыканием цепей катушек контакторов при помощи ключей управления.

При необходимости подачи диспетчеру аварийного сигнала с рабочих мест нажимают кнопку *Кав*, как показано на схеме сигнализации (см. рис. 75). При этом разорвется цепь реле *РА*, и нормально закрытый контакт его *РА1* включит сирену *Ср*. Приняв аварийный сигнал, диспетчер отключает сирену, нажав кнопку *КА*.

3. Автоматическое регулирование работы дробильного оборудования

Дробильное отделение обычно представляет собой непрерывную цепь большого числа последовательно работающих аппаратов: питателей для руды, транспортеров, дробилок, механических грохотов, элеваторов и т. д. При дроблении в три стадии эту цепь обычно разделяют на два независимых участка, включая промежуточные бункеры между первой и второй стадиями дробления. Загрузка всех аппаратов, находящихся в цепи, определяется работой питателей для руды. При перегрузке одного аппарата (первичной или вторичной дробилок, грохотов и т. д.) необходимо уменьшить подачу руды питателем.

Поскольку дробильное отделение состоит обычно из ряда отдельных зданий (приемные бункеры, отделение крупного дробления, отделение среднего дробления и т. д.), связь между отдельными рабочими местами часто

весьма затруднительна. Применение телефонной связи или специальной производственной сигнализации между всеми рабочими местами также не обеспечивает надлежащего регулирования работы дробильного отделения.

Для автоматического регулирования работы дробильного отделения применяется следующая схема: электродвигатели всех основных аппаратов (дробилок, грохотов) снабжаются максимальными реле, которые срабатывают при перегрузке того или иного аппарата. Кроме того, в загрузочных воронках дробилок подвешиваются указатели перегрузки, которые замыкают контакты при переполнении той или иной дробилки поступающей рудой. Контакты всех максимальных реле, а также указателей перегрузки дробилок включаются параллельно в цепь промежуточного реле, которое при замыкании включает дополнительное сопротивление в цепь ротора двигателя питателя (двигатель с контактными кольцами).

Таким образом, если какой-нибудь из аппаратов будет перегружен рудой, замкнутся максимальные реле в цепи его двигателя или контакты указателя перегрузки. И то и другое вызовет включение в ротор электродвигателя дополнительного сопротивления, уменьшающего число его оборотов (на 10—15%), благодаря чему подача руды питателем будет соответственно сокращена.

При сокращении подачи руды загрузка всех аппаратов через некоторое время станет опять нормальной, так как контакты указателей перегрузки и максимальных реле будут разомкнуты, а это вызовет выключение дополнительного сопротивления из цепи ротора двигателя питателя, т. е. вновь будет установлена нормальная подача руды. Чем больше сопротивление, включаемое в ротор электродвигателя, тем больше сократится подача руды.

Чтобы устранить слишком частое включение и выключение сопротивления, следует установить реле с выдержкой, которое замыкается только по истечении определенного промежутка времени.

Для упрощения описанной схемы максимальные реле в цепи двигателя могут быть исключены, а оставлены лишь указатели перегрузки у дробилок, что также обеспечит регулирование работы дробильного отделения.

Автоматический контроль подачи руды в отделение измельчения на одной из золотоизвлекательных фабрик осуществлен при помощи фотоэлемента. На этой фабрике для хранения дробленой руды имеются два больших цилиндрических бункера (по 1000 *т* каждый), расположенных несколько в стороне от отделения измельчения. Под бункерами проходят три параллельных ленточных транспортера, на которые руда выдается через люки в днищах бункеров (по 10 люков в каждом бункере).

Все три транспортера работают от одного двигателя через трансмиссионный вал с муфтами, с помощью которых могут включаться в работу порознь один, два или все три транспортера. С этих транспортеров руда перегружается на четвертый наклонный транспортер, подающий руду в распределительный мельничный бункер емкостью всего 8 *т*, из которого руда с помощью трех питателей подается в три первичные шаровые мельницы.

При большой производительности фабрики подача руды в малый распределительный бункер и выдача из него должны быть строго согласованы. В противном случае в течение нескольких минут маленький бункер может быть переполнен или же опорожнен, что вызовет прекращение подачи руды в мельницы. Такая согласованность может быть достигнута только при условии применения автоматических методов контроля. Поэтому на фабрике был введен автоматический контроль с применением фотоэлемента, давший хорошие результаты.

На одной из стенок бункера был установлен фотоэлемент, а против него — источник света. Когда бункер наполнялся рудой доверху, конус руды пересекал луч света и затемнял фотоэлемент, который через систему усилителей и реле выключал двигатель транспортеров. Когда же руда опускалась, луч света вновь попадал на фотоэлемент, который снова включал электродвигатель транспортеров.

Установка оборудована следующими приборами: трансформатором на 110 *в* для питания источника света, фотоэлементом с усилителем, моторным реле времени, однополюсным реле для включения контактов на 550 *в*, реле с двумя ступенями напряжения, воздействующим на рабочую обмотку, контактами на 550 *в* пускателя, ручным

рубильником для включения реле и рубильником для включения или выключения всей системы.

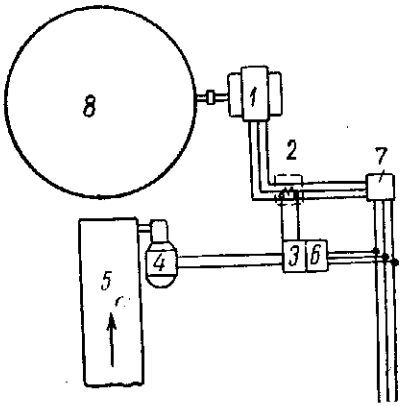


Рис. 77. Схема автоматического регулирования подачи руды в дробилку:

1 — двигатель дробилки; *2* — трансформатор тока; *3* — автоматический регулятор (с реостатом); *4* — двигатель питателя; *5* — питатель для руды; *6* — выпрямитель для подвода постоянного тока к двигателю питателя; *7* — пусковой реостат двигателя дробилки; *8* — дробилка

Автоматическое регулирование подачи руды в дробилки (особенно для мелкого дробления) осуществляется в зависимости от величины тока в цепи электродвигателя дробилки по схеме, приведенной на рис. 77. Для этого в цепь двигателя *1* дробилки включается трансформатор тока *2*, соединенный с автоматическим регулятором *3*. Регулятор управляет шунтовым реостатом, включенным в цепь возбуждения двигателя постоянного тока *4*, приводящего питатель для руды *5*. Двигатель питателя получает ток через выпрямитель *6*. При перегрузке дробилки сила тока в цепи двигателя дробилки возрастает. Авторегулятор увеличивает ток возбуждения двигателя питателя, уменьшая тем самым число его оборотов, т. е. уменьшая подачу руды в дробилку. При недогрузке дробилки, наоборот, подача руды таким же образом увеличивается.

Автоматические металлоискатели

В руду, отправляемую на обогатительную фабрику, часто попадают посторонние металлические предметы (кувалды, куски буров, зубья ковшей экскаваторов, костыли и пр.), которые могут вызывать поломку дробильных машин. Для удаления из руды этих предметов обычно применяют мощные подвесные или шкивные электро-

магниты, устанавливаемые на ленточных транспортерах перед операцией среднего дробления. Однако такие магниты пропускают куски немагнитных или слабомагнитных металлов (например, марганцовистой стали), т. е. не дают полной гарантии безаварийной работы дробилок и, кроме того, потребляют большое количество электроэнергии, так как должны быть включены в течение всего времени работы дробильного отделения.

Поэтому в последнее время для обнаружения посто-

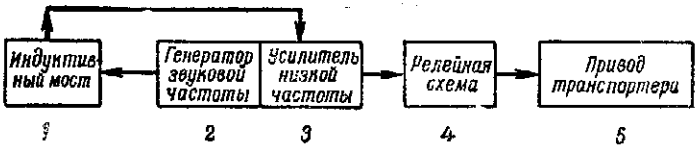


Рис. 78. Принципиальная схема металлоискателя

ронних металлических предметов в руде стали применять автоматические металлоискатели. Было предложено много различных конструкций металлоискателей (автомат инж. Попова, приборы Механобра и т. д.).

Работа всех применяемых металлоискателей основана на изменении частоты колебательного контура или индуктивного сопротивления соленоида при попадании в его поле токопроводящего (металлического) тела.

Настроенный колебательный контур, питаемый током высокой частоты, отличается высокой чувствительностью, но требует строгой стабильности частоты колебаний тока в питающей сети, кроме того, на него влияет также емкостный фактор (в частности, высота слоя руды). Поэтому чаще применяется метод сбалансированного индуктивного моста. В этом случае чувствительность схемы зависит от величины напряжения, подаваемого на диагональ моста.

Такой металлоискатель разработан институтом Механобр. Прибор работает в соединении с приводом транспортера. Принципиальная схема металлоискателя приведена на рис. 78, а схема включения — на рис. 79.

Металлоискатель работает следующим образом (рис. 79). Генератор звуковой частоты *1* питает мост *2*, самоиндукции которого выполнены в виде двух больших

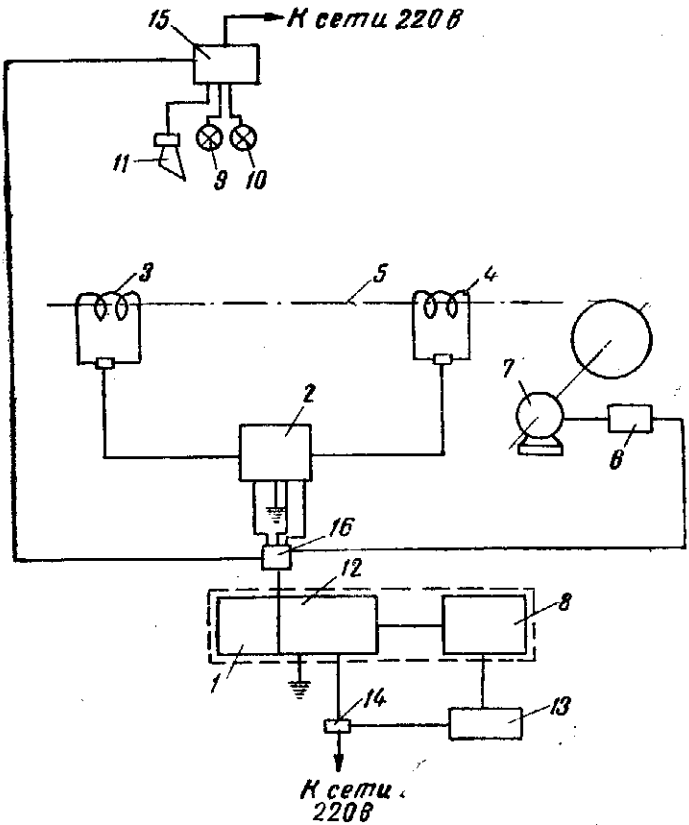


Рис. 79. Схема включения металлоискателя:

1 — генератор 1500 *гц*; *2* — электрический мост; *3* и *4* — левый и правый соленоиды (катушки самоиндукции); *5* — лента транспортера; *6* — второй магнитный пускатель; *7* — электродвигатель транспортера; *8* — релейный блок; *9* — красная лампа сигнализации неисправности металлоискателя; *10* — зеленая лампа сигнализации пересечения металлом поля правого соленоида; *11* — гудок; *12* — усилитель; *13* — сухой выпрямитель; *14*, *15* — разветвительные коробки; *16* — кабельная коробка

катушек *3* и *4*. Между этими катушками проходит лента *5* транспортера, подающего руду на дробление. Мост уравновешен таким образом, что на его выходе имеется только незначительный контрольный уровень сигнала, достаточный лишь для того, чтобы удерживать якорь поляризованного реле контроля, и слишком малый для срабатывания другого поляризованного реле, регистрирующего появление металла. При возбуждении моста металлом, находящимся на ленте транспортера, на его выходе появляется напряжение, вполне достаточное для срабатывания второго поляризованного реле. Последнее включает соответствующее реле, и пускатель отключает двигатель *7* транспортера. Одновременно включаются те или иные сигналы, оповещающие обслуживающий персонал о попадании на ленту постороннего металлического предмета. В схеме металлоискателя предусмотрена регулировка его чувствительности к металлу.

Металлоискатель состоит из нескольких конструктивно обособленных элементов, соединяемых при установке на фабрике: двух транспортерных соленоидов; блока с переменными сопротивлениями, составляющими два плеча моста; генераторно-усилительного блока с комплектом исполнительных реле; питающего устройства со стабилизатором напряжения и твердым выпрямителем; звуковых и световых сигналов.

Соленоиды представляют собой бескаркасные катушки, укрепленные на деревянных рамах; размеры их определяются шириной транспортерной ленты. Конструкция соленоидов неразрезная, поэтому для установки их транспортерную ленту приходится расшивать. Соленоиды устанавливаются на транспортере на расстоянии около 5 *м* друг от друга.

Транспортерные соленоиды электрически связываются с переменными активными сопротивлениями, заключенными в специальную коробку, устанавливаемую в непосредственной близости к соленоидам. На переднюю стенку коробки выводится прибор, по которому производится настройка металлоискателя, кнопки выключения релейной схемы и шунтировка прибора. Кроме того, в стенках коробки имеются отверстия, через которые с помощью отвертки производится настройка моста.

Генераторно-усилительный блок монтируется на металлическом шасси вместе с комплектом исполнительных реле.

На передней панели шасси монтируются контрольный прибор, сигнальная лампа и кнопки шунтирования прибора и выключения схемы.

На передней панели прибора имеются также отверстия, через которые с помощью отвертки регулируют усилитель. Для защиты от механических повреждений шасси закрывают металлическим кожухом. Конструкция блока не предусматривает герметических уплотнений, так как блок должен устанавливаться в непыльных помещениях (закрытых распределительных пунктах и т. д.). Рядом с генераторно-усилительным блоком устанавливается блок питания, содержащий стабилизатор напряжения и твердый выпрямитель.

Звуковой и световой сигналы могут быть любого типа и помещаются над транспортером в месте установки металлоискателя или у дробилки.

Весь соединительный монтаж выполняется через клеммники проводом с резиновой изоляцией в газовых трубах.

Описанный прибор обнаруживает кусок любого металла весом более 1 *кг* и останавливает транспортер. Металлоискатель легче обнаруживает черные металлы (магнитные), чем цветные (немагнитные). Предметы вытянутой (пруткообразной) формы также легче обнаруживаются искателем, чем округлые (шарообразные), что является известным недостатком прибора.

Скопления сильномагнитных минералов в руде (магнетита, ильменита) также действуют на металлоискатель; минералы цветных металлов обычно действуют на прибор весьма слабо. Ленту транспортера, на котором установлен металлоискатель, нельзя скреплять стальными скрепками или заклепками; скрепки же из меди или других немагнитных металлов оказывают на прибор незначительное воздействие.

Автоматизация подачи смазки

Прекращение подачи масла в подшипники и другие части дробилок приводит к частичному оплавлению вту

лок. Для предотвращения этого явления на Балхашской обогатительной фабрике было разработано и введено в эксплуатацию устройство (рис. 80) для автоматического отключения двигателей дробилок. Автоматический весовой отключатель двигателя дробилки при прекращении слива масла состоит из сосуда *1* емкостью 3 *л*, подвешенного к рычагу *2*. К противоположному концу рычага прикреплен противовес *3*. Из сливной трубы *4* циркуляционной системы масло течет в сосуд, подвешенный над баком с маслом *5*. При нормальной циркуляции масла сосуд все время наполнен, и рычажная система находится в равновесии. Прекращение слива масла влечет за собой опускание противовеса, замыкание кнопки «Стоп», сблокированной с пускателем электродвигателя дробилки, и отключение его.

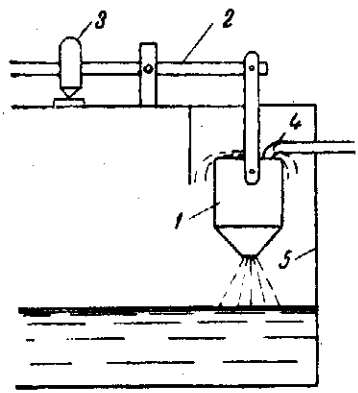


Рис. 80. Автоматический весовой отключатель двигателя дробилки при прекращении слива масла

Контроль уровня дробленой руды в бункерах

Для предупреждения возможного переполнения или полного опорожнения бункера применяются следующие приборы и сигнальные устройства.

1. Маятниковый контактный прибор конструкции Механобра, представляющий собой подвешенную на гибком шланге металлическую грушу с укрепленным внутри нее маятниковым контактом. При вертикальном положении груши контакт разомкнут; при повышении уровня руды до уровня подвески груши подпирающая снизу руда, наклоняя грушу, замыкает маятниковый контакт, при этом включается лампа, сигнализирующая о переполнении бункера.

Сигнализация об опорожнении бункера может осуществляться с помощью такого же (второго) нижнего сигнального прибора-груши, если принять, что вертикальное

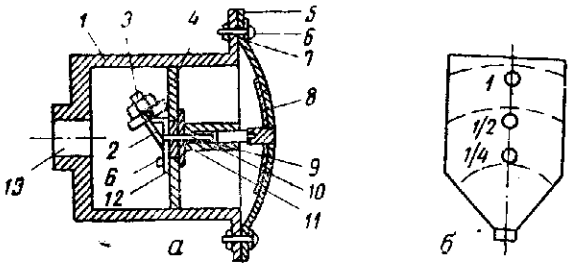


Рис. 81. Сигнализатор уровня в бункере дробленой руды:

а — устройство сигнализатора; *б* — схема установки сигнализаторов в бункере; *1* — корпус; *2* — поворотный рычаг; *3* — ртутный контакт; *4, 5* — диафрагмы; *6* — болт; *7* — кольцевая накладка; *8* — диск; *9* — нажимной стержень; *10* — пружина; *11* — направляющая втулка; *12* — стойка; *13* — отверстие для вывода проводов

положение ее с разомкнутым контактом является аварийным, а наклонное положение — нормальным. Тогда при наступлении аварийного положения лампа погаснет.

2. Диафрагмовый указатель уровня угольной пыли в бункере, разработанный Гинцветметом. Высокая чувствительность этого прибора позволяет применять его в качестве указателя уровня дробленой руды, в бункерах для извести и других сухих реагентов на обогатительных фабриках.

Общий вид сигнализатора и схема его установки в бункере показаны на рис. 81. Сигнализатор состоит из корпуса *1*, в котором на поворотном рычаге *2* укреплен ртутный контакт *3*. Поворотный рычаг пристроен к стойке *12*, закрепленной с помощью болта *6* на диафрагме *4*, находящейся в корпусе сигнализатора. Рабочая часть сигнализатора закрыта резиновой диафрагмой *5*, прикрепленной с помощью кольцевой накладки *7* и болтов *6* к фланцу корпуса сигнализатора. Диафрагма опирается на диск *8*, соединенный с нажимным стержнем *9*, который при давлении материала на диафрагму сжимает пружи-

ну *10* и через направляющую втулку *11* проходит через диафрагму *4* и поворачивает рычаг *2*, чем замыкает ртутный контакт *3*. К ртутному контакту присоединены провода, которые выводятся через отверстия *13* в задней стенке корпуса. В цепь каждого контакта включаются сигнальные лампы, расположенные на щите управления, а в цепи крайних сигнализаторов включается также через реле электрический звонок, который привлекает внимание оператора при переполнении (замыкание верхнего сигнализатора) или опорожнении (размыкание нижнего сигнализатора).

Сигнализатор врезают в стенку бункера так, чтобы он был несколько утоплен в вырезе. Число устанавливаемых сигнализаторов зависит от размера бункера; обычно бывает достаточно трех сигнализаторов. Верхний сигнализатор соответствует полному бункеру, средний — примерно $1/2$ и нижний — менее $1/4$ объема бункера, т. е. сигнализирует о его скором опорожнении.

Преимущество описанных сигнализаторов, кроме значительной чувствительности (реагируют на небольшое давление), в герметичности, обеспечивающей бесперебойную работу их, так как пыль и влага не попадают на рычажно-контактное устройство.

Контроль температуры и давления смазки, подаваемой на дробилки

Контроль давления масла, подаваемого в подшипники, и температуры масла, отходящего от подшипников, может осуществляться следующим образом.

Падение давления масла в магистрали воздействует на реле давления, установленное на этой магистрали. При повышении температуры какого-либо из подшипников замыкаются контакты термометра, установленного на маслопроводе данного подшипника.

Импульсы от реле давления и контактного термометра подаются через соответствующее реле на звонок и сигнальную лампу.

Наиболее простым способом контроля температуры подшипников машин является измерение температуры при помощи термометров сопротивления, которые встав-

ляются в тело подшипника. При повышении температуры изменяется их сопротивление и подается импульс на сигнал.

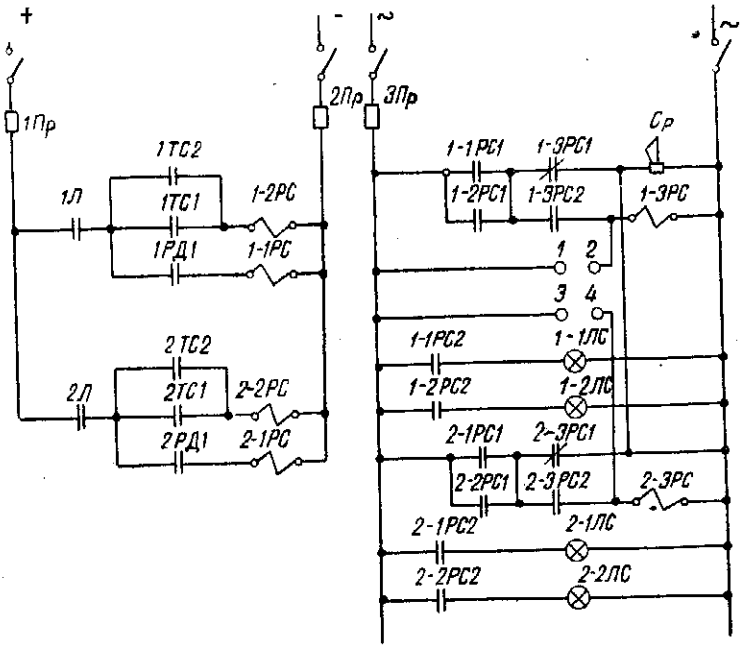


Рис. 82. Схема контроля работы смазки двух машин:

1ТС1, 1ТС2 — контакты термосигнализаторов; *1РД1* — контакты реле давления; *1-1РС* — сигнальное реле, реагирующее на импульс от реле давления первого агрегата *1-2РС* — реле, реагирующее на импульс от термосигнализаторов первого агрегата; *1Л* — контакт магнитного пускателя первого агрегата; *1-3РС, 1-3РС1, 1-3РС2* — сигнальное реле и его контакты в цепи сирены *Ср*; *1-1РС1* и *1-2РС1* — контакты реле в цепи термосигнализаторов и реле давления; *1, 2, 3, 4* — контакты универсального переключателя, отключающего сирену *Ср* от цепей сигнализации первого и второго агрегатов; *1-1РС2, 1-2РС2* — контакты в цепи ламп *1-1ЛС* и *1-2ЛС*. Все элементы схемы с обозначениями, имеющими впереди цифру *2*, относятся ко второму агрегату и служат для той же цели, что и элементы схемы первого агрегата

На рис. 82 показана принципиальная схема контроля работы системы смазки двух машин. При падении давления масла в магистрали маслопровода замыкается контакт *1РД1* реле давления, который воздействует на сигнальное реле *1-1РС*; последнее замыкает свой контакт

1-1РС1 и посылает импульс сирене *Ср*, а замыканием *1-1РС2* включает сигнальную лампу *1-1ЛС*. При повышении температуры подшипника замыкается контакт *1-ТС1* термосигнализатора. Воздействуя на реле *1-2РС*, которое замыкает свой контакт *1-2РС1*, термосигнализатор посылает импульс сирене *Ср*. Одновременно через контакт *1-2РС2* включается цепь сигнальной лампы *1-2ЛС*.

Сигнальные лампы продолжают гореть все время, пока не восстановлено нормальное давление в маслопроводе и температура подшипников. Для отключения сирены необходимо замкнуть контакты *1—2* и *3—4* при помощи универсального переключателя (или кнопки). При этом реле *1-3РС* замкнет контакт *1-3РС2* и разомкнет контакт *1-3РС1*; сирена *Ср* отключится.

Питающая линия каждого контролируемого механизма включается через блокконтакты *1Л* и *2Л* пусковых устройств электродвигателей этих механизмов.

Контроль работы транспортеров

На рис. 83 изображена схема сигнализации работы холостого хода транспортера. При полной загрузке транспортера слой руды *1* поворачивает рычаг *2* на такой угол, при котором шпиндель конечного выключателя *3* попадает в выемку шайбы *4*, жестко соединенной с рычагом *2*. При этом контакты конечного выключателя замыкают цепь сигнала загрузки транспортера. При отсутствии руды на транспортерной ленте *5* рычаг опускается, и шпиндель выключателя поднимается; при этом разомкнутся контакты загрузки, и замкнутся контакты в цепи сигнала холостого хода.

Простейшим способом контроля работы механизма является контроль величины нагрузки его электродвигателя по показаниям амперметра.

4. Автоматическое регулирование работы оборудования измельчения

На одной обогатительной фабрике, обрабатывающей руду, применяется автоматическое регулирование процесса помола в зависимости от величины циркуляционной нагрузки, определяющей нагрузку электродвигателя

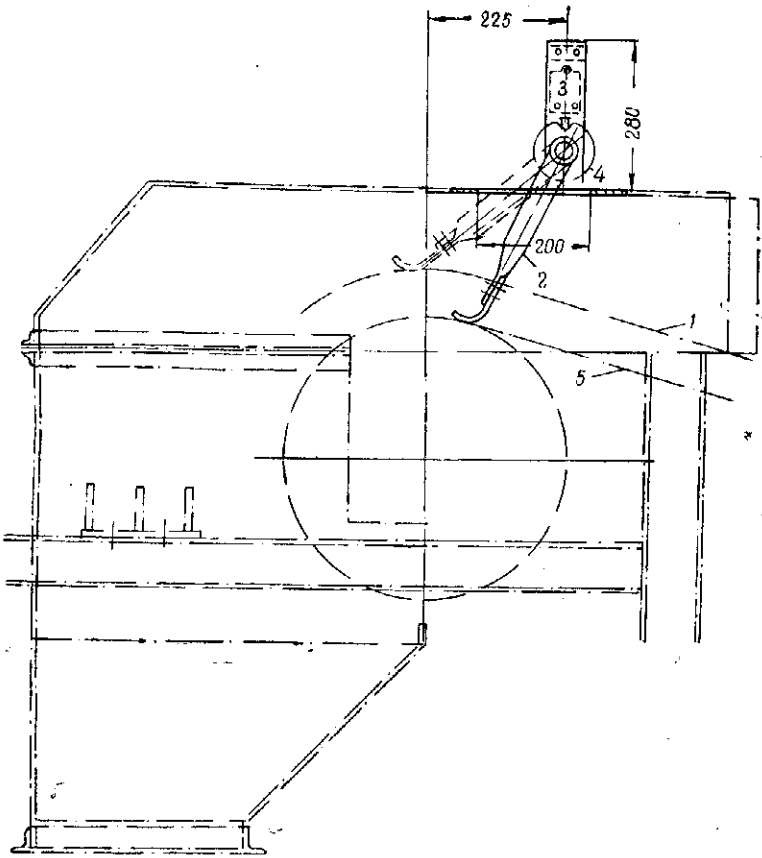


Рис. 83. Прибор контроля загрузки транспортера:

1 — слой руды; *2* — рычаг; *3* — конечный выключатель; *4* — шайба; *5* — лента транспортера

классификатора. При увеличении нагрузки электродвигателя классификатора, т. е. увеличении силы тока в его цепи, в цепь ротора двигателя питателя, подающего руду, автоматически вводится реостат, чем уменьшается число его оборотов и сокращается подача руды в мельницу. При уменьшении циркуляционной нагрузки сила тока в

цепи двигателя классификатора, наоборот, уменьшается; при этом автоматически выводится реостат из цепи ротора двигателя питателя, что повышает его скорость, и подача руды увеличивается. Одновременно автоматически регулируется подача воды в классификатор для поддержания постоянной плотности его слива, т. е. постоянной крупности помола.

Такое комбинированное автоматическое регулирование процесса помола, т. е. одновременное регулирование подачи руды в зависимости от загрузки мельницы и подачи воды в классификатор в зависимости от разжижения его слива, обеспечивает максимальную производительность мельницы при постоянной крупности помола независимо от изменения твердости, крупности руды и других внешних факторов.

При необходимости регулировать число оборотов электродвигателя питателя в пределах ±25—30% применяют двигатели переменного тока, а в пределах ±150% используют двигатели постоянного тока.

Электромашинные усилители и тахогенератор

Для регулирования скорости подачи питателем руды в мельницу можно применять электромашинные усилители.

Электромашинный усилитель представляет собой генератор постоянного тока, приводимый в движение каким-нибудь двигателем, с обмоткой возбуждения, питающейся от независимого источника тока и потребляющей весьма малую мощность (2,5—3% от мощности генератора).

Изменяя мощность, подводимую к обмотке возбуждения генератора, можно изменять мощность, в 30 раз бо́льшую, отдаваемую якорем генератора. Отношение мощности, потребляемой обмоткой возбуждения усилителя, к мощности, отдаваемой усилителем, называется коэффициентом усиления.

Отечественные заводы изготовляют электромашинные усилители с двумя, тремя и четырьмя обмотками возбуждения.

Электромашинные усилители (ЭМУ) бывают с поперечным и продольным полем. Наиболее распространены ЭМУ с поперечным полем.

По сравнению с системами регулирования, действующими при помощи релейно-контакторной аппаратуры, системы с электромашинными усилителями обладают следующими преимуществами: они обеспечивают плавное и непрерывное управление и регулирование вместо ступенчатого и прерывистого при применении реле и контакторов; схемы с ЭМУ просты и надежны в эксплуатации.

На рис. 84 изображена принципиальная схема двухступенчатого усилителя. От независимого источника постоянного тока замыканием рубильника *1* подается напряжение на обмотку возбуждения *3* возбудителя *4*. Величина напряжения регулируется реостатом *2*. Обмотка возбуждения *5* генератора *6*, в свою очередь, питается от возбудителя *4*. От генератора *6* получает питание двигатель *7*, к которому подается возбуждение от того же источника постоянного тока, что и возбудителю. Генератор *6* приводится в движение двигателем *9*.

Например, при мощности, не превышающей 0,2 *квт*, подводимой к обмотке возбуждения возбудителя, мощность его будет равна $0{,}2 \times 30 = 6$ *квт*. Если эту мощность подать на обмотку возбуждения генератора, то получим $6 \times 30 = 180$ *квт*. Таким образом, коэффициент усиления будет равным $30 \times 30 = 900$.

Для автоматического регулирования скорости двигателя обычно применяют так называемый тахометрический генератор (тахогенератор), представляющий собой генератор постоянного тока малой мощности, соединенный с регулируемым двигателем общим валом или редуктором.

На рис. 85 приведена схема автоматического регулирования двигателя посредством усилителя и тахогенератора. Движком *1* устанавливается определенное напряжение в задающей обмотке *2* усилителя *4*, питаемой постоянным током. Управляющая обмотка возбуждения *3* усилителя *4* питается от тахогенератора. Она включена навстречу обмотке *2*.

Напряжение в якоре усилителя зависит от разности магнитных потоков в задающей и управляющей обмотках.

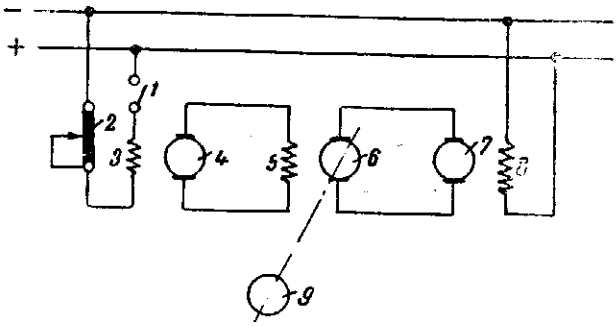


Рис. 84. Схема двухступенчатого усилителя:

1 — рубильник; *2* — реостат; *3* — обмотка возбуждения возбудителя; *4* — возбудитель; *5* — обмотка возбуждения генератора; *6* — генератор; *7* — двигатель; *8* — обмотка возбуждения двигателя; *9* — электродвигатель

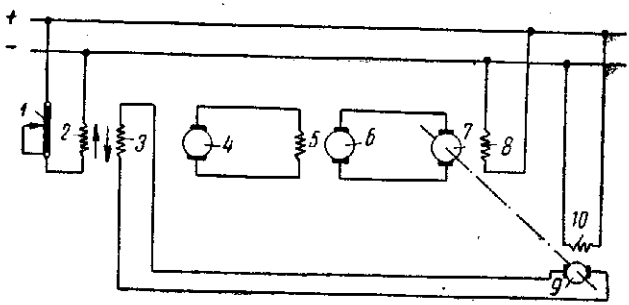


Рис. 85. Схема автоматического регулирования скорости двигателя при помощи усилителя и тахогенератора:

1 — регулятор возбуждения; *2* — задающая обмотка возбуждения; *3* — управляющая обмотка возбуждения; *4* — усилитель; *5* — обмотка возбуждения генератора; *6* — генератор; *7* — двигатель; *8* — обмотка возбуждения двигателя; *9* — тахогенератор; *10* — обмотка возбуждения тахогенератора

Следовательно, напряжение на обмотке возбуждения *5* генератора *6* будет пропорционально напряжению усилителя.

Таким образом, в соответствии с заданным напряжением устанавливаются определенная скорость двигателя *7* и напряжение тахогенератора. При уменьшении нагрузки двигателя его скорость повысится, а вместе с тем пропорционально возрастет и напряжение тахогенератора, а следовательно, и ток в управляющей обмотке *3* усилителя. Если ток в задающей обмотке *2* остается неизменным, это вызовет понижение напряжения усилителя *4* и генератора *6*, что приведет, в свою очередь, к понижению скорости двигателя *7*. Эта скорость упадет почти до первоначально заданного значения.

Если нагрузка двигателя увеличится, а скорость его начнет падать, то понизится напряжение тахогенератора и размагничивающее действие управляющей обмотки *3*. Напряжение генератора *6* возрастет, и скорость двигателя *7* увеличится до заданного значения.

Следовательно, при помощи тахогенератора, воздействующего на усилитель, обеспечивается почти неизменная заданная скорость двигателя.

В табл. 12 и 13 приведены технические характеристики электромашинных усилителей и тахогенераторов.

Контроль за работой классификатора. При внезапной остановке классификатора (авария и т. п.) возможно заиливание спирали, что затрудняет последующий за этим пуск машины в работу. Во избежание этого пускатель электропривода классификатора блокируется с пускателем двигателя подъемного механизма спирали таким образом, что при отключении двигателя классификатора двигатель подъема автоматически включается и спираль поднимается на определенный угол. Перед следующим пуском классификатора двигатель подъема, снабженный реверсивным пускателем, вращается в обратном направлении и опускает спираль в первоначальное положение.

5. Управление работой насосных агрегатов

Для предупреждения переливания воды из баков используется сигнализация положения поплавка в баке.

Таблица 12

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАШИННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Тип	Мощность *квт*	Напряжение *в*	Ток, *а*	Скорость вращения об/мин	К. п. д. %	Тип приводного двигателя для одного усилителя	Тип приводного двигателя для двух усилителей
ЭМУ-25	1,2	115	10,4	1440	68	А42-4	А51-4
	1,2	230	5,2	1440	68	А42-4	А51-4
	2,5	115	21,7	2925	74	А42-4	А51-2
	2,5	230	10,9	2925	74	А42-4	А51-2
ЭМУ-50	2,2	115	19,1	1440	78	А42-4	А52-4
	2,2	230	9,6	1440	78	А42-4	А52-4
	4,5	230	19,6	2935	80	А51-2	А61-2
ЭМУ-110	11	230	47,8	1450	82	А62-4	А72-4
ЭМУ12-А	1,0	60	16,7	2900	72	Встроенный асинхронный	—
	1,2	115	10,4	2900	75		
ЭМУ12-П	1,0	60	16,7	2850	72	Встроенный постоянного тока	—
	1,0	115	8,7	2850	72		
	1,5	115	13,8	4000	76		

Таблица 13

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТАХОГЕНЕРАТОРОВ

Тип	Мощность *квт*	Напряжение *в*	Ток *а*	Скорость вращения об/мин	Завод-изготовитель
ТГ-04	1,2	55	0,022	3000	Энергоремтрест
МЭТ-8/55	4,5	55	0,08	1900	То же
ЭТ-4/110	13,2	110	0,12	1900	Завод МЭП
ЭТ-7/110	23,2	110	0,21	1900	»

Развернутая схема такого рода сигнализации изображена на рис. 86.

При повышении уровня жидкости до верхнего крайнего положения поплавковое реле замкнет свой контакт

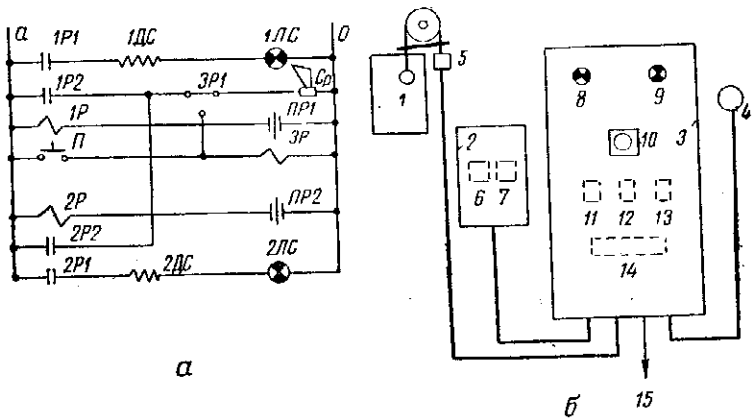


Рис. 86. Сигнализация уровня зумпфа, или заполнения бака:

а — развернутая схема; *ПР1* — контакт поплавкового реле, замыкающийся при верхнем уровне жидкости; *1Р* — реле; *1Р1, 1Р2* — контакты реле, замыкающие цепи сигнальной лампы *1ЛС* и сирены *Ср*; *ПР2* — контакт поплавкового реле, замыкающийся при нижнем уровне жидкости; *2Р, 2Р1* и *2Р2* — реле и контакты, замыкающие цепи лампы *2ЛС* и сирены *Ср*; *П* — кнопка «Пуск»; *3Р* и *3Р1* — реле и переключающий контакт, размыкающий цепь сирены *Ср*

б — установочная схема; *1* — бак (зумпф); *2* — шкаф магнитных пускателей; *3* — сигнальный ящик; *4* — звонок громкого боя; *5* — поплавковое реле; *6, 7* — магнитные пускатели; *8, 9* — сигнальные лампы; *10* — кнопка; *11, 12, 13* — многоконтактные реле; *14* — клеммник; *15* — линия переменного тока

ПР1 и возбудит катушку реле *1Р*, которое замкнет свои контакты *1Р1* и *1Р2*, включающие сигнальную лампу *1ЛС* и сирену *Ср*. Нажав кнопку *П*, включают реле *3Р*, которое разомкнет контакт *3Р1* и разорвет цепь сирены. Лампа *1ЛС* продолжает гореть, пока уровень жидкости в баке не снизится и контакт *ПР1* не разомкнется. Для снижения уровня жидкости потребуется включение (вручную) насосного агрегата.

При снижении уровня жидкости до крайнего нижнего положения поплавковое реле замкнет контакт *ПР2*, при этом включится реле *2Р*, замкнутся контакты *2Р1* и *2Р2*,

которые включат сигнальную лампу *2ЛС* и сирену *Ср*. При нажатии кнопки *П* снова включится реле *3Р* и переключением контакта *3Р1* разорвет цепь сирены *Ср*. Лам-

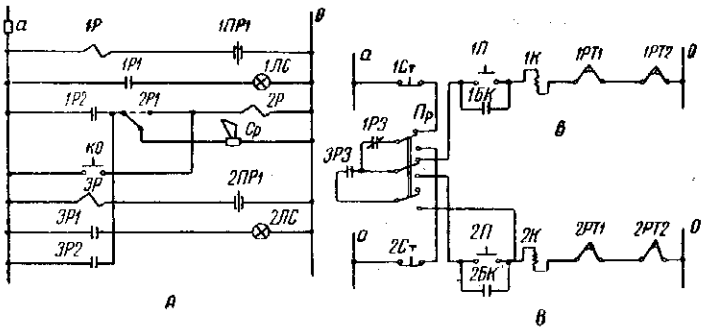


Рис. 87. Схемы сигнализации и автоматического управления насосными агрегатами:

А — схема сигнализации; *1ПР1, 2ПР1* — контакты поплавкового реле; *1Р, 2Р, 3Р* — промежуточные реле; *1Р1, 1Р2* — контакты реле *1Р* (соответствующие обозначения имеют контакты реле *2Р* и *3Р*); *1ЛС, 2ЛС* — сигнальные лампы

Б и *В* — схемы автоматического управления двигателями насосов; *1Ст, 2Ст* — кнопки «Стоп»; *1П, 2П* — кнопки «Пуск»; *1К, 2К* — катушки пусковых устройств; *1БК, 2БК* — блокконтакты; *1РТ1, 1РТ2, 2РТ1, 2РТ2* — контакты тепловых реле; *Пр* — переключатель

на *2ЛС* будет горсть, пока не повысится уровень жидкости после включения насосного агрегата.

Более совершенным способом управления работой насосных агрегатов является автоматическое управление. На рис. 87 показана схема автоматизации насосных агрегатов подачи реагентов.

Пусть в данный момент уровень жидкости в баке несколько ниже допустимого и насосный агрегат № 1 продолжает работать. При наполнении бака поплавок реле *1ПР* поднимется до верхнего уровня, и замкнется контакт *1ПР1*. При этом возбудится катушка промежуточного реле *1Р*, которое замкнет свои контакты *1Р1* и *1Р2*, загорится сигнальная лампа *1ЛС* у диспетчера и одновременно зазвучит сирена *Ср*, подающие сигналы о переполнении бака. Одновременно разомкнется контакт *1Р3* реле *1Р* и отключится электродвигатель № 1 рабочего насоса. Нажав кнопку *КО* диспетчер включит реле *2Р*, которое

переключающим контактом *2Р1* разомкнет цепь сирены *Ср*.

При понижении уровня реагентов разомкнется контакт поплавкового реле *1ПР1*, и погаснет лампа *1ЛС*; контакты реле *1Р* возвратятся в исходное положение: *1Р1* и *1Р2* — разомкнутое, *1Р3* — замкнутое.

При опорожнении реагентного бака, т. е. при опускании поплавка до наинизшего уровня, замкнется контакт *2ПР1* поплавкового реле и включит реле *3Р*. При этом замкнутся контакты *3Р1*, *3Р2* и *3Р3*; последуют световой и звуковой сигналы у диспетчера, одновременно замкнется цепь пускателя двигателя № 1, и вновь начнет работать реагентный насос.

Переключение схемы рабочего двигателя на резервный двигатель производится вручную переключателем *Пр*.

На рис. 88 показаны схемы автоматического контроля и управления работой насосов, откачивающих жидкость из резервуара (зумпфа). Для этой цели устанавливаются два насоса (один из них резервный), а к резервуару *1* (рис. 88, *б*) пристраиваются поплавковые реле *2* и *3* с поплавками *4* и *5*. Трубопроводы *6* и *7* рабочего и резервного насосов опущены в резервуар.

Электродвигатели насосов работают следующим образом. Пока уровень жидкости в резервуаре не выше отметки *I*, ни один из двигателей не включен, так как контакт поплавкового реле разомкнут. При повышении уровня до отметки *II* поплавки *4* и *5* поднимутся до этой отметки, и замкнется аварийный контакт ПР-АВ (рис. 88,*а*) поплавкового реле, замыкающий цепь аварийного двигателя насоса.

Подготовка схемы происходит в следующем порядке. Установив рукоятку универсального переключателя местного управления в соответствующее положение, замыкают контакты *1МУ2* и *1МУ4* оперативной цепи рабочего электродвигателя; соответственно устанавливают рукоятку универсального переключателя для выбора режима рабочего двигателя. При этом замыкаются контакты *ВР6* и *ВР4*. Цепь пускателя электродвигателя при уровне, не превышающем отметки *II*, разорвана. При повышении этого уровня контакт *ПР1* замкнется, и электродвигатель рабочего насоса включится в работу. Таким же

образом ведется подготовка схемы двигателя резервного насоса.

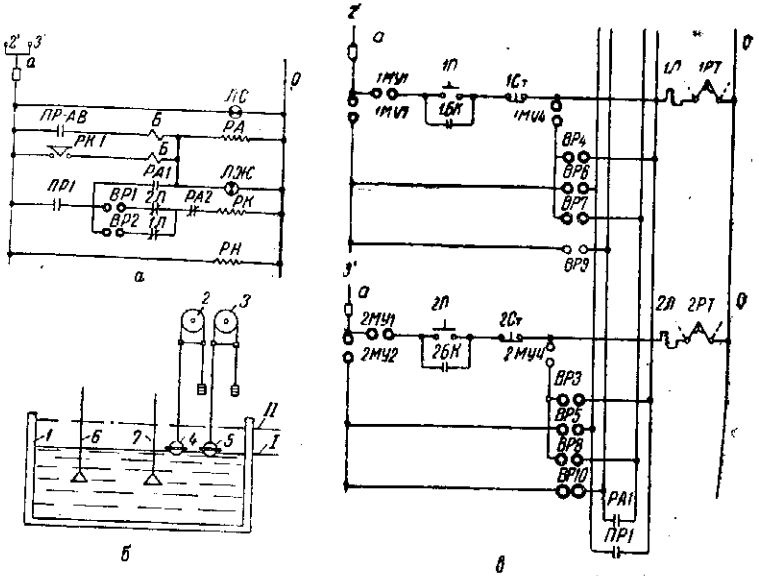


Рис. 88. Автоматический контроль и управление работой насосных агрегатов:

а — схема контроля работы насосных агрегатов; *2'* и *3'* — цепи питания от пускателей рабочего и резервного агрегатов; *а* и *о* — фазы; *ЛС* — сигнальная лампа; *ПР-АВ* — контакт поплавкового реле при аварийном уровне; *Б* — блинкер; *РА* — аварийное реле; *РК*, *РК1* — контрольное реле и его контакт; *РА1*, *РА2* — контакты аварийного реле; *ЛЖ* — желтая лампа, сигнализирующая о наступлении аварийного режима работы; *ПР1* — контакт поплавкового реле рабочего агрегата; *ВР1* и *ВР2* — контакты универсального переключателя выбора режима; *1Л* и *2Л* — контакты пускателей рабочего и резервного агрегатов; *РН* — реле контроля напряжения; *б* — схема автоматического управления двигателя; *1* — резервуар; *2*, *3* — поплавковые реле рабочего и резервного агрегатов; *4*, *5* — поплавки соответствующих реле; *6*, *7* — трубопроводы рабочего и резервного насосов; *I* — нижний уровень; *II* — аварийный уровень;
в — элементная (развернутая) схема; *1МУ1*, *1МУ2*, *1МУ4* — контакты универсального переключателя местного управления; *ВР3* ÷ *ВР10* — контакты переключателя выбора режима; *П* и *Ст* — кнопки «Пуск» и «Стоп»; *БК* — блокконтакты пускателей; *1Л*, *2Л* — катушки пускателей; *1РТ*, *2РТ* — тепловые реле

На рис. 88, *а* изображена схема контроля работы насосов. Лампа служит для контроля исправности предохранителей. При повышении уровня до отметки *II* замк-

нется контакт *ПР-АВ* поплавкового реле, которое воздействует на аварийное реле *РА*; последнее замкнет свой контакт *РА1*, и включится цепь магнитного пускателя *2Л* (рис. 88, *в*) двигателя резервного насоса.

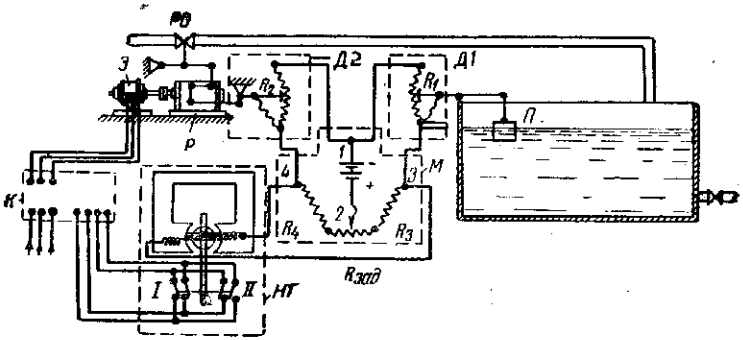


Рис. 89. Схема автоматического регулирования уровня растворов:

М — электрический мост; *1, 2, 3, 4* — диагонали моста; *I, II* — контакты переключателя; *Д1, Д2* — датчики; *П* — поплавок; *НГ* — нуль-гальванометр; *Э* — исполнительный электродвигатель; *РО* — регулирующий орган; *К* — контактор; *Р* — редуктор; R_1 и R_2 — реостаты; R_3 и R_4 — постоянные сопротивления; $R_{зад}$ — реостат задания

При произвольном отключении рабочего двигателя замкнется цепь контрольного реле *РК* и воздействует на аварийное реле, которое включит резервный агрегат.

По другой схеме уровень раствора в чане (рис. 89) измеряется при помощи датчика *Д1*, связанного с поплавком *П*. Этот датчик представляет собой реостат и является одним из плеч электрического моста *М*.

Зависимость величины сопротивления R_1 реостата от уровня раствора определяется следующим выражением:

$$R_1 = K \frac{H}{H_1 \cdot H_2}$$

где H_1 — высший уровень раствора;
H_2 — низший уровень раствора;
H — отклонение от высшего уровня;
K — коэффициент пропорциональности.

Переменное сопротивление R_2 составляет второе плечо электрического моста и служит реостатным датчиком

Д2 обратной связи. Этот реостат связан с редуктором *Р*. Остальные два плеча моста *М* выполнены в виде двух постоянных сопротивлений R_3 и R_4 и реостата задания $R_{зад}$. Сопротивление $R_{зд}$ соответственно раскладывается и суммируется с сопротивлениями R_3 и R_4.

Для питания электрического моста в диагональ *1—2* включается аккумуляторная батарея постоянного тока. К диагонали *3—4* присоединен контактный нуль-гальванометр *НГ*. Протекание тока в диагонали моста заставляет стрелку нуль-гальванометра отклониться от среднего положения и замкнуть контакты *I* и *II*, благодаря чему пусковой контактор *К* включает электродвигатель *Э* в соответствующем направлении. Электродвигатель, вращаясь, перемещает регулирующий орган *РО*, связанный с ним через редуктор *Р* и систему рычагов с концевыми выключателями.

Регулирование по схеме, приведенной на рис. 89, происходит в следующем порядке. Пусть регулятор вначале находился в установившемся положении. Через некоторое время открыли кран расхода раствора из чана, чем нарушили равновесие системы. Начинает понижаться уровень раствора, поплавок *П*, перемещаясь, уменьшает сопротивление R_1 датчика *Д1*. Равновесие моста *М* нарушается, по диагонали *3—4* протекает ток, благодаря чему отклоняется стрелка нуль-гальванометра *НГ*. Если стрелка отклонится вправо, замкнутся контакты *II* и включится электродвигатель *Э*. Вращение электродвигателя повлечет за собой одновременно открытие регулирующего органа *РО* и увеличение сопротивления R_2 датчика обратной связи *Д2*. При этом начнется процесс выравнивания притока и расхода раствора, с одной стороны, а с другой, восстановление равновесия моста *М*.

Состояние нового равновесия всей системы при увеличенном расходе раствора, т. е. при большей нагрузке, может быть установлено путем открытия на соответственно бо̀льшую величину регулирующего органа *РО* притока раствора. Следовательно, движок реостата обратной связи должен принять положение, отличное от первоначального, т. е. соответствующее бо̀льшей величине сопротивления R_2. Для восстановления равновесия моста

необходимо, чтобы и сопротивление реостата R_1 было больше. С другой стороны, увеличение сопротивления R_1 происходит при снижении уровня раствора в чане, следовательно, при увеличенной нагрузке в положении равновесия установится более низкий уровень в чане.

Установить величину неравномерности регулирования можно различными путями: изменением плеч рычагов между поплавковым устройством *П* и датчиком *Д1* или между редуктором *Р* и датчиком обратной связи *Д2*. Реостатом задания $R_{зад}$ можно изменить величину заданного значения.

Чтобы получить схему без обратной связи, достаточно заменить переменное сопротивление R_2 сопротивлением постоянной величины.

Автоматическое регулирование постоянства расхода воды

Всесоюзным теплотехническим институтом (ВТИ) разработана схема прибора, обеспечивающего постоянство расхода воды в зависимости от давления, с применением электронной аппаратуры ВТИ завода «Энергодеталь» (регулятор с переменным регулируемым перепадом давлений).

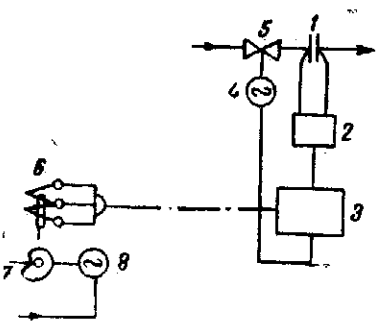


Рис. 90. Схема регулирования постоянства расхода воды при помощи прибора ЭР-III

На рис. 90 изображена схема регулирования. В этой схеме расход воды определяется по перепаду давлений на измерительной шайбе *1*. Разность давлений измеряется дифманометром *2*, от которого импульс передается к регулирующему прибору *3* типа ЭР-III, а от него — к исполнительному двигателю *4*, управляющему клапаном *5*.

Заданное значение расхода, поддерживаемого регулятором, можно изменить с помощью задатчика, встроенного в регулирующий прибор.

Для автоматического изменения расхода в зависимости от давления используется датчик перемещения *6* типа ДП, управляемый с помощью профильного кулачка *7*. Кулачок укреплен на валу исполнительного двигателя *8* регулятора давления.

На рис. 91 приведена схема регулирования с одноламповым электронным следящим прибором типа ЭСП с малым временем изодрома, более простым по сравнению с электронным регулирующим прибором ЭР-III; при этом добавляется задатчик *2*. Чувствительность автоматического задатчика изменяется сопротивлением *6*, а величина сопротивления *5* изменяет цену деления задатчика.

Точность регулирования при использовании прибора ЭР-III составляет $\pm 1 \div 1{,}25\%$ от величины номинальной нагрузки агрегата; при замене прибора типа ЭР-III прибором типа ЭСП точность не превышает $\pm 1{,}5 \div 2\%$.

Электронный регулятор ЭР-III имеет следующую техническую характеристику:

Напряжение питания через феррорезонансный стабилизатор частотой 50 *гц*, *в*	210±20
Потребляемая мощность, *ва*	16
Температура окружающего воздуха, °С	50
Сопротивление входа электронного блока, *ом*	1000±200
Минимальная зона нечувствительности, *мв*	2—6 (переменное напряжение)
Время изодрома, сек.	1—500
Минимальное сопротивление внешней нагрузки регулирующего прибора, *ом*	160
Время сервомотора электромеханического типа КДУ, сек.	20—90

Ниже приведена техническая характеристика электронного следящего прибора ЭСП:

Напряжение питания, *в*	210±20
Минимальная нечувствительность по постоянному напряжению, *в*	~±0,1
Минимальная нечувствительность по переменному напряжению, *мв*	~±8
Максимальное время изодрома, сек.	10
Минимальное сопротивление нагрузки (сопротивление катушки управления магнитного пускателя), *ом*	160

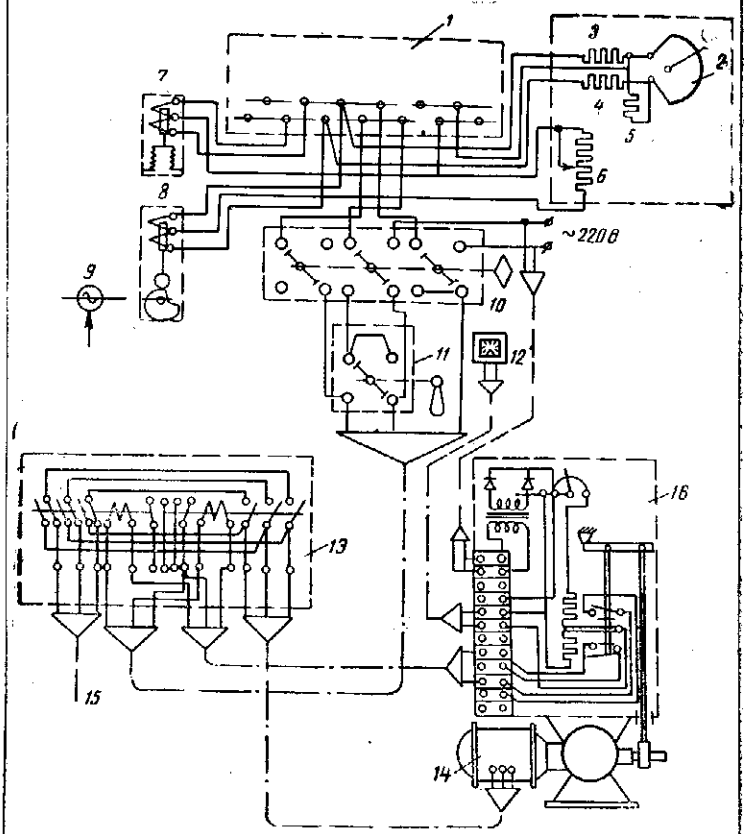


Рис. 91. Схема регулирования при помощи электронного следящего прибора ЭСП:

1 — прибор ЭСП; *2* — задатчик сопротивлением 15 ÷ 20 *ом*; *3* и *4* — добавочные сопротивления; *5* — сменное сопротивление для изменения цены деления задатчика; *6* — переменное сопротивление 80 ÷ 150 *ом*; *7* — дифманометр типа *ДМ*; *8* — автоматический задатчик типа *ДП*; *9* — исполнительный двигатель; *10* — переключатель с автоматического на дистанционное управление; *11* — ключ дистанционного управления; *12* — указатель положения; *13* — магнитный пускатель типа 1МКР-0; *14* — исполнительный двигатель питательного клапана типа КДУ; *15* — питательный ввод напряжением 220 *в*; *16* — блок управления исполнительным двигателем

Автоматическое регулирование температуры растворов

На рис. 92 изображена механическая схема регулятора низкой температуры РНТ завода «Энергодеталь», который может быть использован для регулирования температуры пульпы на обогатительных фабриках.

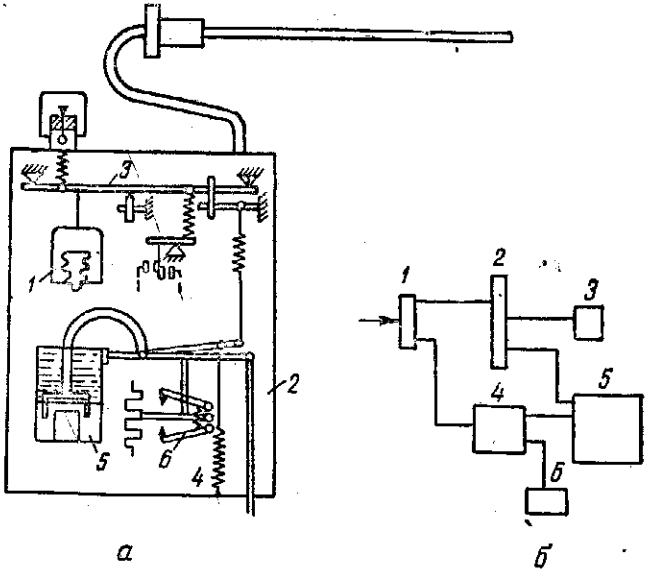


Рис. 92. Схема регулятора низкой температуры:

а — механическая схема; *1* — гармониковая мембрана; *2* — регулятор; *3* — основной рычаг; *4* — пружина настройки; *5* — изодром; *6* — электрозолотник;
б — скелетная схема; *1* — сборка питания; *2* — сборка цепей управления; *3* — переключатель автоматики; *4* — реверсивный магнитный пускатель; *5* — регулятор РНТ; *6* — исполнительный электродвигатель

Импульсным органом регулятора является парожидкостный манометрический термометр, заполненный ацетоном. В качестве измерительной системы используется термобаллон и гармониковая мембрана (сильфон) *1* (рис. 92, *а*), соединенные капиллярной трубкой, защищенной гибким металлическим шлангом. Термобаллон

помещается в трубопроводе горячей воды. Сильфон у
новлен в кожухе регулятора.

При изменении температуры воды в трубопроводе
меняется давление паров ацетона, что приводит к
рушению равновесия основного рычага *3* регулятор
замыканию одного из контактов электрозолотни
включающего исполнительный двигатель регулятора
помощи магнитного пускателя.

Заслонка, регулирующая доступ холодного воз
связана с исполнительным двигателем регулятора;
повышении температуры заслонка открывается, пр
нижении — закрывается.

Регулятор действует при помощи изодрома *5* и
печивает поддержание постоянной заданной темп
ры, корректируемой путем изменения натяжения п
ны *4* особой гайкой.

Регулятор РНТ изготовляется двух видов: для
лирования температуры в пределах 65—80° и в пре
65—105°.

6. Автоматическое регулирование плотности пуль

Плотность пульпы является одним из основных
торов, влияющих на эффективность процесса обогащ

Автоматическое непрерывное измерение плот
пульпы возможно путем непрерывного взвешивания
да с протекающей пульпой при помощи ареометра
поплавка или диафрагмы, а также по гидростатиче
и пьезометрическому (пневматическим по противо
нию) способам.

Пьезометрический метод измерения и автомати
регулирования плотности пульпы получил наибо
распространение на обогатительных фабриках.

Схема пьезометрического регулятора плотности
лпы типа ПРП Центральной лаборатории авто
(ЦЛА) Министерства черной металлургии СССР
меняемого на ряде обогатительных фабрик, изоб
на на рис. 93. К двум трубкам *1* и *2* пьезометри
станции подводится сжатый воздух от системы пит
состоящей из гидрокомпрессора *3*, отстойника *4*

пределителя потоков *5*. Отводящие штуцеры распределителя потоков диафрагмированы шайбами с калиброванными отверстиями, поэтому разность давлений в трубках

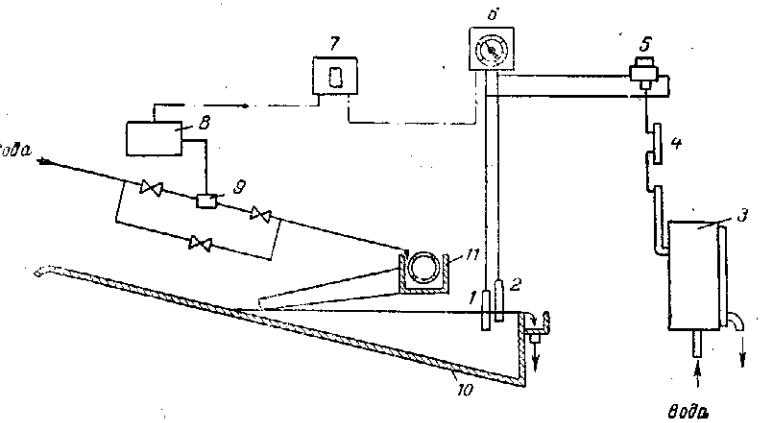


Рис. 93. Схема установки автоматического регулирования плотности пульпы системы ЦЛА:

1, 2 — трубки пьезометрической станции; *3* — гидрокомпрессор; *4* — отстойник; *5* — распределитель потоков; *6* — дифманометр; *7* — электрический регулятор; *8* — исполнительный механизм; *9* — регулирующий клапан; *10* — чан классификатора; *11* — питающий жолоб

пьезометрической станции зависит лишь от плотности пульпы и измеряется дифманометром *6*, показывающим и регистрирующим на дисковой диаграмме мгновенные значения плотности пульпы.

В дифманометр встроен датчик и механизм задатчика, преобразующие всякое отклонение плотности пульпы от заданного на дифманометре значения в электрический сигнал, поступающий на электрический регулятор *7*. В зависимости от знака, величины и длительности отклонения фактической плотности от заданного значения регулятор *7* посылает соответствующий импульс исполнительному механизму *8*, который, перемещая рычаг клапана *9*, изменяет количество воды, подаваемой в классификатор *10*, до тех пор, пока заданное значение плотности не будет восстановлено. По этой схеме осуществляется изодромное регулирование. Исключив из схе-

мы регулятор 7, можно упростить ее, применив позиционное или астатическое регулирование.

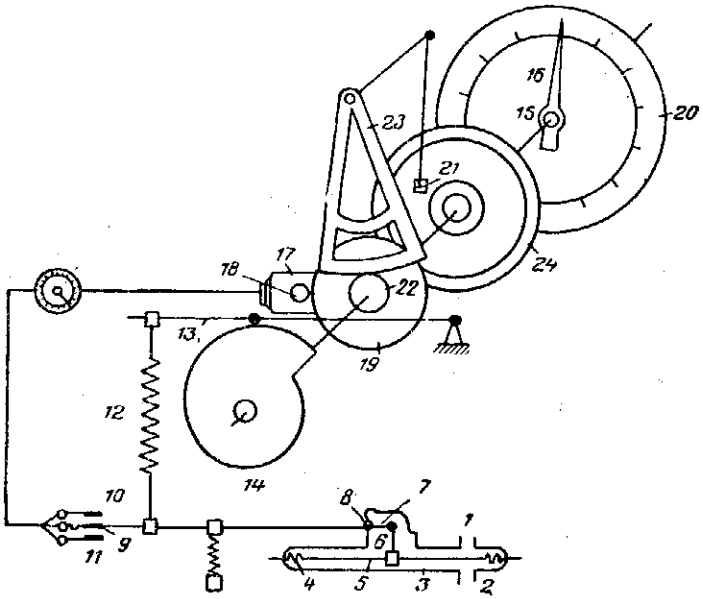


Рис. 94. Схема мембранного дифманометра МДП-62 системы ЦЛА:

1 и *2* — штуцеры; *3* — мембранная коробка; *4* — мембрана; *5* — жесткая часть мембраны; *6* — шток; *7* — короткое плечо коромысла; *8* — ось вращения коромысла; *9* — подвижный контакт; *10* и *11* — неподвижные контакты; *12* — спиральная пружина; *13* — рычаг; *14* — кулачок (лекало); *15* — ось вращения стрелки; *16* — стрелка; *17* — балансирующий двигатель; *18* и *19* — зубчатые шестерни; *20* — шкала; *21* — перо; *22* — шестерня; *23* — зубчатый сектор; *24* — диаграмма

Для измерения разности давлений в пьезометрических трубках и ее отклонений от заданного значения устанавливается мембранный дифманометр МДП-62 (рис. 94), при помощи которого дается электрический сигнал регулятору. Действие этого прибора основано на компенсационном принципе; дифманометр имеет релейную балансирную систему. Разность давлений от пьезометрических трубок подается к штуцерам *1* и *2* мембранной коробки *3*, разделенной на две полости вялой мебраной *4*. Ее жесткая

часть *5* соединена через шток *6* с коротким плечом коромысла *7*, вращающимся вокруг оси *8*. На свободном конце длинного коромысла имеется контакт *9*, который замыкается с неподвижными контактами *10* или *11* в зависимости от направления перемещения коромысла. К этому же концу рычага прикреплен один конец тарированной цилиндрической спиральной пружины *12*, другой конец которой укреплен на конце рычага *13*. Подъем и опускание этого рычага зависят от угла поворота профилированного плоского кулачка *14*; на втором конце его оси *15* укреплена стрелка *16*. Кулачок получает вращение от реверсивного балансирующего двигателя *17* через зубчатые шестерни *18* и *19*.

Повышение разности давлений приводит к опусканию контакта *9* вниз и замыканию его с контактом *11*. Двигатель *17* через шестерни *18* и *19* приводит в движение кулачок *14*, поднимающий рычаг *13*. Растягиваясь, пружина *12* уравновешивает возросшее усилие на мембрану. Контакт *9* возвращается в первоначальное (среднее) положение, и двигатель *17* останавливается.

Таким образом, каждому значению разности давлений в пьезометрических трубках соответствует определенное положение кулачка, а вместе с ним и стрелки *16* на шкале *20*. Зависимость показаний прибора от величины разности давлений имеет линейный характер.

Перо *21* через зубчатую шестерню *22* и зубчатый сектор *23* связано с осью кулачка *14* и одновременно со стрелкой перемещается по диаграмме *24*, регистрируя разность давлений. Вращение диаграммы в приборе осуществляется приводом типа ПД-36 (на схеме не показан), состоящим из трех основных частей: синхронного двигателя типа СД-2 для напряжения 127 *в*, редуктора и фрикционной планшайбы.

Балансирующий двигатель *17* служит для преобразования небаланса усилий между штоком мембраны *6* и компенсирующей пружиной *12* в соответствующий угол поворота кулачка *14*. Направление и время вращения двигателя зависят от знака и величины небаланса. В качестве балансирующего двигателя используется двухфазный двигатель типа Д-32, в котором сдвиг фаз между то-

ками в обмотках осуществляется при помощи активного сопротивления.

Принципиальная схема управления двигателем Д-32 изображена на рис. 95. Реостаты *1* и *2* предназначены для создания сдвига фаз токов в обмотках балансирующего двигателя Д-32 при замыкании подвижного контакта контактного датчика с одним из неподвижных контактов: при

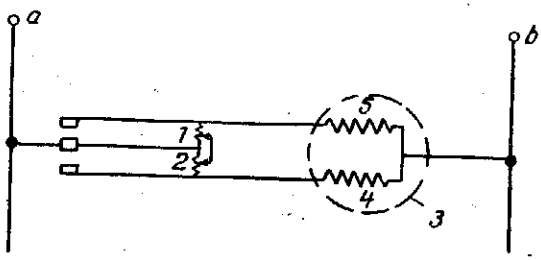


Рис. 95. Принципиальная схема электродвигателя Д-32:

1, *2* — реостаты; *3* — двигатель; *4*, *5* — обмотки двигателя; *a* и *b* — фазы питающей сети переменного тока напряжением 127 *в*

замыкании верхнего контакта двигатель вращается в одну сторону, а при замыкании нижнего контакта — в противоположную. Скорость вращения двигателя зависит от величин сопротивления реостатов *1* и *2*. Эти же реостаты используются в схеме в качестве искрогасящих сопротивлений.

На рис. 96 изображена схема изодромного устройства ИР-130. При отклонении регулируемого параметра от заданной величины реостатный движок *1* датчика потенциометра *2* перемещается в соответствующую сторону. Возникшее вследствие этого напряжение небаланса в диагонали между датчиком потенциометра *2* и реостатом *3* подается на входной трансформатор *4* пропорционального электронного нуль-реле *5*, которое через промежуточное реле *6* включает с помощью магнитного пускателя *7* исполнительный механизм. Последний передвигает ползунок *8* реостата и останавливается, когда мост приходит в равновесие.

Вследствие установившегося напряжения небаланса в диагонали моста между датчиком потенциометра *2* и реостатом *3* замыкается цепь нуль-реле, которое включает электродвигатель *9*, перемещающий движки спаренных реостатов *10* и *11*. При этом напряжение небаланса, подаваемого на трансформатор *4*, увеличивается, и включается одна из обмоток нагревателя термостата *12*, а сопротивления *13* и *14* изменяются.

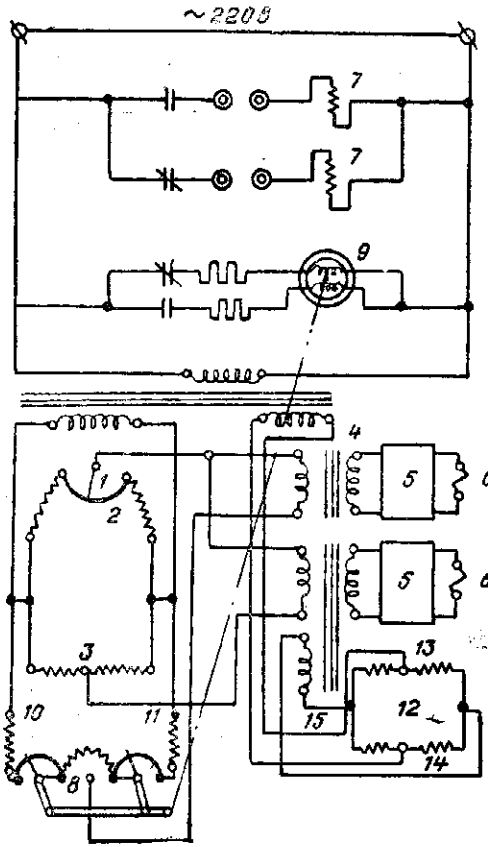


Рис. 96. Принципиальная схема изодромного устройства ИР-130:

1 — реостатный движок; *2* — датчик потенциометра; *3* — реостат; *4* — входной трансформатор; *5* — пропорциональное электронное нуль-реле; *6* — промежуточное реле; *7* — магнитный пускатель; *8* — ползунок реостата; *9* — электродвигатель; *10* и *11* — спаренные реостаты; *12* — термомост; *13* и *14* — сопротивления; *15* — трансформатор

Для автоматического регулирования плотности пензии служит контактный милливольтметр *КГ*. Рабо контакты прибора могут выдерживать напряжение 500 *в* при силе тока 5 *а* и служат для включения ви торов питателей (одного или более).

Этот прибор поддерживает плотность суспензии ст постоянной с максимальными отклонениями ±0,01 г (или около ±5%). Необходимая плотность суспен т. е. пределы минимального и максимального ее зн ния, когда включается или выключается питатель ут лителя, устанавливается при помощи подвижных рыча

7. Контроль щелочности пульпы

Регулирование щелочности пульпы имеет большое чение в процессах обогащения руд.

Для измерения щелочности пульпы и раствор величине pH (концентрации водородных ионов) наи шее распространение получил электрометрический сп

Этот способ основан на использовании электродв щей силы (э. д. с.), возникающей на двух специал электродах, погруженных в контролируемую пульпу личина э. д. с. зависит от концентрации водоро ионов. Один из двух электродов является основным, гой — сравнительным. Потенциал основного элект изменяется при изменении величины pH пульпы, а по циал сравнительного электрода остается постоянным.

Из различных видов основных электродов (водо ного, хингидронного, сурьмяного и стеклянного) при ются преимущественно стеклянные электроды; в каче сравнительного электрода используется обычно к мельный.

По своим свойствам стеклянный электрод практич применим в любых растворах. Область измерения в чины pH стеклянным электродом находится в преде 2÷10 pH и выше.

Недостатком, ограничивающим область его приме ния, является большое внутреннее сопротивление, до гающее нескольких десятков и сотен мегом. Кроме т с течением времени на наружных стенках стеклян электродов образуется корка пульпы, увеличивающая

противление электрода. Эти обстоятельства приводят к необходимости измерения э. д. с. методами, отличными от обычных потенциометрических методов. Следует также иметь в виду и другие его недостатки: недолговечность при малых омических сопротивлениях и невозможность многоточечного контроля pH.

Стеклянный электрод представляет собой трубку, оканчивающуюся тонкостенным шариком. Этот шарик, помещенный в контролируемую среду — в пульпу, и является чувствительной частью электрода. Электрод заполняется 10%-ным раствором соляной кислоты, а через верхнюю открытую часть в него погружается вспомогательный хлоросеребряный полуэлемент, закрепляемый при помощи эбонитового штуцера и каучуковой трубки. Хлоросеребряный полуэлемент состоит из платиновой проволоки, впаянной в конец стеклянной трубки из обычного лабораторного стекла. Выступающий конец платиновой проволоки электролитически покрыт слоем серебра и поверх него — слоем хлористого серебра. Противоположный конец платиновой проволоки через сплав Вуда соединен с медным контактом. Чувствительная (регистрирующая) часть электрода изготавливается из особого стекла, обладающего большой электропроводностью. Содержащиеся в электроде ионы (H+) и (OH—) придают его наружной поверхности, соприкасающейся с контролируемой пульпой, потенциал, величина которого зависит от степени концентрации водородных ионов пульпы или раствора.

При точных измерениях необходимо иметь в виду, что э. д. с. стеклянного электрода зависит от температуры. Температурный коэффициент, или отношение приращения э. д. с. к приращению pH, для стеклянных электродов равен 0,2 *мв* на 1°. Температура влияет также на величину омического сопротивления стеклянного электрода.

Стеклянная стенка электрода обладает электропроводностью, величина которой определяется ее сопротивлением. Чем меньше сопротивление электрода, тем легче измерить величину его э. д. с. С понижением температуры электрода значительно увеличивается его сопротивление. Так, если понизить температуру до 10°, сопротивление электрода повысится до величины порядка 1000 *мгом*.

Для нормальной работы стеклянного электрода необходимо поддерживать по возможности постоянную температуру в пределах 20—30°; стеклянный и сравнительный электроды и температурный компенсатор также должны находиться в среде с одинаковой температурой.

Для защиты электродов от механических повреждений и обеспечения их контакта с контролируемой (испытуемой) средой применяют датчики pH-метра СП-pH-2, представляющие собой небольшую камеру, в которой устанавливаются стеклянный и сравнительный электроды. Конструкция датчика определяется условиями измерения; при необходимости производить измерения в поточной жидкости к камере с электродами присоединяется трубка для подвода жидкости. Во избежание возможного повышения давления в камере и повреждения стеклянного электрода необходимо обеспечить свободный выход жидкости.

Регистрирующий pH-метр СП-pH-2 сконструирован на основе регистрирующего потенциометра СП-1 для измерения температур. Прибор скомплектован из потенциометра для измерения э. д. с. электродов, блока электронного усилителя импульсов и гальванометра. В электрической части прибора через определенные промежутки времени возникают импульсы тока, которые отбрасывают стрелку баллистического гальванометра от нулевого значения. Импульсы тока создаются прерывателем в цепи электродов, приводимым в действие от электродвигателя.

Движок реохорда, перемещаясь в зависимости от отклонения стрелки гальванометра, компенсирует через кинематический механизм э. д. с. электродов.

Принципиальная схема pH-метра показана на рис. 98. Измерительная часть прибора получает питание от трехвольтовой батареи *1* из сухих элементов. Э. д. с. электродов прилагается к точкам *2* и *3*. Точка *2* является точкой соприкасания движка с реохордом *4* и во время работы может изменить свое положение. Точка *3* соответствует точке подвижного контакта регулятора нуля *5* схемы, которая во время работы прибора с электродами остается неподвижной. Между точками *2* и *3* измерительной части схемы возникает определенная разность потенциалов, создаваемая э. д. с. сухой батареи 3 *в*. Разность потенциалов при установленной силе тока в цепи изменяется при

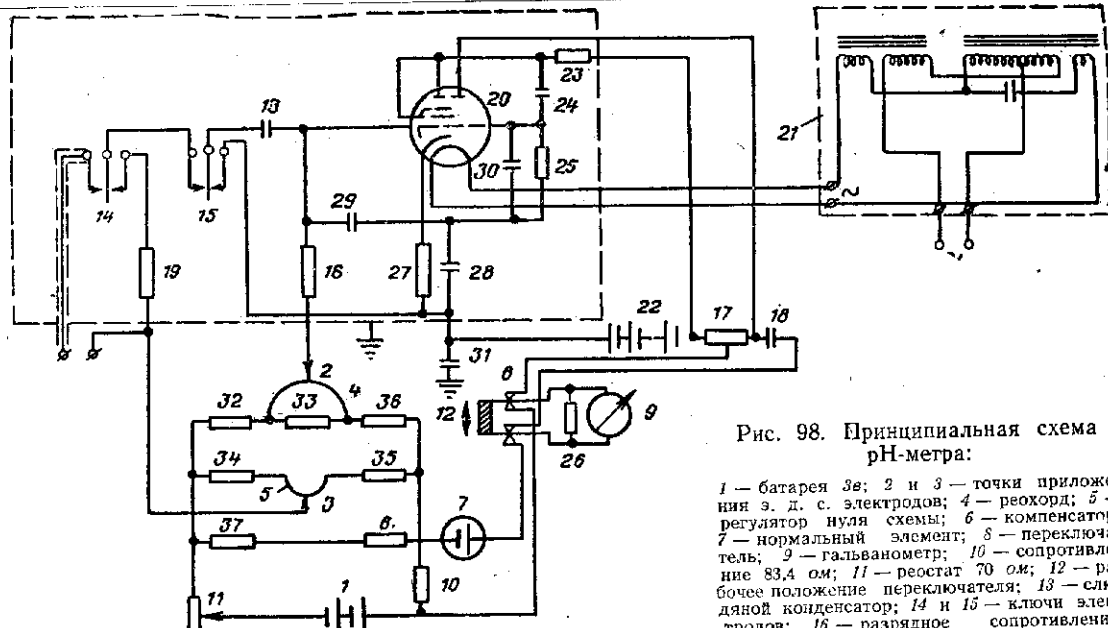


Рис. 98. Принципиальная схема pH-метра:

1 — батарея *3в*; *2* и *3* — точки приложения э. д. с. электродов; *4* — реохорд; *5* — регулятор нуля схемы; *6* — компенсатор; *7* — нормальный элемент; *8* — переключатель; *9* — гальванометр; *10* — сопротивление 83,4 *ом*; *11* — реостат 70 *ом*; *12* — рабочее положение переключателя; *13* — слюдяной конденсатор; *14* и *15* — ключи электродов; *16* — разрядное сопротивление; *17* — анодное сопротивление; *18* — конденсатор гальванометра; *19* — сопротивление в цепи электрода; *20* — электронная лампа; *21* — стабилизатор напряжения; *22* — сухая батарея; *23* — сопротивление (анодная нагрузка первого каскада); *24* — разделительный конденсатор; *25* — сопротивление второго каскада; *26* — сопротивление, шунтирующее рамку гальванометра; *27* — сопротивление отрицательного смещения напряжения; *28* — электролитический конденсатор; *29* и *30* — конденсаторы, шунтирующие сетки лампы; *31* — конденсатор; *32—37* — сопротивления в цепях реохорда и регулятора нуля

перемещении движка реохорда от нижнего до верхнего конца в зависимости от изменения э. д. с. электродов в пределах шкалы прибора (2 ÷ 11 pH).

Компенсационный метод измерения э. д. с. основан на том, что приложенная к точкам *2* и *3* схемы э. д. с. электродов компенсируется равной и противоположно направленной разностью потенциалов между точками *2* и *3*. Таким образом, для компенсации изменившейся э. д. с. электродов требуется изменение разности потенциалов между точками *2* и *3*. Схема потенциометра рассчитана таким образом, что на сопротивлении реохорда возникает падение потенциала, величина которого обеспечивает компенсацию всех возможных значений э. д. с. электродов при изменениях pH в пределах шкалы прибора от 2 до 11.

Разность потенциалов можно изменять вручную, перемещая движок реохорда, или автоматически — при помощи особого кинематического механизма. Одновременно с движком реохорда по шкале прибора перемещается стрелка, показывающая измеренную величину pH.

Э. д. с. электродов в определенной степени зависит от их температуры: при одних и тех же величинах pH э. д. с. может иметь разные значения при различной температуре. Поэтому прибор имеет компенсатор *6*. Для обеспечения одинаковой с электродами температуры компенсатор выносится из прибора и устанавливается рядом с ними.

Температурный компенсатор представляет собой сопротивление из никелевой проволоки, изменяющее свою величину при колебаниях температуры. При изменении сопротивления компенсатора разность потенциалов между точками *2* и *3* изменяется пропорционально изменению э. д. с. электродов при колебаниях их температур. Следовательно, достигается правильность показаний прибора при колебании температур электродов в пределах 10÷60°.

Стандартизация тока батареи в схеме потенциометра осуществляется при помощи нормального элемента *7* периодически, вручную, переключателем *8*. Во время стандартизации тока нормальный элемент подключается через гальванометр *9* к сопротивлению *10*. В момент достижения стандартизации стрелка гальванометра находится на

нулевом делении своей шкалы, и э. д. с. нормального элемента компенсируется разностью потенциала на сопротивлении *10*, после чего переключатель переводится в рабочее положение *12*. Проверка механического нуля гальванометра осуществляется установкой переключателя *8* в среднее положение, причем стрелка гальванометра устанавливается вручную при помощи корректора.

Стандартизация тока батареи и проверка механического нуля гальванометра осуществляются при работающем кинематическом механизме прибора.

Очень высокое сопротивление стеклянного электрода и малая величина тока в цепи не позволяют подавать э. д. с. электродов непосредственно через гальванометр на потенциометр pH-метра. Электроды периодически подключаются через слюдяной конденсатор *13*.

В цепь электродов включены два ключа *14* и *15*; первый из них служит для проверки нуля схемы, второй — непрерывно, при помощи эксцентрика, переключается и через определенные промежутки времени поочередно замыкает левый и правый контакты. Эксцентрик расположен на валу электродвигателя, вращающего главный кулачок кинематического механизма. При замыкании ключом *15* левого контакта конденсатор *13* заряжается под действием напряжения небаланса, вследствие чего на обкладках конденсатора создается разность потенциалов, пропорциональная по величине и по знаку напряжению небаланса. Когда ключ *15* замыкает свой левый контакт (во время зарядки конденсатора), стрелка гальванометра незажата.

Зарядка конденсатора продолжается около 2 сек. После быстрого переключения ключ *15* замыкается на правый контакт, обкладки конденсатора соединяются между собой, и конденсатор начинает разряжаться через сопротивление *16* в течение 2 сек. В случае небаланса обкладки конденсатора имеют разные потенциалы, и при замыкании ключа *15* на правый контакт через сопротивление *16* потечет импульсный ток, который создаст на нем определенное падение напряжения, передающееся на сетку электронной лампы.

Электронная лампа собрана в схеме двухкаскадного усилителя импульсов, в котором происходит усиление им-

пульсов тока конденсатора *13*. Вследствие этого анодный ток лампы протекает через сопротивление *17* и создает достаточно высокое падение напряжения, которое, в свою очередь, создает импульс тока в цепи гальванометра и конденсатора *18*. Стрелка гальванометра дает отброс от нулевого положения. В момент наибольшего отклонения стрелка гальванометра автоматически зажимается и кинематический механизм включается в работу на один цикл. Движок реохорда и вместе с ним стрелка прибора перемещаются по шкале в сторону баланса схемы; затем стрелка освобождается, и цикл повторяется. По мере приближения к положению компенсации разность потенциалов на обкладках конденсатора уменьшается, делаясь равной нулю при достижении компенсации (баланса).

В этом случае замыкание ключа *15* на правый контакт уже не вызывает протекания тока через сопротивление *16*, на сетку лампы импульс не подается, стрелка гальванометра остается на нулевом делении. Это положение соответствует полной компенсации, при которой стрелка или записывающее перо дает точное показание величины pH.

Направление отброса стрелки гальванометра определяется полярностью небаланса. Стрелка может отклоняться вправо и влево, что обеспечивает автоматическую компенсацию в пределах любой точки шкалы прибора при возрастании и уменьшении величины pH.

Переключая вручную ключ *14* на правый контакт, проверяют нулевую точку прибора во время его работы, причем цепь электродов отключается от схемы.

На обкладки конденсатора *13* через сопротивление *17* подается разность потенциалов от точек *2* и *3* схемы потенциометра. Если перед проверкой стрелка прибора находилась на отметке, соответствующей какому-нибудь значению pH, близкому 1,8, то она начнет автоматически перемещаться к указанному значению. Стрелка остановится на делении около 1,8 pH, соответствующем нулевому значению разности потенциалов между точками *2* и *3* схемы. Подрегулировка нулевого напряжения производится реохордом *5*, ручка которого выведена на переднюю панель прибора.

Регулятором нуля *5* можно пользоваться для подгонки показаний прибора при проверке по буферным (эталонным) растворам, т. е. когда электроды помещаются в среду с заранее известной величиной pH. После таких подгонок нулевое положение стрелки может измениться и не быть равным 1,8 pH. Это непостоянство нулевой точки объясняется некоторой разницей в потенциалах отдельных электродов. Стеклянные электроды не обладают в одинаковых условиях совершенно одинаковыми потенциалами, поэтому при замене их необходимо проверять каждый электрод по буферным растворам.

Перед измерением и проверкой нуля необходимо стандартизировать ток батареи.

Для усиления импульсов напряжения, снимаемых с сопротивления *16* цепи электродов, предназначен электронный усилитель. В усилителе используется электронная лампа *20* типа 6Ф7, представляющая собой двойной пентод-триод, который отличается весьма малыми сеточными токами. Нить накала лампы питается переменным током напряжением 6 *в*, которое поддерживается строго постоянным при помощи стабилизатора напряжения *21*. Для питания анодов лампы в схеме применяется сухая батарея *22* напряжением 45 *в*. Усиление напряжения производится двумя каскадами, в первом используется левая пентодная часть лампы, включенная по триодной схеме, во втором — правая триодная часть лампы.

Сопротивление *23* является анодной нагрузкой первого каскада усиления. Через разделительный конденсатор *24* импульс тока передается на второй каскад. Анодной нагрузкой второго каскада является сопротивление *25*, служащее одновременно регулятором чувствительности прибора. Ручка управления этого сопротивления выведена на переднюю панель прибора.

К анодной нагрузке второго каскада через конденсатор *18* присоединен баллистический гальванометр *9*. Стрелка его дает отброс при каждом импульсе. Сопротивлением *26* шунтируется рамка гальванометра. Сопротивление *27* создает автоматическое отрицательное смещение порядка 2 *в* на сетку левой части лампы. Сопротивлением утечки сетки левой части лампы служит сопротивление *16*. Сопротивление *25* является сеточным сопротивле-

нием правой части лампы. Электролитический конденсатор *28* включен в анодные и сеточные цепи лампы. Конденсаторы *29* и *30* шунтируют сетки лампы и препятствуют генерации. Назначение конденсатора *31* — уменьшить влияние на схему со стороны сети переменного тока.

Для поддержания постоянным напряжения питания цепи накала лампы применяется стабилизатор напряжения феррорезонансного типа.

На рис. 99 изображена схема внешних соединений pH-метра СП-pH-2.

8. Автоматический контроль в отделениях обезвоживания

Контроль работы сгустителей

Если в сгустителе скопилась слишком плотная пульпа или крупный песковый материал, гребки сгустителя перегружаются, что может привести к остановке машины. Чтобы предотвратить это, в цепь электродвигателя, приводящего в движение сгуститель, устанавливают реле максимального тока по схеме, изображенной на рис. 100.

При перегрузке сгустителя ток, протекающий в обмотке максимального реле *РМ*, возрастает, и его контакт *РМ1* замкнется. При этом возбудится обмотка реле *1Р*, которое замкнет свои контакты *1Р1*, *1Р2* и *1Р3*, включив одновременно сигнальную лампу *1ЛС*, сирену *Ср* у сгустителя и лампу *2ЛС* на диспетчерском пункте.

Кнопкой *К* включается реле *2Р*, отключающее с помощью переключающего контакта *2Р1* сирену.

Ток трогания реле максимального тока устанавливается при регулировании всей системы из расчета 125—140% номинальной силы тока электропривода сгустителя.

Контроль чистоты воды и растворов

Для обеспечения нормального хода процесса обогащения необходим постоянный контроль чистоты воды и растворов после фильтрации. Наличие посторонних примесей в жидкости определяется специальным прибором, состоящим из фотоэлемента, соединенного с усилителем и чувствительным реле, которое срабатывает при падении силы тока ниже известной величины вследствие затемнения фо-

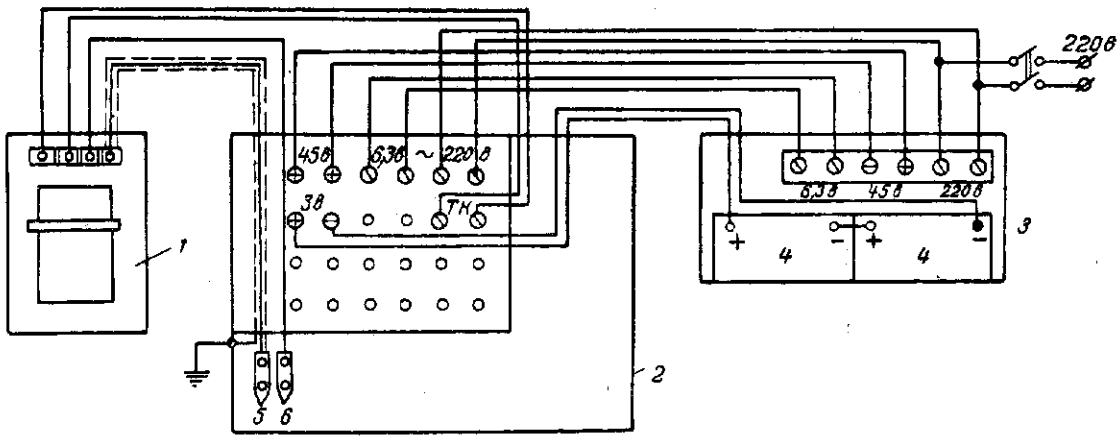


Рис. 99. Схема внешних соединений pH-метра:

1 — датчик; *2* — регистратор показаний; *3* — блок питания; *4* — сухой элемент типа БНС-500; *5* — стеклянный электрод; *6* — каломельный электрод

тоэлемента. В цепь реле включается соответствующее сигнальное или авторегулирующее устройство.

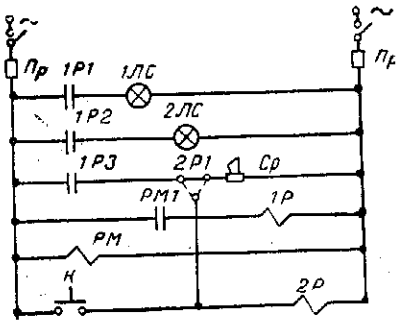


Рис. 100. Схема сигнализации о перегрузке сгустителя:

Пр — предохранители; *РМ* — реле максимального тока; *РМ1* — контакт реле *РМ*; *1Р* и *1Р1*, *1Р2*, *1Р3* — промежуточное реле и его контакты; *1ЛС* — сигнальная лампа у сгустителя; *2ЛС* — сигнальная лампа в диспетчерской; *Ср* — сирена у сгустителя; *2Р* и *2Р1* — промежуточное реле и его контакт отключения сирены; *К* — кнопка подачи импульса к реле *2Р* на отключение сирены

Для количественного определения мутности жидкости применяют фотоэлемент с чувствительным измерительным прибором и источником света постоянной светосилы. Этот метод является более совершенным и чувствительным, но вместе с тем и наиболее сложным.

Схема простейшего прибора этого типа — нефелометра — изображена на рис. 101. Контролируемая пульпа проходит через прибор по направлению, показанному

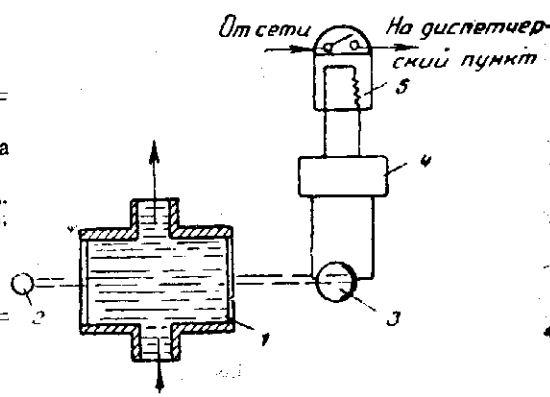


Рис. 101. Схема нефелометра:

1 — стекло нефелометра; *2* — лампа; *3* — фотоэлемент; *4* — усилитель; *5* — реле

стрелками. Через оба стекла нефелометра *1* проходит свет от лампы *2* определенной мощности При нормальной плотности (или прозрачности) фотоэлемент *3* не реагирует на свет.

При каком-либо отклонении от нормальной плотности изменяется поток проходящего света, через фотоэлемент протекает ток к усилителю *4* и далее к реле *5*, от которого подается сигнал диспетчеру.

Для окрашенных жидкостей перед фотоэлементом должен быть установлен соответствующий светофильтр.

9. Приборы и схемы автоматического учета

Автоматический учет количества руды

Определение количества переработанной руды — одно из средств учета работы фабрики. Вес обработанной руды измеряется автоматическими транспортерными весами; путем периодического взвешивания подачи руды питателем с учетом скорости подачи (числа оборотов двигателя питателя); по замеру отношения жидкого к твердому слива классификатора; путем замера уровня руды в бункерах.

Первый метод наиболее точен; второй наиболее прост, но менее точен; третий применяется для контроля веса руды, измеренного другим способом; четвертый способ наименее точен.

Автоматические весы с механическим суммирующим счетчиком являются наиболее распространенным типом транспортерных весов. Участок рабочей ветви ленты проходит по участку станины, подвешенному с помощью стержней и рычагов к коромыслу весов, отклонение которого пропорционально весу руды на взвешиваемом участке ленты. С этой целью коромысло весов уравновешивается железным цилиндрическим поплавком, погруженным в сосуд со ртутью.

Второй частью прибора является измеритель пути, пройденного лентой, состоящий из ролика, приводимого в действие движением ленты, и передачи.

Третьим основным элементом прибора является интегратор, который механически дает произведение веса руды на единице длины ленты на пройденный ею путь. Пропущенный тоннаж отсчитывается обычным счетчиком оборотов.

Интегратор состоит из алюминиевого диска, имеющего сплошной ряд роликов по периферии. Ролики могут свободно вращаться вокруг осей, расположенных тангенци-

ально к окружности диска. Диск укреплен на оси, которая вращается в подшипниках рамы интегратора. Рама укреплена на двух полуосях так, что может поворачиваться вокруг оси, проходящей в плоскости диска через его центр. Рама интегратора соединена стержнем с коромыслом весов, вследствие чего угол поворота ее пропорционален перемещению коромысла, т. е. пропорционален величине нагрузки руды на ленту.

Четыре ролика приводят в движение бесконечную ленту, касающуюся роликов на диске в двух диаметрально противоположных точках. Лента натягивается с помощью дополнительного нажимного ролика. Два ведущих ленту ролика связаны зубчатой передачей и приводятся в движение от ролика, соприкасающегося с лентой транспортера. Ось диска интегратора соединена с обычным счетчиком. Прибор калибруется обычно в метрических тоннах или килограммах.

При ненагруженной ленте диск интегратора устанавливается с помощью регулировочного груза на коромысле перпендикулярно плоскости движения ленты.

Механизм весов работает следующим образом. Если лента не нагружена, то диск стоит перпендикулярно плоскости ленты и не увлекается ее движением, вследствие чего счетчик не отсчитывает никакого тоннажа. Когда по ленте начинает итти руда, коромысло весов с поплавком под действием ее веса несколько отклоняется и поворачивает на соответствующий угол диск интегратора, который увлекается движущейся лентой. Счетчик начинает отсчитывать соответствующий тоннаж, так как скорость вращения диска интегратора пропорциональна углу поворота его и скорости движения ленты транспортера.

Точность весов составляет обычно $\pm 2\%$ от взвешиваемого тоннажа.

Для дистанционной передачи показания весов в интеграторе монтируется контактное устройство, которое должно замыкаться и давать один импульс при каждом обороте диска интегратора или повороте колеса счетчика. Эти импульсы могут учитываться обычным электрическим импульсным счетчиком.

Автоматические транспортерные весы типа Госметр имеют суммирующий счетный механизм, показывающий

количество прошедшего через весы материала. Для определения нагрузки на транспортере в данный момент и передачи показания этой нагрузки на расстояние применяется индукционно-телеметрическая система передачи. Такая система снижает чувствительность и точность взвешивания весов, так как на коромысло воздействуют силы, возникающие при движении плунжера (сердечника) в индукционной катушке.

Механобром разработано устройство для передачи на расстояние показаний нагрузки автоматических весов.

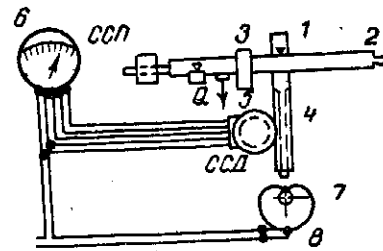


Рис. 102. Принципиальная схема автоматического учета нагрузки транспортерных весов:

1 — рейка; *2* — коромысло; *3* — зажим; *4* — зубчатка; *5* — шестерня; *6* — измерительный прибор; *7* — кулиса весов; *8* — замыкающий контакт; *Q* — груз; *ССД* — сельсин-датчик; *ССП* — принимающий сельсин

Показания нагрузки снимаются датчиком, не связанным с измерительными механизмами весов и, следовательно, не снижающим точность взвешивания (рис. 102).

Этот прибор имеет вертикальную рейку *1*, свободно опускающуюся на коромысло *2* в момент, когда оно зажато зажимом *3*. Рейка *1* снабжена дополнительной зубчаткой *4* (показана пунктиром), которая связана с шестерней *5*, насаженной на вал сельсина-датчика *ССД*. Сельсин-датчик электрически связан с принимающим сельсином *ССП*, встроенным во вторичный показывающий или самопишущий прибор *6* со шкалой, градуированной в весовых единицах. Чтобы стрелка прибора не двигалась одновременно с рейкой *1*, сельсин включается импульсами в тот момент, когда рейка *1* прекратит движение вниз и повиснет на зажатом коромысле весов *2*. Питание сельсинов включается при помощи кулачка, установленного на кулисе весов *7* и замыкающего контакт *8*.

Автоматический учет загрузки рудой шаровых мельниц

Равномерное питание мельниц обеспечивает максимальную производительность их и равномерную круп-

ность продукта измельчения, т. е. устойчивый ход процесса измельчения.

Автоматический учет загрузки рудой шаровых мельниц может быть осуществлен при помощи самопишущего учетчика типа АСУ, предложенного Ю. Г. Андреевым.

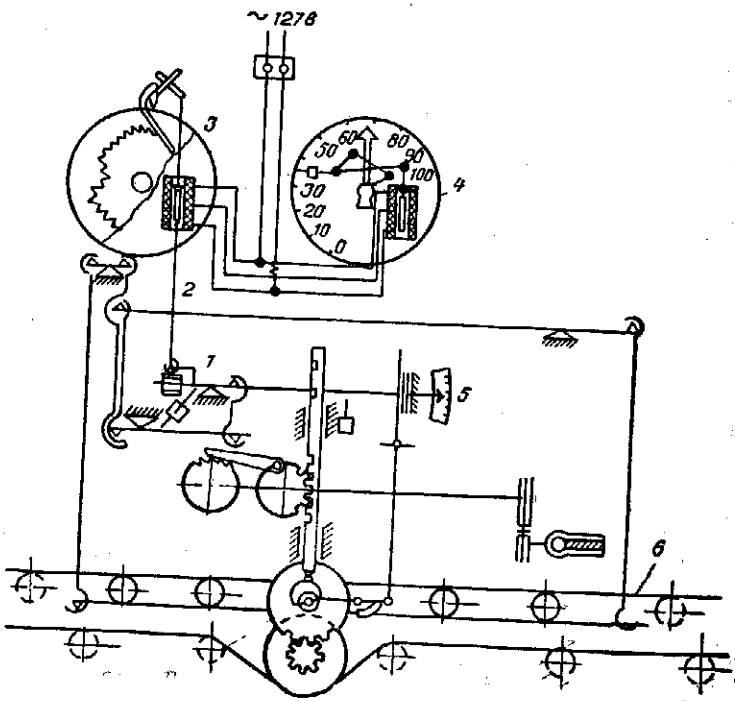


Рис. 103. Схема конвейерных весов с самопишущим регистратором и показывающим прибором типа АСУ:

1 — рычаг; *2* — тяга; *3* — самопишущий прибор-датчик; *4* — показывающий вторичный прибор; *5* — коромысло; *6* — лента транспортера

Самопишущий регистратор (первичный прибор) *3* (рис. 103) установлен на кожухе счетного механизма транспортерных весов и соединен посредством рычага *1* и тяги *2* с их коромыслом. Прибор *3* состоит из корпуса, часового механизма, приводимого в действие синхронным двигателем, рычажно-пишущего механизма и индукцион-

ной катушки, т. е. представляет собой обычный самопишущий прибор типа расходомера и отличается тем, что в нем отсутствует суммирующее устройство, нет отметчика, и сердечник индукционной катушки связан не только с рычажно-пишущим механизмом, но и с коромыслом транспортерных весов. На коромысле весов *5* против гиритары устанавливается Г-образный рычаг *1*, изготовленный из стали марки Ст. 0 диаметром 6 *мм*. На свободном конце рычага закрепляется стопорным винтом муфточка с петлей, за которую зацепляется тяга *2*, идущая к сердечнику индукционной катушки. Точка присоединения тяги *2* к рычагу *1* выбирается с таким расчетом, чтобы сердечник индукционной катушки мог переместиться вверх на 30,5 *мм* от исходного положения, а коромысло весов отклонилось бы при этом от нулевого положения до максимального.

Например, если номинальная грузоподъемность транспортерных весов 270 *кг*, а счетчик весов, обладающих некоторым запасом грузоподъемности, может отсчитать за одно взвешивание 330 *кг*, то точка присоединения тяги выбирается так, чтобы она перемещалась на 30,5 *мм* при нагрузке 330 *кг*.

Нагрузка на весах регистрируется при помощи стандартной круглой диаграммы с равномерной стопроцентной суточной сеткой. Для удобства расшифровки диаграммы рычажно-пишущий механизм прибора настраивается так, чтобы размах пера от нулевого положения на диаграмме до 100% соответствовал нагрузке на весах, легко пересчитываемой с процентов на килограммы. Например, можно взять нагрузку 250 *кг*, что позволяет применять коэффициент, равный 2,5. Одновременно с этим для получения часовой нагрузки на транспортере учитывается число взвешиваний в течение 1 часа (зависящее от скорости ленты).

Например, число взвешиваний в течение 1 часа равно 600, нагрузка на одно взвешивание 250 *кг*; следовательно, часовая нагрузка равна:

$$\frac{600 \cdot 250}{1000} = 150 \ т/час.$$

По диаграмме легко расшифровывается и часовая загрузка руды в мельницу в *т/час* (с применением коэффициента 1,5, если одно взвешивание в 250 *кг* принять за 100%).

Показывающий (вторичный) прибор *4* можно изготовить из старого дистанционного манометра типа МУЭ, удалив из него штуцер и пружину и заменив шкалу. Шкала градуируется в зависимости от максимальной производительности. Чтобы цифровые обозначения на шкале были ясно видны на расстоянии, их пишут крупным шрифтом, через некоторые промежутки.

Оба прибора питаются переменным током напряжением 127 *в*. Показывающий (вторичный) прибор *4* устанавливается на рабочем месте рабочего, который, таким образом, имеет возможность следить за показаниями прибора непосредственно с рабочего места и регулировать количество руды, выдаваемой питателями из бункеров в мельницу.

Круглая диаграмма автоматического самопишущего учетчика (АСУ) загрузки рудой шаровых мельниц имеет сетку, на которой фиксируется загрузка. Окружность диаграммы разделена на 24 доли; так как полный оборот ее происходит за сутки, то каждая из долей соответствует 1 часу; каждая доля разделена, в свою очередь, на 4 части. Одна часть соответствует отрезку времени в 15 мин. Такая сетка диаграммы позволяет определять режим загрузки мельниц за сутки, смену, в отдельные часы и доли их (с точностью до 15 мин.).

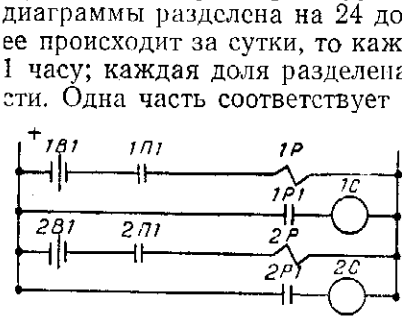


Рис. 104. Схема автоматического учета количества материала, проходящего через транспортерные весы

На рис. 104 показана схема автоматического учета количества проходящего через транспортерные весы материала. При прохождении ленты с рудой замыкаются контакты *1В1* весов № 1 и возбуждается реле *1Р*, замыкающее свои контакты *1Р1*. Включается электромагнитный счетчик *1С*, механизм которого поворачивается

на угол, соответствующий весу руды, находящейся на взвешиваемом участке ленты.

Автоматический учет времени простоя механизмов

Одним из важных элементов производственного контроля на фабрике является учет простоев оборудования и аппаратуры. Применяемый на фабриках учет путем записи в цеховых журналах неточен и трудоемок. Не лишена недостатков и запись простоев диспетчером на основании телефонных рапортов с рабочих мест.

Наилучшим способом учета работы и простоев аппаратов является автоматический контроль.

Простейшим видом такого контроля является автоматический учет суммарного времени работы или простоя без фиксации пуска или остановки аппарата с помощью импульсных электромагнитных счетчиков, включаемых в цепь первичных электрических часов. Замыкание сигнального контакта у аппарата вызывает включение в работу импульсного счетчика и отсчет времени замыкания контактов, т. е. времени работы или простоя аппаратов.

При наличии специального приспособления у того или иного механизма (выступ на ленте транспортера, на барабане вакуумфильтра и т. п.) счетчик может получать импульсы непосредственно от данного механизма.

Институтом Механобр разработан паузный механизм 3-ПМ, предназначенный для периодического замыкания цепи постоянного тока при длительности цикла 1 мин. Время нахождения контактов паузного механизма в замкнутом положении около 3 сек. (рис. 105).

Паузный механизм является составным элементом систем автоматического учета простоев машин и аппаратов с помощью электромагнитных импульсных счетчиков. Этот прибор можно применять и в устройствах автоматического контроля и регулирования при необходимости периодического замыкания электрической цепи и длительности цикла 1 мин. Соотношение между временем замкнутого и разомкнутого положений контактов паузного механизма можно изменить путем изменения профиля замыкающей шайбы. Время цикла регулируют, изменяя передаточное отношение зубчатых колес.

Один синхронный двигатель СД-2 с прерывателе может быть установлен для нескольких импульсных сче чиков; при этом величина тока не должна превышать в

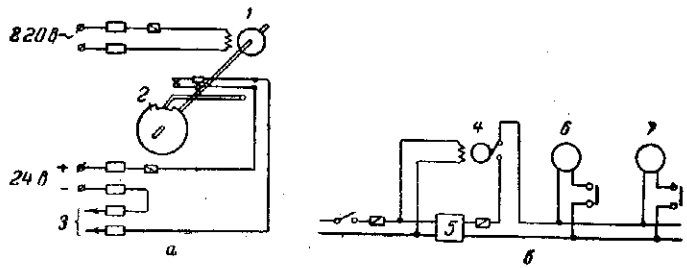


Рис. 105. Схема автоматического учета простоев аппаратов при помощи паузного механизма:

а — схема паузного механизма; *б* — схема установки паузного механизма *1* — синхронный двигатель СД-2; *2* — профильная шайба; *3* — сеть электромагнитных счетчиков; *4* — паузный механизм; *5* — твердый выпрямитель; *6* и *7* — электромагнитные счетчики

личины, допустимой для ртутного прерывателя. Двига тель питается переменным током напряжением 220 *в*, им пульсный счетчик — постоянным током напряжением 24 *в*

Устройство мигающего света для контроля работы механизмов

На крупных фабриках при большом количестве аппа ратов и механизмов и дистанционном управлении наблю дение за сигнальными лампами требует напряженного внимания диспетчера. Наиболее важно фиксировать вни мание на тех агрегатах, которые по какой-либо причине прекратили работу.

Если агрегат отключен не поворотом ключа дистанционного управления, а в результате действия реле защиты необходимо получить сигнал о несоответствии положений ключа управления и пускового устройства агрегата. Для этой цели применяют устройство мигающего света.

Предложенная инж. А. Г. Мирер упрощенная схема мигающего света имеет одно промежуточное реле вместо двух при обычной схеме. При несоответствии положений пускового устройства и ключа управления в приборе

(рис. 106) замыкается нормально закрытый дополнительный блокконтакт *1* пускового устройства и загорается сигнальная лампа *2*, включенная между шинами минус

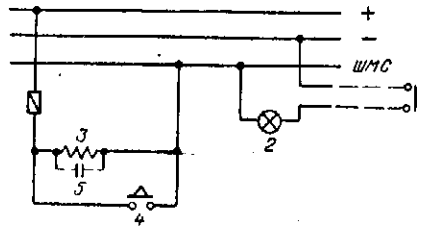


Рис. 106. Принципиальная схема устройства мигающего света

1 — блокконтакт пускового устройства; *2* — сигнальная лампа; *3* — промежуточное реле; *4* — контакт реле; *5* — конденсатор; *ШМС* — шина мигающего света

и ШМС (шина мигающего света). Сигнальная лампа, включенная последовательно с сопротивлением в виде промежуточного реле *3*, загорается в полнакала. Реле, включившись своим нормально открытым контактом *4*, шунтирует катушку и обесточивается. При этом лампа окажется включенной в другую цепь без дополнительного сопротивления и загорится полным накалом. Обесточенное реле разомкнет контакты *4*. Тогда ток потечет через катушку реле *3*, и лампа загорится в полнакала. Реле включит свой контакт *4*, и лампа снова загорится полным накалом. Таким образом, лампа будет мигать до тех пор, пока диспетчер не повернет ключ управления в положение, соответствующее положению пускового устройства.

Подобрав соответствующим образом выдержку времени промежуточного реле *3*, можно добиться такой частоты мигания света сигнальной лампы, чтобы оно было заметным для глаза. Чтобы увеличить выдержку времени, можно включить конденсатор *5* параллельно катушке реле *3*.

10. Диспетчерская система управления

Назначением диспетчерской службы является оперативное управление, контроль и учет основных, наиболее

важных показателей производственных процессов. Организация диспетчерской службы сокращает штат обслуживающего персонала, простои оборудования и случаи производственных аварий.

Автоматическая сигнализация и передача показаний измерительных приборов на большие расстояния (телепередача) является наиболее совершенным, надежным и объективным методом диспетчерской связи, особенно при поточном процессе.

Диспетчерское управление имеет следующие формы: диспетчерское руководство; дистанционное управление; автоматический контроль и регулирование.

Наиболее совершенной формой управления технологическим процессом является автоматическое управление, при котором работа отдельных аппаратов и механизмов регулируется автоматическими регуляторами. Роль обслуживающего персонала на местах сводится к наблюдению за приборами измерения и исполнительными механизмами и предупреждению перебоев в их работе. Основная задача диспетчера состоит в учете и анализе показаний различных показывающих и регистрирующих измерительных приборов.

В системе диспетчерского управления используются телефонная и радиотрансляционная связь, производственная сигнализация, автоматическая контрольная сигнализация, измерительные показывающие и пишущие приборы, телеизмерительные и телемеханические устройства, автоматические регулирующие приборы и устройства.

Непосредственное диспетчерское управление возлагается на сменного диспетчера и его помощника — оператора.

Диспетчер и оператор обогатительной фабрики регламентируют режим работы всех участков фабрики и вспомогательных цехов; регулируют взаимные претензии отдельных участков, связанных с выполнением планово-производственных заданий; предотвращают возможные перебои в производстве и организуют быстрое устранение уже возникших неполадок и аварий; составляют и координируют сменно-суточные оперативно-производственные задания отделениям фабрики и ведут оперативный учет выполнения производственной программы каждым уча-

стком фабрики; представляют техническому руководителю фабрики сводки о работе фабрики.

Диспетчерский пункт организуется возможно ближе к центру фабрики и находится в отдельном помещении в главном корпусе фабрики. На рис. 107 изображено при-

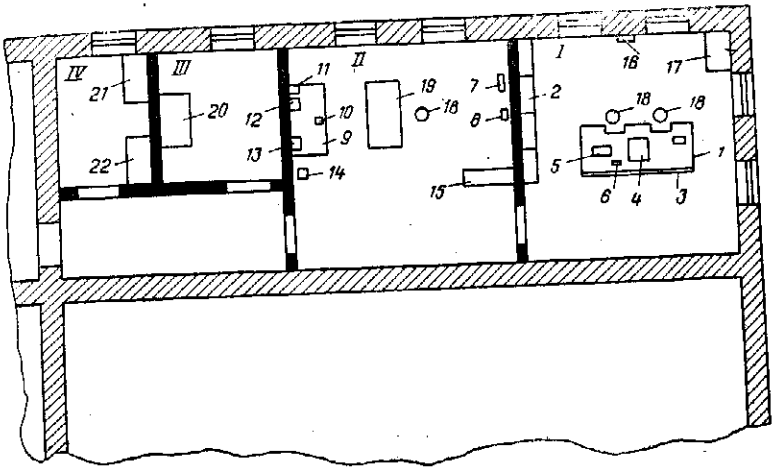


Рис. 107. Диспетчерский пункт:

I — диспетчерская; *II* — аппаратная; *III* — аккумуляторная; *IV* — кладовая *1* — диспетчерский стол; *2* — контрольно-учетный щит; *3* — щит с мнемонической схемой; *4* — диспетчерский коммутатор; *5* — пульт управления с радиоустановкой; *6* — микрофон диспетчера; *7* — громоотводная полоса; *8* — прибор для испытания линий; *9* — токораспределительный щит; *10* — реле аварийного освещения; *11* — трансформатор 380/133 *в*; *12* — выпрямитель ВСА-3М; *13* — щиток заземлений; *14* — вызывное устройство (токовращатель); *15* — усилитель; *16* — табло радиотрансляции; *17* — шкаф для технической документации; *18* — стул; *19* — стол; *20* — шкаф с аккумуляторами; *21* — шкаф для запасных приборов контроля и измерения; *22* — шкаф для запасных частей

мерное расположение диспетчерского пункта, состоящего из собственно диспетчерской *I*, аппаратной *II*, аккумуляторной *III* и кладовой *IV*.

В диспетчерской устанавливают диспетчерский стол *1* с диспетчерским коммутатором *4*, пультом управления *5*, усилителем и телефоном административно-хозяйственной связи. Непосредственно к столу диспетчера пристраивают пульт с мнемонической схемой *3*; с правой стороны устанавливают контрольно-учетный щит *2*, а с левой стороны

в углу комнаты — шкаф для технической документации *17*.

В аппаратной располагаются токораспределительный щит *9* и прочая аппаратура диспетчерской. В аккумуляторной устанавливаются источники постоянного тока для питания сетей слабого тока и автоматики. В кладовой размещаются шкаф для запасных частей *22* и шкаф для запасных приборов контроля и измерения *21*.

Для звукоизоляции стены и потолок диспетчерской должны быть покрыты тканью.

Вход в помещение диспетчерского пункта посторонним лицам воспрещается.

Оперативная связь

Кроме обычной административно-хозяйственной телефонной связи с отдельными цехами предприятия, с помощью которой диспетчер обогатительной фабрики осуществляет также связь с внешними абонентами (вне предприятия), на крупных обогатительных фабриках монтируется специальная диспетчерская (оперативная) связь, которая позволяет диспетчеру вызывать любого абонента, группу абонентов или всех абонентов одновременно для переговоров по производственным вопросам. Включенные в коммутатор точки не имеют возможности вызывать и переговариваться между собой без участия диспетчера.

Этим требованиям удовлетворяют так называемые диспетчерские и директорские коммутаторы. Директорские коммутаторы изготовляются на 15, 20 и 21 номер, диспетчерские — на 20, 40, 52 и 60 номеров.

Директорский коммутатор ДКИ-20 позволяет, например, осуществлять:

а) двустороннюю связь руководителя предприятия с 20 абонентами;

б) связь по соединительным линиям с абонентом АТС и РТС-ЦБ (автоматической телефонной станции или ручной телефонной станции центральной батареи);

в) циркулярную передачу и одновременный разговор с тремя абонентами;

г) наведение справки у местного абонента при разговоре директора с абонентом АТС без отбоя АТС;

д) передачу вызова абонентов АТС на телефонный аппарат секретаря.

Установки диспетчерской телефонной связи обычно питаются постоянным током напряжением 24 или 48 *в* от аккумуляторных батарей, что связано с необходимостью иметь не только батареи, но и зарядно-разрядные устройства для них. С целью устранения аккумуляторов и зарядно-разрядных устройств Энергоцветметом была конструктивно разработана, изготовлена и экспериментально проверена в действии комбинированная выпрямительная установка КВ-24-3,6-Ф для напряжения со стороны постоянного (выпрямленного) тока 24 *в* и максимального тока нагрузки 3,6 *а*. Питание выпрямительной установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 или 127 *в*.

Установка работает устойчиво и в дальнейшем может получить широкое распространение не только в качестве питательного устройства диспетчерских коммутаторов, но и для административно-хозяйственной связи в тех случаях, когда может быть обеспечено непрерывное питание выпрямителя КВ-24-3,6-Ф переменным током, т. е. когда предприятие получает электроэнергию от двух независимых источников.

На рис. 108 изображена принципиальная схема комбинированного выпрямителя, питающегося от сети переменного тока по одной из двух автоматически переключаемых входных линий. Нормально напряжение от сети переменного тока подается к входным линиям переменного тока *1* и *2*; при этом обмотка промежуточного реле *32* получит питание и переключит свой якорь *3* с контактов *4* на *5* и *6* на *7*. После этого силовая часть комбинированного выпрямителя будет получать питание через линию *2*. При исчезновении напряжения в линии *2* реле *32* под воздействием пружины переведет свой якорь в первоначальное положение, т. е. с контактов *7* на *6* и с *5* на *4*.

Таким образом, выпрямитель получит питание по линии 1 через контакты реле и следующие элементы установки: сетевую обмотку понижающего трансформатора *8* и две обмотки дросселя феррорезонансного стабилизатора *9*. К вторичной обмотке понижающего трансформатора присоединен селеновый выпрямитель *10*. Выпрямленный

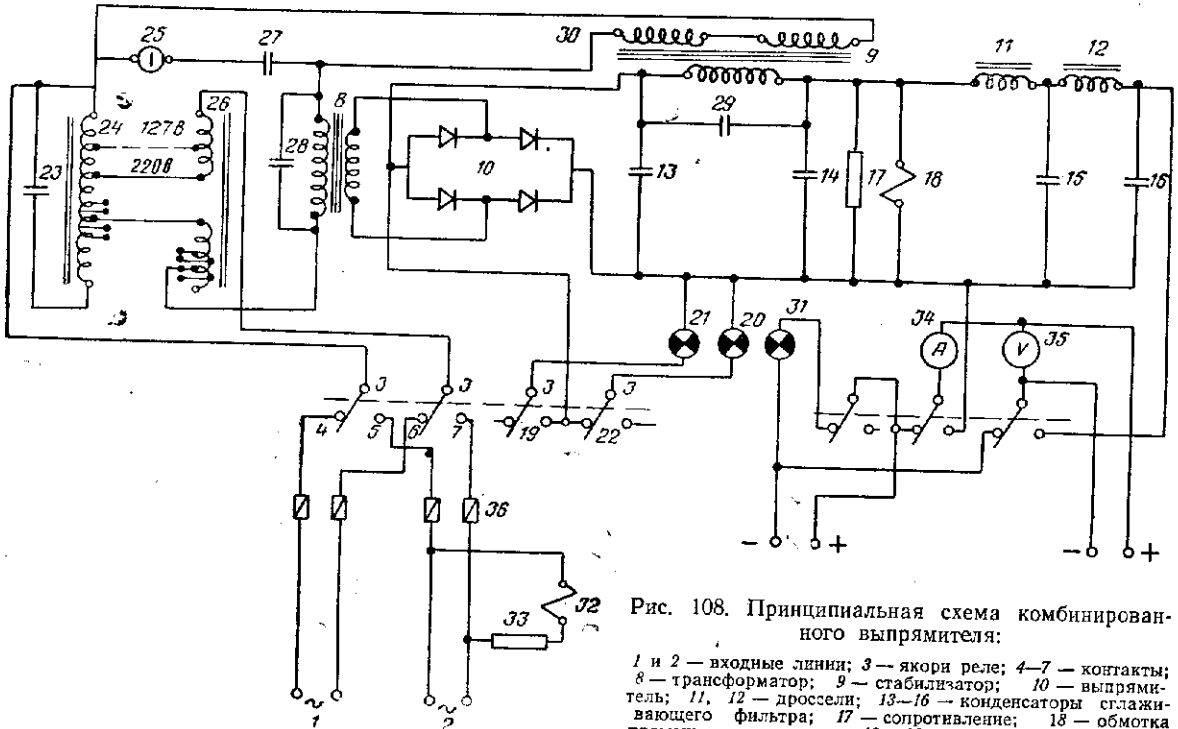


Рис. 108. Принципиальная схема комбинированного выпрямителя:

1 и *2* — входные линии; *3* — якори реле; *4—7* — контакты; *8* — трансформатор; *9* — стабилизатор; *10* — выпрямитель; *11*, *12* — дроссели; *13—16* — конденсаторы сглаживающего фильтра; *17* — сопротивление; *18* — обмотка промежуточного реле; *19*, *22* — контакты промежуточного реле; *20*, *21* — сигнальные лампы; *23* — конденсатор стабилизатора; *24* — автотрансформатор; *25* — выключатель; *26*, *30* — дроссели стабилизатора; *27*, *28* — конденсаторы; *29* — конденсатор блокировки; *31* — контрольная лампа; *32* — промежуточное реле переменного тока; *33* — добавочное сопротивление; *34* — ампер-

ток протекает через третью обмотку дросселя стабилизатора. Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока включен фильтр, состоящий из двух дросселей *11* и *12* и четырех конденсаторов *13*, *14*, *15* и *16*.

Величина реактивного сопротивления дросселя стабилизатора зависит от величины тока, протекающего по обмотке, расположенной в средней части сердечника. Величина реактивного сопротивления двух последовательно включенных сопротивлений дросселя стабилизатора обратно пропорциональна величине тока, протекающего по третьей его обмотке. При увеличении тока в средней обмотке реактивное сопротивление двух крайних обмоток стабилизатора уменьшается. Последовательно с этими двумя обмотками включена сетевая обмотка понижающего трансформатора.

Уменьшение сопротивления последовательно включенных обмоток вызовет увеличение тока, протекающего через сетевую обмотку трансформатора. С увеличением тока в сетевой обмотке возрастет напряжение на зажимах вторичной обмотки, а следовательно, и на зажимах селенового выпрямителя. Число витков сетевой обмотки понижающего трансформатора и обмоток дросселя стабилизатора рассчитаны таким образом, что увеличение тока нагрузки от нуля до 3,6 *а* изменяет выходное напряжение выпрямителя от номинальной величины 24 *в* на ± 1 *в*.

Для уменьшения напряжения на выходе при холостом ходе до фильтра включены балластное сопротивление *17* и обмотка реле *18*.

Выше было указано, что если линия *2* находится под напряжением, то реле *32* замыкает контакты *5* и *7*, через которые переменный ток протекает в силовую часть выпрямителя. Одновременно замыкается и контакт *19* цепи сигнальной лампы *21*. Этот сигнал показывает, что питание силовой части идет по линии *2*. При отсутствии напряжения на линии *2* реле *32* переключает свои контакты в другое крайнее положение. При этом лампа *21* погаснет, а лампа *20* загорится, так как окажется замкнутым контакт *22*.

У абонентов, которыми являются руководители всех основных цехов и некоторых вспомогательных, устанавли-

вызывных кнопок *1—4*, установленных в разных местах фабрики, подается сигнал сменному диспетчеру, при этом загорается одна из ламп *5—8* и одновременно включается сирена *9*. Получив сигнал, сменный диспетчер кнопкой выключает сирену и подает обратный сигнал вызывающему, у которого загорается соответствующая лампа.

Заводами изготовляются комплектные

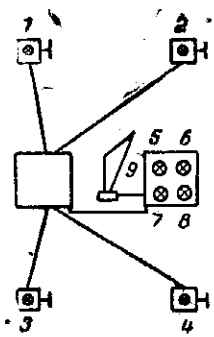


Рис. 109. Схема вызывной сигнализации:

1—4 — вызывные кнопки; *5—8* — лампы; *9* — сирена

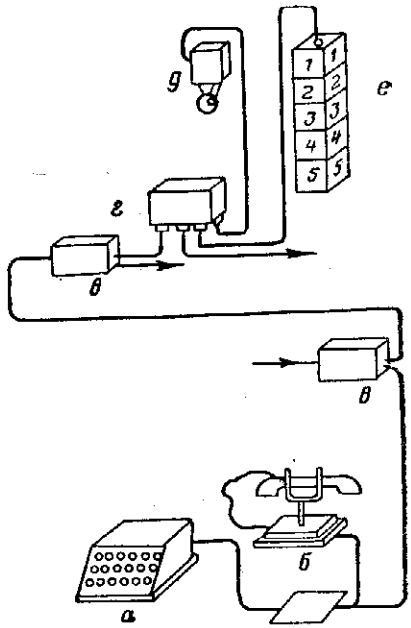


Рис. 110. Схема дифференциальной поисковой сигнализации:

а — дающий прибор; *б* — телефонный аппарат; *в* — клеммная коробка; *г* — релейный ящик; *д* — звонок; *е* — сигнализатор светофорного типа

установки поисковой сигнализации, состоящие из светофора вертикального или горизонтального исполнения, дающего прибора, релейного ящика и розетки.

Каждому из вызываемых лиц присваивается цифровой код, посылаемый при помощи датчика и появляющийся на светофоре. Получив сигнал о вызове, вызываемый работник связывается с диспетчерским пунктом по телефону.

На рис. 110 показана схема поисковой сигнализации системы завода им. Кулакова.

На рис. 111 показаны схемы местной распорядительно-предупредительной сигнализации для оперативной передачи распоряжений в следующем порядке. Перед тем как

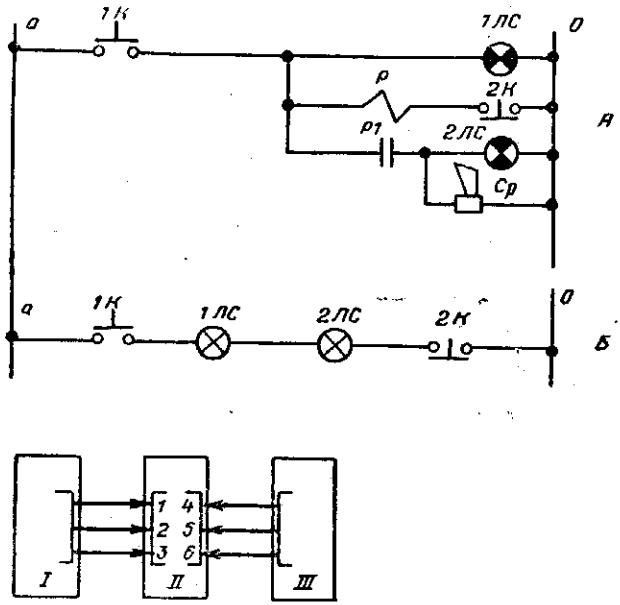


Рис. 111. Схемы местной производственной сигнализации:

А — элементная схема сигнала «Внимание»; *1К* — кнопка включения сигнальной цепи на командном пункте; *2К* — кнопка отключения сигнальной цепи на приемном пункте (квитирование); *Р* — промежуточное реле; *Р1* — контакт промежуточного реле; *1ЛС, 2ЛС* — сигнальные лампы на командном и приемном пунктах; *Ср* — сирена (или звонок) на приемном пункте; *Б* — элементная схема односторонней распорядительной сигнализации. *В* — скелетная схема производственной сигнализации в отделениях фабрики; *I* — отделение приемных бункеров; *II* — отделение дробления; *III* — отделение измельчения

передать какое-либо распоряжение, посылается сигнал «Внимание» (*1,4*). Нажимая кнопку *1К* (схема *А*), включают лампу *1ЛС* на щитке посылающего этот сигнал. Одновременно возбуждается обмотка реле *Р*, замыкающего свой контакт *Р1*. Загорается сигнальная лампа *2ЛС*

и включается сирена *Ср* на щитке принимающего распоряжение.

После передачи сигнала «Внимание», нажимая кнопку *1К* (схема *Б*), посылают командный сигнал (распоряжение), например: «Руда шахты Капитальная», что означает «Принимайте руду из шахты Капитальная». При этом загораются сигнальные лампы соответствующего цвета у дающего и принимающего этот сигнал.

В таком же порядке передается сигнал, например, «Включить вакуум-насос».

Для питания сетей производственной сигнализации применяют напряжение 220 или 120 *в* переменного или постоянного тока.

Служба времени

Для четкого регулирования и управления рабочими процессами необходимы точные сигналы времени. Поэтому во избежание несовпадения показаний, неизбежного при ручном заводе часов, прибегают к электрическим часам.

Электрические часы, устанавливаемые на фабрике обычно по числу телефонных аппаратов, получают импульсы от первичных электромагнитных часов, питаемых постоянным током напряжением 24 *в* независимо от телефонной сети. Импульсы посылаются от поступающего ежеминутно тока переменного напряжения, и стрелки вторичных электрических часов передвигаются на угол, соответствующий 1 мин.

Размещение приборов контроля, регулирования и сигнализации

Место установки приборов зависит от их назначения и принятой схемы управления данным аппаратом или участком технологического процесса. При децентрализованной схеме управления контрольно-измерительные приборы устанавливают на рабочих местах, непосредственно в точках измерения. При дистанционной или централизованной схеме управления приборы измерения устанавливают на рабочих местах и дублируют на диспетчерском

щите. Иногда ограничиваются передачей показаний только на диспетчерский щит.

Приборы централизованного управления группами сблокированных электродвигателей устанавливают на отдельных щитах, размещаемых в диспетчерском пункте.

Диспетчерский пункт располагают возможно ближе к центру обогатительной фабрики, например между отделениями измельчения и флотации на флотационных фабриках.

Глава VI

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ

1. Общие сведения

Методы магнитного и электрического разделения минералов были известны давно, но широкого распространения не получили, так как в течение долгого времени не удавалось разработать конструкцию эффективного сепаратора. Лишь с конца прошлого века начинают появляться промышленные образцы магнитных, а затем и электрических сепараторов.

Наша промышленность начала выпускать электромагнитные и электрические сепараторы в 1932 г. Теоретическая и экспериментальная разработка вопросов, связанных с электромагнитными и электрическими методами обогащения минералов, проведена советскими исследователями И. М. Верховским, И. С. Дацюк, В. Г. Деркач, А. Я. Сочневым, Н. Ф. Олофинским и др. Научно-исследовательская работа по электромагнитному и электростатическому обогащению сосредоточена главным образом в институтах Механобр, Криворожском НИГРИ и Московском горном институте.

Электромагнитное и электростатическое обогащение применяется при разделении железных, вольфрамо-оловянных, циркониевых, пирротиновых и других руд и концентратов.

В процессе электромагнитного обогащения используется одно из основных магнитных свойств тел — магнитная проницаемость, т. е. способность тела, внесенного в магнитное поле, пропускать магнитные силовые линии. Магнитная проницаемость обозначается греческой буквой μ.

Как известно, внутри весьма длинного соленоида образуется однородное магнитное поле, направленное па-

раллельно оси соленоида. Магнитная индукция такого поля пропорциональна числу ампервитков, приходящихся на единицу длины по оси соленоида, и выражается через B. Эта величина представляет собой число силовых линий, проходящих в перпендикулярном направлении через 1 *см*² магнитного тела, помещенного в магнитном поле.

Отношение магнитной индукции в данной точке какой-либо среды к магнитной проницаемости той же среды называется напряжением магнитного поля и выражается через H. Эта же величина выражает число силовых линий, приходящихся на 1 *см*² площади, перпендикулярной направлению силовых линий.

Зависимость указанных выше трех величин выражается формулой:

$$\mu = \frac{B}{H},$$

где μ — относительная магнитная проницаемость, равная 100 для железа;

B — магнитная индукция;

H — напряжение магнитного поля, *гс*.

Сила магнетизма, возникающая у тела, внесенного в поле магнита, в результате намагничивания, пропорциональна напряжению намагничивающего магнитного поля. Эта зависимость выражается следующим равенством:

$$F = kH,$$

где F — сила магнетизма;

k — коэффициент, зависящий от магнитных свойств данного материала (магнитная восприимчивость);

H — напряжение магнитного поля, *гс*.

Напряжение поля обратно пропорционально квадрату расстояния от магнитной массы:

$$H = \frac{m}{r^2},$$

где m — масса магнитного полюса;
r — расстояние между данной точкой и магнитным полюсом.

Для сильно магнитных (парамагнитных) тел магнитная проницаемость больше 1, для немагнитных (диамагнитных) тел — меньше 1.

Таким образом, для электромагнитного обогащения обрабатываемой смеси необходимы магнитное поле и наличие ферромагнитных частиц в этой смеси.

Аналогичные требования предъявляются и к процессу электрического, или, точнее, электростатического обогащения. При электростатическом обогащении нужны электрическое поле высокой напряженности и заряженные частицы. При электростатической сепарации вместо магнитных свойств частиц руды используются их электрические заряды.

Заряды эти обусловливают силы, действующие на частицы в электрическом поле. В неоднородном поле частицы с разными диэлектрическими постоянными получают заряды различной величины.

При электростатической сепарации частицы заряжаются обычно за счет своей электропроводности и реже за счет других свойств. Для разделения смеси минералов используется их различие в электропроводности, в диэлектрических постоянных, коронный разряд и др.

Различают два основных метода электрического обогащения:

а) электростатический, характеризующийся статическим полем без объемных зарядов и использующий для зарядки частиц электропроводность, электризацию трением и другие свойства;

б) коронный, характеризующийся электрическим полем с объемными зарядами и использующий коронный разряд.

В диэлектриках атомы и молекулы содержат одновременно заряды положительного электричества (ядро) и отрицательного (электроны) в одинаковых количествах, образующих электрические диполи. В них нельзя отделить положительное электричество от отрицательного,

тогда как в проводниках это возможно, ибо в них электроны свободно передвигаются.

При приближении к проводнику положительно наэлектризованного тела, на ближайшей к телу поверхности проводника появится отрицательный заряд, а на противоположной стороне — положительный заряд.

При соприкосновении диэлектрика с заряженным электродом диэлектрик очень медленно приобретает одноименный с электродом заряд, поэтому при кратковременном соприкосновении его с электродом он не успевает зарядиться и оттолкнуться от него. Для того чтобы диэлектрики приобретали одноименный с электродом заряд и отталкивались, в электростатических сепараторах применяют очень высокое напряжение электрического поля.

При обогащении на электростатических сепараторах большую роль играют величина заряда, получаемого зернами минералов, и их удельные веса.

При электростатическом разделении минералов серьезное значение имеют свойства поверхности минеральных зерен, а следовательно, и предварительная подготовка этих поверхностей. Некоторые минералы можно успешно обогащать без предварительной подготовки.

Подготовка поверхности минеральных зерен к электростатическому разделению возможна как путем очистки поверхности или удаления некоторых веществ с этой поверхности, так и посредством образования новых поверхностных пленок. Поверхность очищается обычно в водной среде; образование новых поверхностей может производиться как в водной, так и в воздушной среде.

Минералы бывают положительно обратимыми (карбонаты) и отрицательно обратимыми (силикаты, окислы) в зависимости от того, ведут ли они себя как проводники при положительно или отрицательно заряженном электроде.

На обратимость минералов влияют расстояния и разности потенциалов между электродами, форма и размеры минеральных частиц, продолжительность их электризации и температура.

Бывают и такие минералы, которые нечувствительны к знаку заряда электрода. Такие минералы называются необратимыми.

2. Электромагнитные сепараторы

Электромагнитные сепараторы классифицируются по напряженности создаваемого ими магнитного поля и ряду других признаков.

По удельной магнитной восприимчивости минералы подразделяются на магнитные, слабомагнитные и немагнитные.

К первой группе минералов относятся: магнетит, титаномагнетит, полумартит, пиротин и др. с удельной восприимчивостью выше $3000 \cdot 10^{-6}$ *см*^{3}/*г*.

Ко второй, наиболее многочисленной группе относятся: марганцевые минералы, гематит, гидроокислы железа, вольфрамит, гюбнетит, ферберит, эгирин, гранат, биотит и другие минералы с удельной магнитной восприимчивостью от $600 \cdot 10^{-6}$ до $3000 \cdot 10^{-6}$ *см*^{3}/*г*.

Третью группу составляют немагнитные минералы, удельная магнитная восприимчивость которых составляет от $15 \cdot 10^{-6}$ до $600 \cdot 10$ *см*^{3}/*г* (окислы, не содержащие железа и марганца, силикаты, карбонаты, сульфиды и т. п.).

В зависимости от напряженности магнитного поля различают электромагнитные сепараторы с низкой и средней интенсивностью магнитного поля и с высокой интенсивностью магнитного поля. Первая группа сепараторов предназначена для обогащения минералов с большой удельной магнитной восприимчивостью, вторая группа — для разделения минералов с малой удельной магнитной восприимчивостью.

Пропускная способность магнитных сепараторов определяется следующими факторами:

а) напряженностью магнитного поля;

б) расстоянием между полюсами электромагнитов, т. е. междуполюсным пространством. С уменьшением магнитного сопротивления увеличивается напряжение магнитного поля;

в) скоростью прохождения материалов через сепаратор, зависящей от магнитной проницаемости отделяемого минерала;

г) крупностью материала; чем крупнее минерал, тем меньшее магнитное поле требуется для притяжения его электромагнитом.

По конструктивному выполнению электромагнитные сепараторы разделяются на следующие типы: дисковые, ленточные, барабанные, подвесные и роликовые.

В зависимости от вида обрабатываемой руды различают сепараторы для сухого и мокрого извлечения минералов. Первая группа сепараторов предназначена в основном для крупной сильномагнитной руды, вторая группа — только для мелкой и тонкой сильномагнитной и слабомагнитной руд.

Для обогащения слабомагнитных руд применяют сепараторы с высокой напряженностью магнитного поля (4000 ÷ 18000 *эрст*):

1) индукционно-роликовые — для сухой сепарации руд с размером зерен меньше 6 *мм* и для сухой и мокрой сепарации руд с размером зерен меньше 3 *мм*;

2) ленточные и дисковые сепараторы — для сухой сепарации руд с размером зерен меньше 3 *мм*.

Барабанные сепараторы (магнитные шкивы) и подвесные электромагниты с низкой напряженностью (900 ÷ ÷ 4000 *эрст*) используются на обогатительных фабриках цветной металлургии в качестве железоуловителей, предохраняющих аппаратуру от попадания посторонних железных предметов.

Удельная производительность электромагнитных сепараторов зависит от размеров зерен обрабатываемого материала, требований, предъявляемых к продуктам обработки, и типа сепаратора.

На рис. 112 изображена схема дискового сепаратора, состоящего из электромагнитной системы *1*, имеющей три или больше полюсов *2*, и замыкающих полюсы железных дисков *3*. В зазоре между дисками и электромагнитной системой движется резиновая лента *4*. По форме диск напоминает опрокинутую тарелку с заостренными краями. Применяются диски с одним или тремя зубами.

Диски *3* вращаются, замыкая магнитную цепь двух соседних электромагнитов с катушками, к которым подводится постоянный ток напряжением 220 или 110 *в*. Катушки вращаются в противоположные стороны. Диаметр дисков в полтора раза больше ширины транспортерной ленты; часть диска, расположенная над лентой, намагничивается, а в промежутке между диском и полюсом

электромагнита создается неоднородное магнитное поле, возрастающее по направлению к диску. На заостренных концах диска создает сильное магнитное поле. Расстояние между полюсами дисков изменяют, поворачивая раму, на которой они укреплены. Напряженность магнитно-

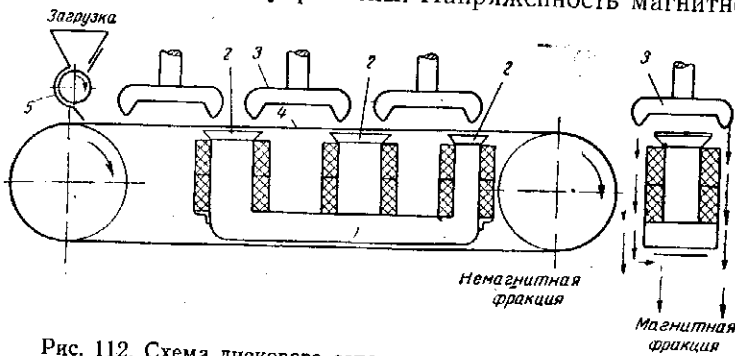


Рис. 112. Схема дискового сепаратора с нижним питанием:
1 — электромагнитная система; 2 — полюсы; 3 — железные диски; 4 — резиновая лента; 5 — лоток

го поля увеличивается по направлению движения ленты с рудой, так как расстояние между дисками и транспортерной лентой в этом направлении уменьшается.

Такая конструкция позволяет выделять из руды несколько различных по магнитной проницаемости минералов. С трех дисков выделяется шесть продуктов: с первого диска будут поступать наиболее богатые, а с последнего — наиболее бедные по содержанию магнитных частиц. Немагнитные частицы (хвосты) разгружаются в конце транспортерной ленты.

Производительность этих сепараторов достигает 6 *т/сутки* при ширине ленты 200—375 *мм* и скорости 0,3—1 *м/сек*. Величина тока — от 2 до 12 *а*.

На рис. 113 приведен общий вид сепаратора «Ленинград» для сухой сепарации слабомагнитных руд с размером частиц до 2 *мм*. Ось ведущего барабана транспортерной ленты этого сепаратора получает вращение от электродвигателя через редуктор и трехступенчатые шкивы, которые позволяют регулировать скорость движения ленты, переставляя клиновой ремень.

На раме сепаратора установлен щиток с пусковыми устройствами электроприводов сепаратора.

Для питания электромагнитов сепаратора постоянным током на отдельной плите устанавливается двигатель-генератор, ртутный или сухой выпрямитель.

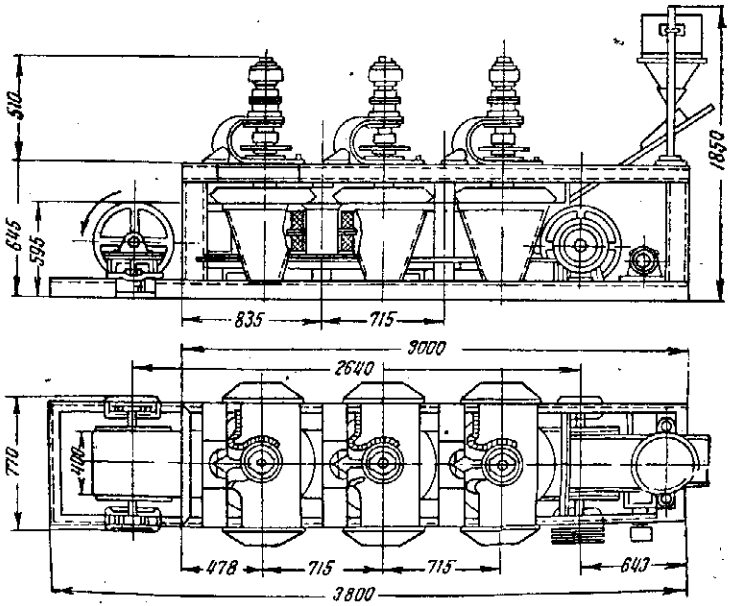


Рис. 113. Дисковый сепаратор «Ленинград»

Приборы для регулирования тока катушек электромагнитов и генератора монтируются на щите управления.

Схемы питания электродвигателей дисков и электромагнитов, а также двигатель-генератор и щит управления сепаратора «Ленинград» показаны на рис. 114.

Техническая характеристика сепаратора «Ленинград» следующая:

1. Ширина ленты 400 *мм*, толщина 6 *мм*, ступени скорости ленты 20, 30, 40 *см/сек*. Привод ленты от двигателя 0,25 *квт*.

2. Число дисков 3; первый — для сильномагнитных минералов. Привод каждого диска от двигателя 0,62 *квт*.

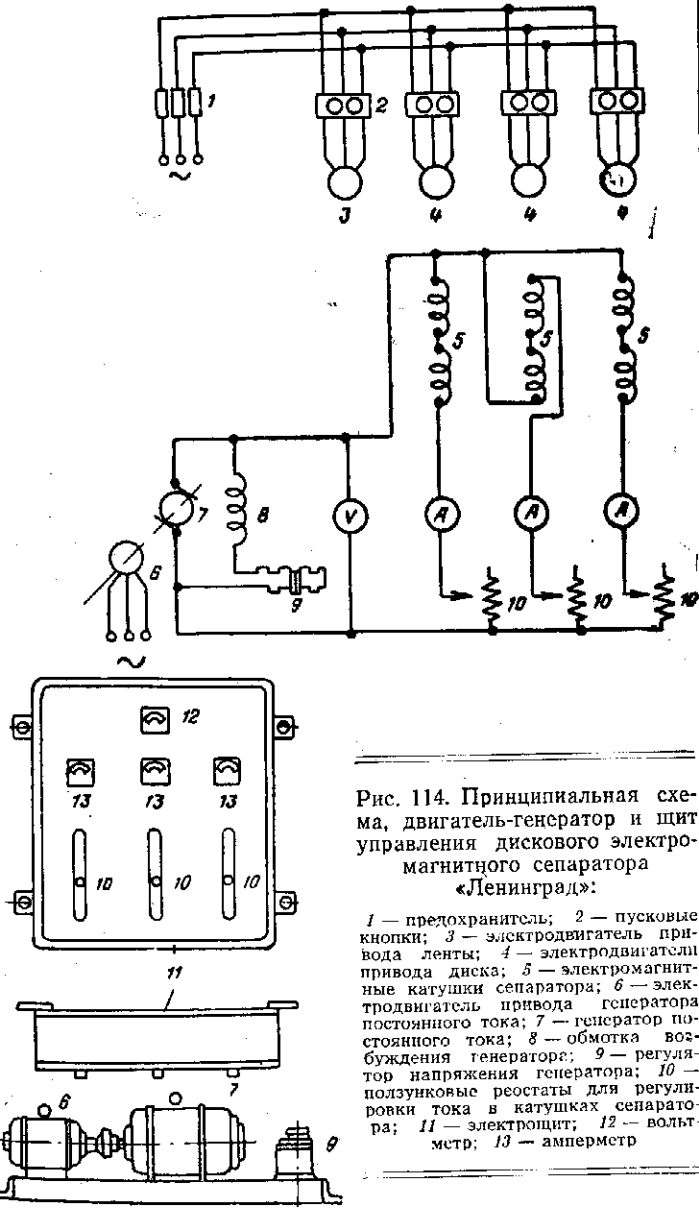


Рис. 114. Принципиальная схема, двигатель-генератор и щит управления дискового электромагнитного сепаратора «Ленинград»:

1 — предохранитель; *2* — пусковые кнопки; *3* — электродвигатель привода ленты; *4* — электродвигатели привода диска; *5* — электромагнитные катушки сепаратора; *6* — электродвигатель привода генератора постоянного тока; *7* — генератор постоянного тока; *8* — обмотка возбуждения генератора; *9* — регулятор напряжения генератора; *10* — ползунковые реостаты для регулировки тока в катушках сепаратора; *11* — электрощит; *12* — вольтметр; *13* — амперметр

3. Мощность постоянного тока, потребляемого обмоткой, около 0,7 *квт*; при напряжении 220 *в* общий ток в обмотке 3,4 *а*.

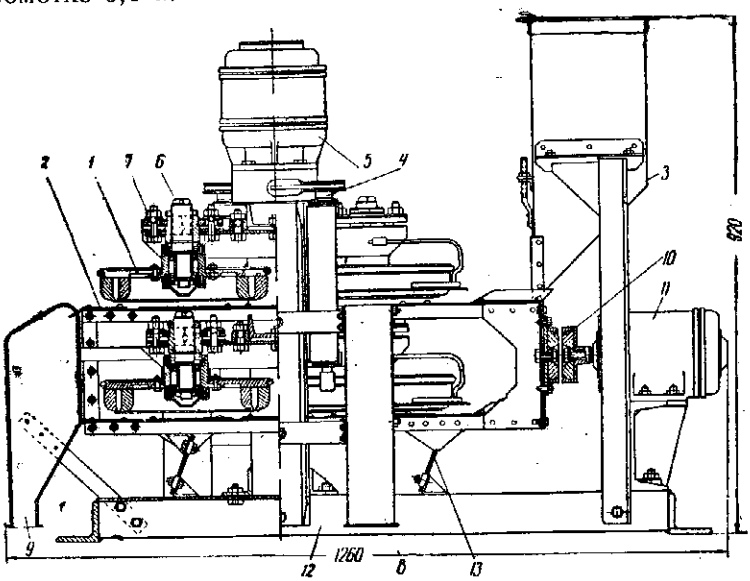


Рис. 115. Электромагнитный дисковый сепаратор системы Сочнева:

1 — диск; *2* — вибрационные лотки; *3* — загрузочный бункер; *4* — промежуточный валик; *5* — электродвигатель; *6* — болт; *7* — гайка; *8*, *9* — приемные воронки; *10* — кольцевой магнит; *11* — электродвигатель вибрационного привода; *12* — основание сепаратора; *13* — рессора

4. Каждый диск вращается со скоростью 36 об/мин. Диаметр диска 600 *мм*.

5. Вес машины около 2,8 *т*. Высота 1850 *мм*, ширина 950 *мм* и длина 3800 *мм*.

На рис. 115 показан сепаратор системы А. Я. Сочнева. Отличительная особенность этой конструкции состоит в ее компактности, облегченной магнитной системе и замене транспортерной ленты вибрационными лотками. Диски *1* магнитной системы вращаются над транспортерными вибрационными лотками *2*. Диски состоят из двух концентрических колец, имеющих междуполюсный зазор. Кольца намагничиваются от импульсной конденсаторной уста-

новки с помощью нескольких витков провода, закладываемых в промежуток между кольцами.

Сепаратор выполнен двухярусным. Равномерное распределение между лотками верхнего и нижнего ярусов материала, поступающего из загрузочного бункера *3*, достигается благодаря тому, что в лотке имеется ряд отверстий. Все диски приводятся во вращение одним электродвигателем *5* мощностью 0,25 *квт* через фрикционную передачу от промежуточных валиков *4* и шкивную передачу.

Положение дисков по высоте регулируется поворотом болтов *6*, а угол наклона дисков — подтягиванием и отпусканием гаек *7*.

На сепараторе можно отбирать одновременно четыре различных по магнитной восприимчивости минерала.

Магнитные зерна, притянутые к дискам, удаляются волосяными щетками. Зерна попадают в приемные воронки *8*. Для немагнитных зерен устанавливается приемная воронка *9* у конца лотковой системы.

При использовании сепаратора для разделения руд, содержащих слабомагнитные и сильномагнитные зерна, на первые диски надевают латунные козырьки.

Сепаратор имеет вибрационный привод, состоящий из электродвигателя *11* и двух кольцевых магнитов *10*, один из которых закреплен на валу двигателя, а другой жестко смонтирован на раме лотковой системы. Вращая двигатель с кольцевым магнитом на его валу, заставляют магнит проходить попеременно мимо одноименных и разноименных с ним полюсов магнита, связанного с лотковой системой. Это вызывает поочередное отталкивание и притягивание магнитов друг к другу и к лотковой системе. Системе, связанной с основанием *12* сепаратора через стальные рессоры *13*, сообщается вибрация.

Для сухого обогащения слабомагнитных руд (марганцевые, вольфрамовые и др.), содержащих зерна размером 5—6 *мм*, применяют индукционно-роликовые сепараторы. На рис. 116 изображен один из таких сепараторов.

Обогащаемая руда поступает из питателя *7* на ролик *4*, представляющий собой вторичный магнит, вращающийся в воздушном зазоре магнитной системы, об-

3. Мощность постоянного тока, потребляемого обмо кой, около 0,7 *квт*; при напряжении 220 *в* общий ток обмотке 3,4 *а*.

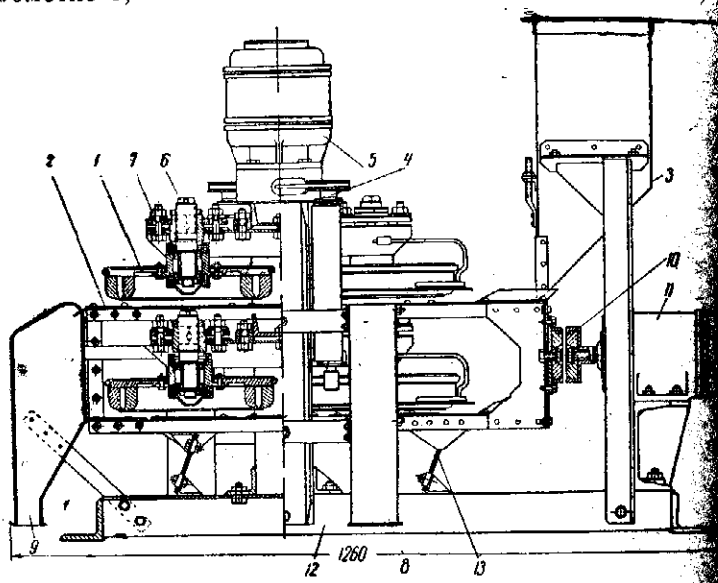


Рис. 115. Электромагнитный дисковый сепаратор системы Соч

1 — диск; *2* — вибрационные лотки; *3* — загрузочный бункер; *4* — про точный валик; *5* — электродвигатель; *6* — болт; *7* — гайка; *8, 9* — при воронки; *10* — кольцевой магнит; *11* — электродвигатель вибрацион привода; *12* — основание сепаратора; *13* — рессора

4. Каждый диск вращается со скоростью 36 об/м Диаметр диска 600 *мм*.

5. Вес машины около 2,8 *т*. Высота 1850 *мм*, шир 950 *мм* и длина 3800 *мм*.

На рис. 115 показан сепаратор системы А. Я. Сочн Отличительная особенность этой конструкции состоит компактности, облегченной магнитной системе и зам транспортерной ленты вибрационными лотками. Диск магнитной системы вращаются над транспортерными рационными лотками *2*. Диски состоят из двух кон трических колец, имеющих междуполюсный зазор. К ца намагничиваются от импульсной конденсаторной у

разованной железным сердечником *1* и надетыми на него катушками *2*. Магнитные частицы притягиваются к железным дискам ролика и выносятся им из интенсивной

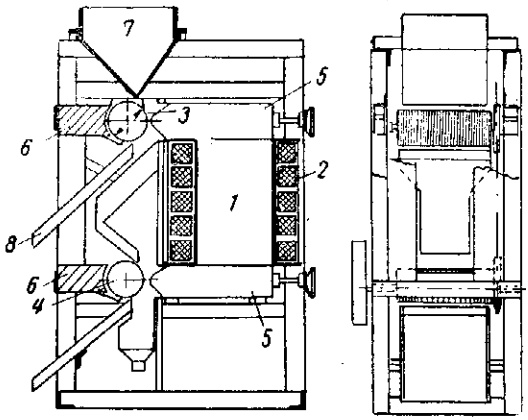


Рис. 116. Индукционно-роликовый сепаратор:

1 — железный сердечник; *2* — катушка; *3* — железный полюсный наконечник; *4* — ролик; *5* — якорь, замыкающий магнитную систему; *6* — полюсный наконечник; *7* — питатель; *8* — делительная перегородка

зоны магнитного поля в нейтральную зону у нижнего края ролика, где под действием силы тяжести и центробежной силы магнитные зерна отделяются от ролика и падают на делительную перегородку *8*, а оттуда в предназначенный для них приемник. Зерна руды, обладающие пониженной магнитной восприимчивостью, отрываются от поверхности ролика раньше и подвергаются дальнейшему обогащению на нижнем ролике.

В зависимости от величины магнитной восприимчивости данного минерала производится регулировка требуемой ширины рабочего зазора между роликом и полюсным наконечником *3*. Чем меньше восприимчивость, тем больше должна быть напряженность магнитного поля, а следовательно, тем меньше должна быть ширина зазора, и наоборот.

3. Железоотделители

Для отделения ферромагнитного материала и защиты дробильно-измельчающих аппаратов применяют электромагнитные шкивы или подвесные электромагниты (железоотделители). На рис. 117 изображен электромагнитный шкив, состоящий из вращающейся магнитной системы, ведущего барабана и ленточного транспортера.

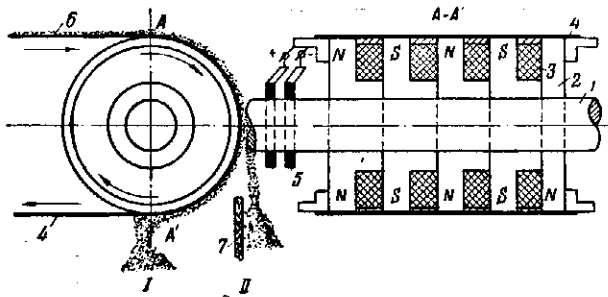


Рис. 117. Электромагнитный шкив:

I — магнитный материал; *II* — немагнитный материал; *1* — вал; *2* — диск; *3* — катушка электромагнита; *4* — транспортерная лента; *5* — контактные кольца; *6* — руда; *7* — разделительная перегородка

Магнитная система состоит из вала *1*, на нем укреплены стальные диски *2* с цилиндрическими выступами, на которые наматываются катушки *3*. Питание этих катушек осуществляется через контактные кольца *5*, насаженные на вращающийся вал. К ним подводится постоянный ток напряжением 110 или 220 *в*. Принципиальная схема питания электромагнита приведена на рис. 118.

Процесс разделения происходит следующим образом (рис. 117). Обрабатываемая руда *6* подается на транспортерную ленту *4* и вместе с ней перемещается по барабанному шкиву, попадая в его магнитное поле. Немагнитная фракция под действием центробежной силы отрывается в первой четверти шкива с правой стороны перегородки *7*, а магнитные частицы притягиваются электромагнитным шкивом и перемещаются дальше под шкив. Здесь они отрываются от него, так как попадают в ослабленное магнитное поле.

На рис. 119, *I* показана схема установки подвесного железоотделителя, состоящего из полюсной скобы *1*, цилиндрические части которой являются сердечниками

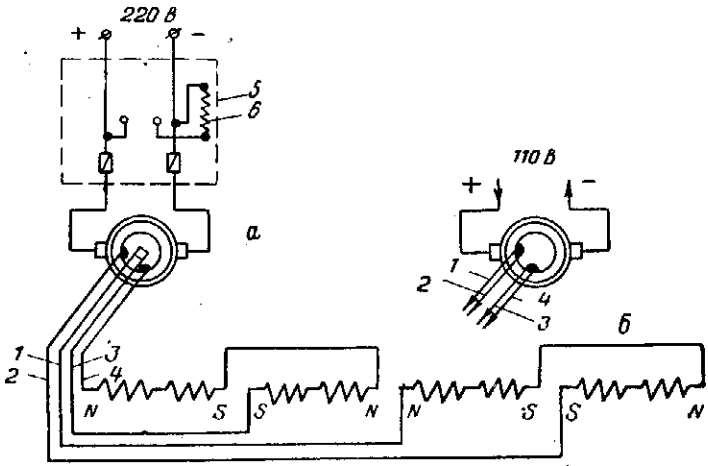


Рис. 118. Принципиальная схема электромагнитного шкива:

а — схема присоединения к сети 220 *в*; *б* — схема присоединения к сети 110 *в*

1, 2, 3, 4 — катушки электромагнитного шкива; *5* — пускатель; *6* — разрядное сопротивление

магнитов, соединяющей их перемычки, называемой ярмом (на рисунке не показана), и электромагнитных катушек *2*.

Для питания катушек сепаратора требуется постоянный ток напряжением 110 или 220 *в*, как показывает принципиальная схема сепаратора на том же рисунке.

4. Электростатические сепараторы

На рис. 120 изображена схема сепаратора с цилиндрическим электродом для одновременного разделения сухих минералов на несколько классов. Питателем *1* тонкий слой материала крупностью до 2,5 *мм* (при температуре 60—80°) подается на цилиндрический заземленный электрод *2*. При прохождении минеральных час-

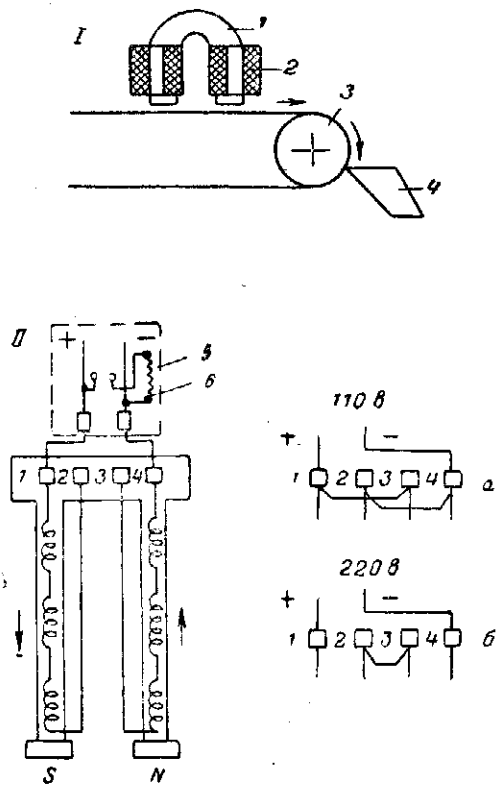


Рис. 119. Подвесной железоотделитель:

I — схема установки; *1* — полюсная скоба; *2* — электромагнитная катушка; *3* — транспортер; *4* — жолоб

II — электрическая схема; *а* — схема присоединения к сети 110 *в*; *б* — схема присоединения к сети 220 *в*; *1, 2, 3, 4* — зажимы; *5* — пускатель; *6* — разрядное сопротивление

тиц мимо отрицательно заряженного электрода *3* в потоке заряженных ионов воздуха они оседают на минеральные зерна. При этом частицы с хорошей электропровод-

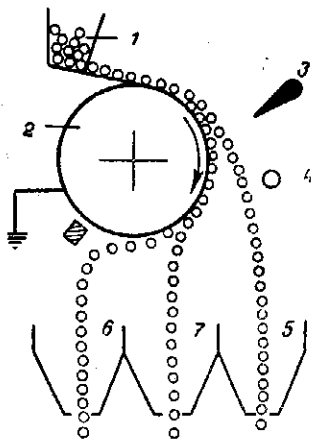


Рис. 120. Схема электростатического цилиндрического сепаратора для разделения одновременно нескольких минералов:

1 — питатель; *2* — цилиндрический заземленный электрод; *3*, *4* — отрицательно заряженные электроды; *5*, *6*, *7* — бункеры различных фракций

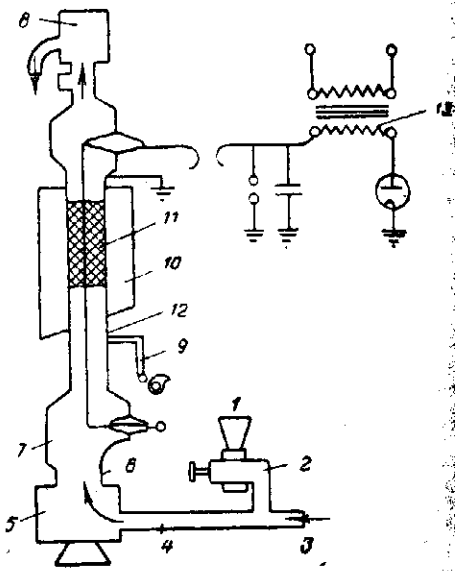


Рис. 121. Схема электростатического сепаратора с цилиндрическим электродом:

1 — бункер; *2* — шнек; *3* — распылитель; *4* — труба; *5* — смесительная камера; *6* — патрубок; *7* — труба сепаратора; *8* — верхняя камера; *9* — встряхивающий механизм; *10* — наружный цилиндр; *11* — собственно сепаратор; *12* — привод; *13* — трансформатор

ностью мгновенно передают свой заряд заземленному электроду *2* и отталкиваются от него. Далее они попадают в поток ионов воздуха, заряженных электродом *4* и еще более отклоняются от цилиндра *2*, а затем под действием силы тяжести падают в отделение *5* приемника. Минеральные зерна-непроводники медленно передают свой заряд электроду *2*, притягиваются к нему и попадают в отделение *6* приемника.

В отличие от электростатического сепаратора с коронирующим электродом снаружи разработан сепаратор, в котором коронирующий электрод расположен внутри цилиндрического осадительного электрода, причем руда перемещается в воздушном потоке.

На рис. 121 изображена схема такого сепаратора. Процесс сепарации осуществляется следующим образом. Руда из бункера *1* подается в шнек *2* и далее в распылитель *3*. Под напором воздуха, поступающего от воздуходувки по направлению, показанному стрелками, минеральные частицы по трубе *4* поступают в смесительную камеру *5*, патрубок *6* и затем в трубу *7* сепаратора. Чистый газ под действием вытяжного вентилятора высасывается через верхнюю камеру *8* сепаратора. Осевшие частицы автоматически удаляются при помощи встряхивающего механизма *9* цилиндрического электрода.

Для подачи к сепаратору высокого напряжения, необходимого для обеспечения устойчивой короны, устанавливается трансформатор высокого напряжения. К первичной обмотке трансформатора подается напряжение 110÷500 *в*; на вторичной обмотке создается напряжение 70000÷90000 *в*.

Глава VII

ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

1. Общие сведения

Русский ученый акад. В. В. Петров в 1802 г. впервые указал на возможность применения электрической дуги для освещения. В 1873 г. А. Н. Лодыгиным была создана первая электрическая лампа накаливания с угольной нитью, а в 1876 г. инж. П. Н. Яблочковым — электрическая свеча. Широкое использование электроламп для освещения началось после того, как угольная нить в них была заменена металлической.

В настоящее время появились новые, более экономичные люминесцентные лампы — лампы дневного света. Явление люминесценции, открытое акад. С. И. Вавиловым, позволило создать лампы, которые дают световое излучение, по качеству приближающееся к дневному свету, и в несколько раз экономичнее ламп накаливания.

Люминесцентные лампы имеют большое значение для рудоразбора, так как способствуют резкому повышению производительности труда сортировщиц и улучшению качеств продукции.

В СССР выпускаются электролампы самой различной мощности от 0,4 до 50000 *вт*.

Освещение на фабрике, особенно если учитывать круглосуточную работу, имеет большое значение, так как оно обеспечивает благоприятные условия для управления технологическим процессом, безопасность труда и лучшие санитарно-гигиенические условия. Наличие в отдельных помещениях фабрики большого количества пыли, влаги, значительные площади и кубатура помещений, много площадок и переходов, подлежащих освещению, большое количество механизмов и необходимость постоянного наблюдения за ними и за технологическим процессом требуют самого серьезного отношения к вы-

бору способов освещения, определению мощности и распределению электроламп.

Безопасность обслуживания электроосветительных установок на обогатительных фабриках обеспечивается правильным выбором величины напряжения, удобным расположением осветительного электрооборудования и доступностью обслуживаемых и заменяемых частей установки. Для устройства рационального электроосвещения необходимо:

1) выбрать напряжение и вид освещения, схемы питания и управления освещением;

2) определить места установки и схемы щитков, род проводки и способы прокладки;

3) рассчитать сети;

4) обеспечить защиту от поражения электрическим током.

Мерой лучистой энергии является световое ощущение, создаваемое однородным лучистым потоком F от источника света P. По международному соглашению за единицу измерения светового потока принят 1 люмен (*лм*), равный 0,0016 светового ватта. Точное значение люмена определяется эталонными электролампами накаливания.

В качестве единицы измерения для силы света принята международная свеча, равная отношению 1 люмена к 1 стерадиану.

Отношение светового потока F к площади освещаемой им поверхности S представляет собой освещенность:

$$E = \frac{F}{S},$$

выражаемую в люксах.

За освещенность в 1 люкс (*лк*) принимается освещенность 1 $м^2$ поверхности, получающей равномерно распределенный световой поток в 1 *лм*.

Освещенность поверхности изменяется прямо пропорционально изменению силы света и обратно пропорционально изменению квадрата расстояния освещаемой поверхности от источника света.

Отношение силы света к видимой в данном направлении площади светящейся поверхности называется яркостью.

Яркость равномерно светящейся плоской поверхности в перпендикулярном к ней направлении, испускающей в том же направлении свет силой 1 *св* с 1 *см*² поверхности, принята за единицу яркости и названа стильб (*сб*). Большая яркость вредна для зрения, поэтому обычно электролампы имеют полупрозрачные, молочные или матовые оболочки или специальную арматуру.

2. Источники света

В качестве источников электрического света обычно применяются электрические лампы накаливания или люминесцентные лампы.

Лампа накаливания в современном ее виде представляет собой стеклянную колбу с цоколем, в который впаян вольфрамовый спиральный волосок. Чтобы предотвратить окисление раскаленного волоска лампы, колбу наполняют обычно аргоном и азотом. Электрическим током волосок накаляется до температуры 2200—2300°.

Технические характеристики ламп накаливания приведены в табл. 14.

Таблица 14

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

Мощность *вт*	Световой поток, *лм*		Световая отдача, *лм/вт*		Срок службы час.
	ламп 110—127 *в*	ламп 220 *в*	ламп 110—127 *в*	ламп 220 *в*	
15	124	95	8,25	6,33	1000
25	225	191	9,00	7,65	
40	380	336	9,50	8,40	
60	645	540	10,75	9,00	
75	881	671	11,75	9,00	
100	1275	1000	12,75	10,00	
150	2175	1710	14,50	11,41	
200	3050	2510	15,25	12,56	
300	4875	4100	16,25	13,65	
500	8725	7560	17,45	15,12	
750	13690	12230	18,25	16,31	
1000	19000	17200	19,00	17,20	

Несмотря на превосходные качества лампы накаливания по сравнению с другими тепловыми источниками света, она во многом уступает новой, более совершенной лампе так называемого холодного света — люминесцентной лампе.

Технические характеристики люминесцентных ламп приведены в табл. 15.

Таблица 15

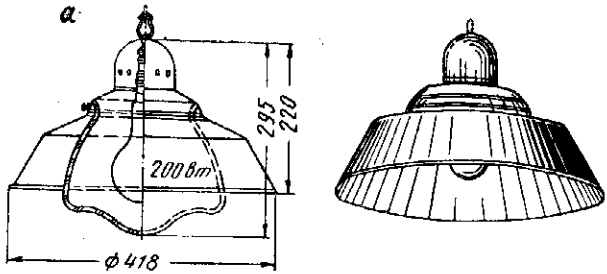
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

(БС — белого света, ДС — дневного света)

Типы ламп	Напряжение *в*	Мощность *вт*	Световой поток, *лм*	Световая отдача, *лм/вт*	Срок службы, *час.*	Длина лампы, *мм*	Диаметр лампы, *мм*
БС-15	127	15	510	34	1500	400	25
ДС-15	127	15	390	26		400	25
БС-20	127	20	720	36		600	37
ДС-20	127	20	560	28		600	37
БС-30	220	30	1140	38		900	25
ДС-30	220	30	900	30		900	25
БС-40	220	40	1600	40		1200	37
ДС-40	220	40	1290	32		1200	37

В производственных помещениях обогатительных фабрик применяются следующие светильники с лампами накаливания: водопыленепроницаемые, полугерметические, фарфоровые, прямого света. Для прочих помещений обогатительных фабрик используются светильники: «Универсаль», «Люцетта», «Альфа» (рис. 122).

Ручная безопасная переносная лампа для ремонтного освещения показана на рис. 123. Патрон лампы укрепляется в рукоятке из изолирующего материала, достаточной механической прочности, на которой имеется проволочная предохранительная сетка. На рукоятку надевается резиновая манжета, предохраняющая подводящие провода от излома или перетирания у места их ввода в рукоятку.



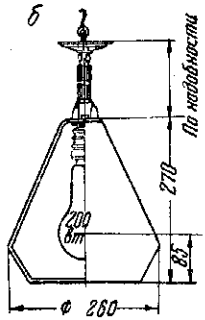


Рис. 122. Светильники:
а — «Универсаль»; *б* — «Люцетта»

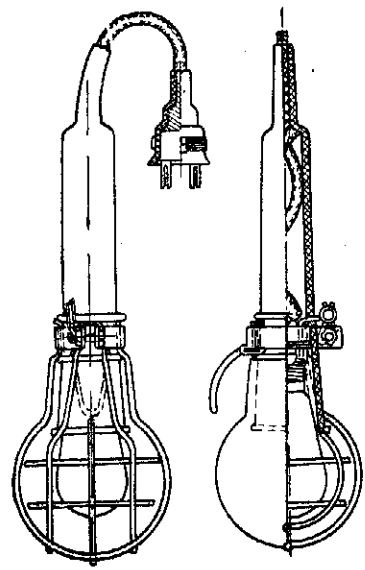


Рис. 123. Ручная переносная лампа

Данные табл. 14 и 15 показывают, что лампы накаливания на 127 *в* экономичнее, чем на 220 *в*; лампы большей мощности экономичнее ламп малой мощности. Однако при выборе напряжения следует учитывать, что напряжение 220 *в* дает экономию в расходе металла для осветительных сетей. Поэтому обычно на фабриках осветительная сеть имеет напряжение 220 *в*. Кроме того, при равных потоках люминесцентные лампы расходуют в 3—4 раза меньше энергии, чем лампы накаливания.

Основной недостаток ламп накаливания состоит в том, что они обладают весьма низким к. п. д. вследствие интенсивного теплоизлучения раскаленного волоска. Так, при температуре волоска 2200° он дает только 7—8% видимых и 92—93% невидимых лучей.

Кроме того, свет этих ламп имеет красно-желтый оттенок, вследствие чего освещаемые ими предметы приобретают неестественную окраску.

3. Люминесцентные лампы

При прохождении электрического разряда через разреженные газы, возникает свечение. В зависимости от природы газа свечение имеет оранжевый (неон), голубой (аргон) свет и т. п. В этом случае получаются только видимые лучи разных цветов, инфракрасные невидимые лучи отсутствуют. Однако такие лампы пригодны лишь для декоративных целей.

В 1926 г. акад. С. И. Вавилов предложил использовать ультрафиолетовые лучи ртутных ламп для получения видимого света при помощи люминесцентных веществ, которые обладают свойством светиться после поглощения световой энергии.

Акад. С. И. Вавиловым была создана советская школа люминесценции. Под его руководством проводились научно-исследовательские работы в Физическом институте АН СССР, под руководством проф. В. А. Фабриканта во Всесоюзном электротехническом институте и под руководством проф. А. П. Иванова на Московском электроламповом заводе и в Московском энергетическом институте. В результате этих работ в 1940—1941 гг. на Московском электроламповом заводе и на заводе «Светотехник»

были изготовлены первые образцы люминесцентных ламп, а налаживание их производства передано Московскому электроламповому заводу [9].

Основное достоинство люминесцентных ламп заключается в том, что они позволяют в широких пределах менять спектральный состав излучения. Они лучше каких-либо других источников света способны заменять естественное дневное освещение. Это преимущество весьма важно для рудосортировочных работ, особенно в тех случаях, когда процесс сортировки наполовину или полностью автоматизирован. Но даже и при ручной сортировке важно создать такие условия освещенности, которые обеспечивали бы в любое время суток постоянный, однажды установленный спектральный состав излучения независимо от метеорологических условий.

Важным преимуществом люминесцентных ламп является также их высокая экономичность (в три раза выше, чем ламп накаливания).

Наконец, люминесцентные лампы еще одной особенностью выгодно отличаются от ламп накаливания: поверхностная яркость, обусловливающая слепящее действие ламп накаливания, не свойственна люминесцентным лампам.

Однако следует отметить и ряд недостатков, присущих люминесцентным лампам. Наиболее серьезным из них является невозможность включения ламп в электросеть без дополнительных элементов, требуемых для их нормальной работы. Включение дросселя в схему лампы вызывает потери 15—20% мощности.

Другой особенностью, усложняющей применение люминесцентной лампы, является ее подверженность стробоскопическим (мигающим) явлениям, которые возникают при включении лампы в цепь переменного тока по нормальной схеме: предметы, движущиеся в свете люминесцентной лампы, двоятся. Для уменьшения и полного устранения стробоскопического эффекта включают в различные фазы по две или три лампы.

Несмотря на описанные выше недостатки люминесцентных ламп, они все больше применяются в промышленности, так как позволяют максимально приблизить освещенность рабочего места на производстве к освещен-

ности дневным светом и тем самым способствуют повышению производительности труда и улучшению качества выпускаемой продукции.

Устройство люминесцентной лампы, внутренняя поверхность которой покрыта слоем ртути, основано на способности специальных кристаллических веществ преобразовывать ультрафиолетовое невидимое излучение под действием электрического тока, протекающего в парах ртути, в видимое.

Светоотдача люминесцентной лампы зависит от ее мощности; она в 3 раза превосходит светоотдачу лампы накаливания.

При прочих равных условиях экономичность люминесцентной лампы тем больше, чем длиннее трубка.

Напряжение в трубке лампы соответствует общему падению напряжений — на электродах и в положительном столбе. У ламп с подогретыми электродами падение напряжения между ними составляет 12—18 *в* в зависимости от конструкции и типа лампы. Падение напряжения в положительном столбе зависит от длины трубки, давления в ней и состава газа; оно распределяется равномерно вдоль всей трубки и составляет около 1 *в* на 1 *см* длины трубки.

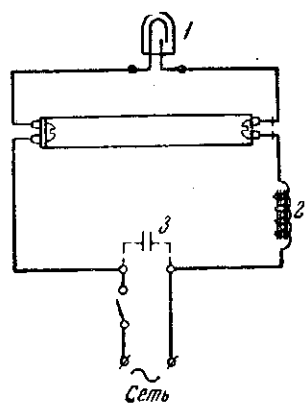


Рис. 124. Схема включения люминесцентной лампы:

1 — неоновый стартер; *2* — стабилизирующее сопротивление (дроссель); *3* — конденсатор

Напряжение, необходимое для зажигания лампы с холодными электродами, должно быть не ниже 1000 *в*, поэтому требуется предварительный разогрев их, способствующий появлению сильной электронной эмиссии, обеспечивающей возможность зажигания.

Для управления предварительным накалом в схеме (рис. 124) предусмотрен пускатель (неоновый стартер) *1*, который должен удовлетворять следующим условиям:

а) цепь предварительного накала должна быть вклю-

чена в течение времени, необходимого для разогрева электродов лампы до установленной температуры;

б) полное время срабатывания пускателя (время тлеющего разряда плюс время включения и разрыва цепи электродов) не должно превышать установленной величины в зависимости от типа лампы;

в) напряжение зажигания разряда в пускателе должно быть ниже напряжения сети, но выше напряжения зажигания лампы при накаленных электродах, а также выше напряжения на ней во время горения;

г) пускатель должен быть рассчитан на довольно большое число включений.

Для устойчивой работы лампы необходимо подавать от сети напряжение, в два раза превышающее напряжение лампы, поэтому в цепь ее при питании переменным током последовательно включается дроссель *2*, выполняющий роль балластного сопротивления, в котором поглощается разность напряжений сети и лампы, и, кроме того, ограничиваются ее пусковой и рабочий токи.

При включении дросселя улучшаются также условия зажигания лампы: наличие индуктивности вызывает при разрыве цепи пускателя импульс напряжения, превышающий напряжение питания, что облегчает зажигание лампы.

Лампа работает по схеме, приведенной на рис. 124, следующим образом. От сети подается напряжение на электроды лампы и одновременно на электроды пускателя. В силу того, что напряжение зажигания разряда в пускателе ниже напряжения сети и напряжения зажигания лампы с холодными электродами, между электродами пускателя возникает тлеющий разряд; в лампе свечение отсутствует. С появлением разряда биметаллическая пластинка в пускателе разогревается. Это приводит к замыканию цепи накала электродов лампы и протеканию через них пускового тока, который вызывает падение напряжения на спирали, достаточное для создания вспомогательного низковольтного разряда между концами спирали. Этот вспомогательный разряд вызывает на концах лампы свечение. С охлаждением биметаллической пластинки электроды пускателя разомкнутся. Несмотря на то, что при этом два параллельно включенных разрядных промежутка — пускатель и лампа — окажутся снова под полным напряжением, основной разряд появится лишь в лампе, ибо здесь сказывается тепловая инерция, и электроды лампы сохранят свою высокую температуру, а поэтому величина напряжения зажигания лампы снизится. Зажигание лампы вызовет определенное падение напряжения, которое установится на время ее горения: величина напряжения зажигания разряда в пускателе должна быть несколько выше величины падения напряжения на лампе во время ее работы.

Промышленность выпускает три типа ламп, различающихся по цветности: 1) ДС — лампы дневного света; 2) БС — лампы белого света; 3) ТБ — лампы теплобелого света. Для освещения предметов, требующих точного воспроизведения цветов, применяют лампы типа ДС; в случаях, не требующих точного различения цвета, целесообразно пользоваться лампами типа БС, так как они более экономичны. Для общего освещения устанавливают лампы типа ТБ.

4. Выбор системы освещения и способы прокладки осветительных сетей

Обычно на обогатительных фабриках применяют систему общего освещения, которая обеспечивает более или менее равномерную освещенность всего производственного помещения. Если необходимо создать особенно хорошую освещенность на рабочих местах (флотомашины, магнитные сепараторы и др.), применяют местное освещение (непосредственно над данным рабочим местом) или комбинированное (общее плюс местное).

Согласно правилам техники безопасности, на фабриках, кроме нормального (рабочего) освещения, должно быть также аварийное (дежурное) освещение, питаемое от сети переменного тока или независимого источника постоянного тока (от аккумуляторной батареи), в зависимости от производительности фабрики и степени ответственности ее электроснабжения.

Наружное освещение обычно получает питание от особой группы и имеет независимое управление (дистанционное).

На рис. 125 изображена принципиальная схема дистанционного управления наружным освещением.

В условиях обогатительных фабрик магистральные линии осветительных сетей обычно выполняют кабелем, а распределительная сеть — изолированным проводом на изоляторах или в газовых трубах.

Осветительные питательные пункты и групповые щитки должны быть закрытыми, с уплотнениями для защиты от пыли и сырости.

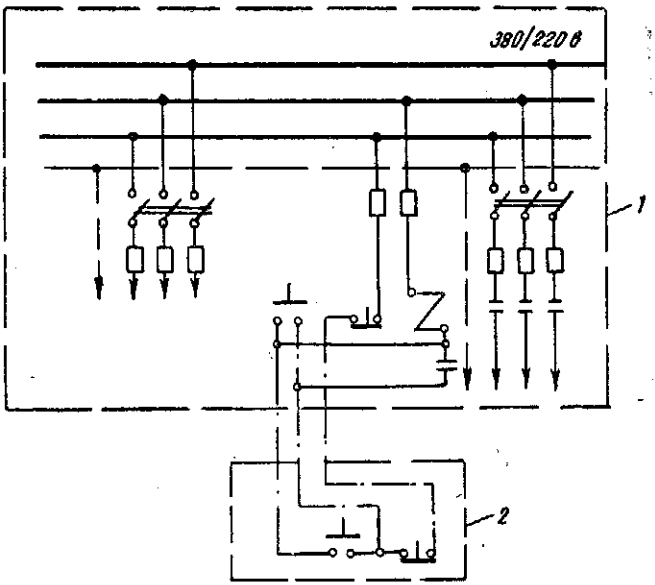


Рис. 125. Дистанционное управление наружным освещением:

1 — щиток, устанавливаемый на подстанции; *2* — пункт управления

5. Выбор мощности ламп и расчет мощности электрической осветительной установки

Для определения мощности осветительной установки применяют либо метод коэффициента использования светового потока, либо точечный метод. Первый способ наиболее распространен и применяется для расчета освещения на обогатительных фабриках.

Освещенность производственных помещений обогатительных фабрик определяется по ГОСТ 3825—47: для производственных помещений — 20 *лк*; рудоразборных лент — 100 ÷ 150 *лк*; диспетчерского пункта, столовой и прочих помещений — 50 *лк*; проходов, лестниц, коридоров — 10 *лк*.

Расположив на плане освещаемого помещения лампы и выбрав их мощность, определяют мощность осветитель-

ной установки по световому потоку одной лампы, пользуясь формулой

$$F_л = \frac{E_н SK}{n\eta},$$

где $F_л$ — требуемый по нормам световой поток от одной лампы, *лм*;

$E_н$ — нормированная средняя освещенность, *лк*;

S — площадь освещаемого помещения, *м*^{2};

K — коэффициент запаса, учитывающий загрязнение и износ лампы;

n — число ламп;

η — коэффициент использования светового потока, учитывающий частичное поглощение светового потока светильником, стенами и потолком освещаемого помещения.

Для дробильного отделения коэффициент запаса принимают $K = 1{,}5$, для остальных производственных помещений $K = 1{,}4$; для бытовых и административных помещений $K = 1{,}3$.

Коэффициент использования светового потока определяют по таблицам. В табл. 16 приведены коэффициенты использования для светильников «Универсаль», «Люцетта» и «Водопыленепроницаемый».

На величину освещенности влияет также показатель помещения β, значение которого в зависимости от цвета стен и потолка определяет коэффициент использования светового потока:

$$\beta = \frac{ab}{h(a+b)},$$

где a и b — длина и ширина прямоугольного помещения, *м*;

h — высота светового центра светильника над рабочей поверхностью, *м*.

При значениях $\beta > 5$ коэффициент использования определяется для $\beta = 5$.

Рабочей поверхностью обычно называется горизонтальная плоскость на уровне 0,8 *м* от пола.

Таблица 16

КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ

Светильники	«Универсаль»		«Водопыленепроницаемый»			«Люцетта»				
$\beta_п$, %*	30	50	30	30	50	50	50	50	70	70
$\beta_с$, %	10	30	10	30	30	30	50	70	50	70
$m=\frac{a}{b}$	Коэффициент использования η, %									
0,5	21	24	11	13	13	16	20	27	22	29
0,6	27	30	15	17	19	21	25	32	27	33
0,7	32	35	19	21	23	24	29	35	30	38
0,8	35	38	21	23	25	26	31	37	33	41
0,9	38	40	22	25	26	29	33	39	35	43
1,0	40	42	23	26	27	31	34	41	37	44
1,1	42	44	25	27	28	32	36	42	38	46
1,25	44	46	26	29	30	34	38	43	41	48
1,5	46	48	27	31	32	37	41	46	44	51
1,75	48	50	30	33	34	39	43	48	46	53
2,0	50	52	32	34	36	41	45	50	48	55
2,25	52	54	33	36	38	43	47	52	50	57
2,5	54	55	36	38	39	45	48	54	52	58
3,0	55	57	38	39	41	47	51	55	54	60
3,5	56	58	41	41	43	49	52	57	57	63
4,0	57	59	41	42	45	50	54	58	59	64
5,0	58	60	42	44	46	52	56	60	61	65

* $\beta_п$ — коэффициент отражения потолка;
$\beta_с$ — коэффициент отражения стен.

Экономичность освещения характеризуется удельной мощностью:

$$p = \frac{P}{S},$$

где P — суммарная мощность ламп, *вт*;

S — освещаемая площадь, *м*².

Производственная площадь фабрик обычно имеет $p = 9 \div 12$ *вт/м*², прочие помещения $10 \div 15$ *вт/м*².

Произведем, например, расчет освещения производственного помещения общей площадью $S = a \times b = 20 \times 15 = 300$ *м*², высотой

$H = 4{,}5$ *м* (рис. 126). Высота светового центра над рабочей поверхностью $h = 3$ *м*. Нормированная средняя освещенность $E_н = 20$ *лк*; число ламп, освещающих помещение — 12; напряжение 220 *в*.

Принимаем следующие значения коэффициентов: $K = 1{,}4$; $\beta_п = 50\%$; $\beta_с = 30\%$.

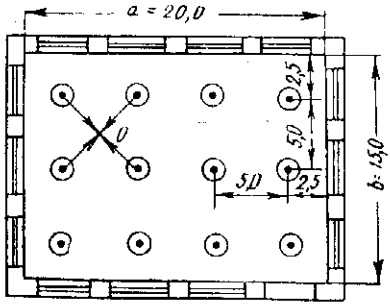


Рис. 126. Схема расположения светильников

Определяем показатель помещения:

$$\beta = \frac{20 \cdot 15}{3\,(20 + 15)} = 2{,}86.$$

Принимаем для данного помещения светильник «Универсаль». Находим по табл. 16 для коэффициента отражения потолка $\beta_п = 50\%$, коэффициента отражения стен $\beta_с = 30\%$ и показателя помещения $\beta = 2{,}86$ величину коэффициента использования $\eta = 46\%$.

Располагаем на плане помещения лампы и определяем требующийся световой поток одной лампы для заданных условий:

$$F_л = \frac{E_н SK}{n\eta} = \frac{20 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 1{,}4}{12 \cdot 0{,}46} \approx 1521 \text{ лм}.$$

Принимаем лампы мощностью по 150 *вт*. Световой поток каждой из них при напряжении 220 *в* равен 1710 *лм*. Следовательно, расчетная освещенность

$$E_р = \frac{1710 \cdot 12 \cdot 0{,}46}{20 \cdot 15 \cdot 1{,}4} = 22{,}8 \text{ лк}.$$

Иногда бывает необходимо определить освещенность не всего помещения, а лишь определенного, наиболее важного участка рабочей поверхности. В этом случае расчет освещения ведется точечным методом. Этот способ основан на законе квадратов расстояний: освещенность E прямо пропорциональна силе света I и обратно

пропорциональна квадрату расстояния L до освещаемой поверхности.

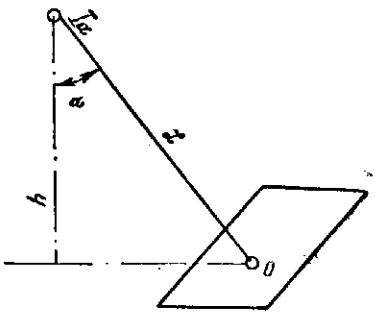


Рис. 127. График для определения освещенности точечным методом

Расчет освещения точечным методом ведется по формуле

$$E_0 = \frac{I_\alpha \cos\alpha}{L^2 K},$$

где L — расстояние от светового центра светильника до освещаемой поверхности, *м*;

K — коэффициент запаса;

α — угол наклона светового потока.

Схема рис. 127 показывает, что

$$L = \frac{h}{\cos\alpha},$$

поэтому можем написать:

$$E_0 = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2 K} \text{ лк},$$

где h — расстояние от светового центра светильника до проекции его на освещаемую горизонтальную поверхность, *м*.

График, приведенный на рис. 127, служит для определения освещенности точечным методом. Чтобы избежать кропотливых расчетов по точечному методу, пользуются специальными таблицами средних горизонтальных освещенностей (табл. 17). По расстоянию a (*м*) от проекции светильника до центра освещаемого участка на рабочей поверхности и высоте h (*м*) светового центра светильника над рабочей поверхностью по таблице находят величину освещенности (*лк*).

Например, необходимо определить точечным методом освещенность в точка O (рис. 126) при $a = 3{,}5$ *м* и $h = 3$ *м* для светильника «Универсаль». По табл. 17 находим $E_0 = 3{,}5$ *лк* для условной лампы 1000 *лм*. Так как в точку 0 одновременно посылают свои лучи 4 лам-

пы, то общая расчетная освещенность $E_р$ будет $3{,}5 \times 4 = 14$ *лк*. Чтобы получить освещенность в 20 *лк*, необходимо принять лампы мощностью по 150 *вт*, световой поток которых равен 1710 *лм*. Пересчитав на новый световой поток, получим $E^d = 23{,}9$ *лк*.

Таблица 17

ВЕЛИЧИНЫ СРЕДНИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОСВЕЩЕННОСТЕЙ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПОЛУЧАЕМЫХ ОТ СВЕТИЛЬНИКА ТИПА «УНИВЕРСАЛЬ» С ПОЛУМАТОВЫМ ЗАТЕНИТЕЛЕМ (пересчитаны на 1000 *лм*)

Расстояние от проекции светильника до рассматриваемой точки на рабочей поверхности *a*, *м*	Высота светового центра светильника над рабочей поверхностью *h*, *м*				
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	Освещенность, *лк*				
0	27,5	19,1	14,0	10,2	8,5
0,5	25,8	18,1	13,5	10,4	8,3
1,0	21,3	14,2	12,3	9,5	7,9
1,5	15,9	12,9	10,6	8,6	7,1
2,0	11,2	9,8	8,5	7,3	6,2
2,5	7,3	7,1	6,8	6,0	5,3
3,0	4,8	5,1	5,1	4,7	4,4
3,5	3,1	3,5	3,7	3,8	3,6
4,0	2,1	2,5	2,6	2,8	2,9
4,5	1,5	1,8	2,0	2,1	2,2
5,0	1,1	1,3	1,5	1,65	1,8
6,0	0,66	0,75	0,94	1,0	1,1

Результат подсчета освещенности по точечному методу почти совпадает с результатом подсчета по методу коэффициента использования (22,9 *лк*). Погрешность составляет всего 4%, что является допустимым.

6. Эксплуатация осветительных сетей

Расчетный световой поток светильника используется полностью лишь при условии постоянного ухода за ним и чистки его в установленные сроки. Соблюдение этих условий особенно важно на рудообогатительных фабри-

ках, где имеются пыль и сырость, а светильники быстро загрязняются и понижают светоотдачу.

Для обеспечения безаварийной работы необходимо систематически контролировать состояние осветительной установки и проводить текущие ремонты ее.

Планово-предупредительный осмотр и ремонт осветительных установок на обогатительных фабриках рекомендуется проводить через строго определенные промежутки времени:

Питательные пункты, щитки, отключающие аппараты, штепсельные соединения, осветительные приборы и прочие элементы осветительной установки рабочего освещения	1 раз в 4 мес.
Те же элементы аварийного освещения . . .	1 раз в месяц
Проверка устройства автоматического переключения аварийного освещения	Каждый день (днем)

Тщательную очистку элементов осветительного электрооборудования обогатительных фабрик от пыли, копоти и пр. рекомендуется проводить в следующие сроки:

Осветительные приборы и лампы всех видов освещения	4 раза в месяц
Обратная сторона щитков, предохранителей и других аппаратов	2 раза в месяц
Лицевая сторона щитков, кожухов щитков и аппаратов и корпусов аппаратов	При наличии видимого запыления

Очистке подлежат также отражатели светильников, стеклянные колпаки, наружные поверхности приборов и лампы.

Согласно существующим «Правилам технической эксплуатации электротехнических установок промышленных предприятий», производственные помещения должны быть окрашены светлой краской. Это мероприятие необходимо осуществлять и на обогатительных фабриках, так как оно значительно увеличивает эффективность освещаемости.

Для обеспечения четкой, надежной и безопасной эксплуатации осветительных установок необходимо, чтобы каждый элемент установки был снабжен табличкой с надписью о его назначении, а токоведущие и незащищенные части этих элементов должны быть недоступны для посторонних лиц.

Необходимо вести наблюдение за предохранителями, чтобы они соответствовали фактической нагрузке и сечению проводов защищаемых линий. Выключатели не должны быть нагружены сверх указанного на них номинального тока.

Штепсельные соединения 12 и 36 *в* должны отличаться от соединений 120 и 220 *в* расстояниями между гнездами для штепсельной вилки.

Зануляющие провода должны быть надежно присоединены к зажимам для зануления корпусов приборов.

Глава VIII

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Общие сведения

Ток силой 0,015 *а* вызывает у человека сильные болевые ощущения, а при 0,05 *а* становится опасным для жизни. Ток силой 0,05 *а* и выше вызывает электрический удар (прекращение сердечной деятельности), при котором исчезают видимые признаки жизни, но повреждения в организме отсутствуют.

Сопротивление тела человека 800 *ом* и более. Сила тока, протекающего через тело человека, зависит от его сопротивления и напряжения тока. Очевидно, опасным напряжением является такое, при котором может пройти ток, равный 0,05 *а* и выше, т. е. $800 \times 0{,}05 = 40$ *в*. По этой причине на фабриках при ремонте оборудования применяют переносные лампы напряжением 36 и 12 *в*. Постоянный и переменный ток в равной степени опасны.

На обогатительных фабриках, атмосфера которых насыщена влагой, парами кислот и щелочей, опасность поражения обслуживающего персонала электрическим током особенно велика, и это надо постоянно иметь в виду.

Согласно «Правилам устройства электротехнических установок», опасным считается напряжение, превышающее 250 *в* (по отношению к земле). Однако электрическое сопротивление человеческого тела есть величина непостоянная, изменяющаяся в широких пределах в зависимости от его состояния, поэтому указанный выше предел безопасного напряжения является в значительной мере условным. Ток, протекающий внутри человеческого организма, в основном, по кровеносным сосудам, разветвляется на множество параллельных ветвей в разных направлениях. При этом совершенно не поддастся учету, какая часть тока пройдет по важнейшим органам человека —

мозгу, сердцу, легким, наиболее угрожаемым с точки зрения поражения электрическим током.

В зависимости от состояния здоровья человек в большей или меньшей степени подвержен электрическим ударам, ибо электрический ток больше всего действует на нервную систему, парализуя ее и вызывая прекращение всех необходимых для жизни процессов дыхания, кровообращения и др.

Через тело человека, прикоснувшегося к голому проводу одной фазы, может пройти ток лишь в том случае, если одновременно вторая фаза плохо изолирована от земли, или, как говорят, заземлилась. При нормальной эксплуатации электрических сетей и своевременном контроле их изоляции можно обеспечить полную, достаточно высокую степень изоляции сетей. Однако в связи с тем, что сеть переменного тока всегда обладает известной емкостью по отношению к земле, ток может пройти через тело человека даже при совершенной изоляции фазы, противоположной той, к которой прикоснулся человек.

При прикосновении человека одновременно к обеим фазам ток пройдет через тело человека независимо от степени их изоляции от земли. В этом случае опасность поражения током особенно возрастает, так как тело человека непосредственно включается под полное напряжение сети.

Для безопасности обслуживающего персонала весьма важно, чтобы пол имел достаточно высокое электрическое сопротивление. В условиях обогатительных фабрик полы обычно бывают бетонные, к тому же сырые. Кроме того, рабочий постоянно подвержен опасности случайного прикосновения к металлическим заземленным частям здания, машин, трубопроводов, и тогда он оказывается соединенным с землей.

Основное правило, которое необходимо соблюдать при электромонтажных работах, заключается в следующем: перед началом работы в какой-либо части электрической установки или сети необходимо выключить ток в этой части, т. е. полностью отъединить все провода и приборы от источника питания.

Даже после размыкания выключателя, разъединителя, рубильника часть установки или сети может оказаться под напряжением вследствие ошибки при выключении или

неисправности в сети, поэтому электромонтер должен перед началом работ испытать при помощи указателя напряжения, нет ли напряжения в приборах или проводах, с которыми ему предстоит работать.

В установках переменного тока высокого напряжения, кабелях, аппаратах, приборах и пр. часто даже после отключения сети от источника тока оказывается остаточный заряд электричества. Происходит это вследствие наличия емкости в сети. Особенно опасными в смысле сохранения остаточного заряда являются конденсаторы. Для уничтожения остаточного заряда надо не только выключить установку, но и заземлить все фазы или полюсы электросети.

Может случиться, что в начале работы участок сети будет выключен, электромонтеры, удостоверившись в этом при помощи указателя напряжения, приступят к работе, однако кто-либо по ошибке замкнет выключатель без ведома электромонтеров, которые окажутся под током. Во избежание несчастного случая необходимо накоротко замкнуть машины, аппараты, приборы и провода на месте работы, тогда в случае замыкания выключателя придет в действие защита и прервет цепь. Для большей надежности следует также заземлить токоведущие части на месте работы.

Операции замыкания или размыкания выключателей, разъединителей и прочей аппаратуры для электродвигателей высокого напряжения должны производиться в специальных резиновых изолирующих галошах и перчатках.

Подача первой помощи при поражении электрическим током должна производиться согласно действующим инструкциям Министерства электростанций.

При обслуживании высоковольтных электродвигателей выводы обмоток и кабельные воронки электродвигателей должны быть надежно закрыты ограждениями, снять которые, не отбалчивая гаек или не вывинчивая винтов, невозможно. Снимать эти ограждения во время работы двигателя запрещается. Вращающиеся части мотора (контактные кольца, шкивы, муфты, вентиляторы, открытые части валов) должны быть надежно ограждены.

Корпусы электродвигателя и пускового оборудования должны быть надежно заземлены. Производить какие-ли-

бо работы на заземлениях во время работы двигателя запрещается.

Пусковое оборудование высоковольтных двигателей, установленное в цехе, должно быть надежно закрыто глухими щитами, открывающимися специальным ключом или путем отвинчивания гаек или винтов.

2. Защитные заземления и зануления

Согласно действующим «Правилам устройства электротехнических установок», при напряжении свыше 150 *в* относительно земли должны выполняться заземления или зануления во всех производственных помещениях и наружных устройствах.

Такое требование обусловлено опасностью электрического соединения металлических частей, нормально не являющихся токоведущими и не находящихся под напряжением. При случайном прикосновении человека без специальных защитных средств (галоши, резиновые перчатки, резиновый коврик) к такому элементу установки через его тело может пройти ток, смертельный для организма.

Прикосновение к заземленным корпусам электрооборудования и аппаратуры приведет к разветвлению тока замыкания на землю на две параллельные цепи, в которых токи обратно пропорциональны сопротивлениям. Так как сопротивление человека в условиях обогатительных фабрик составляет около 800 *ом*, а сопротивление заземляющего контура не больше 4 *ом*, то почти весь ток замыкания на землю пройдет через заземляющий контур, а человек окажется при этом вне опасности.

Заземлителем (заземляющим электродом) называют металлический проводник или группу проводников, непосредственно соприкасающихся с почвой, назначение которых создать электрическое соединение с землей, обладающее определенным сопротивлением растеканию.

Защитное заземление — это соединение с заземлителем металлических частей установки, изолированных от частей, находящихся под напряжением, выполняемое для защиты от опасных напряжений прикосновения и шага.

Занулением называют соединение всех металлических частей установки, нормально изолированных от частей,

находящихся под напряжением, с заземленным нейтральным (нулевым) проводом. Зануление служит для защиты от поражения током путем быстрого отключения установок при замыканиях на корпус.

Заземляющий контур вокруг обогатительной фабрики выполняется в виде ряда забитых в землю стальных труб, соединенных стальной лентой. Диаметр трубы 50 *мм*, длина 2,5—3 *м*, толщина стенок не менее 3,5 *мм*.

Трубы забивают в землю на такую глубину, чтобы от головки трубы до поверхности земли было 0,8 *м*. Толщина стальной ленты не менее 4 *мм*, сечение не менее 48 *мм*^{2} при напряжении до 1000 *в* и 100 *мм*^{2} при напряжении выше 1000 *в*. Расстояние между трубами должно быть равно 2,5—3 *м*. Величина сопротивления заземляющего контура не должна превышать 4 *ом*.

Кроме искусственных заземлителей, бывают естественные — водопроводные, воздухопроводные и прочие трубы, проложенные в земле (за исключением трубопроводов горючих жидкостей и взрывчатых или горючих газов).

В табл. 18 приведены наименьшие допустимые сечения заземляющих и зануляющих проводов.

Таблица 18

НАИМЕНЬШИЕ ДОПУСТИМЫЕ СЕЧЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ И ЗАНУЛЯЮЩИХ ПРОВОДОВ

Материал проводов и способ прокладки	Сечение, *мм*^{2}
Стальные провода (открытая проводка)	12
То же (прокладка в земле):	
прямоугольная лента толщиной не менее 4 *мм*	48*
» » » » 4 »	100**
круглые провода диаметром не менее 6 *мм*	28
Медные голые провода (открытая проводка) . . .	4
То же (прокладка в каналах)	1,5
Медные изолированные провода (открытая проводка)	2,5

* Для напряжения до 1000 *в*
** Для напряжения свыше 1000 *в*

На величину сопротивления заземлителей растеканию тока влияет главным образом удельное сопротивление

грунта, неодинаковое в разные времена года. Поэтому удельные сопротивления грунта определяют непосредственным измерением.

На подстанциях обогатительных фабрик измерения сопротивлений заземления и проверка состояния наружной части заземляющей и зануляющей проводок должны производиться не реже одного раза в год в периоды наименьшей проводимости почвы: один год летом при наибольшем просыхании и другой год — зимой при наибольшем промерзании почвы.

Временные заземления должны быть наложены надежно с соблюдением мер предосторожности в соответствии с правилами безопасности.

В табл. 19 даны удельные сопротивления наиболее характерных грунтов.

Таблица 19

ВЕЛИЧИНЫ УДЕЛЬНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ГРУНТОВ
(относительная влажность 15—20%; температура 15°)

Характер грунта	Удельное сопротивление $1 \cdot 10^4$ *ом · см*
Речная вода	8—10
Влажный песок	4—7
Супесок	1,5—4
Чернозем	0,5—1,5
Суглинок	0,4—1,5
Каменистая глина	0,1—5
Глина	0,1—0,7
Песок с внесенными в грунт солями	0,05—0,7
Морская вода	0,02—0,01

Глава IX

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

1. Общие сведения

Расход электроэнергии на обогатительной фабрике является одним из основных показателей, влияющих на себестоимость выпускаемой продукции.

Расход электроэнергии может быть выражен в абсолютных величинах за определенный отрезок времени, например, в *квт-ч* в сутки, и показателем удельного расхода энергии на единицу продукции.

Удельным расходом электроэнергии на фабрике называется отношение величины расхода электроэнергии на производственные нужды по фабрике в целом за сутки к количеству руды, переработанной за этот же промежуток времени. Количество переработанной руды определяется тоннами, следовательно удельный расход электроэнергии на фабриках выражается в *квт-ч* на 1 *т* руды. Иногда вычисляют удельный расход энергии и на 1 *т* концентрата.

Удельный расход электроэнергии на фабриках весьма различен и зависит от необходимой для технологии крупности конечного измельчения руды, применяемого процесса обогащения и мощности фабрики.

Однако не только эти факторы определяют фактический удельный расход электроэнергии на фабрике. Большое значение имеет использование технологических мощностей каждого агрегата и фабрики в целом, так как расход энергии на фабрике не находится в прямой пропорциональной зависимости от количества перерабатываемой руды. Все агрегаты по схеме технологического процесса имеют практически постоянный расход энергии, не зависящий от тоннажа перерабатываемой руды. В этих условиях повышение использования технологических мощно-

стей оборудования ведет к понижению удельного расхода энергии.

Удельный расход энергии на фабрике зависит также от состояния оборудования и подводки электроэнергии. Повышенный удельный расход энергии требует применения электропривода повышенной мощности.

Минимальный расход энергии обеспечивается максимальной загрузкой технологического оборудования, правильным выбором электрооборудования и хорошим техническим состоянием технологического и электрического оборудования, допускающим нормальную эксплуатацию его.

2. Определение мощности компенсирующего устройства для повышения коэффициента мощности

Величина коэффициента мощности электрической системы значительно влияет на ее результирующий к. п. д., поэтому вопросам повышения коэффициента мощности необходимо уделять особое внимание.

При холостой работе электродвигателей потребление реактивной мощности составляет от 20 до 40% номинальной мощности, а активной мощности — всего 5—10%. Отсюда и весьма низкий $\cos\varphi$: 0,1÷0,3 при холостой работе.

При нагрузке двигателей в пределах 25—50% от номинальной мощности $\cos\varphi$ для асинхронных двигателей малой и средней мощности изменяется примерно от 0,5 до 0,75. Поэтому весьма важно правильно выбрать двигатель по загрузке его номинальной мощности.

Реактивная мощность, потребляемая трансформаторами при холостом ходе, составляет 5—8% от номинальной и при нормальной нагрузке — от 10 до 25%.

Низкий $\cos\varphi$ влечет за собой и бо́льшие потери напряжения в сети, а отсюда и удорожание электросети, оборудования и коммутационной аппаратуры.

Известны два способа улучшения $\cos\varphi$: естественный и искусственный. Первый включает следующие мероприятия: по наиболее полному использованию производительности механизмов и аппаратов; по замене крупных асинхронных двигателей синхронными (там, где позво-

ляют технологические условия); по перегруппировке двигателей и трансформаторов таким образом, чтобы они максимально соответствовали фактической нагрузке; по переключению статорных обмоток мало загруженных двигателей со звезды на треугольник.

Искусственный способ улучшения $\cos\varphi$ заключается в компенсации низкого коэффициента мощности электросети путем установки статических конденсаторов или синхронных компенсаторов. Последние применяют при необходимости компенсировать реактивную мощность порядка 5000 *ква* и выше.

При улучшении условий работы электродвигателя величина активных потерь изменяется обратно пропорционально отношению

$$\left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1}\right)^2,$$

где $\cos\varphi_1$ — коэффициент мощности до улучшения;
$\cos\varphi_2$ — коэффициент мощности после улучшения.

Намечаемое широкое внедрение синхронных электродвигателей мощностью от 30 *квт* даст возможность резко повысить коэффициент мощности промышленных электросетей.

Глава X

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

1. Общие сведения

Проектирование силового электрооборудования и электрического освещения обогатительных фабрик ведется по двум или трем стадиям в зависимости от степени новизны и сложности отдельных элементов объекта и возможности использования типовых проектов или повторного применения экономичных решений.

При проектировании по трем стадиям разрабатываются: проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом, технический проект со сводной сметой и рабочие чертежи.

Двухстадийное проектирование состоит из разработки проектного задания со сводным сметно-финансовым расчетом и рабочих чертежей.

Число стадий проектирования устанавливается при выдаче задания на проектирование инстанцией, утверждающей это задание.

Цель проектного задания — наметить принципиальные решения по схеме электроснабжения, выбору электрооборудования и распределению электрической энергии; определить приближенно потребляемую мощность и годовой расход электроэнергии и оценить в объеме сметно-финансового расчета капитальные затраты. Сведения о капитальных затратах составляются по данным о средних стоимостях 1 *квт* установленной мощности для характерных групп электроприемников и светильников на основе технических смет по аналогичным объектам.

Проектное задание состоит из пояснительной записки, сметно-финансового расчета, схемы электроснабжения и эскизов подстанции (при питании от своей подстанции).

Технический проект представляет собой технически обоснованное расчетами и оформленное в виде графического материала принципиальное решение задач, намеченных проектным заданием.

Технический проект включает: 1) пояснительную записку; 2) таблицу подсчета электрических нагрузок и расхода электроэнергии; 3) таблицу расчета питающих электросетей и троллейных линий; 4) спецификации электрооборудования и материалов; 5) сметы; 6) чертежи (планы и основные разрезы проектируемой фабрики, принципиальные схемы питающих силовой и осветительной электросетей, эскизы оригинальных конструкций, не входящих в номенклатуру изделий, изготовляемых заводами).

Кроме перечисленных материалов, к проекту прилагается таблица технико-экономических показателей (табл. 20), которая представляет собой краткую характеристику проекта и позволяет дать оценку как в техническом, так и в экономическом отношениях принятым проектным решениям.

Таблицы технико-экономических показателей позволяют вывести укрупненные показатели по тем или иным обогатительным фабрикам.

Спецификации к техническому проекту являются документами для заказа, а технические сметы — юридическими документами, по которым финансируется строительство и монтаж.

Рабочие (монтажные) чертежи необходимы для монтажа силового электрооборудования осветительных электросетей и трансформаторных подстанций обогатительной фабрики.

Пояснительная записка состоит из:

1) вводной части, характеризующей исходные данные, положенные в основу проекта, и сам объект с точки зрения технологического оборудования и строительной части;

2) основных сведений о состоянии электрического хозяйства по материалам обследования, если фабрика реконструируется;

3) указаний об источниках питания и выбранных напряжениях силовой и осветительной сетей с ссылкой на

те проектные или другие материалы, из которых эти сведения взяты;

4) подсчетов установленной и потребляемой мощностей (с распределением их по подстанциям) и расхода электроэнергии. В этом разделе выводятся общий коэффициент спроса и средневзвешенный коэффициент мощности электроустановки;

5) обоснования выбора типов электродвигателей, аппаратуры управления, защиты, питательно-распределительных пунктов и щитков;

6) обоснования принятой схемы распределения электрической энергии, рода и способа прокладки силовой и осветительной сетей, способа их резервирования, организации учета расхода электрической энергии и пр.

Пояснительная записка составляется в сжатой форме и освещает вопросы, характерные для данного объекта.

При выборе электродвигателей, аппаратуры управления и защиты принято пользоваться формой табл. 21.

Если какие-либо двигатели или аппараты поставляются комплектно с технологическим оборудованием, то в графах 5 и 11 табл. 21 даются соответствующие указания об этом. Мощность и число оборотов указываются соответственно заданию, а номинальный и пусковой токи определяются по данным каталогов электродвигателей, аналогичных или подходящих к заданным по мощности и числу оборотов.

Электрические нагрузки подсчитывают по форме, приведенной в табл. 22, начиная с конечных участков сети и переходя последовательно к главным распределительным пунктам, далее к щитам отдельных подстанций и обогатительной фабрике в целом.

Расчет силовой питающей сети по подсчитанным нагрузкам на отдельных участках производится по форме табл. 23.

В табл. 24 приведена форма задания энергоотделу на проектирование силового электрооборудования, а в табл. 25 — наиболее распространенная форма расчетной схемы силовой сети. При наличии вторичных питательных фидеров в таблице выделяют рубрику «Питательные фидеры».

Таблица 20

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПО ПРОЕКТУ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Характеристика объекта

Стадия проекта	Предприятие	Объект	Метод обогащения (флотационный, гравитационный и т. д.)	Производственная площадь, *м²*	Преобладающие условия среды

2. Характеристика источников питания и электроприемников

Источники питания					Установленная мощность электроприемников по группам, *квт*									
		трансформаторы			электродвигатели									
№ подстанции	тип подстанции	число	мощность *ква*	напряжение *в*	дробилок	мельниц	транспортеров	насосов	сантехнических агрегатов	подъемно-транспортных устройств	сушильные электропечи	сварочные электроагрегаты	прочие электроприемники	всего

3. Энергетические показатели

Нагрузка по объекту		Годовой расход электроэнергии *квт-ч*	Коэффициенты		Энерговооруженность на одного рабочего в максимально нагруженную смену, *квт/чел*	
общая *квт*	удельная *квт/м²*		спроса	мощности	по установленной мощности	по потребляемой мощности

4. Сетевые показатели

Назначение сети	Длина линии, *м*						Вес металла в проводах, кабелях и шинах на 1 установленный *квт*, *кг*			
	провода, проложенные		кабели	шинные сборки	шинопроводы	троллеи	медь	алюминий	свинец	сталь
	открыто	в трубах								
Питающая										
Распределительная										

5. Экономические показатели

Затраты, тыс. руб.	Стоимость			Пусковые затраты	Общая стоимость	Стоимость проекта
	оборудования	монтажа	строительных работ			
Всего						
На 1 установленный *квт*						

Главный инженер проекта:

Составил:

Таблица 21

ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Предприятие _____ Объект _____ Напряжение _____

№ по пор.	Производственное и сантехническое оборудование			Электрооборудование на один механизм								Примечание
	наименование	№ по ведомости задания	число однотипных механизмов	электродвигатели						аппаратура управления и защиты		
				тип	скорость вращения об/мин	род передачи[1]	номинальные		пусковой ток, а	тип	№ нагревательного элемента, номинальный ток плавкой вставки или уставки тока автомата	
							мощность квт	ток, а				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

[1] Условные обозначения: *Р* — ременная; *К* — клиновидная; *М* — муфтой; *В* — зубчатая; *Ч* — червячная.

Составил:

Таблица 22

ПОДСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Предприятие _____ Объект _____ Напряжение _____

№ по пор.	Группа оборудования	Число электроприемников, n	Установленная мощность, *квт*		Расчетные коэффициенты			Составляющие активной мощности *квт*		Расчетная потребляемая мощность		
			наиболее мощных электроприемников P_{n_1}	всех электроприемников P_n	c	b	$\cos\varphi$	$c P_{n_1}$	$b P_n$	P *квт*	Q *квар*	S *ква*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Составил:

Примечание. Число электроприемников обычно принимается равным от 3 до 5. Максимальная потребляемая мощность

$$P_м = c P_{n_1} + b P_n,$$

где b и c — эмпирические значения коэффициентов, принимаемые по таблицам в зависимости от характера электропривода.

Таблица 23

РАСЧЕТ СИЛОВОЙ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ И ТРОЛЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ

Предприятие _____ Объект _____ Напряжение _____

№ по пор.	№№ участков питающей сети и троллейных линий	Расчетная максимальная мощность S, *ква*	Расчетные максимальные токи *а*		Данные о питающей сети и троллейных линиях				Потеря напряжения ε, %	Номинальный ток плавкой вставки ($I_{вс}$) или уставки реле автомата ($I_а$), *а*	Примечание
			длительный $I_{макс.\ д}$	пиковый $I_{макс.\ п}$	марка провода, кабеля или шин	число жил и сечение *мм²*	погонная длина *м*	способ прокладки			

Составил:

Таблица 24

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ОБЪЕКТА _____ ПРЕДПРИЯТИЯ _____ СТАДИЯ _____

№ по пор.	Приводимый механизм	Число токоприемников		Мощность электродвигателя, *квт*		Скорость вращения об/мин	Род привода	Требуется ли реверсирование	Место установки	Характеристика помещения	№ электродвигателя на плане	Число рабочих дней в году	Число часов работы в сутки	Примечание
		всего	резервных	расчетная на валу	установленная по каталогу									

Главный инженер проекта ..... *Начальник* ..... *отдела*

Таблица 25

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА СИЛОВОЙ СЕТИ

Предприятие _____ Объект _____ Корпус _____

№ подстанции, схема щита и напряжение *в*	Питательные фидеры					Распределительная сеть			
	№ фидера	номинальный ток плавкой вставки *а*	расчетный ток *I*, *а* / установленная мощность $P_у$, *квт*	марка, сечение провода, кабеля, *мм*² / способ прокладки	длина *м* / потеря напряжения на участке *ε*, %	№ и схема распределительного пункта	тип предохранителя / ток плавкой вставки *а*	марка и сечение провода, кабеля *мм*²	длина фидера (от пункта к пускателю) *м*

Продолжение табл. 25

Распределительная сеть							
тип пускателя / № нагревательного элемента	марка и сечение провода *мм*²	длина линии от пускателя к двигателю *м*	№ электродвигателя	мощность *P*, *квт*	сила тока *I*, *а*	тип электродвигателя	технологическое оборудование (или номер его)

Таблица 26

СПЕЦИФИКАЦИЯ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ _____

№ на плане	Наименование и техническая характеристика оборудования и материалов	Тип или марка	Количество	Завод-изготовитель	Примечание

Таблица 27

СМЕТА № _____ НА ПРИОБРЕТЕНИЕ И МОНТАЖ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ _____

Составлена по спецификации № _____

и чертежам № _____

Сметная стоимость _____ тыс. руб.

В том числе оборудования _____ тыс. руб.

монтажных работ _____ тыс. руб.

№ по пор.	Прейскурант, ценник и № позиции	Наименование оборудования с указанием завода-изготовителя и краткая характеристика работ	Количество	Вес m (брутто)		Стоимость, руб.					
						единицы			общая		
						оборудование	монтажных работ		оборудование	монтажных работ	
				единицы	общий		всего	в том числе зарплата		всего	в том числе зарплата

Спецификация электрооборудования и материалов должна содержать исчерпывающую техническую характеристику, необходимую для выдачи заказов. Обычно спецификация составляется по форме табл. 26.

Форму и объем сметы определяют соответствующими директивными указаниями, действующими на данный момент. Ниже приведена общепринятая форма сметы на силовое электрооборудование (табл. 27).

2. Исходные данные

Основанием для выполнения проектно-сметной документации служат следующие материалы.

А. Для проектного задания:

а) задание;

б) планы зданий фабрики с разбивкой на отделения, цехи и бытовые помещения, с указанием расположения технологического оборудования и характера среды в помещениях;

в) ведомость основного технологического оборудования с указанием мощностей электроприемников; режима работы каждого механизма (рабочий или резервный, число часов работы в смену, число смен в сутки и суток работы в году); особых требований в случае необходимости регулирования скорости вращения механизма, реверсирования и пр.;

г) аналогичные ведомости оборудования по хвостохранилищу, водоснабжению, производственной и санитарно-технической вентиляции;

д) задание на блокировку двигателей с точным указанием, в какой последовательности должна работать блокируемая группа двигателей, последовательности включения и отключения их и приложением технологической схемы цепи аппаратов;

е) задание на диспетчеризацию, производственную сигнализацию, контроль и автоматическое регулирование технологических процессов;

ж) генеральный план предприятия с расположением всех сооружений обогатительной фабрики

и трансформаторных подстанций и электростанций, если таковые имеются;

з) основные данные о конструктивных и архитектурных особенностях зданий фабрики;

и) техническое задание энергоснабжающей организации на проектирование электроснабжения.

Б. Для технического проекта:

а) решение энергоснабжающей организации о согласовании проектного задания по электроснабжению фабрики с перечислением замечаний, которые необходимо учесть при разработке технического проекта;

б) решение об утверждении проектного задания по электроснабжению и электрооборудованию фабрики с перечислением замечаний;

в) планы зданий фабрики и площадок внутри этих зданий в масштабе 1 : 100 или 1 : 200 с расположением и нумерацией технологического оборудования, подъемно-транспортных механизмов, агрегатов производственной и санитарно-технической вентиляции и прочих потребителей электроэнергии.

Остальные данные должны быть получены в таком же объеме, как и для проектного задания, причем в ведомостях должны быть особо отмечены электродвигатели и прочее электрооборудование, заказываемые и поставляемые комплектно с технологическим оборудованием.

Кроме того, для составления смет требуются следующие данные: а) местонахождение объекта (по железнодорожных расстояний); б) размер накладных расходов; в) поправочные и тарифные коэффициенты; г) единичные расценки на строительные работы, связанные с монтажом; д) стоимость перевозки 1 *т* груза от станции назначения до центрального базисного склада строительства или схема транспортировки.

В. Для рабочих (монтажных) чертежей:

а) технический проект электроснабжения и электрооборудования фабрики, согласованный с энергоснабжающей организацией и утвержденный

инстанцией, выдавшей задание на проектирование, с перечислением замечаний;

б) подтверждение на заказанное оборудование от инстанции, утвердившей технический проект;

в) планы, разрезы и площадки зданий фабрики в масштабе 1 : 100 (или 1 : 200 для фабрик с малой степенью заполнения оборудованием) с расположением всего оборудования по рабочему проекту и всеми коммуникациями;

г) основные рабочие строительные чертежи (планы, разрезы и фасады) в масштабе, соответствующем технологическим чертежам (1 : 100 или 1 : 200), с указанием габаритов подкрановых балок, монорельсов, каналов, колонн, лестниц и пр.;

д) ведомость уточненного оборудования с техническими данными заказанного электрооборудования;

е) генплан или выкопировка из генплана предприятия и питающих подстанций (электростанций) обогатительной фабрики (если в техническом проекте не предусмотрены внутрицеховые или пристроенные подстанции) с нанесением всех объектов данного участка предприятия, грунтовых, шоссейных, подвесных канатных дорог, железнодорожных путей, различного рода коммуникаций (включая колодцы) — водопровода, теплофикации, канализации, кабельных сетей и т. п. — с подробными техническими данными (диаметры труб, сечения кабелей, отметка заложения, габариты колодцев и пр.), а также с воздушными линиями электропередачи (высоковольтных, низковольтных), телефонной связи и радиофикации (высота опор, габариты проводов, класс линии, марка, сечение и число проводов и пр).

Если действующая фабрика расширяется или реконструируется, необходимо получить точные данные о существующем электрооборудовании, трассе питающей электросети, действующей схеме электроснабжения, электрических нагрузках существующих потребителей, исполнительные чертежи подстанций (или электростанций), электросетей, линий электропередачи. На планах

обогатительной фабрики должны быть отмечены места расположения технологического и электротехнического оборудования (двигатели, пусковая аппаратура, распределительные пункты, щитки).

Для оценки возможности использования отдельных элементов электротехнической установки и электросетей к планам фабрики должны быть приложены дефектная ведомость, характеризующая состояние линий питающей сети и элементов электрооборудования, и перечень элементов установок, подлежащих демонтажу.

Эти материалы необходимы для выбора величин напряжения с учетом напряжения существующих электросетей, определения степени загрузки включенных трансформаторов и электросетей и наличия резерва в распределительных устройствах, щитах и пунктах.

В практике проектирования бывают случаи, когда приходится выполнять локальный технический проект силового электрооборудования и электроосвещения обогатительной фабрики, не имея утвержденного проектного задания по этому объекту. Тогда в дополнение к перечисленным выше сведениям необходимо получить исходные данные из утвержденного проектного задания на электроснабжение предприятия в целом:

1) генплан или выкопировку из него с расположением питающих подстанций, если они расположены на площадке предприятия;

2) величины напряжения силового электрооборудования и осветительной сети (с указанием напряжения у ламп);

3) часть схемы электроснабжения, которая относится к обогатительной фабрике, включая резервные источники питания, если по тем или иным условиям резервное питание необходимо.

4) данные о мероприятиях по занулению или защитному заземлению.

Качество проекта в значительной степени зависит от качества исходных данных, вот почему к выдаче исходных данных, так же как и к использованию их, необходимо подходить со всей серьезностью, критически оценивая достоверность исходной документации.

Это особенно относится к фактической загрузке и использованию того или иного электроприемника. Точное определение степени загрузки электропривода за определенный промежуток времени (в часы наибольшей загрузки данного цеха или отделения) является необходимым условием правильного выбора его защиты, пусковой аппаратуры, числа и мощности трансформаторов, сечений, проводов, кабелей и пр.

При правильном анализе данных исходной документации нередко можно решить задачу электроснабжения вновь подключаемых потребителей при расширении фабрики за счет перегруппировки определенного числа недогруженных электродвигателей и трансформаторов. При этом коэффициент спроса и коэффициент мощности повышается, следовательно, освобождается соответствующая трансформаторная мощность, которая может быть использована для питания вновь устанавливаемых электродвигателей на обогатительной фабрике.

При таком решении задачи электроснабжения при реконструкции и расширении фабрики не нужно получать разрешение от энергоснабжающей организации на присоединение дополнительной мощности и технического задания на проектирование электроснабжения, ибо подключенная трансформаторная мощность оказывается достаточной для питания дополнительных потребителей.

После утверждения проектного задания приступают к выполнению технического проекта, в задачу которого входит разработка принятых в проектном задании технических решений по данному объекту, уточнение параметров и количества оборудования, составление спецификации основного оборудования и материалов, а также выявление технико-экономических показателей строительства и эксплуатации объекта.

Рабочие чертежи выполняются после выдачи проектной организации технических данных по заказанному оборудованию инстанцией, утверждающей проектное задание при двухстадийном проектировании, и технического проекта — при трехстадийном проектировании.

Проектирование обогатительных фабрик ведется в следующем порядке: технология обогащения, водопровод и канализация, ремонтно-механическое хозяйство, отопле-

ние и вентиляция, складское хозяйство, строительство, электротехническое хозяйство, генплан и транспорт, технико-экономические показатели, смета.

Однако в целях обеспечения наибольшей согласованности проектирование электротехнического хозяйства, генплана и транспорта приходится вести параллельно с проектированием технологической части так, чтобы при компоновке оборудования фабрики своевременно определить размеры и расположение трансформаторных подстанций, распределительных пунктов, щитов управления, помещения диспетчерского пункта и пр.

Источники электроснабжения

Еще до начала проектирования электроснабжения фабрики необходимо получить разрешение на отпуск электроэнергии и техническое задание на проектирование от энергоснабжающей организации того района, в котором предполагается строительство обогатительной фабрики.

При подаче заявки на отпуск электроэнергии необходимо учитывать перспективный рост электрических нагрузок по годам развития фабрики в течение ближайших 5—10 лет.

Если предприятие располагается в районе, в котором отсутствуют какие-либо энергетические базы, приходится предусматривать собственные источники электроэнергии — паратурбинные и гидротехнические (реже дизельные и локомобильные) электростанции в зависимости от наличия местных топливных или гидроэнергетических ресурсов.

В этом случае необходимо учитывать не только собственные нагрузки, но и потребность в электроэнергии ближайшего сельскохозяйственного района.

3. Выбор мощности и типа электродвигателей и пусковой аппаратуры

Как правило, электродвигатели поставляются заводами-изготовителями комплектно с технологическим оборудованием фабрики. Но нередко оборудование поступа-

ет без электродвигателей, и тогда приходится комплектовать его, выбирая тип и мощность двигателя по каталогу в зависимости от назначения приводимого механизма.

Для правильного выбора параметров электродвигателя необходимо получить от технолога точные данные о рабочей мощности, потребляемой на валу приводимого механизма, скорости, способе сочленения двигателя с машиной (эластичная муфта, редуктор, нормальный или клиновидный ремень), требуется ли реверсирование машины; сведения о характере помещения, в котором находится приводимый механизм — с нормальной или агрессивной средой (сухое, сырое, пыльное, с содержанием паров кислоты или щелочи и т. п.). Кроме того, необходимы данные о числе смен работы механизма в сутки и числе суток работы в году.

Чтобы учесть все требования, предъявляемые к пусковой аппаратуре, и выбрать соответствующий тип двигателя, необходимо получить от технологов задание не только на силовое электрооборудование, но одновременно и на электроблокировку, дистанционное управление, сигнализацию и автоматическое регулирование работы аппаратов.

В тех случаях, когда возникает необходимость выбора электродвигателя к той или иной машине, работающей на фабрике, руководствуются следующими общими положениями.

Дробилки

На обогатительных фабриках для дробления руды применяют щековые, конусные, валковые и молотковые дробилки. Электропривод дробилок не нуждается в регулировании скорости, поэтому он осуществляется при малых мощностях двигателями с короткозамкнутым ротором и при больших мощностях асинхронными двигателями с фазным ротором. Вследствие запыленности помещения выбирают двигатели закрытого типа.

Двигатель соединен с дробилкой при помощи клиновидной или, реже, ременной передачи, а также при помощи редуктора и фрикционной муфты. В этом случае условия пуска двигателя значительно облегчаются. При

мощности от 225 *квт* и выше следует устанавливать двигатели высокого напряжения.

Для большинства дробилок характерно ударное приложение нагрузок. Большие куски руды, попавшие в дробилку, оказываются зажатыми, и для разрушения их требуется определенный ударный момент. После перво-

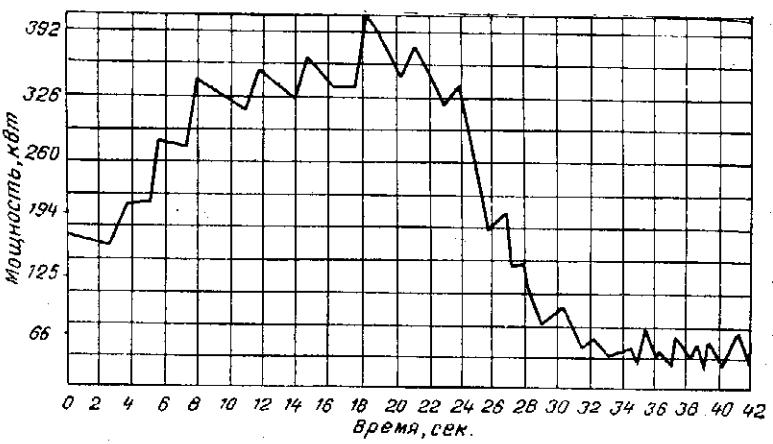


Рис. 128. Расход мощности при пуске дробилки

го удара крупные куски дробятся на более мелкие. Затем, когда эти мелкие куски, двигаясь вниз под действием собственной тяжести, оказываются снова зажатыми, разрушающий момент повышается снова, но величина его на этот раз значительно меньше. Затем тот же цикл повторяется, пока куски руды не будут раздроблены до требуемой крупности. В соответствии с этим потребляемая мощность электропривода дробилки изменяется скачкообразно (рис. 128).

Основным недостатком щековых дробилок является наличие у них рабочего и холостого хода, что вызывает потребность в более тяжелых маховиках, поглощающих избыток работы во время холостого хода и отдающих ее в момент дробления. Это приводит к завышению потребной мощности электродвигателя для пуска дробилки в ход (табл. 28).

Таблица 28

МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ДРОБИЛКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА РАБОТЫ

Размер дробилки *мм*	Число качаний в минуту	Мощность электродвигателя *квт*	
		пусковая	нормальная (рабочая)
1200×900	196	102	82
1200×900	196	115	82
1200×900	212	190	82
1200×900	193	172	82
1200×900	190	131	82
1800×1400	164	382	145

Конусные дробилки, у которых нет этого недостатка благодаря непрерывному процессу дробления, наиболее экономичны в эксплуатации: удельный расход энергии у них примерно на 50% ниже удельного расхода энергии щековыми дробилками.

Дробилка приводится в движение от электродвигателя через нормальный или клиновидный шкив или через редуктор, а в случае применения тихоходного электродвигателя — непосредственно при помощи эластичной муфты.

Так как раму можно перемещать на залитых в фундамент салазках при помощи натяжных винтов, то, передвигая электродвигатель, натягивают ремни привода.

Дробилка имеет самостоятельную систему жидкой и густой смазки. Жидкое масло подается насосом, приводимым во вращение от специального электродвигателя.

Во избежание пуска дробилки в период, когда масляный насос не работает, предусматривается соответствующая блокировка двигателя дробилки с двигателем насоса. Устанавливается струйное реле или иное приспособление, действующее на отключение электродвигателя дробилки при прекращении подачи масла. Пуск дробилки должен производиться через 5—10 мин. после включения масляного насоса.

Расход электроэнергии на дробление составляет от 0,25 до 1,2 *квт-ч* на 1 *т* руды.

Грохоты

Грохоты выполняют одну из подготовительных операций по обработке руды. Эта операция состоит из сортировки, или классификации руды по крупности или объему. Грохоты бывают различной конструкции, но на обогатительных фабриках наибольшее распространение получили вибрационные грохоты.

Мощность двигателей грохотов колеблется в пределах 2—25 *квт*. Двигатели могут быть связаны с валами грохотов посредством зубчатых редукторов или клиноременной передачи. Грохоты обычно не требуют регулирования скорости. В этих случаях для привода применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, позволяющие весьма просто осуществить дистанционное или автоматическое управление.

Мельницы

В зависимости от характера измельчаемой среды мельницы делят на шаровые и стержневые. По форме барабана — на цилиндрические и конические, по принципу разгрузки пульпы — с центральной разгрузкой и с разгрузкой через решетку. Наибольшее распространение получили цилиндрические мельницы.

Режим работы электропривода мельниц отличается достаточной равномерностью. Вращение от двигателя к мельнице чаще всего передается через редуктор, реже — посредством клино-ременного шкива, иногда непосредственно через муфту (при использовании тихоходных электродвигателей). Благодаря большим массам вращающихся частей при пуске мельницы, от электродвигателя требуется значительный пусковой момент.

Процесс измельчения в шаровой мельнице происходит следующим образом. При вращении мельницы стальные шары внутри нее силой инерции прижимаются к кожуху мельницы и поднимаются на определенную высоту, а затем падают, измельчая находящуюся в ней руду ударами и истиранием.

Практика показала, что следует избегать недогрузки или перегрузки мельниц шарами, так как при этом повышается удельный расход электроэнергии: в первом слу-

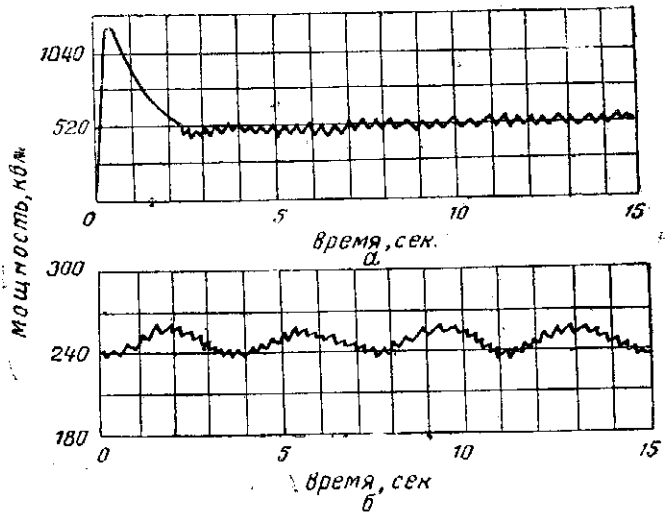


Рис. 129. График изменения потребляемой мощности двигателем мельницы 2800 × 3700 *мм*:
а — при пуске; *б* — во время работы

чае из-за существенного снижения производительности мельницы; во втором — из-за увеличения веса шаров в мельнице.

Режим работы шаровой мельницы характеризуется тем, что весь цикл оборота мельница работает с полной и постоянной нагрузкой; расход энергии зависит не от степени загрузки мельницы рудой, а почти исключительно от веса загруженных шаров. На рис. 129 изображены графики изменения потребляемой мощности двигателем для мельницы 2800 × 3700.

Потребная мощность шаровой мельницы при нормальной работе приближенно может быть определена по формуле:

$$N = 0{,}00988\ G\sqrt{R}\ \text{квт},$$

где G — вес шаровой загрузки, *кг*;

R — радиус цилиндра мельницы, *м*.

Мощность электродвигателей к мельницам принимается в зависимости от производительности мельницы от 10 до 1000 *квт*.

В зависимости от разности размеров частиц загружаемой руды и выходного измельченного продукта расход электроэнергии на размол составляет 1,8—2,1 *квт-ч* (для продукта 2,3—1,7 *мм*), 5,5 *квт-ч* (для продукта 0,5 *мм*) и 11,8 *квт-ч* (для продукта 0,2 *мм*) на 1 *т* исходной руды.

Электродвигатели к мельницам обычно выбирают закрытого или защищенного типа, учитывая условия работы. При малых мощностях выбирают двигатели с короткозамкнутым ротором и двойной клеткой или глубоким пазом, а при больших — синхронные или синхронизированные. Целесообразно применять синхронные двигатели большой мощности, так как это позволяет повысить $\cos\varphi$ электросети фабрики в целом.

Классификаторы

Наибольшее распространение на обогатительных фабриках получили спиральные и реечные классификаторы; реже применяют чашевые классификаторы. Мощность двигателя для привода классификаторов составляет от 0,5 до 30 *квт*. Запуск двигателя нормальный. Обычно для этой цели выбирают двигатель с короткозамкнутым ротором в закрытом исполнении, так как установки находятся во влажном помещении.

Отсадочные машины, концентрационные столы и шлюзы

Эти аппараты являются основными при гравитационном методе обогащения руд. Электродвигатели к ним обычно выбираются с короткозамкнутым ротором в защищенном исполнении; мощность их от 0,5 до 10 *квт*.

Флотационные машины

Из современных способов обогащения руд наиболее совершенным является флотация. Осуществляется этот процесс во флотационных машинах, представляющих

собой деревянную или металлическую ванну, разделенную на ряд камер (от 4 до 16). В каждой камере имеется вертикальный вал с импеллером, приводимый во вращение индивидуальным, вертикально установленным электродвигателем. Пена с поверхности ванны удаляется специальным гребком.

Импеллерные флотационные машины выполняют с асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором и вертикальным расположением вала. Вращение от двигателя к машине передается клиновидными ремнями.

Привод гребка осуществляется асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором (мощность двигателя 3—5 *квт*). Передача от двигателя осуществляется червячным редуктором и клиновидными ремнями.

Наиболее целесообразно управлять двигателями флотационных машин при помощи магнитных пускателей или магнитных контакторов.

Мощность двигателя для привода одного импеллера достигает 20 *квт* в зависимости от размера машины.

Контактные чаны

Для эффективной флотации необходимо надлежащим образом подготовить пульпу, т. е. обработать ее различного рода реагентами в строго определенных соотношениях.

Пульпа перемешивается с флотационными реагентами перед поступлением во флотацию в контактных чанах.

Контактный чан состоит из деревянного или металлического сосуда, в центре которого вращается вертикальный вал с импеллером. Электродвигатель выбирается так же, как и к флотомашинам. Мощность электродвигателя в зависимости от диаметра чана 0,5—20 *квт*.

Сгустители

На обогатительных фабриках обычно устанавливают сгустители непрерывного действия с центральным или периферическим приводом. Мощность двигателя в зависимости от размеров сгустителя может достигать 10 *квт*.

Для привода применяют асинхронные двигатели серии закрытого типа с фазным ротором.

Фильтры

Флотационные концентраты фильтруются при помощи непрерывно действующих вакуумфильтров. Пульпа обезвоживается под действием вакуума внутри аппарата за пористой перегородкой (фильтровальная ткань) и путем непрерывного снятия осадка (кек) с поверхности перегородки.

Привод фильтров осуществляется асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором мощностью 0,7—4,5 *квт*, 1500—750 об/мин.

Питатели

Равномерность процесса обогащения руд обеспечивается непрерывной подачей руды. Для этой цели служат пластинчатые, тарельчатые и цепные питатели, а также транспортеры, элеваторы и шнеки.

Наиболее рациональным типом двигателя для механизмов непрерывного транспорта, требующих большого пускового момента, является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и двойной клеткой или глубоким пазом, управляемый магнитным пускателем, что позволяет простыми средствами осуществлять требуемые условия пуска, дистанционное управление и блокировку в работе транспортных устройств.

Применение асинхронных двигателей с фазным ротором возможно при тяжелых условиях пуска. Тип двигателя (открытый, защищенный или закрытый)всецело определяется условиями работы. Если имеется цепочка действующих транспортных устройств, то, как правило, должна быть осуществлена блокировка двигателей. Назначение такой блокировки — обеспечить последовательность пуска и плановой или аварийной остановки всей системы машин.

На рис. 130 приведена схема блокировки трех транспортеров. Из схемы следует, что порядок пуска транспортеров последовательный —*1, 2, 3*. При остановке транспортера *1* должны остановиться транспортеры *2* и *3*. Для осуществления такой блокировки катушки пускате-

лей каждого последующего транспортера включаются через нормально открытый блокконтакт каждого предыдущего. Катушки *2Л* транспортера *2* включены через блокконтакт *1Л*, а катушки *3Л* — через блокконтакт *2Л*. Каждый из транспортеров снабжен самостоятельной кнопкой пуска и остановки двигателя, причем пуск и остановку можно осуществить только в определенной последовательности. Если желательно пуск транспортеров осуществлять с одного пункта, то для этого достаточно в цепях управления второго и третьего пускателей зашунтировать кнопки управления, соединив проводником точки *a* и *b*. Тогда при запуске первого транспортера автоматически будут запускаться двигатели *Д2* и *Д3*.

Насосы

Производительность песковых и других центробежных насосов изменяется в зависимости от изменения количества перекачиваемой пульпы или других растворов и жидкостей.

Мощность электродвигателя насоса:

$$P = \frac{Q\alpha(H + \Delta H)\,10^3}{102 \cdot 3600\,\eta_1\eta_2}\ \textit{квт},$$

где Q — производительность насоса, *м³/час*;

α — удельный вес перекачиваемой жидкости;

H — высота напора; $H = h_{всас} + h_{наг}$, *м* вод. ст.;

ΔH — падение напора в магистралях, *м* вод. ст.;

η_1 — к. п. д. насоса;

η_2 — к. п .д. передачи.

Для привода насосов применяют при мощности до 100 *квт* двигатели с короткозамкнутым ротором с двойной клеткой и глубоким пазом; при большей мощности — синхронные двигатели с асинхронным запуском. В зависимости от характера окружающей среды применяют двигатели, защищенные от капежа и с противосырностной изоляцией.

Таким образом, основным типом электродвигателя на обогатительных фабриках является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и двойной клеткой (или глубоким пазом), а также асинхронный двигатель

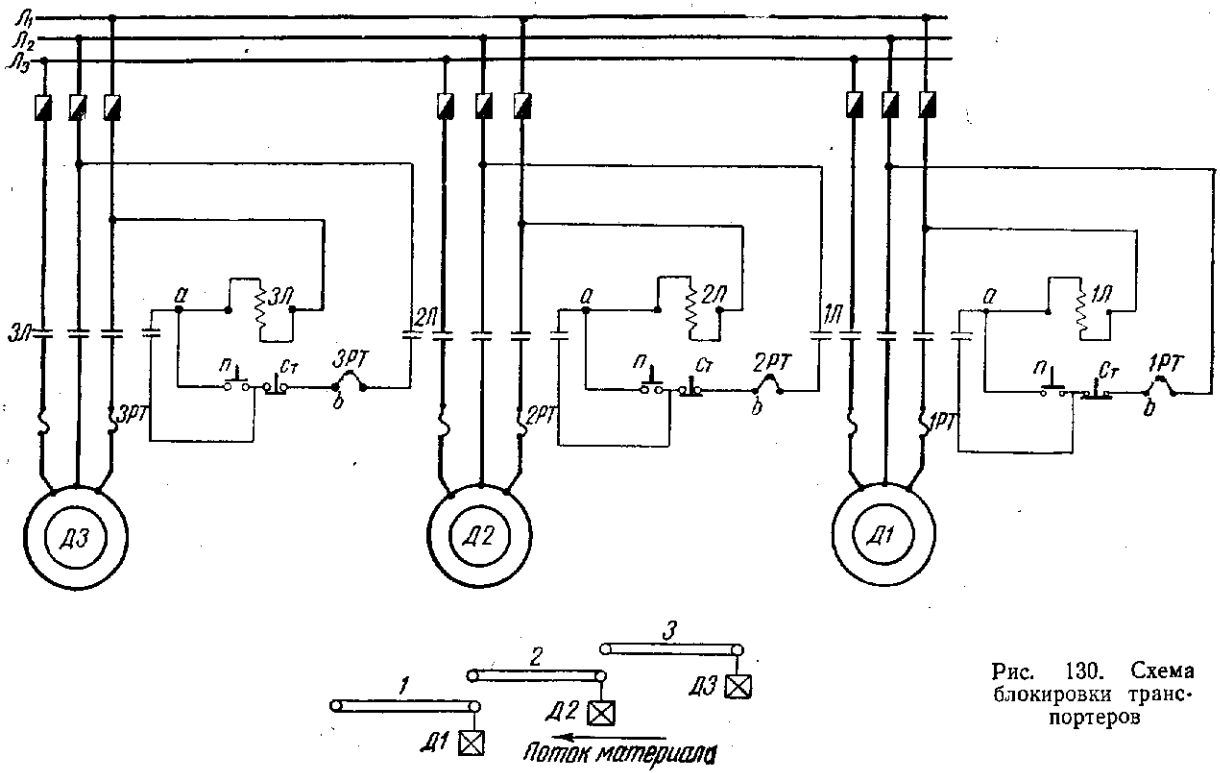


Рис. 130. Схема блокировки транспортеров

с фазным ротором. Для привода крупных мельниц и воздуходувок применяются синхронные двигатели. Вследствие запыленности и повышенной влажности помещений, как правило, выбираются двигатели закрытого типа или защищенные, с вентиляцией.

Аппаратура управления двигателями обычная, как правило, вынесенная в чугунные или железные ящики.

4. Размещение трансформаторных подстанций и электрооборудования

До начала проектирования силового и осветительного электрооборудования фабрики на основании предварительных данных о мощности приводимых механизмов производят ориентировочный подсчет потребной электроэнергии по каждому отделению фабрики. Затем, определив мощность, необходимое количество трансформаторов и число фидеров высокого и низкого напряжений, составляют эскиз компоновки внутрицеховых или внешних трансформаторных подстанций. Одновременно с этим устанавливают необходимое количество распределительных устройств на 3—10 *кв* и распределительных щитов 220—500 *в*. После этого на плане фабрики намечают расположение диспетчерского пункта и кабельных каналов. Эскиз согласовывают с соответствующими отделами и, утвердив в должных инстанциях с технологами, строителями, отделом генплана, выдают строителям в качестве предварительного задания, которое в дальнейшем подлежит уточнению при окончательной разработке проекта трансформаторных подстанций.

Одновременно намечают число и расположение силовых и осветительных пунктов и пусковых устройств. В помещениях с агрессивной средой (дробильный корпус, отделения измельчения, сгущения) пусковую аппаратуру устанавливают в закрытых специальных кабинах с тамбурами. При наличии в помещении паров кислоты и щелочи коммутационную и осветительную аппаратуру выносят из помещения. Иногда удается вынести и электродвигатели в соседнее помещение, где отсутствует агрессивная среда.

Вопросы размещения электрооборудования на обогатительной фабрике должны решаться не после компоновки технологического оборудования, а параллельно, совместно с электриками, технологами, строителями и планировщиками.

5. Диспетчерская связь и автоматика

Этот раздел проекта должен быть тесно увязан и согласован с разделом силового электрооборудования, ибо вопросы блокировки, дистанционного управления, размещения щитов управления и контрольно-измерительных приборов и сетей переплетаются с вопросами защиты двигателей, трассировки силовых сетей и использования источников питания. Поэтому необходимо, чтобы задания по этим двум разделам выдавались одновременно. Формы заданий приведены в табл. 29 и 30.

Для лучшего использования всех возможностей автоматизации производственных процессов необходимо совместное участие технолога и электрика в составлении задания по разделу контроля и регулирования технологических процессов.

Таблица 29

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБЛОКИРОВКИ МЕХАНИЗМОВ

Предприятие _____ Объект _____ Корпус _____ Стадия проекта _____ Отделение _____

№ по пор.	№№ и наименования блокируемых механизмов и их последовательность (схема)	Количество рабочих и резервных аппаратов из числа блокируемых	Характер пуска сблокированной цепи (автоматический, ручной, местный, дистанционный)	Место установки щитка управления	Характер необходимой сигнализации (пуска, аварийной остановки и т. п.)	Место установки световых и звуковых сигналов	Место установки аварийных выключателей	№№ монтажных чертежей	Характеристика среды производственного помещения	Дополнительные данные по проекту

Приложения к заданию: _____

Главный инженер проекта:

Начальник _____ *отдела:*

Таблица 30

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Предприятие _____ Объект _____ Корпус _____ Отделение _____ Стадия проекта _____

№ по пор.	Архивный номер чертежа (план отделения корпуса)	Архивный номер чертежа, схемы технологической цепи аппаратов	№ позиций на плане и схеме	Наименование аппаратов	Число аппаратов	Краткая техническая характеристика аппаратов	Вид контроля и пределы измерения (максимальный, минимальный)	Периодичность контроля	Характер среды	Место установки прибора	Характеристика помещения	Дополнительные данные по проекту

Приложения к заданию: _____

Главный инженер проекта:

Начальник _____ *отдела:*

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В СХЕМАХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Условные обозначения	Элемент схемы	Условные обозначения	Элемент схемы
	Трансформаторная подстанция		Заземление
	Воздушная линия		Масляный выключатель
	Кабельная линия		Разъединитель
	Пересечение проводов, не соединенных электрически		Предохранитель
	Пересечение проводов, соединенных электрически		Сигнальные контакты, замыкающиеся одновременно с главными

Продолжение

Условные обозначения	Элемент схемы	Условные обозначения	Элемент схемы
	Сигнальные контакты, размыкающиеся одновременно с главными		Трансформатор двухобмоточный, силовой, трехфазный
	Пробивной предохранитель	а б	Трансформатор напряжения: *а* — трехфазный; *б* — однофазный
	Вилитовый разрядник		Трансформатор тока
	Токоограничивающее сопротивление к трансформатору напряжения		Омическое сопротивление нерегулируемое
	Реактивное сопротивление		Омическое сопротивление регулируемое

Продолжение

Условные обозначения	Элементы схемы	Условные обозначения	Элементы схемы
	Сигнальная лампа		Промежуточное реле
	Реле максимального тока с независимой выдержкой времени и замыкающим контактом		Блинкер с возвращением выпадающего сигнала в нормальное положение вручную
	Реле максимального тока с выдержкой времени, зависящей от тока		Газовое реле для трансформатора
	Реле времени		Звонок
	Реле максимального тока с независимой выдержкой времени и замыкающим контактом		Сирена
			Шунтовая катушка реле всех типов

Продолжение

Условные обозначения	Элементы схемы	Условные обозначения	Элементы схемы
	Сериесная катушка реле всех типов		Нормально открытый контакт реле или блокконтакт контактора
	Катушка демпфированного реле		Нормально закрытый блокконтакт реле или блокконтакт контактора
	Главный нормально открытый контакт контактора		Нормально открытый контакт реле с выдержкой времени перед закрыванием
	Главный нормально закрытый контакт контактора		Нормально открытый контакт реле с выдержкой времени перед открыванием
	Нормально открытый контакт реле всех типов с искрогасительной катушкой		Нормально закрытый контакт реле с выдержкой времени перед закрыванием

Продолжение

Условные обозначения	Элементы схемы	Условные обозначения	Элементы схемы
	Нормально закрытый контакт реле с выдержкой времени перед открыванием		Катушка контактора
	Нормально открытая кнопка с самовозвратом		Нормально открытый контакт командоконтроллера
	Нормально закрытая кнопка с самовозвратом		Нормально закрытый контакт командоконтроллера
	Нормально открытый контакт токового реле без самовозврата		Нагревательный элемент теплового реле
	Нормально закрытый контакт токового реле без самовозврата		Твердый выпрямитель
			Рубильник

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев А. И. и др., Русские ученые в цветной металлургии, Металлургиздат, 1948.

2. Беренов Д. И., Дробилки, мельницы, питатели, Машгиз, 1948.

3. Бунько В. А. и др., Электрооборудование обогатительных и брикетных фабрик, Углетехиздат, 1953.

4. Воронов В. И. и Ловцкий Н. Н., Проектирование силового электрооборудования промышленных предприятий, Госэнергоиздат, 1950.

5. Глазунов А. А. и др., Электрическая часть станций и подстанций, Госэнергоиздат, 1951.

6. Иванов В. М., Справочник по тепловому контролю и автоматике в черной металлургии, Металлургиздат, 1951.

7. Ковальский И. Л., Невский Б. В., Автоматизация и контроль процессов в обогащении и гидрометаллургии, Металлургиздат, 1953.

8. Куликов А. А., Электрооборудование предприятий цветной металлургии, Металлургиздат, 1954.

9. Луговской Б. И., Люминесцентное освещение зданий, Госэнергоиздат, 1950.

10. Мешков В. В. и Соколов И. И., Курс осветительной техники, Госэнергоиздат, 1948.

11. Морозов Д. П., Основы электропривода, Госэнергоиздат, 1950.

12. Петров Л. П., Схемы контакторного управления электроприводами, Госэнергоиздат, 1953.

13. Полькин С. И., Обогащение руд, Металлургиздат, 1953.

14. Попов В. К., Основы электропривода, Госэнергоиздат, 1951.

15. Разумов К. А., Проектирование обогатительных фабрик, Металлургиздат, 1953.

16. Сыромятников И. А., Релейная защита и повышение надежности работы асинхронных и синхронных двигателей. Эксплуатация электросетей и подстанций промышленных предприятий, Углетехиздат, 1950.

17. Темников Ф. Е., Харченко Р. Р., Электрические измерения неэлектрических величин, Госэнергоиздат, 1948.

18. Троицкий А. В., Флотатор обогатительной фабрики, Металлургиздат, 1948.

19. Чиликин М. Г., Общий курс электропривода, Госэнергоиздат, 1951.

20. Шуфман Л. И., Шире внедрять упрощенные схемы запуска синхронных двигателей, «Промышленная энергетика», № 6 1952.