

Лабораторная работа 8

УПРАВЛЕНИЕ ОДНОАГРЕГАТНОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ

Общие сведения

Автоматизация насосных установок позволяет повысить надежность и бесперебойность водоснабжения, уменьшить затраты труда и эксплуатационные расходы, сократить размеры регулирующих резервуаров. Автоматизация башенных насосных установок, как правило, сводится к автоматическому включению насосных агрегатов при опорожнении напорного бака и к их отключению при наполнении этого бака. Более совершенная автоматизация, кроме указанных операций, должна еще предусматривать автоматическое отключение насосных агрегатов при нарушении нормальных режимов пуска и работы и при наличии резервных агрегатов автоматическое включение их в работу. Автоматически должны осуществляться контроль и сигнализация за режимами пуска, работы, остановки агрегатов и за наличием и уровнем воды в водонапорном баке и водосточнике, если последний имеет ограниченный дебит воды.

Схемы управления.

В сельское хозяйство поступает значительное число насосов, не укомплектованных типовыми станциями управления с элементами автоматики. Поэтому прежде чем перейти к изучению типовой станции управления «Каскад», рассмотрим простейшие схемы автоматизации насосных установок с использованием датчиков уровней (рис. 9.4) или электроконтактного манометра (рис. 9.5), получивших распространение в сельском хозяйстве, на примере которых можно уяснить принципы работы автоматизированных башенных насосных установок, заложенные в электронных блоках типовых станций управления «Каскад», ШЭП и других.

Рассмотрим электрическую схему автоматизированной работы погружного насоса с использованием датчика уровней в баке напорной башни и датчика сухого хода в скважине насоса (рис. 9.4).

В нормальных условиях работы погружной насос находится в воде, контакты датчика сухого хода *SL3* замкнуты, реле *KV2* включено, его замыкающие контакты *KV2.1* в цепи катушки магнитного пускателя *KM* замкнуты, горит сигнальная лампа *HL4*, сигнализирующая о наличии воды в зоне насоса.

Режим работы схемы задается переключателем *SA1*. При установке его в положение *A* (автоматическое) и включении автомата *QF* подается напряжение на электрическую схему управления. Если уровень воды в напорном баке находится ниже электрода нижнего уровня датчика, то контакты

SL1 и *SL2* в схеме разомкнуты, реле *KV1* обесточено и его контакты *KV1.1* в цепи катушки магнитного пускателя *KM* замкнуты. В этом случае магнитный пускатель включится и включит электродвигатель насоса, одновременно с этим погаснет сигнальная лампа *HL1* и загорится *HL2*. Насос будет подавать воду в напорный бак. Уровень воды в баке будет подниматься. Когда вода заполнит промежуток пространства между электродом нижнего уровня и корпусом датчика, подключенным к нулевому заземленному проводу, контакты *SL2* замкнутся, но реле *KV1* не включится, так как его контакты *KV1.2*, включенные последовательно с контактами *SL2*, разомкнуты. Когда вода достигнет

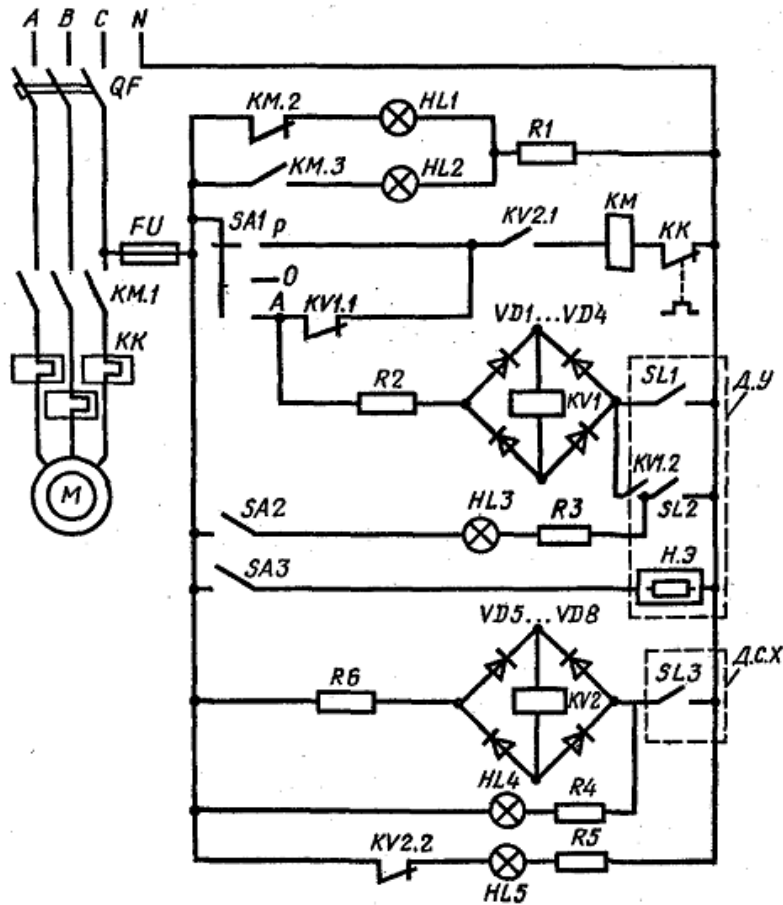


Рис. 9.4. Электрическая схема автоматизации погружного насоса по уровню воды в водонапорной башне.

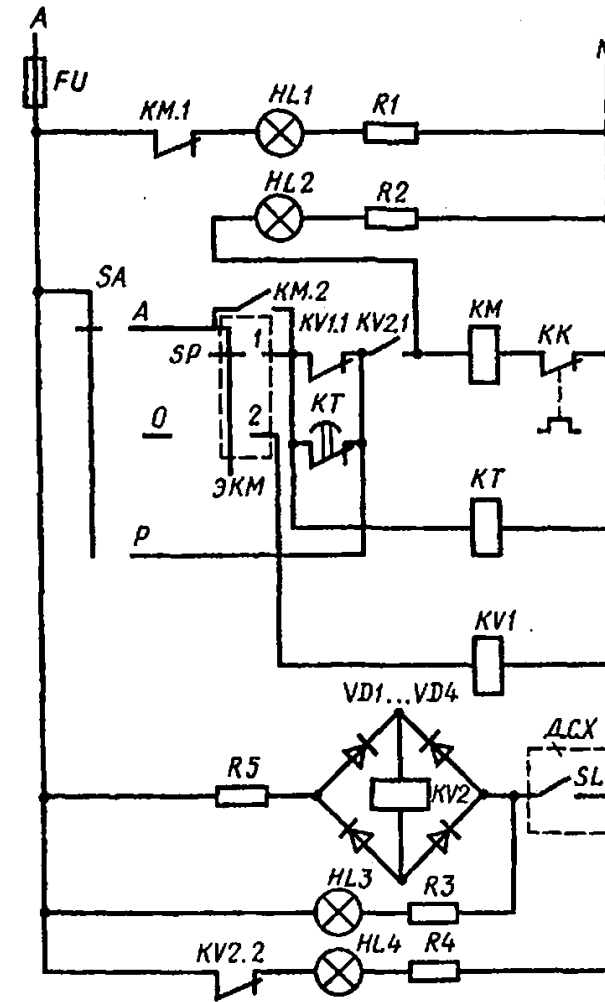


Рис. 9.5. Электрическая схема автоматизации погружного насоса по давлению при работе с водонапорной башней.

электрода верхнего уровня датчика, контакты *SL1* замкнутся, реле *KV1* включится и, разомкнув свои контакты *KV1.1* в цепи катушки магнитного пускателя *KM*, отключит последний, а, замкнув замыкающие контакты *KV1.2*, станет на самоподпитку через нижние контакты датчика *SL2*. Электродвигатель насоса отключится, погаснет сигнальная лампа *HL2* и загорится *HL1*.

Повторное включение электродвигателя насоса произойдет

при понижении уровня воды до положения, когда разомкнутся контакты *SL2* и реле *KV1* обесточится.

Реле *KV1* выбрано постоянного тока, так как обмотка реле переменного тока при разомкнутом магнитопроводе могла бы перегореть при медленном заполнении водой верхнего промежутка датчика уровней, показанного на электрической схеме контактами *SL1*. Это может произойти вследствие того, что ток в обмотке реле переменного тока в данном случае может нарастать медленно до значения тока трогания (срабатывания), который в несколько раз больше его номинального тока, когда магнитопровод этого реле замкнут. Увеличение тока в цепи катушки реле *KV1* с повышением уровня воды в верхнем промежутке датчика уровней вызвано уменьшением сопротивления слоя воды между верхним электродом и корпусом датчика уровней, так как увеличивается смачиваемая поверхность электрода и соответственно как бы увеличивается площадь сечения проводящего электрический ток слоя воды этого промежутка. Сопротивление *R2* выбирают таким, чтобы при фазном напряжении сети 220 В на обмотке реле *KV1* было напряжение 24 В постоянного тока.

В случае аварийного снижения уровня воды в зоне погружного насоса ниже допустимого положения, когда вода выйдет из промежутка датчика сухого хода и ток между электродом датчика сухого хода и корпусом датчика (напорного трубопровода) прекратится, что соответствует в электрической схеме замыканию контактов датчика сухого хода *SL3*, реле *KV2* обесточится и разомкнет контакты *KV2.1* в цепи катушки магнитного пускателя *KM*, который отключит электродвигатель погружного насоса. Лампа *HL4* погаснет, а *HL5* загорится, сигнализируя об аварийном снижении уровня воды в скважине или колодце.

Для защиты электродвигателя погружного насоса от перегрузок вместо тепловых реле может быть использовано устройство ФУЗ-М, которое более надежно защищает электродвигатель погружного насоса как от перегрузок, так и от неполнофазных режимов работы. Выключателем *SA2* можно включать сигнальную лампу *HL3* для контроля уровня воды в напорном баке. Если лампа *HL3* не горит, то либо насос не включается, либо он включен, но не подает воды, либо подача насоса меньше расхода потребителей в это время.

Эксплуатация датчиков уровней, установленных в баках водонапорных башен, затруднительна особенно в зимний период, когда требуется их ремонт или настройка. В вопросах эксплуатации датчики давления более удобны, так как их устанавливают на водоразборном трубопроводе у водонапорной башни или

в насосной станции на напорном трубопроводе. К сожалению, промышленность не выпускает специализированных надежных датчиков давления, которые удовлетворяли бы требованиям по регулированию работы башенных насосных установок с изменением регулируемого напора (высоты между верхним и нижним уровнем воды в баке) в пределах от 0,5 до 1,5 м. В качестве датчиков давления часто используют электроконтактные манометры ЭКМ, которые могут обеспечить заданный режим регулирования, подавая сигнал на включение насосного агрегата при убывании воды в напорном баке до нижнего установленного уровня *HУ*, соответствующего давлению включения p_1 , и подавая сигнал на отключение при подъеме воды до верхнего установленного уровня *ВУ*, соответствующего давлению отключения p_2 (рис. 9.5). При наличии в скважине воды в зоне погружного насоса контакты датчика сухого хода *SL* будут замкнуты, а реле *KV2* будет держать в замкнутом состоянии свои контакты *KV2.1* в цепи катушки магнитного пускателя *KM*.

В автоматическом режиме при уменьшении давления, когда вода из бака расходуется потребителями при отключенном насосе, подвижный стрелочный контакт манометра *SP* будет перемещаться к неподвижному контакту *1*, соответствующему давлению включения насоса, и при его касании магнитный пускатель *KM* включит электродвигатель погружного насоса и своими замыкающими контактами *KM.2* станет на самоподпитку.

При включении электронасосного агрегата в напорном трубопроводе возникает кратковременное повышение давления в момент трогания насоса. В этом случае подвижный контакт манометра *SP* может коснуться контакта *2*, реле *KV1* может кратковременно разомкнуть свои контакты в цепи катушки пускателя *KM*, но пускатель не отключится, так как питание его катушки будет осуществляться через контакты реле времени *KT*. После разбега электронасосного агрегата и стабилизации давления реле времени разомкнет свои контакты *KT*. При подъеме воды в напорном баке до установленного верхнего уровня *ВУ*, соответствующего давлению отключения p_2 , подвижный контакт манометра *SP* коснется контакта *2*. Реле *KV1*, размыкая свои контакты *KV1.1*, отключит магнитный пускатель *KM* и электродвигатель насоса. Вследствие разбора воды уровень ее в напорном баке будет снова снижаться, давление уменьшится и контакт *SP* снова коснется контакта *1*. Работа схемы повторится.

Электроконтактный манометр желательно брать с малой ценой деления, так как возникнет трудность разделения контактов *1* и *2* ввиду их близкого расположения и возможного перекрытия подвижным контактом *SP*.

Для погашения кратковременных повышений давления, действующих на электроконтактный манометр в момент включения погружного насоса, на ответвлении к манометру устанавливают 1...2 демпфирующие круглые пластинки с малыми отверстиями. Этой цели можно достигнуть при помощи вентиля, установленного на ответвлении к манометру, степень открытия которого устанавливается такой, при которой не возникает броска давления в манометре при включении насоса. В этих случаях реле времени КТ в схеме на рисунке 9.5 не требуется.

Исследования Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов показали, что возникновение колебания давления в скважине в момент включения и отключения погружного насоса способствует забиванию фильтра и преждевременному выходу его из строя. Поэтому повышенная частота включения насосного агрегата, которая наблюдается особенно в безбашенных насосных установках, отрицательно действует не только на аппаратуру управления, но и на долговечность скважины. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности использования в сельскохозяйственном водоснабжении прямоточных систем с регулируемым электроприводом, в которых подача воды соответствовала бы ее расходу потребителями при поддержании требуемого давления в водопроводной сети.

Для регулирования частоты вращения погружных насосов, а следовательно, и их подачи можно использовать преобразователь частоты, автоматически изменяющий частоту в зависимости от давления. Например, при уменьшении расхода воды потребителями увеличится давление в водопроводной сети. Датчик давления должен выдать сигнал на уменьшение частоты преобразователя, а следовательно, и на уменьшение частоты вращения электродвигателя насоса, уменьшая подачу насоса в соответствии с уменьшенным расходом воды потребителями. Такие системы особенно перспективны на крупных животноводческих комплексах, так как они не только продлят срок службы скважин, но и исключат громоздкие водонапорные башни и насосные станции второго подъема, имеющие значительную стоимость.

Комплектное устройство «Каскад». Для управления центробежными погружными электронасосами промышленность выпускает комплектное устройство «Каскад», техническая характеристика которого приведена ниже.

Частота, Гц	50
Напряжение силовой цепи, В	~380 ± 10...15 %

Предельная мощность погружного электродвигателя, кВт	65
Напряжение цепей управления в электронных блоках, В	—24
Напряжение на контактах датчиков уровней, В	~24
Мощность блока управления, Вт	40
Продолжительность срабатывания защиты (с):	
при токе $1,35I_n$	10...30
при токе $(1,7...2,0) I_n$ и обрыве одной из фаз	0...25
при пусковом токе	1...5
при токе короткого замыкания	Без выдержки времени
при «сухом ходе» не более	0,5
Температура воды в зоне электродов датчика уровней	+1...40 °С
Масса ящика управления, кг	50
Габаритные размеры ящика управления, мм	900 × 567 × 250

Комплектное устройство «Каскад» состоит из ящика управления, датчика «сухого хода» и по заказу заказчика может быть снабжено датчиками уровней и устройством автоматического управления по уровню или контактному манометром и устройством автоматического управления по давлению.

На рисунке 9.6 изображена электрическая принципиальная схема комплектного устройства «Каскад».

Автоматический выключатель с максимальной токовой защитой установлен для защиты от коротких замыканий в обмотке погружного электродвигателя насоса, питающем электродвигатель кабелем и в электрических цепях ящика управления.

Магнитный пускатель, или контактор КМ, трансформаторные блоки, блок управления Е1QF, реле КV1, датчики уровней и давления обеспечивают автоматическое управление и защиту от перегрузок электродвигателя погружного насоса.

Отсутствие между электродными стержнями и корпусом датчиков уровня и сухого хода воды влечет за собой отсутствие тока в соответствующих цепях. На электрической схеме это состояние соответствует разомкнутым замыкающим контактам датчиков верхнего уровня SL1, нижнего SL2 и сухого хода SL3. Наличие воды и протекание тока в соответствующих цепях на электрической схеме соответствуют замкнутому состоянию этих контактов.

Электрическая схема обеспечивает автоматическое управление по уровню воды в напорном баке при работе в режиме водоподъема или по уровню воды в скважине при работе в режиме дренажа, автоматическое управление по давлению, местное управление, отключение электродвигателя при возникновении аварийного режима («Сухой ход», «Перегрузка», «Короткое замыкание»), селективный самозапуск, контроль загрузки электро-

двигателя, сигнализацию аварийных режимов. Режим работы схемы задается переключателем *SA*.

Автоматическое управление по уровню в режиме водоподъема. Переключатель *SA* устанавливают в положение «Автоматическое управление» (*АУ*) и включают автоматический выключатель *QF*, подающий напряжение на электрическую схему.

Если уровень воды в напорном баке находится ниже нижнего электрода датчика уровней (рис. 9.3, б), то контакты *SL1* и *SL2* в схеме (рис. 9.6) разомкнуты, реле *KV1* получает питание, замыкает свои контакты в цепи катушки магнитного пускателя *KM*, который включает электродвигатель насоса *M*. Насос подает воду потребителям, а ее излишки, то есть разница между подачей насоса и расходом, подаются в напо-

рный бак. Уровень воды в баке поднимается. Когда уровень воды достигает верхнего электрода 2 датчика уровня и возникает цепь тока через воду между этим электродом и корпусом датчика, замыкаются контакты *SL1*, электронный блок управления *E1QF* отключает питание катушки реле *KV1*, которое, размыкая свои контакты *KV1.1*, отключает магнитный пускатель *KM*, который отключает электродвигатель насоса *M*. Вследствие водоразбора уровень воды в напорном баке снижается и при достижении им нижнего установленного положения, когда нижний электрод датчика уровней выходит из воды, электрическая цепь *нижний электрод — вода — корпус датчика* прерывается, нижние контакты датчика *SL2* замыкаются и электронный блок управления выдает сигнал на включение реле *KV1*, которое своими контактами снова включает магнитный пускатель *KM*. Снова включается электродвигатель насоса *M*. В дальнейшем циклы отключения-включения электродвигателя насоса в зависимости от уровня воды в баке водонапорной башни автоматически повторяются.

В зимний период при неутепленном баке водонапорной башни, когда температура воздуха внутри бака снижается до 0 °С и ниже, на электродах и корпусе датчика начинает намерзать лед, особенно на верхнем электроде и верхней части корпуса датчика, которые большую часть времени цикла «включения-отключения» находятся в воздухе и лишь кратковременно периодически омываются водой. Для обеспечения бесперебойной автоматической работы насосной установки в этих условиях необходимо применять датчики уровней с электроподогревом конструкции ВИЭСХ (рис. 9.3, а), которыми комплектовались станции управления типа ПЭТ. Для этих целей можно использовать и другие конструкции электроподогреваемых датчиков уровней. Со станцией управления «Каскад» успешно может работать датчик с незамерзающим электродом верхнего уровня (рис. 9.3, а).

Автоматическое управление по уровню в режиме дренажа. Для обеспечения автоматической работы насосной установки в режиме дренажа электроды датчика уровней крепят к водонапорной трубе в водосточнике. Электрическую схему соответствующим переключателем в станции управления переключают на режим дренажа. Переключатель устанавливают в положение *АУ* и включают автоматический выключатель *QF*. В отличие от предыдущего режима в данном случае электронный блок выдает сигнал на включение электродвигателя насоса, когда уровень дренажных вод в скважине достигает верхнего электрода датчика уровней и замыкаются контакты *SL1*, а на отключение — при

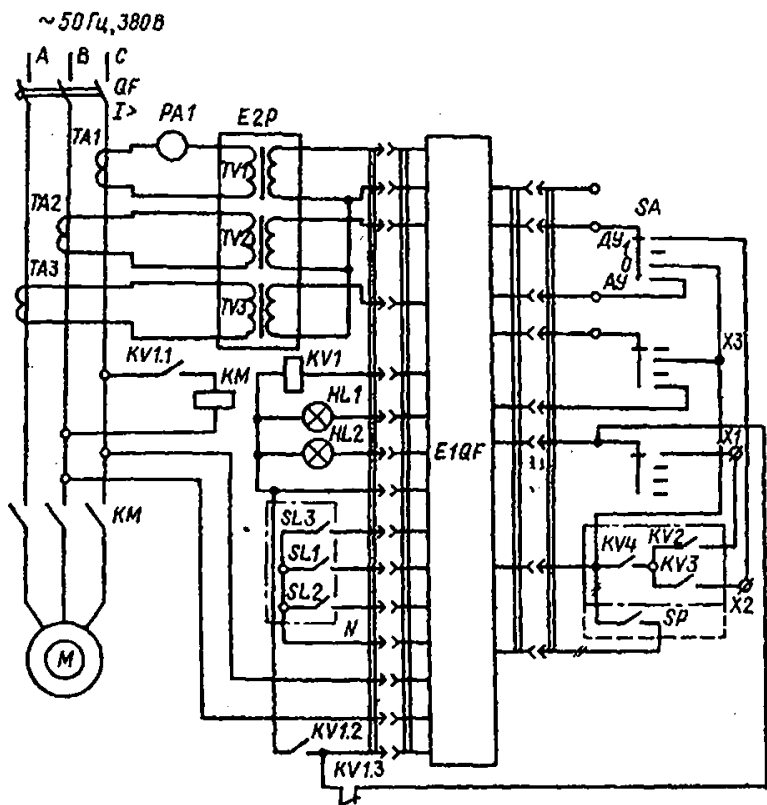


Рис. 9.6. Электрическая принципиальная схема комплектного устройства «Каскад».

достижении уровнем воды нижнего положения, когда нижний электрод датчика уровней выходит из воды и размыкаются контакты *SL2*.

Повышение уровня дренажных вод в скважине до верхнего электрода датчика уровней сопровождается повторением цикла работы насосной установки.

Автоматическое управление по давлению. Электроконтактный манометр или реле давления устанавливают в головке скважины на напорном трубопроводе. Подвижный контакт электроконтактного манометра устанавливают таким образом, чтобы при разборе воды в баке водонапорной башни до нижнего контролируемого уровня происходило надежное автоматическое включение электродвигателя насоса. На разьеме «Продолжительность работы насоса» ячейки блока управления устанавливают переключку в положение, соответствующее продолжительности работы насоса, необходимой для заполнения бака водонапорной башни водой. Разъем продолжительности работы имеет 10 положений от 5 до 90 мин. Переключатель *SA* устанавливают в положение *AУ* и включают автоматический выключатель *QF*. Установка времени (мин) может быть определена из выражения

$$t_y = V_p / Q_n$$

где V_p — регулируемый объем бака, заключенный между установленными нижними и верхними уровнями воды в баке, м³; Q_n — подача насоса, м³/мин.

При снижении уровня воды в напорном баке до нижнего контролируемого, соответствующего давлению включения, замыкается контакт *SP*, электронный блок управления выдает сигнал на включение реле *KV1*, которое включает магнитный пускатель, включающий электродвигатель насоса. По истечении установленного времени электронный блок управления выдает сигнал на отключение электродвигателя насоса. При понижении статического давления в нагнетательном трубопроводе до контролируемого давления включения электродвигатель насоса снова включается, и цикл работы повторяется.

Местное управление. Для ручного включения электронасоса со станции управления необходимо перевести переключатель *SA* в положение *I*, а для отключения — в положение *O* (рис. 9.6).

Контроль загрузки электродвигателя осуществляется по амперметру, установленному на ящике станции управления.

При возникновении аварийного режима происходит автоматическое отключение электродвигателя насоса и на ящике стан-

ции управления загорается лампочка с надписью «сухой ход» или «перегрузка» в зависимости от характера аварийного режима. В случае необходимости аварийный сигнал можно передавать на расстояние. Для этого к специальным клеммам надо подключить сигнализирующее реле с током катушки не более 50 мА. Передача сигнала в этом случае происходит без расшифровки причины аварии.

Для включения устройства «Каскад» в работу после аварийного отключения необходимо отключить устройство от питающей сети при помощи автоматического выключателя *QF*, устранить аварию и включить автоматический выключатель *QF*.

Дистанционное управление обеспечивается при помощи реле исполнения включения *KV2* и реле исполнения *KV3*, которые в комплект поставки станции управления не входят.

Профилактический осмотр, чистку датчиков уровня и давления, автоматического выключателя, магнитного пускателя, реле проводят не реже двух раз в год, обращая особое внимание на состояние электрических контактов.