

Выпускаются пускатели ручного управления барабанного типа ПРВ-3 и ПРШ-1 (со штепсельным выводом), рассчитанные на токи 6—10 А при напряжении 660/380 В, а для работы в цепях напряжением 127 В — штепсельный разъединитель типа ШРВ на номинальный ток 10,5 А.

В настоящее время на открытых горных разработках ручные пускатели имеют ограниченное применение, по возможности их заменяют автоматическими выключателями или магнитными пускателями. Выбор ручных пускателей рассмотрен ниже (см. § 27).

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения электрических цепей при к.з., перегрузках и снижении напряжения. При нормальных режимах работы электроустановки автоматы используются для частых коммутаций (отключения и включения). Следовательно, они выполняют функции защитных и коммутационных аппаратов.

Автоматическое отключение автоматов производится различными расцепителями — максимальными (электромагнитными, электротепловыми), минимальными и независимыми.

Автоматы выпускаются как с ручным приводом (по этому признаку они отнесены к аппаратам ручного управления), так и с электромагнитным приводом, служащим для дистанционного управления. Для дистанционного управления применяют независимые расцепители. Принципиальные схемы включения максимальных и минимальных расцепителей аналогичны приведенным выше (см. рис. 3.1. и 3.2).

В зависимости от назначения автоматы изготавливаются одно-, двух- и трехполюсными и применяются в сетях постоянного и переменного тока напряжением до 1000 В. Их выпускают в открытом, защищенном, рудничном взрывобезопасном исполнении и т. д. Для обеспечения возможности автоматического отклю-

чения выключателей в момент их включения они снабжаются механизмами свободного расцепления.

Автоматы характеризуются такими основными параметрами, как номинальное напряжение, номинальный ток, предельный ток отключения и время отключения.

Наибольшее распространение получили автоматы серий А, АВ, АВМ, АК, АП, ВАБ, «Электрон» (табл. 3.3).

Автоматические выключатели серий АП50 (рис. 3.8) и А3700 выпускаются в защитном пластмассовом корпусе с электромагнитными, а также комбинированными электротепловыми и электромагнитными расцепителями. Эти аппараты широко применяются для защиты, включения и отключения электродвигателей соответствующей мощности, осветительных установок, а также для коммутации и защиты цепей управления на передвижных и стационарных установках.

Выбор автоматических выключателей производят по их номинальному напряжению и номинальному току с соблюдением условий формулы (3.10), а также по предельному току отключения автомата, который должен быть в 1,2 раза больше максимального тока трехфазного к.з. на его выводах, т. е.

$$I_{откл,ав} \geq 1,2 I_{\max}^{(3)} \quad (3.11)$$

Номинальный ток расцепителя $I_{ном,расц}$ определяется из выражения

$$I_{ном,расц} \geq I_{\max,расч} \quad (3.12)$$

где $I_{\max,расч}$ — максимальный (расчетный) ток, который может длительно проходить по защищаемому участку с учетом возможной перегрузки.

После выбора выключателя определяют величины уставок тока его защитных расцепителей. Уставку тока максимальных реле I_y рассчитывают по формулам (3.6) — (3.8).

§ 27. АППАРАТУРА ДИСТАНЦИОННОГО И АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аппаратура дистанционного управления — это аппаратура, которая не требует присутствия человека непосредственно у мест установки аппаратов и позволяет осуществлять частичную или полную автоматизацию управления электроприводом гор-

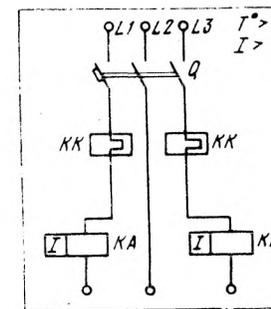


Рис. 3.8. Электрическая схема автоматического выключателя АП50-3мт:
 КК — электротепловое реле (расцепитель);
 КА — максимальный расцепитель

Таблица 3.3

Основные данные автоматических выключателей

| Тип автоматического выключателя | Номинальный ток, А | Номинальное напряжение, В | | Предельный ток, кА | | Время отключения, с |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------------|------------|---------------------|
| | | постоянное | переменное | постоянный | переменный | |
| АП50 | 50 | 220 | 500 | 1—2 | 0,3—2 | 0,02 |
| АК63 | 63 | 240 | 500 | 3—5 | 6—9 | 0,02—0,04 |
| А3700 | 40—630 | 440 | 660 | 5—100 | 5—100 | 0,1—0,4 |
| А3100 | 50—600 | До 220 | До 500 | — | 3—50 | 0,01—0,03 |
| АВМ | 400—2000 | 440 | 500 | 30—45 | 10—75 | 0,06—0,095 |
| «Электрон» | 800—6300 | 440 | 660 | 25—65 | 20—105 | 0,25; 0,4; 0,7 |
| ВАБ | 2000—10 000 | 230—1050 | — | 10—70 | — | 0,012—0,025 |

ных машин и механизмов. В комплексе со средствами автоматики эту аппаратуру применяют при автоматическом управлении электроустановками.

В схемах дистанционного и автоматического управления электроприводами горных машин и установок широко применяют электромагнитные контакторы, реле управления и магнитные пускатели.

Электромагнитные контакторы и реле

Контактор — двухпозиционный аппарат с самовозвратом, предназначенный для частых коммутаций токов, не превышающих токи перегрузки, и приводимый в действие двигателем приводом, в котором передаваемая или создаваемая сила, воздействующая на подвижные части контактора, образована любыми видами энергии (электромагнитной, пневматической, электродвигательной и др.), кроме мускульной энергии оператора. Основными узлами контактора являются системы: электромагнитная, контактная со средствами дугогашения, блок-контакты.

Устройство и принцип действия электромагнитного контактора показаны на рис. 3.9. При нажатии кнопки «Пуск» по втягивающей катушке 1 начинает проходить ток, намагничивающий сердечник 2, к которому притянется якорь 3 и приведет в действие подвижную часть контактной системы. В результате этого замкнутся контакты 4 и 5 цепи главного тока, блок-контакты 6 для шунтирования контактов кнопки «Пуск» и разомкнутся блок-контакты 7 (например, в цепи сигнализации или блокировки). При нажатии кнопки «Стоп» размыкается цепь втягивающей катушки 1, и контактор под действием веса подвижных частей и пружинного устройства 8 отключается.

В зависимости от рода тока, питающего втягивающую катушку, различают контакторы переменного тока (серии КТ, КТВ) и постоянного тока (серий КП, КПВ), отличающиеся друг от друга в основном устройством магнитной системы.

Магнитопровод контактора переменного тока для уменьшения потерь мощности на его нагрев вихревыми токами выполняют из отдельных изолированных листов электротехнической стали.

Часть магнитопровода охватывается короткозамкнутым витком, в котором изменяющийся магнитный поток наводит э.д.с. взаимной индукции, обуславливающую ток такого направления, при котором создаваемый этим током магнитный поток уменьшает величину основного магнитного потока и тем самым уменьшает вибрацию магнитопровода.

Магнитопровод контактора постоянного тока изготавливают из сплошных деталей. Такая конструкция магнитопровода увеличивает срок службы контактора, особенно при большом числе включений.

Контакторы выпускают на номинальные токи до 4000 А и номинальное напряжение 220—750 В постоянного тока и 380—660 В переменного тока.

Реле — это аппарат, который кратковременно изменяет состояние управляемой цепи (производит замыкание или размыкание) при заданном значении входной воздействующей величины. В электрических реле воздействующими являются электрические величины: ток, напряжение, мощность и т. д.

Основными органами любого реле являются воспринимающий, к которому подводится воздействующая величина, и исполнительный, воздействующий на внешние цепи.

По характеру изменения воздействующей величины электрические реле делятся на максимальные, которые срабатывают тогда, когда воздействующая величина превышает заданную, и минимальные, срабатывающие при значении воздействующей величины ниже заданной.

По способу включения воспринимающего органа различают реле первичные, у которых воспринимающий орган включен в защищаемую цепь непосредственно, и вторичные, у которых он связан с первичной цепью через трансформаторы тока и напряжения.

По способу воздействия исполнительного органа на механизм привода выключателя реле бывают прямого действия, у которых исполнительный орган действует непосредственно на механизм привода выключателя, и косвенного действия, у которых исполнительный орган действует на механизм привода через промежуточный аппарат (контактор, отключающий электромагнит и т. д.).

В зависимости от назначения реле подразделяют на измерительные, срабатывающие с определенной точностью при заранее установленном значении воздействующей величины, и логические. По роду входной воздействующей величины измерительные реле в свою очередь делятся на реле тока, напряжения, частоты, скорости, давления и т. д.

Функции реле тока — защита от коротких замыканий и перегрузок, контроль наличия тока в цепи. Функции реле напряжения — защита от перерыва питания, недопустимого снижения или повышения напряжения.

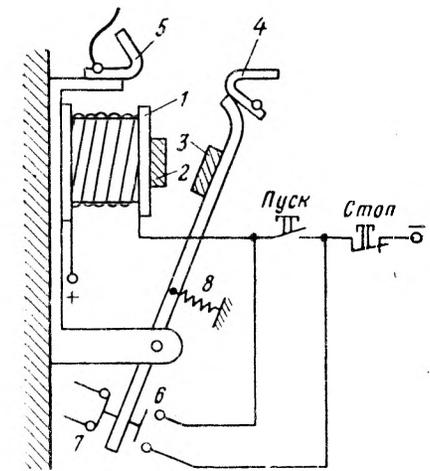


Рис. 3.9. Устройство электромагнитного контактора

Логические, или вспомогательные, реле используют для размножения сигналов и усиления их мощности (промежуточные), создания необходимой выдержки времени (реле времени), фиксации действия устройств автоматики и защиты (указательные) и т. д.

По способу выполнения реле делятся на электромеханические и статические. Работа электромеханических реле основана на использовании относительного перемещения их механических элементов под воздействием электрического тока, протекающего по входным цепям. К таким реле относятся, например, электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические и индукционные реле. Наиболее часто применяют электромагнитные (РТ-40, РТМ, РТВ, РН-50, РНВ) и индукционные (РТ-80) реле.

Принцип работы статических реле основан на использовании различных, например ионных и полупроводниковых приборов. Работа статических ферромагнитных реле происходит в зависимости от изменения нелинейной характеристики ферромагнитных материалов.

Пускатели магнитные общего назначения

Магнитным пускателем называется коммутационный электромагнитный аппарат для дистанционного и автоматического управления трехфазными асинхронными электродвигателями с к.з. ротором и другими приемниками электрической энергии, а также для защиты от перегрузок недопустимой продолжительности и минимального напряжения (ниже 85% номинального).

Магнитный пускатель состоит из одного или двух трехполюсных контакторов переменного тока, смонтированных на общей панели и помещенных в металлический корпус. Большая часть пускателей снабжена также встроенными электротепловыми реле. Магнитный пускатель с одним контактором (неревверсивный) осуществляет пуск, остановку и защиту электродвигателя от самопроизвольных включений при появлении напряжения и защиту от тепловых перегрузок или от токов к.з. Пускатель с двумя контакторами (реверсивный) выполняет кроме перечисленных выше функций управление реверсом электродвигателя.

Наибольшее распространение получили пускатели серий ПА (в настоящее время не выпускаются), ПАЕ и ПМЕ.

Пускатели серий ПАЕ и ПМЕ изготавливают неревверсивными и реверсивными, с электротепловыми и без электротепловых реле. Технические данные некоторых пускателей приведены в табл. 3.4.

Электротепловые реле не обеспечивают защиту двигателя от токов к.з. и поэтому перед пускателем (со стороны питания) должны быть установлены плавкие предохранители или автоматы. Защита минимального напряжения (минимальная и нулевая защита) осуществляется катушкой контактора, которая при снятии напряжения или его снижении до 60—70% номи-

Таблица 3.4

Технические данные неревверсивных магнитных пускателей серий ПАЕ (ПА) и ПМЕ в защищенном исполнении (в оболочке)

| Величина пускателя | Тип пускателя | Наибольшая мощность (кВт) управляемого электродвигателя при номинальном напряжении, В | | | | Номинальный ток главной цепи пускателя при $U_{ном}$ до 380 В, А | Вид защиты |
|--------------------|---------------|---|-----|-----|-----|--|---------------------|
| | | 127 | 220 | 380 | 500 | | |
| 0 | ПМЕ-021* | 0,27 | 0,6 | 1,1 | 0,6 | 3 | Без тепловой защиты |
| I | ПМЕ-121 | 1,1 | 2,2 | 4 | 4 | 10 | То же |
| II | ПМЕ-221 | 3 | 5,5 | 10 | 10 | 23 | » |
| III | ПМЕ-321 | 4 | 10 | 17 | 17 | 36 | » |
| IV | ПАЕ-421 | 10 | 17 | 30 | 22 | 60 | » |
| V | ПАЕ-521 | 17 | 30 | 55 | 40 | 106 | » |
| VI | ПАЕ-621 | 22 | 40 | 75 | 55 | 140 | » |
| 0 | ПМЕ-022 | 0,27 | 0,6 | 1,1 | 0,6 | 3 | С тепловой защитой |
| I | ПМЕ-122 | 1,1 | 2,2 | 4 | 4 | 10 | То же |
| II | ПМЕ-222 | 3 | 5,5 | 10 | 10 | 23 | » |
| III | ПАЕ-322 | 4 | 10 | 17 | 17 | 36 | » |
| IV | ПАЕ-422 | 10 | 17 | 30 | 22 | 60 | » |
| V | ПАЕ-522 | 17 | 30 | 55 | 40 | 106 | » |
| VI | ПАЕ-622 | 22 | 40 | 75 | 55 | 140 | » |

* ПМЕ и ПАЕ — серии пускателей. Цифры в обозначении: первая — величина; вторая — род защиты от окружающей среды (1 — открытые, 2 — защищенные, 3 — пыле- и взрывозащищенные), третья — исполнение (реверсивное или неревверсивное, с тепловой защитой или без нее); для реверсивных пускателей без тепловых реле последняя цифра будет 3, а с тепловыми реле — 4; для неревверсивных — соответственно 1 и 2.

нальной величины не в состоянии удержать якорь в притянутом положении, и контакторы пускателя под действием веса подвижной системы отключаются. Функцию защиты минимального напряжения выполняет и замыкающий блок-контакт *K* в цепи катушки контактора, шунтирующий кнопку «Пуск».

Управление реверсивным магнитным пускателем осуществляется дистанционно с помощью двухкнопочного поста, а реверсивным — трехкнопочного.

Пускатели серии ПМЕ предназначены для дистанционного управления асинхронными двигателями с к.з. ротором мощностью 0,27—10 кВт, а пускатели серии ПАЕ (ПА) — этими же двигателями мощностью 4—75 кВт при номинальном напряжении сети до 380 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц (60 Гц в экспортном исполнении).

На рис. 3.10 показана принципиальная электрическая схема дистанционного управления асинхронным двигателем *M* с помощью магнитного пускателя и двухкнопочного поста управления. Для пуска двигателя необходимо нажать на кнопку «Пуск» (*SB2*). При этом замыкается цепь втягивающей катушки *K* контактора: фаза *L1* — размыкающие контакты электротеплового реле *KK2* — вывод 3 пускателя — вывод 3 кнопки — контакты

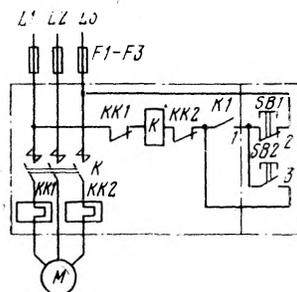


Рис. 3.10. Принципиальная электрическая схема дистанционного управления асинхронным двигателем с помощью магнитного пускателя

фаза $L1$ — контакты реле $KK1$ — катушка контактора K — контакты реле $KK2$ — вывод 3 пускателя — замкнувшийся блок-контакт $K1$ контактора — контакты кнопки «Стоп» — фаза $L3$.

Для отключения двигателя нажимают кнопку «Стоп». При этом цепь питания катушки контактора разрывается и якорь отпадает, размыкая главные контакты и блок-контакт $K1$. Теперь при отпускании кнопки «Стоп» двигатель не включится, так как кнопка «Пуск» и блок-контакт $K1$ разомкнуты. По этой же причине не произойдет и повторного включения двигателя после кратковременного перерыва в подаче энергии. Шунтирование кнопки «Пуск» замыкающим блок-контактом контактора позволяет просто осуществить защиту минимального напряжения. Так же схема работает при размыкании контактов электротепловых реле в случае их срабатывания при недопустимом перегреве двигателя.

Для привода механизмов, которые в процессе работы вращаются в противоположных направлениях (буровые станки, лебедки и т. п.), применяют реверсивные магнитные пускатели, состоящие из двух трехполюсных контакторов, которые механически и электрически заблокированы между собой так, что если один из них включен, то другой включиться не может. Из рис. 3.11 видно, что одновременное включение обоих контакторов привело бы к короткому замыканию двух фаз в пускателе и выводу его из строя.

Для управления реверсивным пускателем применяют трехкнопочный

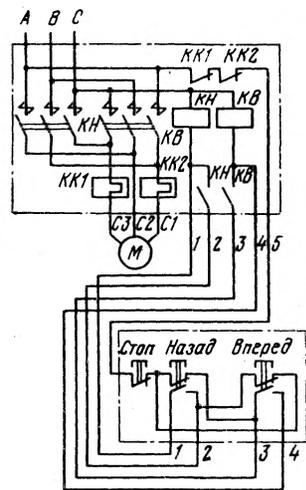


Рис. 3.11. Принципиальная электрическая схема управления реверсивным асинхронным двигателем с помощью реверсивного магнитного пускателя серии ПАЕ

пост с двумя кнопками «Пуск» («Вперед» и «Назад») и общей кнопкой «Стоп». При нажатии на кнопку «Вперед» включается контактор KB по цепи: фаза C — катушка контактора KB — вывод 4 пускателя — вывод 4 кнопки — замыкающие контакты нажатой кнопки «Вперед» — размыкающие контакты кнопки «Назад» и кнопки «Стоп» — вывод 5 пускателя — размыкающие контакты нажатой кнопки «Вперед» — размыкающие контакты электротепловых реле $KK2$ и $KK1$ — фаза A . Якорь контактора KB притянется, замкнутся главные контакты KB , включится двигатель в направлении «Вперед» (к двигателю подключатся фазы $A-C1$, $B-C2$, $C-C3$), замкнется блок-контакт KB , шунтирующий кнопку «Вперед». После отпускания кнопки «Вперед» катушка контактора KB будет получать питание по цепи: фаза C — катушка контактора KB — замкнувшийся блок-контакт KB — вывод 3 пускателя — вывод 3 кнопки — размыкающие контакты кнопок «Назад» и «Стоп» — вывод 5 пускателя — размыкающие контакты электротепловых реле $KK1$ и $KK2$ — фаза A .

Для отключения двигателя надо нажать кнопку «Стоп». При нажатии на кнопку «Назад» включается контактор KH , к двигателю подключаются фазы $A-C2$, $B-C1$, $C-C3$. Направление тока в двух фазах статорной цепи двигателя изменяется, и ротор начинает вращаться в обратном направлении.

В схеме кнопочного поста предусмотрена электрическая блокировка, не допускающая одновременное включение контакторов при одновременном или поочередном нажатии кнопок «Вперед» и «Назад». Кроме того, в самом пускателе должна быть предусмотрена электрическая или механическая блокировка против одновременного включения обоих контакторов при «приваривании» главных контактов одного из них.

Автоматическое отключение пускателя происходит при срабатывании электротепловых реле, значительном снижении или полном исчезновении напряжения в питающей сети.

Несмотря на наличие в рассмотренных пускателях электротепловых реле и установку перед ними плавких предохранителей не обеспечивается надежная защита асинхронных двигателей от работы на двух фазах. На горнорудных предприятиях наиболее частый выход двигателей из строя (до 50% общего числа повреждений) происходит по этой причине.

Для защиты электродвигателей от работы на двух фазах лабораторией НИИОГР разработано специальное реле. Реле

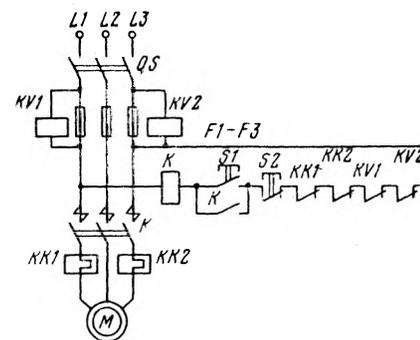


Рис. 3.12. Принципиальная электрическая схема включения в магнитном пускателе типа ПАЕ реле для защиты двигателя от работы на двух фазах

действует на отключение электродвигателей при перегорании предохранителей, установленных либо на щитах низковольтных распределительных устройств в случае магнитных пускателей общего назначения, либо непосредственно в корпусах магнитных пускателей взрывобезопасного исполнения (рис. 3.12).

Перегорание предохранителя в первой или третьей фазе вызывает срабатывание реле $KV1$ или $KV2$. При этом размыкающие контакты $KV1$ или $KV2$ в цепи управления размыкаются, цепь катушки контактора K разрывается, размыкаются контакты K и электродвигатель M отключается от сети.

Взрывобезопасные магнитные пускатели

В связи с тяжелыми условиями работы на разрезах (карьерах) машин и механизмов (например, забойных конвейеров и передвижных водоотливных установок), частыми переносками, ударами и т. д. к аппаратам управления предъявляют жесткие требования в отношении прочности их конструкции, а к аппаратуре управления, устанавливаемой в закрытых галереях угледоъемов, подземных стволах глубоких разрезов, дренажных шахтах и т. п., где может происходить скопление угольной пыли или выделение метана, кроме того, предъявляют требование взрывобезопасного исполнения.

Взрывобезопасность пускателей достигается заключением всей аппаратуры во взрывонепроницаемую оболочку.

По параметрам цепи управления различают взрывобезопасные магнитные пускатели с неискробезопасными цепями управления (серии ПМВ) и с искробезопасными цепями управления (серий ПМВИ и ПВИ).

Все взрывобезопасные магнитные пускатели, выпускаемые в настоящее время Торезским электротехническим заводом и Кемеровским электромеханическим заводом «Кузбассэлектромотор», имеют искробезопасные цепи управления напряжением 18 В. В пускателях первых выпусков серии ПМВ напряжение цепей управления по условиям электробезопасности было принято 36 В. В магнитных пускателях нерудничного исполнения напряжение цепей управления равно напряжению силовой цепи (см. рис. 3.10—3.12).

В соответствии с требованиями действующих Правил безопасности для подземных горных выработок спроектирована во ВНИИВЭ и изготовлена единая серия магнитных взрывобезопасных пускателей ПВИ на напряжение 380/660 В и номинальные токи от 25 до 250 А. Пускатели ПВИ, которые должны заменить пускатели всех прежних выпусков серий ПМВ и ПМВИ, предназначены для применения в шахтах, опасных по газу (метану), угольной пыли, содержащейся в окружающей атмосфере до 1000 мг/м³. Их можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха от -5 до 35°C и на высоте над уровнем моря не более 1000 м.

Другие схемы дистанционного управления карьерных машин и установок с применением магнитных пускателей рассмотрены ниже (см. главы 3, 5).

Выбор пускателей

Пускатели выбирают по номинальному напряжению, рабочему току и мощности подключаемого двигателя согласно формуле (3.10).

Для пускателей с плавкими предохранителями ток плавкой вставки выбирают, используя выражения (3.1)—(3.5), а для пускателей с электротепловыми реле — ток нагревательного элемента по формуле (3.9).

§ 28. НАЗНАЧЕНИЕ, ВИДЫ И СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БЛОКИРОВОК

Для предупреждения ошибочных действий обслуживающего персонала, которые могут привести к электротравматизму людей и аварии электрооборудования, в низковольтной аппаратуре применяют различные блокировки — механические и электрические. Механические блокировки устанавливают в пределах только одного аппарата, а электрические используют для блокировки как отдельных элементов одного аппарата, так и отдельных аппаратов в пределах комплекса аппаратов.

К механическим блокировкам относятся, например:

- 1) блокировка между контакторами у реверсивных магнитных пускателей с помощью тяги, которая при включенном первом контакторе не позволяет включиться второму;
- 2) блокировка между крышкой корпуса и рукояткой разъединителя у аппаратов рудничного исполнения с помощью блокировочного винта, который при нормальной работе аппарата входит в прорезь крышки и не дает возможности открыть ее. В данном случае открыть крышку можно только при включенном разъединителе, а включить разъединитель — только при закрытой крышке.

Для блокирования отдельных аппаратов в пределах комплекса аппаратов применяют электрическую блокировку:

- 1) нескольких магнитных пускателей для пуска и остановки двигателей конвейеров в определенной заданной последовательности. Например, пуск конвейеров должен производиться в порядке, обратном направлению грузопотока, т. е. так, чтобы каждый последующий конвейер мог включаться только тогда, когда уже пущен конвейер, на который он грузит. При остановке любого конвейера должны немедленно автоматически останавливаться все конвейеры, подающие на него груз;
- 2) между аппаратами при управлении экскаватором, обеспечивающую работу главных механизмов (подъема, напора, поворота, хода) только при предварительном включении двигателей масляного насоса, компрессора, вентиляторов.