Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени Горного института, том XV—XVI, 1949

Электрическое оборудование рудничных вентиляторных установок

Проф. Ф. Н. Шклярский

I. Центробежные вентиляторы

1. Системы вентиляторного привода

1. Если изменение числа оборотов вентилятора не требуется, то могут быть применены следующие системы привода:

а) при мощностях меньших 200 kW — *асинхронный* двигатель *с короткозамкнутым* ротором; двигатель соединяется с вентилятором при помощи соответственной передачи (ременной или зубчатой);

б) при мощности вентиляторной установки 200 kW и выше—*синхронный* двигатель нормального исполнения,[1] соединенный с вентилятором *непосредственно*[2] или при помощи соответственной передачи (ременной или зубчатой);[3] если необходимо повышение надежности против взрыва, то двигатель должен быть помещен в изолированном от вентилятора помещении.

2. Если изменение числа оборотов вентилятора требуется производить периодически через *значительные промежутки времени* (например, 1—2 года), то в зависимости от мощности установки могут применяться как синхронные, так и асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, соединяемые с вентилятором посредством соответственной передачи с переменным передаточным числом: а) ременной, со сменными шкивами на валу вентилятора; б) зубчатой, в виде редуктора с двойным или, в крайнем случае, тройным передаточным числом; следует отметить, что редуктор является довольно дорогим устройством.

3. Если требуется *частое* изменение числа оборотов вентилятора, например, несколько раз в течение суток, с целью усиления вентиляции металлического рудника после производства взрывных работ, то могут применяться:

а) *асинхронные* двигатели с *фазовым* ротором и *реостатом*, нормально работающие с соответственно пониженным числом оборотов, а следовательно, с потерями в реостате тем бо́льшими, чем ниже требуемая нормальная скорость вентилятора; при усиленной вентиляции, продолжаю-

[1] В отдельных случаях могут найти применение синхронные двигатели мощностью менее 200 kW.

[2] В случае тихоходного двигателя.

[3] В случае быстроходного двигателя.

щейся сравнительно недолго в течение суток, вентилятор, а следовательно, и двигатель работают с повышенной (полной) скоростью; соединение двигателя с вентилятором осуществляется при помощи соответственной передачи;

б) двигатели *постоянного* тока, питаемые от управляемых ртутных выпрямителей или от игнайтронов; потери энергии на регулировку скорости почти отсутствуют; соединение двигателя с вентилятором осуществляется посредством соответственной передачи.

4. Если требуется изменение скорости вентилятора как через продолжительные промежутки времени, так и частое, то можно применять:

а) *асинхронные* двигатели с *фазовым* ротором и реостатом; соединение двигателя с вентилятором осуществляется посредством соответственной передачи с переменным передаточным числом;

б) двигатели *постоянного* тока, питаемые от управляемых ртутных выпрямителей или от игнайтронов.

В прежнее время для мощных вентиляторных установок, для которых требовался широкий диапазон изменения скорости, применялись *каскадные* агрегаты, дающие возможность регулировать число оборотов приводного асинхронного двигателя, а следовательно и вентилятора, в широких пределах (до 40—50%).

2. Управление электроприводом вентиляторных установок[1]

А. Коммутация приводных двигателей. На рисунке 1 представлена схема коммутации приводного *низковольтного асинхронного* двигателя *АД* с *короткозамкнутым ротором* при непосредственном включении на сеть напряжением до 500 V. Управление двигателем осуществляется при помощи магнитного пускателя. Нажатие кнопки „ход" производит замыкание цепи катушки *Л*, обусловливающее в свою очередь замыкание контактов *Л1 линейного выключателя*,[2] который вследствие этого производит присоединение двигателя *АД* к шинам Ψ; нажатие кнопки „стоп" производит размыкание катушки *Л*, обусловливающее размыкание контактов *Л1* указанного выключателя. Блок-контакт *Л2*, сблокированный с катушкой *Л*, имеет целью замыкание цепи последней катушки после прекращения действия на кнопку „ход". Из остальных обозначений на рис. 1 отметим следующие:

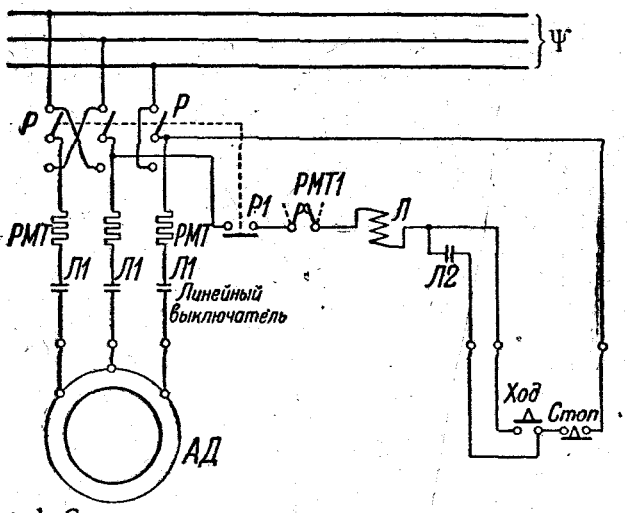


Рис. 1. Схема коммутации низковольтного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при непосредственном включении на сеть напряжением до 500 V.

[1] Приводимые ниже коммутационные схемы даны в исполнении ХЭМЗ.

[2] Входящего в систему магнитного пускателя.

РМ1 — нагревательные элементы максимально-теплового реле; *РМТ1* — контакт (нормально замкнутый) максимально-теплового реле с ручным возвратом; *Р1* — блокировочный контакт, связанный механически с разъединителем или рубильником *Р*.

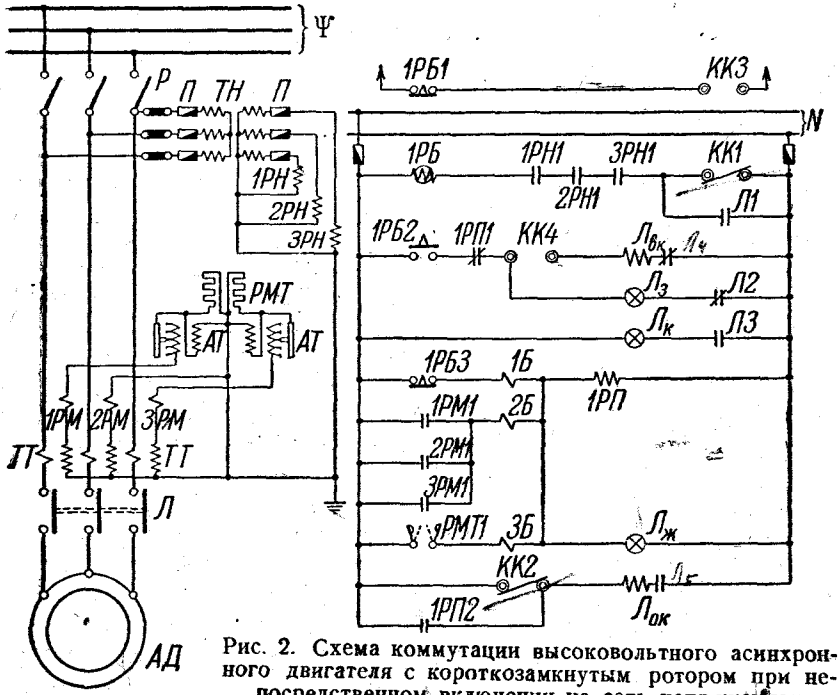


Рис. 2. Схема коммутации высоковольтного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при непосредственном включении на сеть напряжением 3000—6000 V.

На рисунке 2 изображена схема коммутации приводного *высоковольтного асинхронного* двигателя *АД* с *короткозамкнутым* ротором при непосредственном включении на сеть напряжением 3000—6000 V (шины Ψ). Цепь управления (контроля) питается от шин *N* низкого напряжения. Управление двигателем дистанционное, осуществляемое посредством командо-контроллера; включение двигателя получается в результате замыкания цепи включающей катушки $Л_{ВК}$, отключение его осуществляется посредством замыкания цепи отключающей катушки $Л_{ОК}$.[1] Обе указанные катушки действуют при этом на линейный масляный выключатель *Л*: первая в сторону его замыкания, вторая в сторону размыкания.

Контакты	Положения контроллера	
	Ход	Стоп
ККЛ	—	●
КК2	—	●
ККЗ	●	—
КК4	●	—

Рис. 3. Таблица, указывающая порядок включения контактов командо-контроллера применительно к коммутационным схемам на рис. 2 и 4. Черные кружки соответствуют замкнутым контактам

На рисунке 3 представлена таблица, указывающая порядок включения контактов командо-контроллера применительно к коммутационной схеме на рисунке 2; черные кружки означают замкнутые контакты. При положении „стоп" командо-контроллера оказываются замкну-

[1] С отключающей катушкой $Л_{ОК}$ (собственно с приводом масляника) сблокирован нормально разомкнутый контакт (расположенный на схеме справа от катушки); назначение этого контакта состоит в подготовке к замыканию цепи катушки $Л_{ОК}$ после включения масляника.

тыми его контакты *КК1* и *КК2*. Первый из них замыкает при этом цепь катушки блокировочного реле *1РБ*; при нормальном состоянии цепи фидера все остальные контакты в цепи катушки реле *1РБ* оказываются тоже замкнутыми; в самом деле, контакты *1РН1*, *2РН1*, *3РН1* минимальных реле напряжения *1РН*, *2РН*, *3РН* при нормальном напряжении на шинах высокого напряжения Ш и при замкнутом разъединителе *Р* являются замкнутыми.

Результатом замыкания цепи катушки реле *1РБ* является оживление этого реле, вследствие чего получается мгновенное замыкание его контакта *1РБ2*[1] в цепи включающей катушки $Л_{ВК}$ линейного масляника *Л*, каковая операция обусловливает подготовку последнего масляника к включению. Вместе с тем получается мгновенное размыкание контакта *1РБ3* реле *1РБ*, который при этом разрывает цепь катушки промежуточного реле *1РП*, в результате чего замыкается контакт *1РП1* последнего реле.

Таким образом, при разомкнутом маслянике *Л*, обусловливающем замыкание его блок-контакта *Л2*, окажется замкнутой цепь зеленой лампы $Л_З$, указывающей своим светом[2] на готовность линейного масляника к включению. Что касается контакта *КК2* командо-контроллера, то при положении его „стоп" указанный контакт замыкает цепь отключающей катушки $Л_{ОК}$ масляника *Л*, обусловливая тем самым размыкание последнего.

При повороте командо-контроллера в положение „ход" его контакты *КК1* и *КК2* окажутся разомкнутыми, контакты же *КК3* и *КК4* — замкнутыми. Контакт *КК4* производит при этом замыкание цепи включающей катушки $Л_{ВК}$[3] масляника *Л*, результатом чего, как выше указывалось, явится его включение. В связи с последней операцией произойдет замыкание блок-контакта *Л1* масляника *Л*, который при этом перекроет разомкнутый контакт *КК1* командо-контроллера и тем самым обеспечит обтекание током катушки блокировочного реле *1РБ* со всеми вытекающими из этого последствиями, обусловленными поддержанием в замкнутом состоянии контакта *1РБ2* и в разомкнутом положении контакта *1РБ3* указанного реле. Вместе с тем блок-контакт *Л2* масляника *Л* разомкнется и разорвет цепь зеленой лампы $Л_З$, которая вследствие этого потухнет; вместо этого, в связи с замыканием блок-контакта *Л3* масляника *Л*, загорится красная лампа $Л_К$, указывающая своим светом на включенное состояние масляника *Л*. Получаемое при положении „ход" командо-контроллера размыкание контакта *КК2* обусловливает разрыв цепи отключающей катушки $Л_{ОК}$, каковое ее состояние соответствует включению масляника *Л*.

Контакт *КК3* командо-контроллера при его положении „ход" подготовляет к замыканию цепь звукового сигнала, которая замыкается окончательно контактом *1РБ1* в случае аварийного отключения масляника *Л*, обусловленного разрывом цепи катушки блокировочного реле *1РБ* вследствие размыкания одного из контактов минимальных реле напряжения *1РН1*, *2РН1*, *3РН1*. Разрыв цепи катушки реле *1РБ* обусловливает прежде всего

---

[1] Контакт *1РБ2* замыкается мгновенно, размыкается же с определенной выдержкой времени.

[2] Оптический сигнал.

[3] С включающей катушкой (соленоидом) $Л_{ВК}$ (собственно с приводом масляника) сблокирован нормально замкнутый контакт (расположенный на схеме справа от катушки); назначение этого контакта состоит в размыкании цепи катушки $Л_{ВК}$ после ее срабатывания в связи с тем, что надобность в действии указанной катушки отпадает после замыкания масляника *Л*.

размыкание с выдержкой времени его контакта *1РБ2*, производящего при этом разрыв цепи включающей катушки $Л_{ВК}$ масляника *Л*. Вместе с тем происходит замыкание с выдержкой времени контакта *1РБ3*, производящее в свою очередь, с одной стороны, замыкание цепи как блинкерного реле *1Б*, так и катушки промежуточного реле *1РП*, с другой стороны, замыкание цепи желтой лампы $Л_Ж$, указывающей своим светом на аварийное отключение масляника *Л*. Блинкер *1Б* указывает на выключение масляника *Л* вследствие разрыва цепи блокировочного реле *1РБ* размыканием одного из указанных выше контактов минимальных реле вследствие падения напряжения в сети.

При наличии короткого замыкания произойдет размыкание масляника *Л* под действием максимальных реле *1РМ, 2РМ, 3РМ*, контакты которых *1РМ1, 2РМ1, 3РМ1* своим замыканием приведут в действие блинкерное реле *2Б* и реле *1РП*, равно как произведут зажигание желтой лампы $Л_Ж$.

При аварийном выключении масляника *Л*, обусловленном определенной перегрузкой, сработает максимально-тепловое реле *РМТ*, контакты которого *РМТ1* произведут замыкание цепей: катушки реле *1РП*, желтой лампы $Л_Ж$ и блинкерного реле *3Б*, указывающего на появление недопустимой перегрузки.

Назначение контакта *1РП2* состоит в замыкании цепи отключающей катушки (соленоида) $Л_{ОК}$, обусловливающем выключение масляника *Л* во всех случаях замыкания цепи промежуточного реле *1РП*, согласно вышеуказанному; контакт *1РП2* при этом перекрывает разомкнутый при положении „ход" командо-контроллера контакт последнего *КК2*.

Неаварийное отключение масляника *Л*, при разомкнутых контактах *1РБ3, 1РМ1, 2РМ1, 3РМ1, РМТ1*, не вызовет зажигания желтой лампы $Л_Ж$; равным образом останутся в бездействии блинкеры *1Б, 2Б, 3Б*; окажется также разомкнутой контактом *1РБ1* цепь звукового сигнала, так как цепь катушки блокировочного реле *1РБ* не будет при этом разорвана, в результате чего контакты *1РБ1* и *1РБ3* будут оставаться разомкнутыми, контакты же *1РБ2* и *1РП1* замкнутыми, что обусловливает горение зеленой лампы $Л_З$.

Из остальных обозначений на рис. 2 отметим следующие: *ТН* — трансформатор напряжения, *ТТ* — трансформатор тока, *АТ* — автотрансформатор, *П* — плавкий предохранитель.

На рисунке 4 представлена схема коммутации приводного высоковольтного *синхронного* двигателя *СД* при непосредственном его включении на сеть (шины Ψ); ротор двигателя снабжен короткозамкнутой пусковой обмоткой, превращающей указанный двигатель в период пуска в асинхронный двигатель. Цепь управления питается от шин постоянного тока низкого напряжения *N*. Управление двигателем дистанционное, осуществляемое посредством командо-контроллера, для которого таблица на рис. 3 указывает порядок включения его контактов. Отключение двигателя осуществляется посредством отключающей катушки (соленоида) $Л_{ОК}$, действующей аналогично способу, примененному в схеме на рисунке 2.

Включение возбуждения в схеме на рисунке 4 осуществляется автоматически посредством реле синхронной скорости (реле частоты, реле повторных включений); указанное реле снабжено двумя катушками: а) оперативной катушкой $РПВ_о$, включенной в общую цепь управления и замыкаемой блок-контактом *Л3* главного масляника *Л* при включении последнего; б) удерживающей катушкой $РПВ_у$, включенной через купроксный

выпрямитель *КВ* на часть разрядного сопротивления *СР*, параллельно последнему. Действие рассматриваемого реле состоит в следующем. Благодаря наличию купроксного выпрямителя переменный ток, индуктируемый в период пуска в обмотке возбуждения двигателя, проходит через катушку $РПВ_у$ только полупериодами одного направления; частота этого тока находится в обратной зависимости от скорости вращения ротора. До тех пор, пока двигатель вращается со скоростью, не превышающей ~ 95%

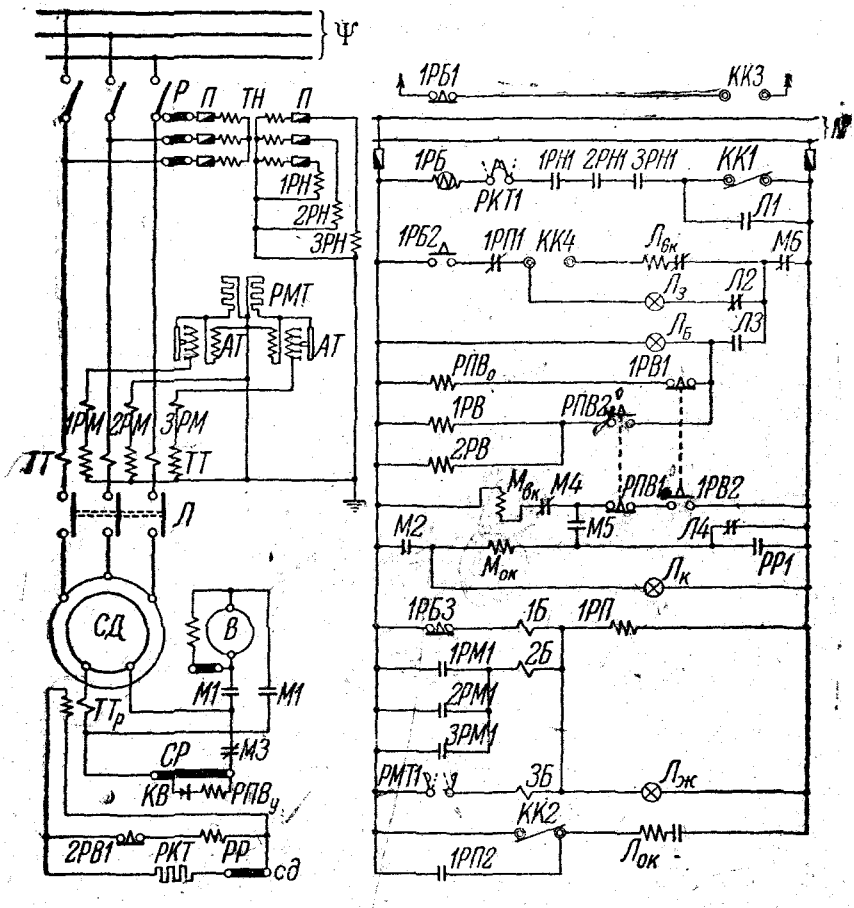


Рис. 4. Схема коммутации высоковольтного синхронного двигателя при непосредственном его включении на сеть напряжением 3000—6000 V.

синхронной скорости, частота указанного тока является достаточной для того, чтобы обусловленные ею соответственно небольшие интервалы между полупериодами тока, проходящего через катушку $РПВ_у$, не смогли прекратить втягивающего действия этой катушки на ее сердечник, который, с целью усиления задерживающего действия, снабжен медной гильзой. По достижении же двигателем ~ 95% синхронной скорости частота переменного тока, проходящего через катушку $РПВ_у$, уменьшится настолько, что соответственно увеличенные интервалы между полупериодами тока, проходящего через катушку $РПВ_у$, окажутся уже недостаточными для удержа-

ния ее сердечника во втянутом положении, в результате чего этот сердечник опустится, обусловливая тем самым замыкание сблокированного с ним механически контакта *РПВ2*; последний при этом замкнет цепь катушки (реле) *1РВ*, контакт которой *1РВ1*, размыкаясь, в свою очередь произведет разрыв цепи оперативной катушки $РПВ_О$ реле синхронной скорости. Результатом последней операции явится замыкание сблокированного с указанной катушкой контакта *РПВ1*, который при этом замкнет окончательно цепь включающей катушки $М_{ВК}$ контактора поля возбуждения; замыкание этой катушки подготовлено предварительным замыканием контакта *1РВ2* реле *1РВ* при указанном выше срабатывании последнего. Замыкание цепи катушки контактора $М_{ВК}$, наступающее при достижении двигателем $\sim 95\%$ синхронной скорости, обусловливает замыкание контакторных контактов *М1*, *М2*, *М5* и размыкание контактов *М3*, *М4*, *М6*. Контакты *М1* производят при этом включение обмотки возбуждения двигателя *СД* к возбудителю *В*, насаженному на вал последнего двигателя; контакт *М2* служит для замыкания цепи красной лампы $Л_К$, а также подготовляет цепь отключающей катушки $М_{ОК}$ контактора поля возбуждения к замыканию, которое наступает окончательно при размыкании масляника *Л*, обусловливающем замыкание его блок-контакта *Л4*.

Следует отметить, что оживление катушки $М_{ВК}$ сопровождается размыканием блок-контакта *М4*, разрывающего при этом цепь указанной катушки, надобность в действии которой после включения контактора поля возбуждения отпадает ввиду того, что означенный контактор снабжен запирающей защелкой, удерживающей его в замкнутом положении.

Выключение поля возбуждения происходит в результате замыкания цепи отключающей катушки $М_{ОК}$ блок-контактом *Л4* масляника *Л* при размыкании последнего; действие катушки $М_{ОК}$ при этом состоит в стягивании защелки, удерживающей контактор поля возбуждения (контакты *М1*) в замкнутом состоянии. С целью облегчения освобождения указанной защелки, при осуществлении рассматриваемой операции получает также кратковременное питание включающая катушка $М_{ВК}$ через контакт *М5*, сблокированный с контактором поля возбуждения, и через блок-контакт *Л4* масляника *Л*.

Контакт *М3* при своем размыкании производит отключение разрядного сопротивления *СР*, надобность в котором отпадает после окончания периода пуска.

Контакт *М6* разрывает цепи ламп: белой $Л_Б$ и зеленой $Л_З$; первая из них, сигнализирующая о начале пуска двигателя, тухнет после его окончания; зеленая лампа тухнет еще раньше, а именно, после включения масляника *Л*, обусловливающего размыкание его блок-контакта *Л2*.

Контакт *М4*, замыкающийся при обесточивании катушки $М_{ВК}$, имеет целью подготовление ее цепи к замыканию при последующем пуске.

Относительно реле асинхронизма следует отметить, что катушка его *РР* при нормальной работе двигателя не возбуждена, так как оказывается включенной в цепь вторичной обмотки трансформатора тока $ТТ_Р$, первичная обмотка которого включена в роторную цепь двигателя, питаемую постоянным током от возбудителя *В*. В результате этого контакт *РР1* последнего реле находится в разомкнутом состоянии. В слунае выпадения двигателя из синхронизма, катушка *РР* реле асинхронизма начнет обтекаться переменным током, следствием чего явится срабатывание этого

реле, обусловливающее замыкание контакта *РР1*, который в свою очередь произведет замыкание цепи отключающей катушки $М_{ОК}$ контактора поля возбуждения. При этом получит кратковременное питание также включающая катушка $М_{ВК}$, цепь которой окажется замкнутой контактом *М5* и контактом *РР1* (при разомкнутом блок-контакте *Л4* замкнутого масляника *Л*). Указанная операция обусловливает размыкание контактов *М1*, отключающих обмотку возбуждения двигателя *СД* от возбудителя *В*; последняя обмотка вследствие получаемого при этом замыкания контакта *М3* окажется включенной на разрядное сопротивление *СР*. В результате указанного переключения обмотки возбуждения двигателя *СД*, последний окажется переведенным на режим пуска, обусловливающий наличие процесса повторной синхронизации, который будет происходить согласно вышеописанному. Если причина, вызвавшая выпадение из синхронизма, будет продолжать действовать, то пусковой режим при асинхронной скорости затянется по сравнению с нормальным пуском, следствием чего явится аварийное выключение двигателя под влиянием срабатывания теплового реле контроля, нагревательный элемент которого *РКТ* включен в цепь вторичной обмотки рассмотренного выше трансформатора тока $ТТ_Р$ (параллельно с обмоткой *РР* реле асинхронизма через добавочное сопротивление *сд*). В период пуска нагревательный элемент *РКТ* указанного реле обтекается переменным током вторичной обмотки трансформатора $ТТ_Р$, причем, если процесс пуска затянулся по сравнению с продолжительностью нормального пускового режима, то контакты *РКТ1* реле контроля разомкнутся и разорвут цепь катушки блокировочного реле *1РБ*, в результате чего контакт его *1РБ3* замкнет цепь промежуточного реле *1РП*, контакт которого *1РП2* замкнет цепь отключающей катушки $Л_{ОК}$ масляника *Л*, каковая операция обусловливает его выключение со всеми вытекающими из этого последствиями, согласно указанному выше при рассмотрении схемы на рисунке 2.

Назначение остальных частей схемы на рисунке 4 то же, что и в схеме, представленной на рисунке 2.

На рисунке 5 изображена схема включения *высоковольтного асинхронного* двигателя с *фазовым* ротором.[1] Управление двигателем дистанционное, осуществляемое посредством командо-контроллера, для которого таблица на рис. 3 указывает порядок включения его контактов. Отключение двигателя осуществляется посредством отключающей катушки $Л_{ОК}$. Особенностью этой схемы является автоматизация пусковых операций при помощи реле максимального тока *РМ* и двух реле времени: *1РУ* и *2РУ*, соответственно двум ступеням пускового сопротивления.

Импульсом для пуска приводного двигателя *АД* служит поворот командо-контроллера в положение „ход", в результате чего замыкается его контакт *КК4* согласно таблице на рисунке 3; последняя операция обусловливает замыкание цепи включающей катушки $Л_{ВК}$ и, как следствие этого, включение масляника *Л*. Здесь следует отметить, что все остальные контакты в цепи катушки $Л_{ВК}$, кроме упомянутого выше контакта *КК4*, будут

---

[1] Схема на рисунке 5 могла бы найти применение, например, в случае необходимости *частого* изменения числа оборотов вентилятора при проветривании металлических рудников (см. стр. 21); при этом усиленная вентиляция с полной скоростью двигателя осуществлялась бы с совершенно *выключенным регулировочным сопротивлением*, нормальная же работа вентилятора с соответственно пониженной скоростью двигателя происходила бы при полностью или частично включенном регулировочном сопротивлении.

при этом тоже замкнуты. В самом деле, контакт *1РБ2* блокировочного *1РБ* оказывается замкнутым при оживленном состоянии последнего; контакт *1РП1* промежуточного реле *1РП* замкнут[1] при обесточенном состоянии последнего; наконец контакт *1РУ2* реле времени *1РУ* замкнут при замкнутой цепи последнего реле.

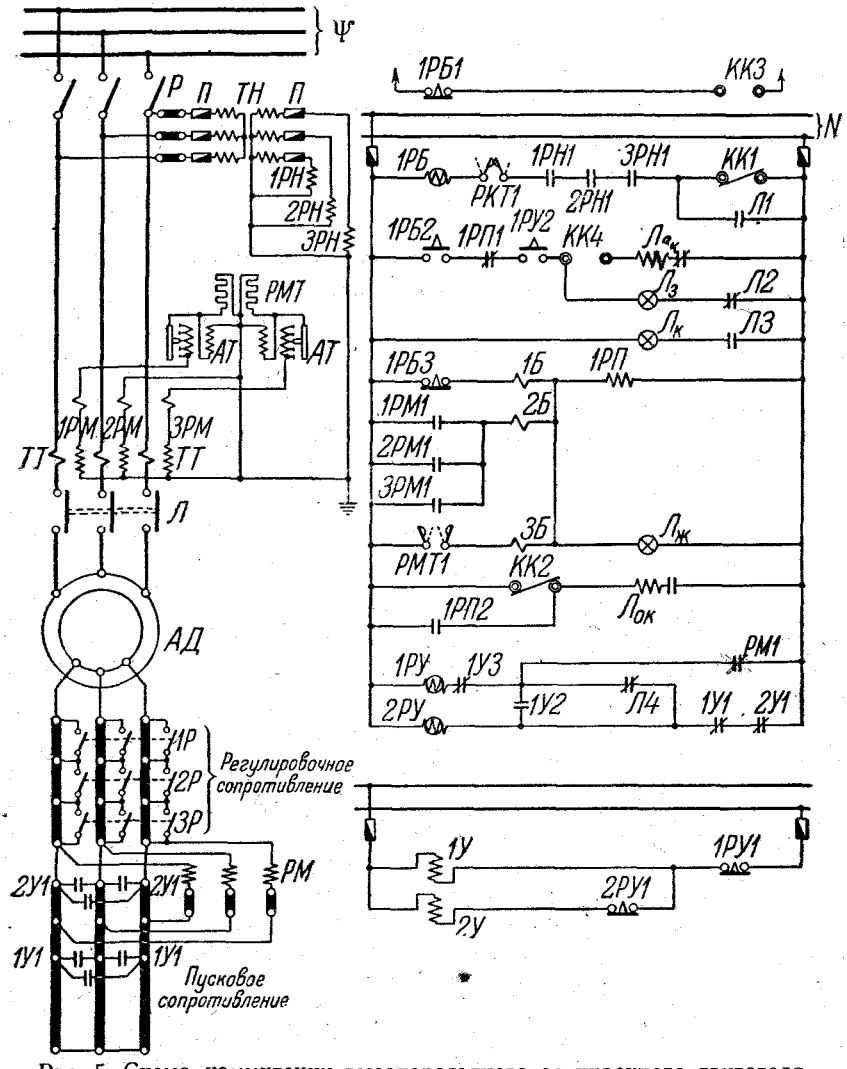


Рис. 5. Схема коммутации высоковольтного асинхронного двигателя с фазовым ротором.

В результате включения масляника *Л* окажется включенным на питающие его шины Ψ статор двигателя *АД* при полностью введенном пусковом сопротивлении ротора. После падения роторного тока до определенного нижнего пускового значения, обусловленного уставкой реле тока *РМ*, пос-

[1] Контакт *1РБ3* блокировочного реле *1РБ* разомкнут при возбужденном состоянии последнего реле (см. соответственное объяснение к рисунку 2 на стр. 24).

леднее сработает, в результате чего разомкнется его контакт *РМ1* и разорвет цепь реле *1РУ*; следствием этого явится замыкание с определенной выдержкой времени контакта последнего реле *1РУ1*, который при этом произведет замыкание цепи контакторной катушки *1У*. Результатом этого явится замыкание контакторных контактов *1У1*, закорачивающих первую ступень роторного реостата, каковая операция обусловливает возрастание тока до его верхнего пускового значения. В связи с последним явлением произойдет замыкание контакта *РМ1* реле тока *РМ*, обусловливающее замыкание цепи реле *2РУ*, при замкнутом блок-контакте *1У2* контактора *1У*. Что касается контакта *1У3* в цепи реле *1РУ*, то при замкнутой цепи катушки *1У* контакт *1У3* будет разомкнут, обеспечивая тем самым разрыв цепи реле *1РУ*.

При последующем падении роторного тока до нижнего значения, обусловленного уставкой реле тока *РМ*, контакт *РМ1* опять разомкнется, разрывая при этом цепь реле *2РУ*, следствием чего явится замыкание с определенной выдержкой времени контакта *2РУ1* последнего реле; указанная операция обусловливает замыкание цепи контакторной катушки *2У*, в результате чего произойдет замыкание роторных контактов *2У1*, закорачивающих последнюю ступень роторного реостата, каковой операцией заканчивается пуск двигателя.

Здесь следует отметить, что в рассматриваемой схеме (рис. 5) пуск двигателя осуществляется по комбинированному принципу, обусловленному действием как реле времени, так и реле тока, причем величина пускового момента так же, как и в случае наличия только реле времени (без дополнительного реле тока), зависит от величины статического момента сопротивления, каковое обстоятельство обусловливает в сущности принцип пуска по времени, а не по моменту (току).

Относительно контактов *1У1* и *2У1* в цепи катушки реле *2РУ* следует указать, что они имеют целью держать разорванной цепь реле *2РУ* при замкнутых цепях контакторных катушек *1У* и *2У*.

Остальные части схемы на рис. 5 имеют то же назначение, что и соответственные части схемы на рис. 2.

В. Коммутация дистанционного управления двумя вентиляторами. Рассматриваемая система управления осуществляется посредством находящегося у диспетчера одного командо-контроллера, управляющего, в свою очередь, посредством системы включающих и отключающих катушек двумя релейными контроллерами, обслуживающими приводы вспомогательных устройств (шиберы, ляды, задвижки) вентиляторных воздухопроводов, а также создающими импульс для пуска вентиляторного двигателя. Указанные на рисунке 6 катушки представляются следующим образом: включающие катушки $1РКВ_{ВК}$ и $2РКВ_{ВК}$ служат при работе вентиляторов на всасывание для приведения в действие в направлении „вперед" соответственных приводов, обслуживающих вспомогательные устройства, применяемые для реверсирования вентиляционной струи. Катушки $1РКН_{ВК}$ и $2РКН_{ВК}$, при работе вентиляторов на нагнетание, обусловливают приведение в действие приводов указанных вспомогательных устройств в направлении „назад"; при этом катушки $1РКВ_{ВК}$ и $1РКН_{ВК}$ управляют релейным контроллером, обслуживающим один вентилятор, а катушки $2РКВ_{ВК}$ и $2РКН_{ВК}$ — релейным контроллером другого вентилятора. Отключающие катушки $1РКВ_{ОК}$ и $2РКВ_{ОК}$ соответствуют работе вентиляторов на всасывание, катушки же $1РКН_{ОК}$ и $2РКН_{ОК}$ — работе вен-

тиляторов на нагнетание; при этом катушки $1РКВ_{ОК}$ и $1РКН_{ОК}$ управляют релейным контроллером одного вентилятора, а катушки $2РКВ_{ОК}$ и $2РКН_{ОК}$ — релейным контроллером другого вентилятора.

Что касается самих контактов релейных контроллеров, то на рис. 6 они отсутствуют.

На рисунке 7 изображена схема воздухопроводной вентиляторной сети в связи с системой шиберов, ляд и задвижек, положение которых соответствует работе вентилятора *I* на всасывание, а вентилятора *II* на нагнетание.

Здесь следует отметить, что независимо от направления вентиляционной струи, обусловленного соответственным положением шибера, ляд и задвижки в вентиляционном канале работающего центробежного вентилятора, направление вращения последнего всегда остается неизменным.

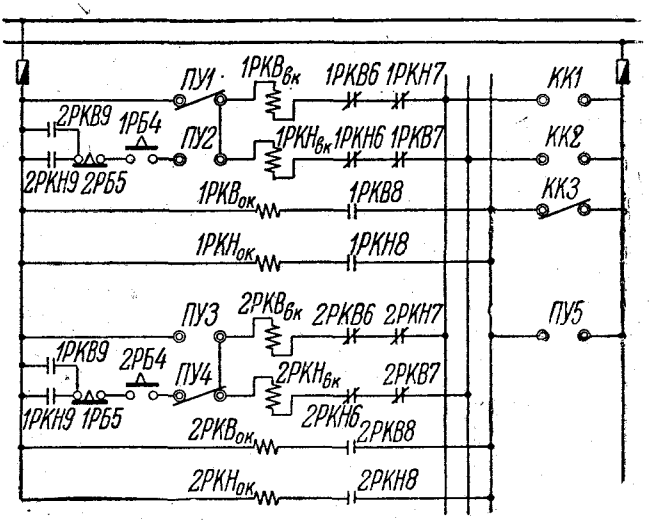


Рис. 6. Схема управления двумя релейными контроллерами посредством одного командо-контроллера, находящегося в шахте (у диспетчера), для случая двух вентиляторов.

Управляемый диспетчером командо-контроллер снабжен тремя контактами, из которых контакт *ККI* замыкается при повороте последнего контроллера в направлении „вперед", согласно данным таблицы на рисунке 8. При означенном положении командо-контроллера окажется замкнутой цепь включающей катушки $1РКВ_{ВК}$ или $2РКВ_{ВК}$ (рис. 6) соответственного релейного контроллера, в зависимости от того, в какое положение (*I* или *II*) будет предварительно поставлен переключатель управления *ПУ* (см. таблицу на рис. 9). Указанное замыкание цепи той или иной включающей катушки обусловливает прежде всего перевод шибера, ляд и задвижки, расположенных в вентиляционном канале соответственного вентилятора, в положения, соответствующие пуску этого вентилятора.

С целью останова вентилятора, работающего при режиме всасывания, командо-контроллер ставится в нулевое положение, при котором окажется замкнутым его контакт *ККЗ* (рис. 8). Последний при этом производит замыкание цепей отключающих катушек $1РКВ_{ОК}$ или $2РКВ_{ОК}$ (рис. 6), в зависимости от того, который из двух вентиляторов находится в работе. Следует отметить, что замыкание цепей указанных катушек подготовлено предварительным замыканием соответственно контактов *1РКВ8* или *2РКВ8*, сблокированных с включающими катушками $1РКВ_{ВК}$ и $2РКВ_{ВК}$ таким образом, что при замыкании цепей последних катушек означенные контакты оказываются замкнутыми, и наоборот.

В заключение рассмотрения схемы на рис. 6 укажем на роль контактов *1РКВ9* и *1РКН9*, замыкание которых, обусловленное случайной оста-

новкой или несостоявшимся пуском вентилятора *I*, производит автоматический пуск вентилятора *II*; аналогичное назначение имеют контакты *2РКВ9* и *2РКН9*, производящие автоматический пуск вентилятора *I* при несостоявшемся пуске или случайной остановке вентилятора *II*.

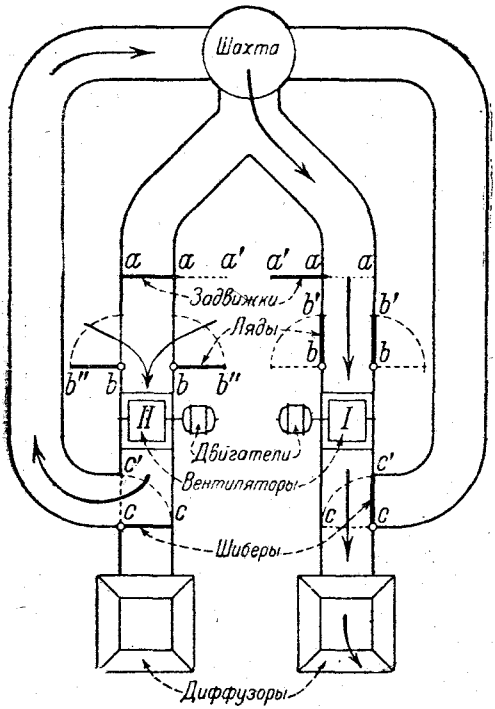


Рис. 7. Схема воздухопроводной сети для случая двух центробежных вентиляторов.

В качестве привода для шиберов, ляд и задвижек применяются низковольтные *асинхронные* двигатели с короткозамкнутым ротором, включение которых осуществляется посредством магнитных пускателей согласно схеме на рисунке 10, дающей возможность осуществлять реверсию двигателя *АД*. Нажатие кнопки „вперед" замыкает цепь катушки *В*, следствием чего является замыкание контактов *В1* статорного переключателя, каковая операция обусловливает включение двигателя на работу в направлении „вперед". Нажатие кнопки „назад" замыкает цепь катушки *Н* указанного переключателя, результатом чего является включение двигателя на работу „назад". Что касается контактов *В2* и *Н2*, то они сблокированы соответственно с катушками *В* и *Н* таким образом, что оживление одной из них обусловливает замыкание сблокированного с ней соответственного контакта; наличие контактов *В2* и *Н2* имеет целью поддержание в замкнутом состоянии цепей соответственно катушек *В* или *Н* после прекращения воздействия на кнопки „вперед" или „назад". Нажатие кнопки „стоп" производит остановку двигателя в результате получаемого при этом разрыва цепей катушек *В* или *Н*, в зависимости от того, в каком направлении работал двигатель до нажатия указанной кнопки.

Контакты	Положения контроллера		
	Вперед	0	Назад
КК1	●	—	—
КК2	—	—	●
КК3	—	●	—

Рис. 8. Таблица, указывающая порядок включения контактов командоконтроллера применительно к схеме на рис. 6.

Контакты	Положения переключателя управления		
	I	0	II
ПУ1	●	—	—
ПУ2	—	—	●
ПУ3	—	—	●
ПУ4	●	—	—
ПУ5	—	●	—

Рис. 9. Таблица, указывающая порядок включения контактов переключателя управления применительно к схеме на рис. 6.

Остальные части схемы на рисунке 10 имеют то же назначение, что и в схеме на рисунке 1.

На рисунке 11 представлена схема дистанционного управления вентиляторной установкой в предположении применения в качестве вентиляторного привода *синхронного* двигателя.

Пуск вентилятора происходит вхолостую, для чего вентилятор должен быть изолирован как от шахты посредством задвижки, поставленной в положение *a—a* (рис. 7), так и от внешней атмосферы при помощи ляд, занимающих положение *b—b'*. Что касается шибера, то он для осуществления

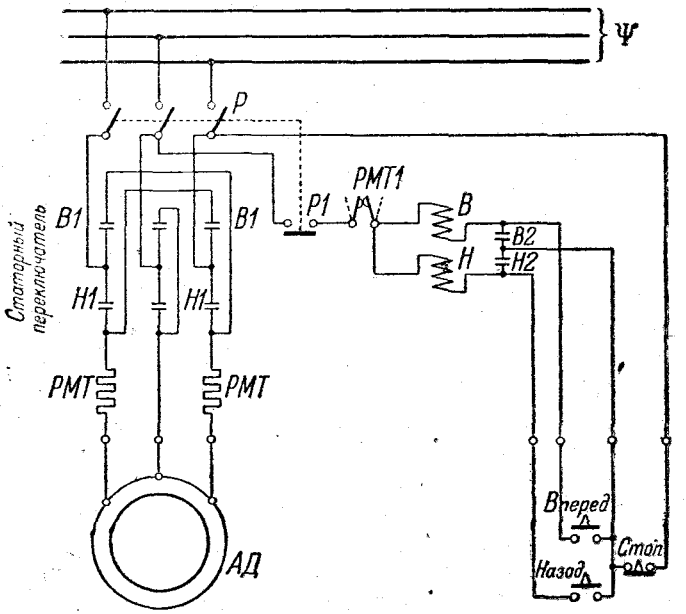


Рис. 10. Схема коммутации реверсивного низковольтного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при непосредственном включении на сеть напряжением до 500 V.

всасывающего режима должен быть предварительно повернут в положение *c—c'* (прямо) на рисунке 7. С указанной целью, при поставленном в положение *I* переключателе управления *ПУ* (рис. 9), в предположении пуска вентилятора *I* (рис. 7), командо-контроллер должен быть повернут в положение „вперед" (рис. 8), благодаря чему оживляется катушка $1РКВ_{вк}$ (рис. 6), производящая при этом поворот соответственного релейного контроллера на замыкание его контактом *1РКВ1* [1] (рис. 11, *a*) цепи катушки $B_ш$, соответствующей на схеме рисунка 10 катушке *B*. Указанная операция обусловливает включение двигателя, приводящего в движение шибер, на работу в направлении поворота последнего в положение „прямо", чему соответствует на рисунке 7 положение шибера *c—c'*. Вместе с тем замкнется контакт *1РКВ4* упомянутого релейного контроллера, благодаря чему подготовится к замыканию цепь включающей катушки $Л_{вк}$ линейного масляника (рис. 11, *d* и 4). По окончании поворота шибера в положение

[1] Одновременно с этим замкнется также контакт релейного контроллера *1РКВ2* в цепи катушки $B_з$ (рис. 11, *b*), управляющей приводом задвижки (см. далее).

„прямо" конечный выключатель *КВ1* (рис. 11, *а*) разорвет цепь катушки $B_ш$, производя тем самым останов двигателя, поворачивающего шибер. Вместе с тем сблокированный с указанным конечным выключателем выключатель *КВ2*[1] произведет окончательное замыкание цепи включающей катушки $Л_{ВК}$, подготовленное предварительно упомянутым выше замыканием контакта *1РКВ4*, в результате чего получится замыкание линейного масляника *Л* (рис. 4); последний при этом произведет включение статора вентиляторного *синхронного* двигателя, каковая операция обусловливает начало его пуска. После окончания пускового режима указанного двигателя, каковой момент характеризуется включением его возбуждения посредством замыкания соответственного контакторного выключателя, получается размыкание сблокированного с последним контакта *М6* (рис. 11, *d* и 4) и замыкание контакта *М7* (рис. 11, *b*). Первый контакт разрывает цепь включающей катушки $Л_{ВК}$, второй же контакт, а именно *М7*, производит замыкание цепи катушки $B_З$, соответствующей на схеме рисунка 10 катушке *В*; последняя операция обусловливает включение двигателя, приводящего в движение задвижку, на работу в направлении перемещения ее в положение $a—a'$ (рис. 7) соответствующее открытию вентиляционного канала, соединяющего шахту с вентилятором. По окончании открытия задвижки конечный выключатель *КВ3* (рис. 11, *b*) разорвет цепь катушки $B_З$ и тем самым выключит двигатель, приводящий в движение задвижку, после чего вентилятор начнет работать при нормальной нагрузке.

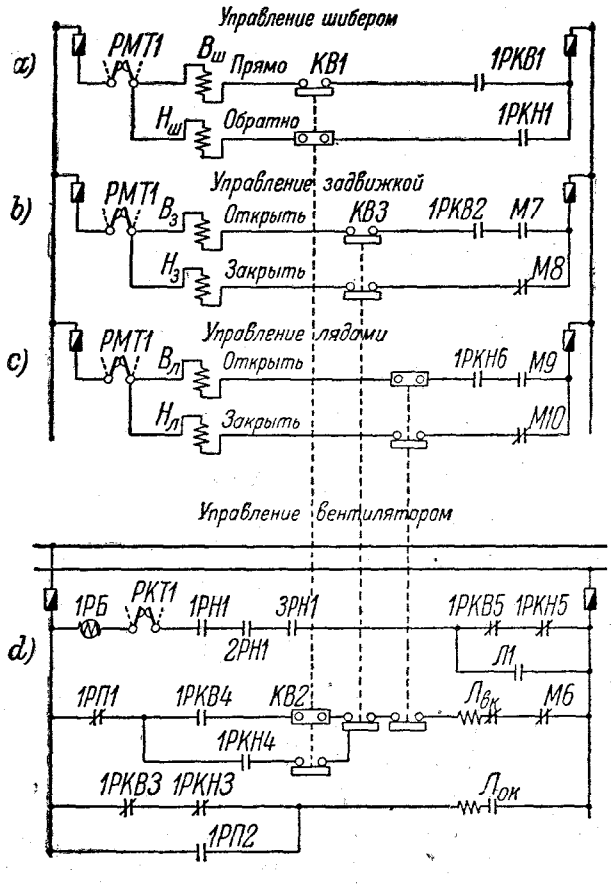


Рис. 11. Схема дистанционного управления двумя центробежными вентиляторами для случая синхронного вентиляторного двигателя.

В заключение следует отметить, что контакты *1РКВ3* и *1РКН3* на рисунке 11, *d* соответствуют контакту командо-контроллера *КК2* на рис. 4

[1] Соответствующий на рис. 4 контакту *КК4* командо-контроллера.

[2] Следует отметить, что замыкание цепи катушки $B_З$ подготовлено раньше контактом *1РКВ2* (рис. 11, *b*) релейного контроллера при повороте последнего в результате указанного выше оживления катушки $1РКВ_{ВК}$ (рис. 6).

и имеют одинаковое с ним назначение; равным образом роль контактов *1РКВ5* и *1РКН5* на рисунке 11, *d* аналогична роли контакта *КК1* на рисунке 4. Что касается остальных частей схем на рисунках 11, *d* и 4 с общими обозначениями, то таковые имеют идентичное назначение.

Аналогично вышеописанному, на схемах рисунков 6 и 11 могут быть прослежены операции, производимые при пуске того или иного вентилятора на работу нагнетанием. Для получения указанного режима необходимо, при поставленном в соответственное положение (*I* или *II*) переключателе управления (рис. 9), повернуть находящийся у диспетчера контроллер в положение „назад" (рис. 8).

В случае применения в качестве вентиляторного привода асинхронного двигателя, вместо контактов, связанных с контакторным выключателем поля возбуждения синхронного двигателя, необходимо предусмотреть соответственные контакты, сблокированные с особым центробежным выключателем, который должен срабатывать при достижении вентиляторным двигателем полной скорости. Здесь следует отметить, что при ременной передаче указанный центробежный выключатель должен быть связан с валом вентилятора, а не двигателя, ввиду того, что возможны случаи спадания или обрыва ремня.

В случае применения дистанционного управления лишь к обслуживанию коммутационных устройств вентиляторных воздухопроводов, при ручном импульсе для пуска вентиляторного двигателя, последняя операция осуществляется следующим образом.

Если в качестве вентиляторного привода применяется асинхронный короткозамкнутый двигатель, включаемый по схеме на рисунке 1, то необходимо нажать кнопку „ход". При наличии в качестве указанного привода: асинхронного короткозамкнутого двигателя, включаемого по схеме на рисунке 2, синхронного двигателя, включаемого по схеме на рисунке 4, асинхронного двигателя с фазовым ротором, включаемого по схеме на рисунке 5, — управляющий соответственным двигателем командо-контроллер должен быть повернут в положение „ход".

II. Осевые вентиляторы

1. Системы вентиляторного привода

Изменение дебита у рассматриваемого типа вентиляторов осуществляется при неизменном их числе оборотов путем поворота лопаток на соответственный угол. Ввиду этого, а также принимая во внимание то обстоятельство, что осевые вентиляторы являются машинами быстроходными, соединение их с двигателем может быть осуществлено без промежуточной передачи, т. е. непосредственно при помощи муфты. Наиболее удобным типом привода в рассматриваемом случае является применение, в зависимости от мощности установки, асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (до 200 kW) или синхронного двигателя (выше 200 kW). Так как изменение направления воздушной струи при осевых вентиляторах осуществляется посредством изменения направления их вращения, то должна быть предусмотрена возможность получения реверсии приводного двигателя.

2. Управление электроприводом вентиляторных установок

А. Коммутация приводных двигателей. Включение *реверсируемого низковольтного*[1] *асинхронного* двигателя с короткозамкнутым ротором осуществляется согласно рассмотренной выше схеме на рис. 10.

[1] При напряжении до 500 V.

Включение *высоковольтного синхронного* двигателя с *реверсией* производится по схеме на рисунке 12, отличающейся от схемы на рисунке 4 некоторыми дополнительными деталями, обусловленными необходимостью реверсии двигателя.

Вместо линейного масляника применен статорный переключатель контакторного типа, замыкание контактов которого *В* и *Н* обусловливает

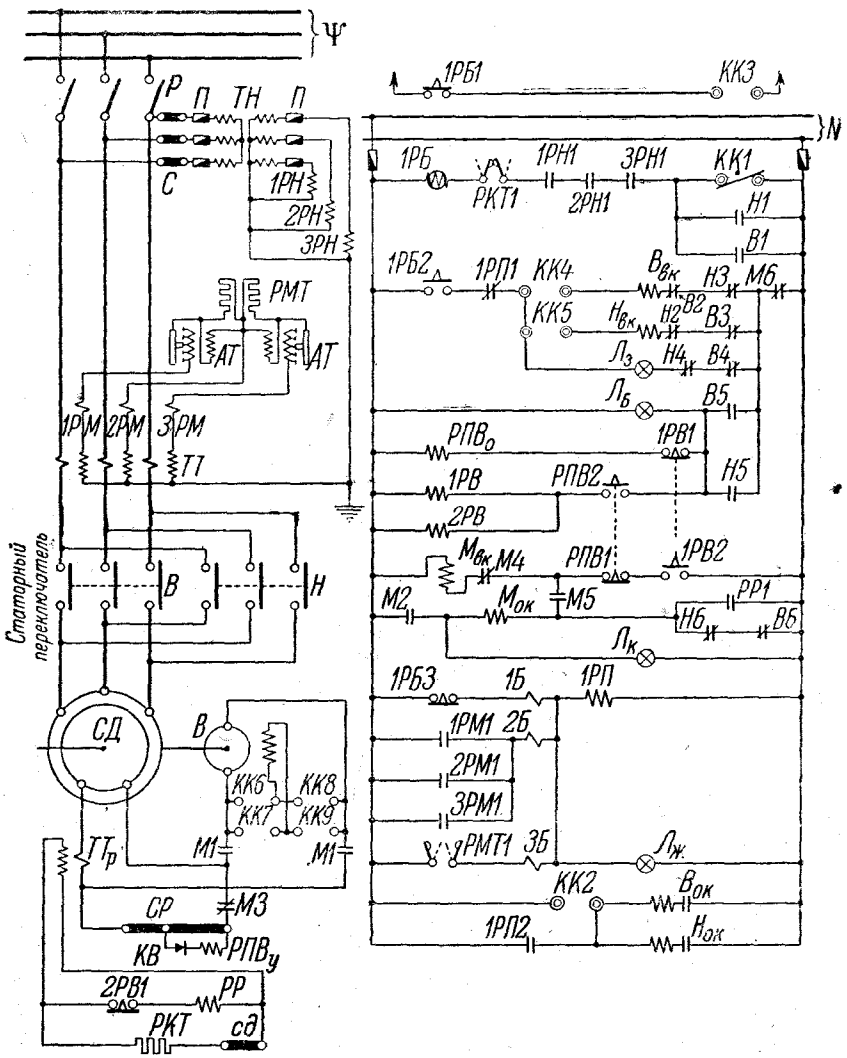


Рис. 12. Схема коммутации реверсивного высоковольтного синхронного двигателя.

включение двигателя *СД* на работу в направлении соответственно „вперед" и „назад". В свою очередь замыкание указанных контактов происходит в результате оживления включающих катушек $B_{ВК}$ или $H_{ВК}$ при замыкании цепей последних: цепь катушки $B_{ВК}$ замыкается при повороте командоконтроллера в положение „вперед" его контактом *КК4* (см. таблицу

рис. 13); цепь катушки H_{BK} замыкается контактом *КК5* командо-контроллера при повороте его в положение „назад".

Блок-контакты *В1* и *Н1*, замыкаемые при оживлении катушек B_{BK} и H_{BK}, имеют целью замыкание защитной цепи блокировочного реле *1РБ* при работе двигателя *СД* в направлении соответственно „вперед" или „назад". При нулевом положении командо-контроллера указанная цепь замыкается его контактом *КК1*.

Назначение нормально замкнутого контакта *В2*, сблокированного с катушкой B_{BK}, состоит в размыкании цепи этой катушки после включения статорного переключателя для работы двигателя в направлении „вперед", так как надобность в действии указанной катушки после ее срабатывания отпадает.[1] Аналогичную роль играет контакт *Н2*, сблокированный с катушкой H_{BK}, обусловливающей включение статорного переключателя на работу в направлении „назад".

Контакт *В3*, сблокированный с катушкой B_{BK}, имеет целью предотвращение возможности включения статорного переключателя для работы в направлении „назад" при действии катушки B_{BK}; равным образом контакт *Н3* обусловливает невозможность включения статорного переключателя для работы в направлении „вперед" при действии катушки H_{BK}.

Блок-контакты *В4* и *Н4*, нормально замкнутые (при обесточенных контакторных катушках B_{BK} и H_{BK}), служат для замыкания цепи зеленой лампы $Л_З$, которая при этом горит. Блок-контакты *В5* и *Н5*, при соответственно оживленных катушках B_{BK} и H_{BK}, играют роль, аналогичную роли контакта *Л3* в схеме на рис. 4. Назначение блок-контактов *В6* и *Н6* такое же, как и контакта *Л4* на рис. 4.

Контакты	Положения контроллера		
	Вперед	0	Назад
КК1	—	●	—
КК2	—	●	—
КК3	●	—	●
КК4	●	▲	
КК5	—	—	●
КК6	●	—	—
КК7	—	—	●
КК8	—	—	●
КК9	●	—	—

Рис. 13. Таблица, указывающая порядок включения контактов командо-контроллера применительно к схеме на рис. 12.

Назначение контактов командо-контроллера *КК6* и *КК9*, а также *КК7* и *КК8*, состоит в соответственном изменении полярности возбудителя синхронного двигателя при осуществлении реверсии последнего.

Контакт *КК2* командо-контроллера при нулевом положении последнего замыкает цепи катушек B_{OK} и H_{OK}, каковая операция обусловливает размыкание соответственных контактов (*В* или *Н*) статорного переключателя с установкой его в положение, соответствующее выключению двигателя.

Все остальные части схемы на рис. 12 соответствуют таковым на рис. 4.

В. Коммутация дистанционного управления двумя вентиляторами. На рисунке 14 изображена схема воздухопроводной сети применительно к системе двух осевых вентиляторов.

Конфигурация воздухопроводной сети в рассматриваемом случае значительно упрощается по сравнению с таковой для центробежных вентиляторов. В связи с этим соответственно упрощается также и коммутационная схема дистанционного управления вспомогательными устройствами, сводящегося к повороту задвижки в сторону открытия канала между шах-

[1] Контакторы статорного переключателя снабжены защелкой.

той и подлежащим пуску вентилятором, с одной стороны, и к закрыти канала между шахтой и останавливаемым вентилятором, с другой стороны Указанная операция осуществляется согласно схеме на рисунке 15, при менительно к которой поступают следующим образом.

При поставленном в положение *I* переключателе управления *П* (рис. 9)[1] командо-контроллер поворачивается диспетчером в положени „вперед" (рис. 8), благодаря чему оживляется катушка $1РКВ_{ВК}$ (рис. 6 производящая при этом поворот соответственного релейного контроллер на замыкание контакта *1РКВ1* (рис. 15, *а*); последняя операция обусловл вает, в свою очередь, замыкание цепи катушки *ЛВ* магнитного пускател оживление которой производит в схеме на рис. 10 действие, аналогично нажатию кнопки „вперед", благодаря чем двигатель, приводящий в движение за движку, начинает вращаться, поворачива тем самым ее в сторону открытия одног канала и закрытия другого канала. П окончании этой операции конечный выклю чатель *КВ1* разорвет цепь катушки *Л* (рис. 15, *а*), следствием чего явится дей ствие ее в схеме на рисунке 10, аналоги ное нажатию кнопки „стоп", в результат чего указанный двигатель остановится.

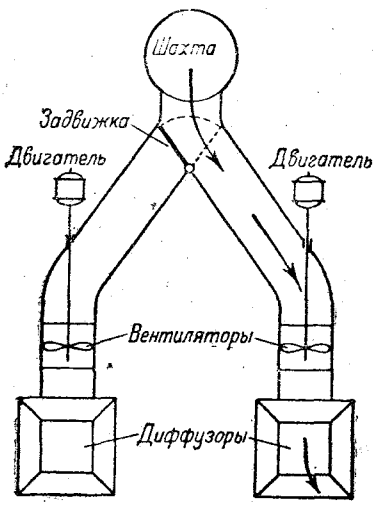


Рис. 14. Схема воздухопроводной сети применительно к системе двух осевых вентиляторов.

С целью пуска второго вентилятора аналогично предыдущему, при поставлен ном в положение *II* переключателе управ ления *ПУ* (рис. 9), должен быть повернут второй релейный контроллер в положение при котором, в результате оживления ка тушки $2РКВ_{ВК}$, замкнется его контак *2РКВ1* (рис. 15, *а*), обусловливая при этом оживление катушки *ЛН*, каковая операция производит действие, равносильное нажа тию кнопки „назад" в схеме на рис. 10 После завершения поворота задвижки требуемом направлениии конечный выключатель $КВ1_Н$ произведет выклю чение двигателя аналогично предыдущему.

После окончания операций, связанных с открытием канала, соединя ющего шахту с предполагаемым к пуску вентилятором, необходимо про извести пуск вентиляторного двигателя, каковой при дистанционном упра влении *синхронным* двигателем с *реверсией* осуществляется следующим образом.

Вместе с размыканием на рисунке 15, *а* конечного выключателя *КВ* или $КВ1_Н$) происходит замыкание цепи включающей катушки $В_{ВК}$ (рис. 15, *б* и 12) посредством сблокированного с указанным выключателем вы ключателя *КВ2*.[2] В результате получаемого при этом оживления катушки

[1] В предложении пуска соответственного вентилятора.

[2] Выключатель *КВ2* на рис. 15, *б* соответствует контакту *КК4* командо-контроллера на рис. 12. Что касается контактов *1РКВ4* и *1РКН4* (рис. 15, *б*), то они подготовляют к замыканию цепи соответственно катушек $В_{ВК}$ и $Н_{ВК}$ при оживлении катушек $1РКВ_{ВК}$ или $1РКН_{ВК}$, управляющих релейным контроллером (см. рис. 6.) Контакты *1РКВ5* и *1РКН5* на рис. 15, *б* соответствуют контакту *КК1* командо-контроллера на рис. 12; контакты *1РКВ3* и *1РКН3* на рис. 15, *б* соответствуют контакту *КК2* командо-контроллера на рис. 12. Остальные части схем на рис. 15, *б* и 12 с общими обозначениями имеют идентичное назначение.

$B_{вк}$ происходит включение статора синхронного двигателя на работу в направлении „вперед“ с последующей автоматизацией пусковых операций согласно описанному выше при рассмотрении схем на рисунках 4 и 12.

В случае применения ручного импульса для пуска вентиляторного двигателя, последняя операция осуществляется следующим образом.

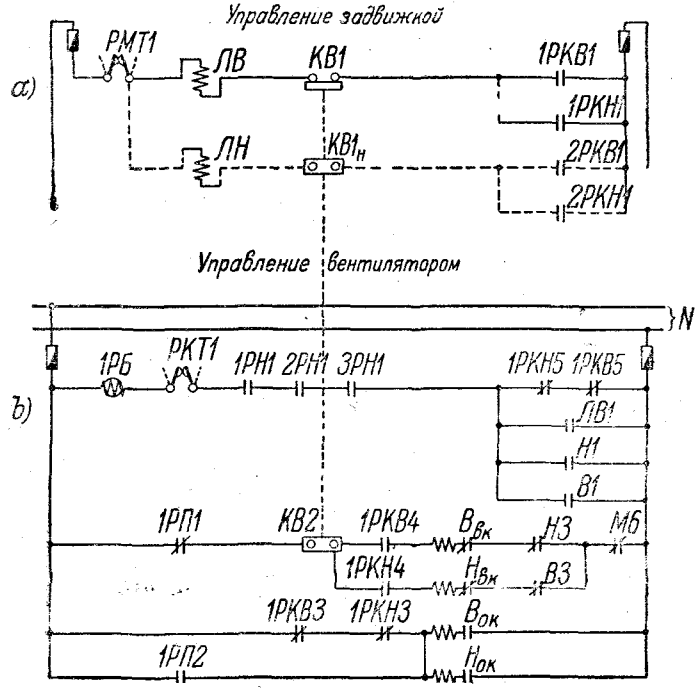


Рис. 15. Схема дистанционного управления двумя осевыми вентиляторами для случая синхронного вентиляторного двигателя.

В случае применения асинхронного короткозамкнутого двигателя с реверсией, включаемого согласно схеме на рисунке 10, должна быть нажата кнопка „вперед“ или „назад“, в зависимости от того, в каком направлении необходимо пустить двигатель.

При реверсируемом синхронном двигателе, включаемом согласно схеме на рисунке 12, командо-контроллер необходимо повернуть соответственно в положение „вперед“ или „назад“, в зависимости от требуемого направления вращения двигателя.

Литература

В. С. Тулин. Электрический привод в горной промышленности, 1939.

В. М. Эпштейн. Системы ХЭМЗ для управления синхронными двигателями. Вестник электропромышленности, № 3, 1940.

Ленинград, 1940 г.