Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института, том XXVII, вып. I, 1952 г.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ

Проф. Ф. Н. Шклярский

Для правильного функционирования подъемной установки прежде всего должно быть обеспечено исправное действие смазки главных подшипников, осуществляемой при помощи двух маслонасосов, из которых один рабочий, а другой запасный (рис. 1). Управление маслонасосами производится при помощи переключателя маслонасосов, диаграмма переключений которого представлена на рис. 2. Для приведения в действие, например, первого насоса, переключатель маслонасосов должен быть повернут в положение, при котором получится замыкание его контактов: *УП-1, УП-2, УП-3, УП-7, УП-8*. Первые три контакта производят замыкание трех фаз статора асинхронного короткозамкнутого двигателя первого насоса; контакт *УП-8* замыкает цепь катушки контактора *К(2-21)*, три одноименных контакта которого производят включение двигателя первого насоса. В результате приведения в действие насоса масло начнет циркулировать в главных подшипниках подъемной установки.

Контакты	Вкл. 1-й двигатель	0	Вкл. 2-й двигатель
УП-1	×	—	—
УП-2	×	—	—
УП-3	×	—	—
УП-4	—	—	×
УП-5	—	—	×
УП-6	—	—	×
УП-7	×	—	×
УП-8	×	—	×

Рис. 2. Диаграмма переключений переключателя маслонасосов

Контакт *УП-7 (203-205)* переключателя маслонаносов включен в цепь катушки промежуточного реле *1РП* (рис. 1). Замыкание цепи при замкнутом контакте *КК-0(205-211)* находящегося в нулевом положении командо-контроллера (рис. 3) происходит в результате срабатывания сигнализации. После замыкания цепи катушки *1РП* замкнется ее контакт *1РП (203-213)* и тем самым перекроет разомкнутый при рабочих положениях *(1 .7)* командо-контроллера контакт *КК-0*, обеспечивая замыкание цепи катушки *1РП* до тех пор, пока эта цепь не будет разорвана конечным выключателем *ЗВК*, размыкаемым при окончании подъема соответственной клетью.

При замкнутой цепи катушки реле *1РП* окажется замкнутым контакт этого реле *1РП (73-61)*, находящийся в цепи катушек реверсивных контакторов *В* и *Н*. В результате этого в данном месте получится замыкание цепи катушек указанных реверсивных контакторов.

[1] Двигатель мощностью 210 *квт* при напряжении 380 *в*, 600 об/мин.

Окончательное замыкание цепи катушки соответственного реверсивного контактора *В* или *Н* получится после замыкания блокировочного выключателя *ВБТР* в результате оттормаживания машины рабочим тормозом и после замыкания контактора *КК-В* или *КК-Н* командо-

Положение / Контакты	Вперед							0	Назад						
	7	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6	7
КК-0	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—
КК-1	×	×	×	×	×	×	×	—	×	×	×	×	×	×	×
КК-В	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
КК-Н	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×
КК-3	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×
КК-4	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×
КК-5	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×
КК-6	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×
КК-7	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×
КК-0	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 3. Диаграмма переключений командо-контроллера *КК*

контроллера при выведении последнего из нулевого положения соответственно в направлении „вперед“ или „назад“ При этом обходный переключатель должен находиться в нулевом положении, при котором окажутся замкнутыми его контакты *ОП-3* и *ОП-4* (рис. 4), включенные соответственно в цепи катушек реверсивных контакторов *В* и *Н*.

Контакты	В	0	Н
ОП-1	×	—	—
ОП-2	—	—	×
ОП-3	×	×	—
ОП-4	—	×	×

Рис. 4. Диаграмма переключений обходного пареключателя *ОП*

После замыкания цепи катушки контактора *В* при ходе „вперед“ произойдет замыкание контактов реверсера *В*, что обусловит включение подъемного двигателя на работу в соответственном направлении. Двигатель при этом разовьет момент вращения, достаточный для производства натяжения каната. Вместе с замыканием контактора *В* произойдет размыкание его блок-контакта *В (81-83)* в цепи катушки контактора *Н*, благодаря чему устраняется возможность замыкания при ходе „вперед“ контактора *Н*.

Аналогично этому, при ходе машины в направлении „назад“ в результате возбуждения катушки реверсивного контактора *Н* разомкнется его блок-контакт *Н* в цепи катушки *В*, благодаря чему устранится возможность замыкания контактора *В*.

В результате возбуждения катушки реверсивного контактора *В* замкнется его блок-контакт *В* в цепи катушки реле ускорения *РУ*, следствием чего явится размыкание контакта последнего реле *РУ (229-243)*, обусловливающее разрыв цепи катушки реле ускорения *1РУ*. Предположим, командо-контроллер повернут сразу в крайнее (7-е) рабочее положение, тогда получим замыкание всех его контактов: *КК-3* . . . , *КК-7*[1]. При замкнутом контакте *КК-3* командо-контроллера

и нормально закрытом контакте *6У* (*93-17*) разомкнутого роторного контактора *6У* получается замыкание с определенной выдержкой времени (0,8 сек.) цепи катушки *1У* роторного контактора *1У* контактом *1РУ* (*87-89*) обесточенного реле ускорения *1РУ* Благодаря этому получится закорачивание первой (нижней) ступени роторного реостата P_{10}-P_{11}, P_{20}-P_{21}, P_{30}-P_{31}, что обусловит приведение в действие подъемного двигателя, развивающего при этом момент вращения, достаточный для сообщения подъемной машине необходимого ускорения.

В связи с разрывом цепи катушки реле *1РУ* произойдет с определенной выдержкой времени размыкание нормального открытого контакта *1РУ* (*155-157*) в цепи катушек реверсивных контакторов *В* и *Н*. Однако последний контакт к тому времени окажется перекрытым блок-контактом *В* или *Н* возбужденной катушки соответственного реверсивного контактора *В* или *Н*, и целость цепи катушки *В* или *Н* при этом не нарушится.

Следует отметить, что контакты *КК-1* командо-контроллера, замыкание которых соответствует всем его рабочим (*1 .7*) положениям, на схеме рис. 1. отсутствуют. Они включены в цепь стволовой сигнализации, которая срабатывает, при повороте командо-контроллера в положения *1...7*.

После замыкания контактора *1У* разомкнется его нормально закрытый контакт *1У* (*243-245*) в цепи катушки реле ускорения *2РУ* Однако цепь катушки будет замыкаться контактом *РТУ* токового реле *РТУ*, подключенного к последней ступени роторного реостата, до тех пор, пока пусковой ток не упадет до своего нижнего значения, при котором произойдет срабатывание реле *РТУ*, обусловливающее размыкание его контакта *РТУ*, окончательно разрывающего цепь катушки реле ускорения *2РУ* Обесточивание последнего реле производит замыкание с определенной выдержкой времени (0,8 сек.) контакта *2РУ* (*97-99*) в цепи катушки *2У*, в результате чего получится замыкание контакта *2У*, закорачивающего вторую ступень роторного реостата (P_{11}-P_{21}, P_{21}-P_{22}, P_{31}-P_{32}). Следствием этого явится дальнейшее увеличение скорости подъемного двигателя. Аналогичным образом будет происходить дальнейшее выключение (закорачивание) соответственных ступеней роторного реостата до тех пор, пока двигатель не достигнет полной скорости при выключенном полностью реостате.

Автоматизация пуска осуществляется, таким образом, по комбинированному методу с применением как реле времени, так и реле тока.

Отметим, что в магнитных контроллерах (роторных панелях) завода „Электросила" выдержка всех реле времени *1РУ ..6РУ* одинакова, составляет 0,8 сек.[2] Характер работы указанных реле времени и реле тока при различных режимах подъема представляется при этом следующим образом.

В случае значительной величины положительного статического усилия, при осуществлении автоматизации пусковых операций преобладать будет действие реле тока. Оно будет удлинять общую выдержку времени, которая в данном случае будет складываться из выдержки, обусловленной наличием реле тока, и уставки реле времени.

[1] Если пуск подъемного двигателя надо произвести с меньшим ускорением, чем нормальное, обусловленное заданной тахограммой, необходимо рычаг управления не сразу переводить из нулевого положения в соответственное крайнее (как это имеет место при осуществлении автоматического пуска), а тем медленнее, чем меньшее пусковое ускорение желательно получить.

[2] Информационный лист завода „Электросила" № 36 , 1948.

Поэтому подобные схемы могут быть рассматриваемы, как действующие по существу на основании принципа автоматизации пуска по току, в результате чего среднее (расчетное) пусковое усилие можно принимать ориентировочно постоянным.

При относительно небольших значениях положительного статического усилия и при малой выдержке реле времени срабатывание этих реле может произойти раньше, чем реле тока успеет замкнуть свои контакты, включенные в цепь катушек реле времени.[1] Пусковые операции при этом будут осуществляться лишь под влиянием реле времени, от выдержки которых будет зависеть величина пускового усилия: чем меньше общая выдержка реле времени, тем соответственно больше окажется пусковое усилие и наоборот. Аналогичное явление в отношении роли реле тока и срабатывания реле времени будет иметь место также в случае *спуска* груза при отрицательной статической нагрузке.

В случае спуска груза при наличии реле тока и реле времени с небольшой выдержкой возможность значительного увеличения скорости подъема по сравнению с нормальной скоростью исключена, так как реле времени при небольшой выдержке автоматически произведут выключение всех роторных сопротивлений прежде, чем будет достигнута синхронная скорость двигателя. Это явление будет иметь место даже при отсутствии центробежного выключателя 100% замыкающего накоротко обмотку ротора при достижении двигателем синхронизма, что имеет место в рассматриваемой схеме.

В тех случаях, когда реле тока не срабатывает, величина пускового момента так же, как и в схемах только с реле времени (без дополнительного реле тока), будет зависеть от величины статического момента сопротивления, что обусловливает в сущности принцип пуска по времени, а не по моменту (току), при котором среднее значение момента оставалось бы практически постоянным при различных нагрузках, как например, в схеме только с реле тока (без реле времени).

При более значительных и неодинаковых выдержках реле времени и при наличии реле тока характер изменения скорости подъема будет зависеть, главным образом, от настройки реле времени. Наиболее целесообразно при этом настраивать указанные реле времени таким образом, чтобы при подъеме нормального груза изменение скорости происходило ориентировочно по прямой линии. Тогда при более тяжелом грузе по сравнению с нормальным скорость изменялась бы ориентировочно по некоторой вогнутой линии, при более же легком грузе — по выпуклой линии, при сохранении во всех случаях одной и той же общей продолжительности пуска. Характер работы подъема при наличии автоматизации пусковых операций с помощью реле тока и реле времени может быть ясен из рассмотрения различных режимов на фоне соответственных механических характеристик асинхронного двигателя. Общая выдержка времени будет складываться из выдержки, обусловленной наличием реле тока, и уставки соответственного реле времени.

---

[1] Момент вращения при этом будет меньше его значения, соответствующего нижнему пределу настройки реле тока, за исключением периода работы двигателя на первой пусковой ступени, для которой значение пускового тока зависит не от величины статического сопротивления, а от величины сопротивления реостата, введенного в цепь ротора. Ввиду этого, при работе двигателя на первой ступени реле тока будет срабатывать в случае, если пусковой ток окажется больше нижнего предела настройки реле тока.

После замыкания цепи катушки роторного контактора *6У* обусловливающего закорачивание последней ступени роторного реостата (P_{15}-P_{16}, P_{25}-P_{26}, P_{35}-P_{36}), происходит размыкание нормально закрытого блок-контакта *6У* в цепи катушки роторного контактора *1У*, следствием чего явится обесточивание этой катушки и размыкание контакта *1У* в роторной цепи двигателя. Вместе с тем, обесточивание катушки контактора *1У* обусловливает размыкание нормально открытого блок-контакта *1У* в цепи катушки роторного контактора *2У*, в результате чего разомкнется контакт *2У* в роторной цепи, равно как и нормально открытый блок-контакт *2У* в цепи катушки роторного контактора *3У*. Разрыв цепи этой катушки вызывает размыкание нормально открытого блок-контакта *3У* в цепи катушки роторного контактора *4У*. Цепь при этом разорвется и получится размыкание контактов *4У* в роторной цепи двигателя. После обесточивания катушки контактора *4У* разомкнется ее нормально открытый контакт *4У* в цепи катушки контактора *5У*, следствием чего явится ее обесточивание.

Таким образом обесточивание катушек роторных контакторов *1У ..5У* после окончания пусковых операций имеет целью устранение нагревания этих катушек в период работы двигателя с полной скоростью. Закорачивание цепи ротора при этом обеспечивается замкнутыми роторными контактами *6У* возбужденного контактора *6У*.

Действие защиты в виде срабатывания предохранительного тормоза осуществляется при разрыве цепи контакторного электромагнита *ТП*. Это вызывает размыкание контактов *ТП* (*6-8, 13-9*) трехполюсного контактора, что вызывает обесточивание катушки тормозного электромагнита *МТП* и, как следствие этого, приведение в действие предохранительного тормоза. Размыкание контактов *ТП* (*6-8, 13-9*) влечет за собой и обесточивание катушек реверсивных контакторов *В* или *Н*, в результате чего происходит размыкание реверсера, обусловливающее выключение подъемного двигателя. Таходинамо (скоростная динамо) *TD*, представляющая собой небольшой генератор постоянного тока с независимым возбуждением *TD*(*ов*), приводится во вращение от вала подъемного двигателя. Она играет роль электромагнитного ограничителя скорости. Напряжение таходинамо пропорционально скорости ее вращения, а следовательно, и скорости подъема.

Действие таходинамо представляется следующим образом. В цепь якоря таходинамо включено секционированное — путевое сопротивление *ПС*, отдельные ступени которого r_1 . r_5 в период пуска включаются, в период замедления выключаются посредством контактов *№ 1 .5* многократного выключателя *ПВ*, связанного через указатель глубины с валом подъемной машины. Все контакты выключателя *ПВ* в период полного хода оказываются разомкнутыми, в результате чего сопротивление *ПС* оказывается полностью включенным в цепь якоря таходинамо *TD*. Следует отметить, что ступень r_3 путевого сопротивления *ПС* при возбужденном промежуточном реле *1РП* оказывается всегда включенной в цепь якоря таходинамо *TD* при помощи нормально закрытого контакта *1РП* (*271-275*) указанного реле, независимо от скорости подъема. В цепь якоря таходинамо *TD* последовательно с путевым сопротивлением *ПС* включена обмотка реле замедления *РЗ*. В цепь якоря таходинамо включены также обмотки электромагнитов реле ограничения скорости *1РС* и *2РС*.

В случае превышения скорости подъема по сравнению с заданной согласно тахограмме в период замедления, сработает реле замедления *РЗ*, контакт которого *РЗ* (*35-37*) разорвет цепь электромагнита *ТП*,

следствием чего явится срабатывание предохранительного тормоза сопровождаемое выключением подъемного двигателя.

При превышении скорости подъема в период пуска выше допустимого значения для данного положения подъемных сосудов в стволе шахты увеличится ток в цепи якоря таходинамо *TD* и, следовательно, в обмотке электромагнита реле ограничения скорости *1РС*. В результате срабатывания последнего реле разомкнется его контакт *1РС* (*45-155*), включенный параллельно контакту *5РУ* (*45-155*) реле времени *5РУ* Контакт *5РУ*(*45-155*), включенный в цепь катушки электромагнита *ТП*, будет оставаться закрытым, пока не разорвется цепь катушки электромагнита реле *5РУ* После этого цепь электромагнита *ТП* разомкнется со всеми вытекающими из этого последствиями, если, конечно, к моменту срабатывания реле *5РУ* скорость подъема не снизится до нормального значения, соответствующего данному положению подъемных сосудов в стволе шахты, при котором окажется замкнутым контакт *1РС* в цепи катушки электромагнита *ТП*.

Если в период полного хода скорость подъема окажется выше допустимой, что может иметь место, например, при спуске груза в случае падения напряжения, приложенного к подъемному двигателю, работающему при генераторном режиме, то сработает реле ограничения скорости *2РС*. Следствием этого явится размыкание контакта *2РС* (*37-39*), разрывающего цепь электромагнита *ТП*.

Блок-контакт *А* (*49-9*) максимального автомата (с нулевым реле *НР*), включенного в цепь фидера, питающего статор подъемного двигателя, находится в цепи защиты (в цепи катушки *ТП*). Этот контакт замкнут при замкнутом максимальном автомате. При размыкании автомата блок-контакт *А* (*49-9*) размыкается, разрывая при этом цепь защиты, со всеми вытекающими из этого последствиями.

Из остальных обозначений на схеме рис. 1 укажем на следующие.

Контакт *1РП* (*103-105*) промежуточного реле *1РП* включен в цепь катушки роторного контактора *2У* В случае разрыва цепи катушки реле *1РП* произойдет размыкание контакта *1РП* (*103-105*), в результате чего в цепь ротора подъемного двигателя включатся ступени реостата *2У* . . *6У*, что вызовет, в свою очередь, соответственное уменьшение скорости подъема, независимо от того, с какой скоростью до того происходил подъем.

Контакты обходного переключателя *ОП-1* и *ОП-2* перекрывают соответственные конечные выключатели *1ВК-1* и *1ВК-2*, размыкаемые при переподъеме той или иной клети. В результате последней операции представляется возможным замкнуть цепь катушки *ТП* и тем самым оттормозить машину с целью опускания переподнятого сосуда до нормального уровня верхней приемной площадки. В связи с этим обходный переключатель ставится соответственно в положение *В* (вперед) или *Н* (назад) (рис. 4). При этом один из контактов *ОП-3* и *ОП-4*, в зависимости от направления хода машины, должен быть замкнут, чтобы обеспечить замыкание цепи катушки соответственного реверсивного контактора *В* или *Н*.

1СД, *2СД*, *3СД* — ваттные сопротивления, включенные в цепь катушек токового реле *РТУ*

В заключение следует отметить, что имеются схемы, в которых для питания постоянным током катушек реле времени вместо преобразовательного агрегата „двигатель-генератор" применяются селеновые выпрямители, включаемые в сеть переменного тока через понизительный трансформатор.

Поступило 6/XII 1951 г.

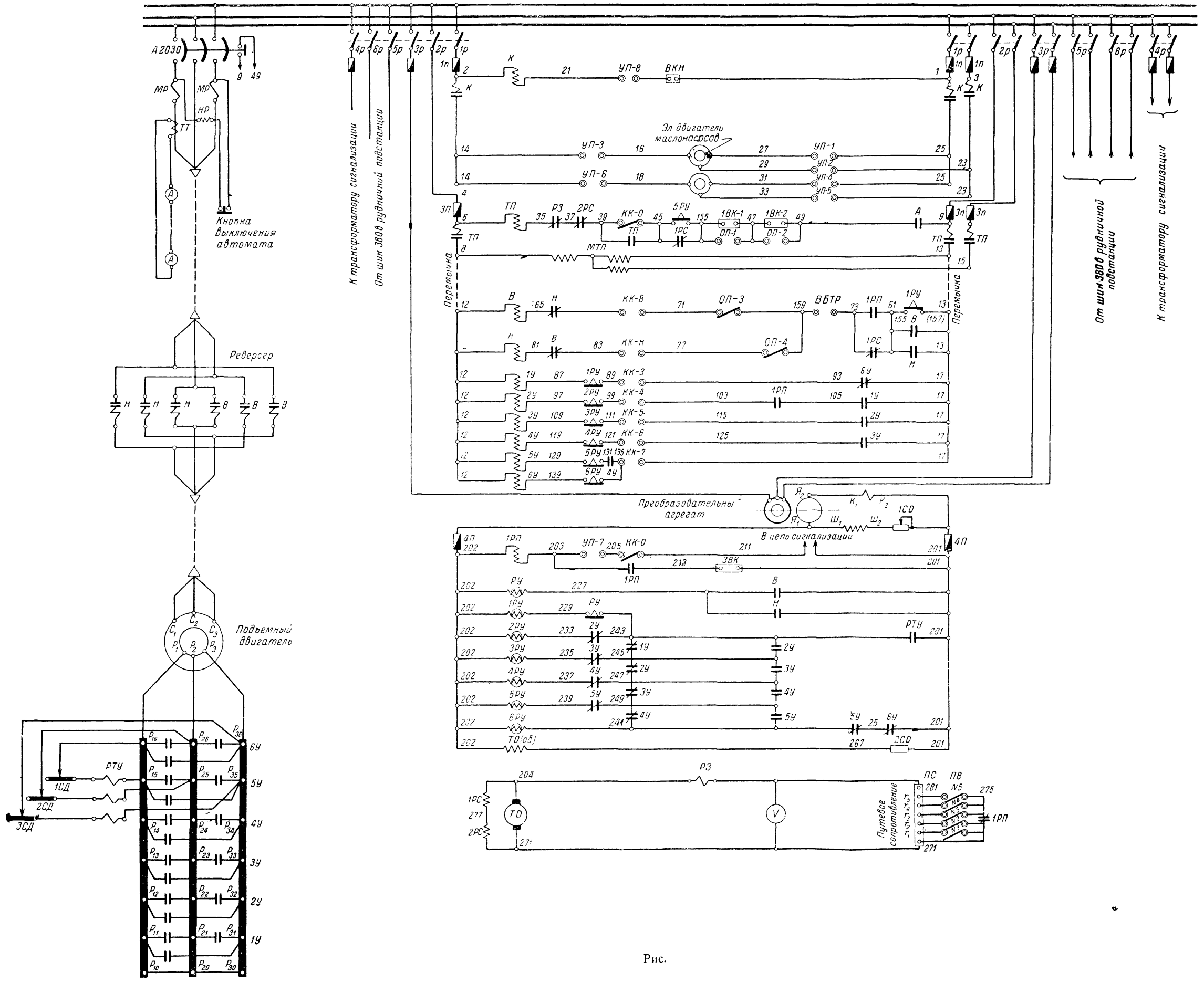

А2030
МР
НР
ТТ
Кнопка выключения автомата
К трансформатору сигнализации
От шин 380В рудничной подстанции
Реверсер
Подъемный двигатель
1СД
2СД
3СД
РТУ
Эл двигатели маслонасосов
УП-1
УП-2
УП-3
УП-4
УП-5
УП-6
УП-7
УП-8
ВКН
ТП
РЗ
2РС
КК-0
5РУ
1ВК-1
1ВК-2
ОП-1
ОП-2
МТП
Перемычка
ВБТР
1РП
1РУ
ОП-3
ОП-4
КК-Б
КК-Н
КК-3
КК-4
КК-5
КК-6
КК-7
Преобразовательный агрегат
В цепь сигнализации
4П
1СД
ЗВК
РУ
РТУ
ТД
V
Путевое сопротивление
ПС
ПВ
1РП
От шин 380В рудничной подстанции
К трансформатору сигнализации

Рис.