

## Тема 7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРОЙ

1. Особенности управления запорной арматурой
2. Унифицированные электрические исполнительные механизмы
3. Электроприводы с реле максимального тока
4. Электрические схемы управления запорной арматурой
5. Гидропривод для управления запорной арматурой

### 1. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРОЙ

На автоматизированных насосных станциях применяют дистанционно управляемую запорную трубопроводную арматуру. Она входит в состав гидромеханического оборудования насосной установки и участвует в процессе пуска и остановки агрегата. В этом случае арматуру называют агрегатной. Кроме того, устанавливают сетевую запорную арматуру, которая служит для переключения направления движения воды с одной нитки трубопроводной сети на другую и для включения и отключения отдельных ее участков.

Запорную арматуру применяют также во всех вспомогательных системах насосной станции — в вакуум-системе, масляной системе, техническом водоснабжении и др.

От надежности трубопроводной арматуры часто зависит надежность работы насосной станции в целом. Во многих случаях неполадки с арматурой являются источником аварийных ситуаций. Поэтому трубопроводная арматура требует повышенного внимания при ее выборе, монтаже и эксплуатации.

Наиболее часто используют задвижки. Дроссельные затворы, как правило, применяют для трубопроводов больших диаметров. Арматурой управляют при помощи электрических исполнительных механизмов. Реже применяют электрогидравлические исполнительные механизмы преимущественно с масляным сервоприводом.

**Электрический исполнительный механизм** в общем случае состоит из электропривода, редуктора, механизма ограничения крутящего момента, датчиков указателей положения выходного элемента и конечных выключателей.

В качестве электропривода используют асинхронный короткозамкнутый двигатель с редуктором для снижения скорости перемещения выходного элемента до величины, определяемой рабочим

органом. С помощью конечных выключателей отключают электропривод исполнительного механизма при достижении рабочим органом конечных положений.

Промышленность выпускает ряд многооборотных электрических механизмов с постоянной скоростью выходного вала. Они имеют схемные и конструктивные различия, но все позволяют выполнять однотипные функции:

- дистанционный или автоматический пуск привода;
- остановку привода в конечных положениях и при необходимости в промежуточном положении;
- автоматическую остановку при чрезмерном возрастании крутящего момента, при заедании подвижных частей привода или рабочего органа, а также при отказе путевых выключателей;
- сигнализацию крайних положений рабочего органа;
- местное определение положения рабочего органа в данный момент с помощью стрелочного указателя;
- дистанционное указание любого промежуточного положения рабочего органа с помощью специального указателя положения;
- необходимые блокировки данного привода с другими механизмами; ручное управление при помощи маховика.

Подобные функции также выполняют исполнительные механизмы с масляным гидроприводом. Учитывая, что на автоматизированных насосных станциях отсутствует постоянный эксплуатационный персонал, к устанавливаемым исполнительным механизмам и запорным органам, а также к устройствам автоматического управления ими предъявляются высокие требования.

### 2. УНИФИЦИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Они предназначены для дистанционного управления многооборотной трубопроводной арматурой. Эти исполнительные механизмы, получившие наименование «электроприводы типов М, А, Б, В, Г, Д», более других приспособлены к работе в условиях автоматизированных насосных станций гидромелиоративных систем.

Все типы электроприводов максимально унифицированы. Они отличаются друг от друга величиной развиваемого максимального крутящего момента, конструкцией редуктора, габаритными

присоединительными размерами, а также некоторыми другими конструктивными элементами. Они имеют идентичные устройства ограничения допустимого момента на приводном валу и схемы управления. Некоторые данные по допустимым условиям эксплуатации электроприводов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Условия эксплуатации электроприводов нормального исполнения

Тип электродвигателя	Место установки	Интервал рабочих температур, °С	Относительная влажность окружающей среды при 20 °С, %	Периодичность смазки
М	Стационарные установки в помещениях и на открытом воздухе	От минус 20 до плюс 35	До 80	Один раз в три месяца
А	То же	От минус 40 до плюс 40	До 95	То же
Б, В, Г, Д	»	То же	То же	Не реже одного раза в два года

Нормальным положением установки электроприводов считают вертикальное (приводной вал расположен вертикально); остальные положения допускаются.

Рассмотрим конструкцию и принцип работы электроприводов типов Б, В, Г и Д.

Кинематическая схема электропривода приведена на рисунке 1. Электропривод состоит из следующих основных узлов и элементов: корпуса, червячного цилиндрического редуктора, узла ручного дублера, электродвигателя, коробки путевых и моментных выключателей.

К корпусу крепят коробку путевых и моментных выключателей, переходник и электродвигатель 1. В корпусе смонтирован шлицевой вал 45 с червяком 46 на подшипниках и приводной вал 44 с червячным колесом 42. На шлицевом валу установлена муфта ограничения крутящего момента. Узел ручного дублера с маховиком 6 смонтирован на продолжении шлицевого вала; здесь же свободно установлено цилиндрическое колесо 4 с кулачками. К корпусу также присоединена плита с червячным колесом 43 и цилиндрическими шестернями 40 и 41, передающими вращение коробке путевых и моментных переключателей.

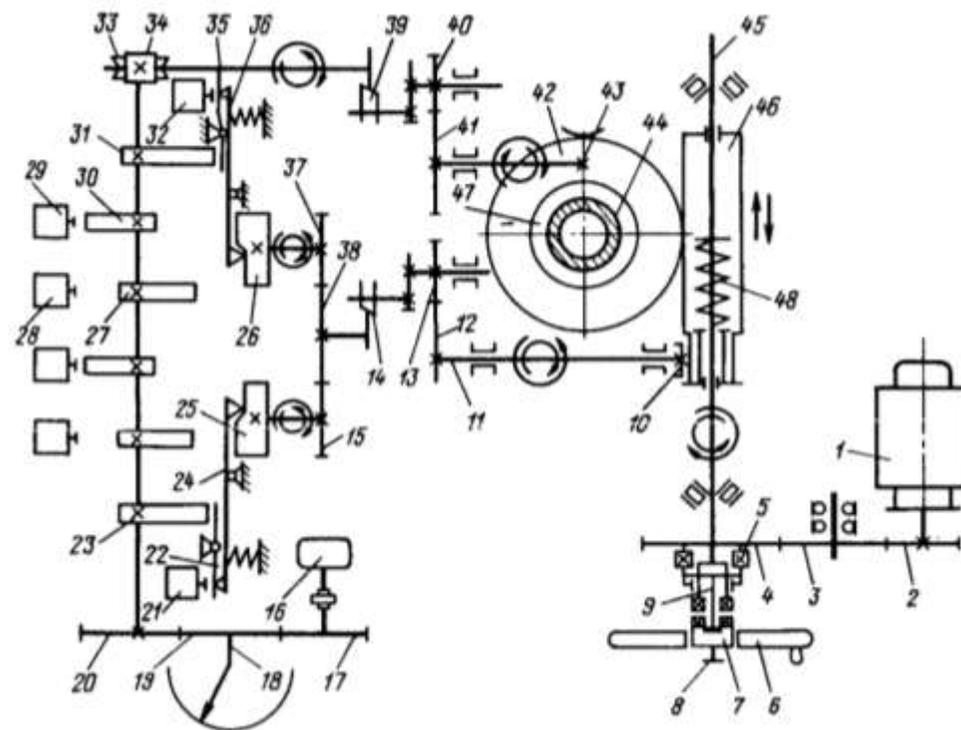


Рис. 1. Кинематическая схема унифицированных электроприводов задвижек:

1 — электродвигатель; 2, 3, 4 — колеса; 5 — муфта; 6 — маховик; 7 — кулачковая втулка; 8 — ручка; 9 — шток; 10, 24, 36 — рычаги; 11 — ось; 12 — зубчатый сектор; 13, 15, 37, 38 — цилиндрические колеса; 14, 39 — вилки; 16 — потенциометр; 17 — колесо; 18 — стрелка местного указателя; 19, 20 — шестерни; 21, 28, 29, 32 — микропереключатели; 22, 35, 48 — пружины; 23, 31 — блокировочные кулачки; 25, 26 — моментные кулачки; 27, 30 — кулачки; 33, 42, 43 — червячные колеса; 34 — червяк; 40, 41 — цилиндрические шестерни; 44 — приводной вал; 45 — шлицевой вал; 46, 47 — червяки; 48 — пружина

Коробка состоит из следующих основных элементов: узла путевых выключателей с червяком 34, червячным колесом 33, кулачками 27, 30 и микропереключателями 28 и 29 узла моментного переключателя с цилиндрическими шестернями 15, 37 и 38, моментными кулачками 25 и

26, рычагами 24 и 36, пружинами, 22 и 35, блокировочными кулачками 23, 31 и микропереключателями 21 и 32 узла местного указателя с шестернями 19, 20 и стрелкой 18 узла дистанционного указателя с шестерней 17 и потенциометром 16.

При включении электродвигателя работа электропривода происходит следующим образом. Вращение от электродвигателя через цилиндрические колеса 2, 3, 4 и кулачковую муфту 5 передается шлицевому валу 45. Далее, через червяк 46 и червячное колесо 42 крутящий момент передается приводному валу 44 рабочего органа (задвижки). Кроме того, через червяк 47, червячное колесо 43, цилиндрические шестерни 41 и 40 движение передается к вилке 39, червячной паре 33 и 34, шестерням 20, 19 и стрелке местного указателя 18 и через шестерню 17 — к валику потенциометра 16.

При работе электродвигателя передача крутящего момента к маховику невозможна вследствие того, что кулачковая втулка 7 маховика расцеплена. В это время кулачки муфты 5 находятся в зацеплении с кулачками цилиндрического колеса 4, через которое, как уже указывалось, движение передается шлицевому валу 45.

Для ручного управления электроприводом следует ручку 8 послать вперед до сцепления кулачков втулки 7 с кулачками шлицевого вала 45. При включении электродвигателя происходит сцепление кулачков муфты 6 с кулачками колеса 4, при этом муфта 5 через шток 9 выводит втулку 7 из зацепления с кулачками шлицевого вала 45. Такая механическая блокировка исключает одновременное сцепление шлицевого вала 45 с электродвигателем и маховиком ручного управления.

Электроприводы выпускают с двусторонней муфтой ограничения крутящего момента. Принцип работы следующий. При достижении запорным устройством арматуры предельного значения крутящего момента в случае заклинивания рабочего органа в его промежуточном положении либо в положениях «Открыто» или «закрыто» приводной вал 44 с червячным колесом 42 останавливаются, а червяк 46, ввинчиваясь в венец червячного колеса 42 вследствие продолжающегося вращения электродвигателя 1, начинает перемещаться по шлицам в осевом направлении, сжимая пружину 48. Поступательное движение червяка 46 преобразуется с помощью рычага 10, оси 11, зубчатого сектора 12, вилок 14 и 39, цилиндрических колес 13, 15, 37, 38 во вращательное движение моментных кулачков 25 и 26. Последние поворачиваются, позволяя рычагам 24 и 36 освободить

кнопки микропереключателей 21 и 32 и разомкнуть электрическую цепь электродвигателя.

Электроприводы типов М и А конструктивно несколько отличаются от типов Б, В, Г и Д. Взамен червячного редуктора используется цилиндрический. Имеется также ряд других особенностей узлов кинематической связи. Однако принцип работы всех типов электроприводов унифицированной серии одинаков и соответствует описанному.

### 3. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ С РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

Для защиты электродвигателей от перегрузок и для получения при необходимости уплотненного закрытия запорной арматуры электроприводы этого типа оснащают токовым реле, включенным в одну из фаз статора.

При увеличении момента сопротивления на валу электродвигателя рабочий ток возрастает примерно пропорционально квадрату крутящего момента. Следовательно, взамен муфты для ограничения крутящего момента может быть использовано токовое реле. Для этой цели применяют реле максимального тока мгновенного действия, катушка которого включается в одну из фаз силовой цепи питания электродвигателя, а размыкающий контакт — в цепь катушек реверсивного магнитного пускателя.

Использование реле максимального тока позволяет упростить конструкцию электропривода, уменьшить его массу и габаритные размеры; однако схема управления несколько усложняется. Электроприводы с реле максимального тока устанавливают только на задвижках. С помощью реле электродвигатель отключается при превышении крутящего момента на шпинделе арматуры только в сторону закрывания, а в сторону открывания — путевым выключателем.

### 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРОЙ

Электрическая схема управления электроприводами унифицированного ряда. Для всего ряда унифицированных электроприводов принята единая схема, которая показана на рисунке 2. Она отвечает следующим требованиям:

1. Питание силовой цепи и цепи управления осуществляется от сети трехфазного тока напряжением 380/220 В.

2. Схема оснащена защитой от перегрузок и коротких замыканий — в силовой цепи, в цепи управления и сигнализации.

3. Катушки пускателя присоединены к нулевому проводу, а контакты аппаратов управления, блок-контакты магнитного пускателя включены со стороны фазы. Такое построение схем предотвращает их ложную работу при появлении «земли» в цепях управления.

4. Схема управления исключает возможность одновременной подачи питания на одну из катушек реверсивного магнитного пускателя при обтекании током второй катушки. Для этого в цепи управления каждой из катушек включен открывающийся контакт другой катушки.

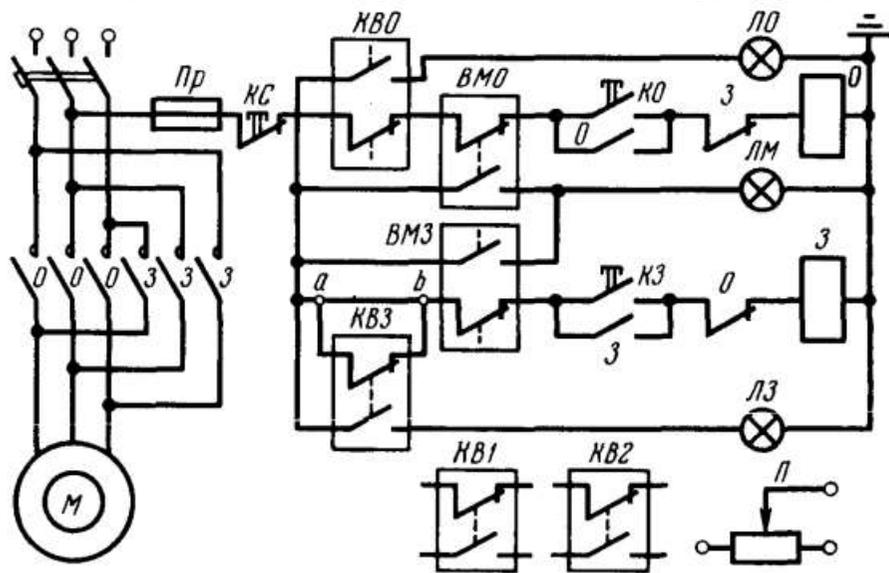


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема управления электроприводами типов Б, В, Г и Д

5. Схема управления позволяет остановить электропривод запорного устройства в любом промежуточном положении нажатием кнопки «Стоп», а также обеспечивает возможность последующей посылки команды как на открытие, так и на закрытие.

6. Схема позволяет проводить постепенное открытие или закрытие запорного устройства с непродолжительными остановками в промежуточных положениях (если это требуется по условиям технологического процесса).

7. Как при ручном, так и при автоматическом управлении рассматриваемая схема имеет нулевую защиту.

8. Схема обеспечивает работу электропривода в режиме трех видов уплотнения: арматура не требует принудительного уплотнения; арматура требует принудительного уплотнения только в положении «Закрыто»; арматура требует принудительного уплотнения в положениях «Открыто» и «Закрыто». Для этого используют контакты муфтового выключателя *ВМО*, *ВМЗ* и конечные выключатели *КВО* и *КВЗ*, настраивают которые при различных видах уплотнения по данным таблицы 2.

Таблица 2. Электрическая схема управления при различных видах уплотнения арматуры

Вид принудительного уплотнения	Настройка путевых выключателей		Настройка муфтовых выключателей		Электрическая схема (см. рис. 7.16)
	на сигнализацию	на отключение	на отключение	на максимальный момент	
В положении «Закрыто»	В крайних положениях	В положении «Открыто»	В положении «Закрыто» и в сторону закрытия	В обе стороны	В цепях управления реле З закорачиваются контакты 3—0 <i>КВЗ</i>
В положениях «Открыто» и «Закрыто»	То же	—	В положениях «Открыто» и «Закрыто»	По пути в обе стороны	В цепях управления реле З—0 закорачиваются контакты выключателей <i>КВЗ</i> и <i>КВО</i>
Без принудительного уплотнения	—	В крайних положениях	В крайних положениях	По пути в обе стороны вращения	—

Примечания:

1. Контакты *ВМО* и *ВМЗ* в момент пуска не срабатывают.
2. При движении электропривода в обратную сторону контакты *ВМО* и *ВМЗ* принимают первоначальное состояние.
3. При настройке муфтовых выключателей на отключение без принудительного уплотнения муфта выполняет роль автоматической блокировки электропривода на случай аварийного заедания затвора арматуры или на случай отказа путевых выключателей в крайних положениях.

9. Сигнализацию состояния арматуры осуществляют по следующему принципу: появление одного сигнала «Муфта» ЛМ означает, что запорное устройство не дошло до одного из своих крайних положений; на арматуре без уплотнений сигнализация состояния «Открыто» и «Закрыто» осуществляется контактами путевых выключателей при помощи ламп сигнализации ЛО и ЛЗ на арматуре с уплотнением в крайнем положении, при котором предусматривается уплотнение, появляются два сигнала — «Муфта» и «Открыто» или «Закрыто» соответственно, так как в этом случае двигатель отключается муфтой ограничения крутящего момента, путевого кулачок которой воздействует также на кнопку путевого выключателя сигнализации положения. Выключатели ВМО и ВМЗ после срабатывания возвращаются в первоначальное положение при движении привода в обратную сторону.

10. В момент пуска электропривода контакты выключателей ВМО и ВМЗ не срабатывают.

11. Дистанционное указание степени открытия прохода осуществляется при помощи датчика переменного сопротивления, поставляемого по особому заказу.

Аппаратуру управления выбирают в зависимости от технических характеристик электродвигателей приводов (табл. 3).

Таблица 3. Основные технические данные электродвигателей электроприводов унифицированной серии

Тип электропривода	Электродвигатель						
	марка	мощность, кВт	частота вращения, мин	ток статора, А	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
М	АВ-042-4	0,03	1300	0,17	43	0,64	3
А	АОЛ111-4Ф3	0,12	1400	0,45	58	0,72	4
	АОЛ112-4Ф3	0,18	1400	0,6	62	0,74	4
Б	АОЛС2-11-4Ф2	0,6	1300	1,8	66	0,76	7
	АОЛС2-21-4Ф2	1,3	1300	3,5	70	0,8	7
В	АОЛС2-31-4Ф2	3	1350	7,3	76	0,82	7
	АОЛС2-32-4Ф2	4	1350	9,4	78	0,83	7
Г	АОЛС2-32-4Ф2	4	1350	9,4	78	0,83	7
	АОС2-42-4Ф2	7,5	1300	15,8	80	0,9	7
Д	АОС2-42-4Ф2	7,5	1300	15,8	80	0,9	7

### Электрическая схема управления электроприводом задвижки с реле максимального тока

Схема автоматического управления задвижкой, в котором используется реле максимального тока (РТ-40), показана на рисунке 3. В этой схеме наряду с односторонней муфтой предельного момента, действующей в сторону закрытия (ВМЗ), установлено реле максимального тока К1, контакты которого включены в цепь реле времени К6 для исключения срабатывания защиты от пусковых токов.

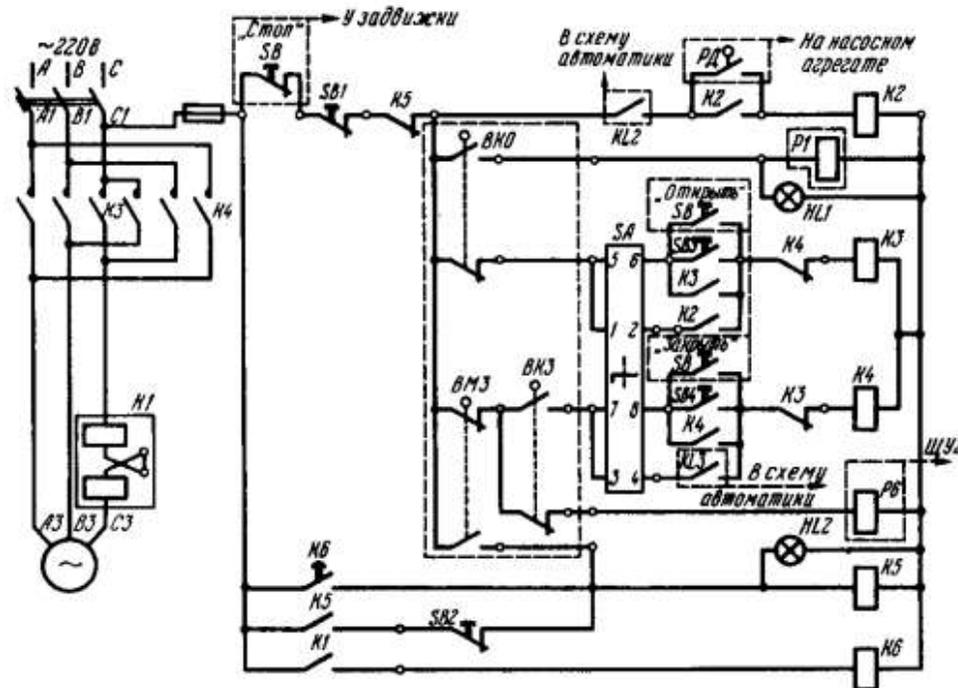


Рис. 3. Принципиальная схема управления электродвигателем агрегатной задвижки с максимальной токовой защитой

При превышении током, протекающим через электродвигатель, номинального значения контактом реле К5 размыкается цепь катушек пускателя.

При протекании по обмоткам электродвигателя пусковых токов срабатывает реле максимального тока 1. Однако цепь питания катушек магнитного пускателя при этом не разорвется, так как в цепи реле К5 последовательно включены замыкающие контакты реле времени К6 с выдержкой, большей периода протекания пусковых токов.

Если по каким-либо причинам процесс пуска затянется настолько, что реле *K6* успеет замкнуть свой контакт в цепи реле *K6*, последнее обтекается током и размыкает свой контакт в цепи катушек магнитного пускателя. Повторного автоматического включения электропривода не произойдет, так как реле *K6* остается замкнутым, самозаблокировавшись замыкающим контактом.

При увеличении тока в цепи электродвигателя (при заедании затвора задвижки) реле *K1* замыкает свой контакт, реле *K5* и *K6* обтекаются током, разрывается цепь питания катушек *K3* и *K4* магнитного пускателя, и электропривод останавливается. В исходное положение схему возвращают кнопкой деблокировки.

Диаграмма переключателя SA

номер секции	номер контакта		положение рукоятки						маркировка цепи	
			Ручн. -45°		0		Авт. +45°			
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П		
I	1	2						Х	Х	10-15
II	3	4						Х	Х	11-17
III	5	6	Х	Х						10-14
IV	7	8	Х	Х						11-18

Диаграмма работы конечных выключателей задвижки

Коробка конечных выключателей						
номер секции	номер контактной группы	обозначение аппаратов по схеме	положение задвижки			позначение цепи
			закрыто	промежу- точное	открыто	
I	1-2	ВК0	—————			Отключение при открытии
	1-3				—————	Сигнализация
II	1-2	ВК3	—————			Сигнализация
	1-3			—————		Отключение при закрытии
III	1-2	ВК1	—————	—————		В схему автоматики
	1-3				—————	Резерв
IV	1-2	ВК2	—————			Резерв
	1-3			—————		В схему автоматики

## 5. ГИДРОПРИВОД ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРОЙ

### Дроссельные затворы с электроприводом

При большой подаче насосных агрегатов и диаметрах напорных трубопроводов 800 мм и более в качестве запорной арматуры применяют дроссельные затворы. Общий вид дроссельного затвора с электроприводом, схема управления которым принципиально не отличается от рассмотренных схем управления запорными задвижками, показан на рисунке 4.

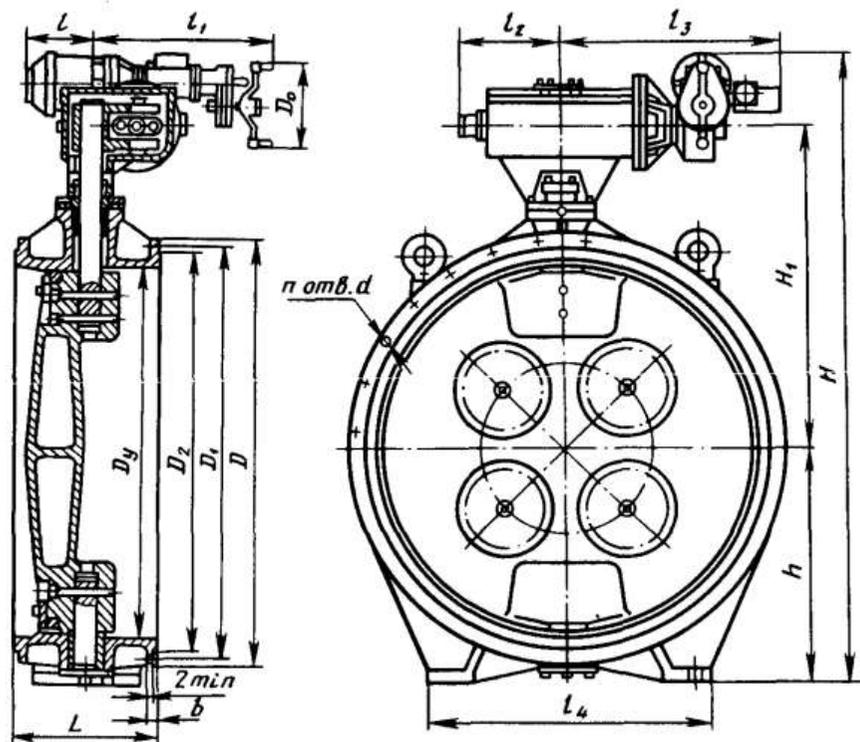


Рис. 4. Дроссельный затвор с гидроприводом

Однако использование дроссельных затворов с электроприводом возможно лишь в тех случаях, когда гарантируется бесперебойное электроснабжение их привода электроэнергией либо когда насосные агрегаты допускают реверс (обратное вращение ротора агрегата) при потере питания.

### Управление гидравлическими исполнительными механизмами

Гидравлический привод применяют на автоматизированных насосных станциях преимущественно для управления дроссельным (дисковым) затвором. Питание привода осуществляется от специальной маслonaпорной установки (МНУ), в состав которой входит бак-аккумулятор, где масло постоянно находится под давлением и в объеме, достаточном, чтобы обеспечить закрытие дроссельных затворов всех насосных агрегатов станции. Одна из схем управления гидроприводом дроссельного затвора приведена на рисунке 5.

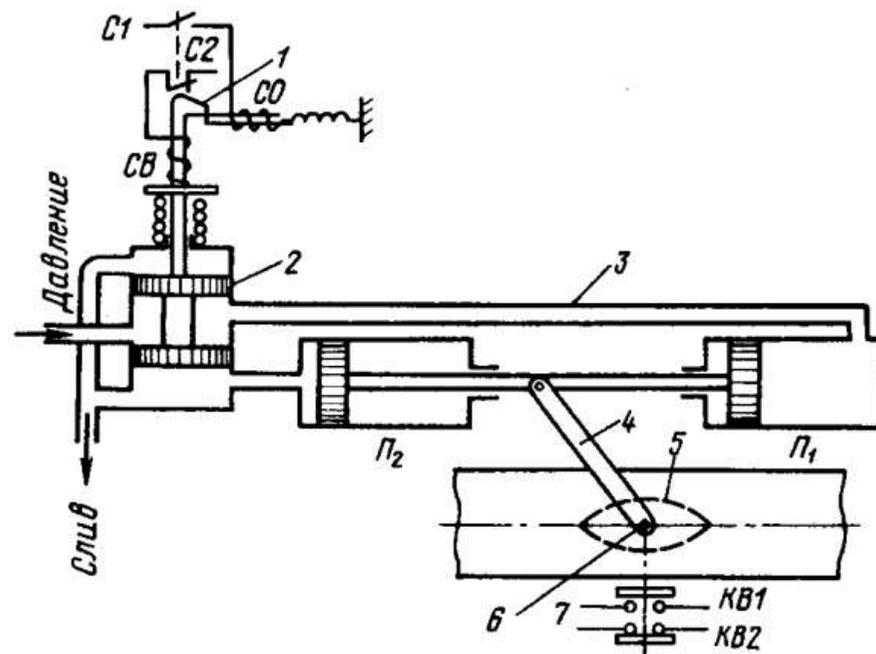


Рис. 5. Схема управления гидроприводом дискового затвора: 1 — защелка; 2 — золотник; 3 — гидравлический привод; 4 — рычажная передача; 5 — диск; 6 — ось; 7 — контактная система

Гидравлический привод 3 выполнен в виде двух механически связанных между собой поршневых серводвигателей  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  одностороннего действия. Положение затвора изменяется поворотом оси 6 диска 5, один конец которого пропущен через корпус наружу и соединен через рычажную передачу 4 с приводом. Управляющий элемент — золотник 2 с соленоидным приводом и защелкой 1.

При включении соленоида включения *CB* плунжер золотника подтягивается вверх и занимает положение, показанное на рисунке. Масло под давлением поступает в рабочую полость серводвигателя *П<sub>1</sub>*, а полость *П<sub>2</sub>* соединяется со сливом. Поршни двигателей перемещаются влево и поворачивают диск затвора против часовой стрелки (в положение открытия). Соленоид *CB* отключается от сети размыкающимся контактом *C2* и удерживается в данном положении защелкой. При этом контакт *C1* замыкается и подготавливает к включению цепь соленоида отключения *CO*.

Для закрытия затвора подают питание на соленоид *CO*, который освобождает защелку *I*, при этом шток плунжера золотника *2* перемещается вниз. Контакт *C1* разрывает цепь соленоида *CO*; контакт *C2* подготавливает цепь соленоида *CB*.

Теперь масло под давлением поступает через золотник в рабочую полость серводвигателя *П<sub>2</sub>*, а рабочая полость серводвигателя *П<sub>1</sub>* соединяется со сливом. Оба поршня перемещаются вправо, поворачивая диск затвора по часовой стрелке (в положение закрытия).

С осью затвора механически связаны конечные выключатели *KB1* и *KB2*, сигнализирующие о крайних положениях затвора.

Соленоидный привод с защелкой потребляет электроэнергию только в момент переключения. Питание катушек осуществляется от независимого источника постоянного тока, например аккумуляторной батареи, что гарантирует закрытие агрегатных затворов в случае прекращения подачи электроэнергии к насосной станции.