

О. Н. Шпаков, технический эксперт НПАА, кандидат технических наук

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ — ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРИВОДОВ ДЛЯ АРМАТУРЫ



О. Н. Шпаков

Новые поколения приводов для арматуры приобрели конкурентные преимущества благодаря современным технологиям. Появилась возможность диагностического тестирования арматуры и собственно приводов, которое оказывает значительное положительное влияние на предупреждение их отказов.

До появления приводов (в России в 1929 году), опытный персонал мог быстро определить состояние затвора, шпинделя или уплотнения при управлении арматурой вручную. Например, если вращать маховик стало труднее, чем при предыдущей операции, оператор делал вывод, что необходимо смазать резьбу или трущиеся пары. Если требовалось все большее усилие для обеспечения герметичности, можно достаточно достоверно установить, что повреждены детали затвора, и, наоборот, если усилие уменьшилось, необходимо проверить состояние сальника. С развитием автоматизации прямой контакт оператора с арматурой стал ограничен, и ручной метод диагностики — менее доступен.

Конструкции электроприводов с отключением двигателя или разрывом кинематической цепи при превышении заданного усилия позволили отслеживать величину момента в течение всего цикла закрытия и открытия простыми способами, например, с помощью потенциометра, присоединяемого к подвижной детали привода, перемещающейся с воздействием на пружину, или линейно регулируемого дифференциального трансформатора. Такие устройства широко использовались в начале 80-х в атомной энергетике, когда стало жизненно важным оценивать техническое состояние арматуры систем безопасности, установленной в необслуживаемых помещениях. При установке арматуры записывались ее нагрузочные характеристики, которые в дальнейшем сравнивались с характеристиками, полученными в процессе эксплуатации, для выявления проблем с арматурой или приводом.

В середине 80-х некоторые компании предложили цифровые системы связи, которые позволили связать вместе большое количество приводов, используя единую защитную пару проводов. В некоторых случаях использовались мастер-станции, управляющие контуром путем постоянного сканирования каждого привода и обнаружения любых изменений в его состоянии. Приводы, оснащенные двухпроводными коммуникационными шинами, могли передавать данные обратно на мастер-станцию, а затем на главный контроллер, дисплейный монитор или диагностические программы персональных компьютеров [1].

Для диагностики крутящий момент является наиболее информативным параметром. Не представляет также особого труда запись частоты срабатываний и рабочих характеристик. Мониторинг крутящего момента отражает усилия на преодоление трения в элементах затвора, подшипниках бугельного узла, уплотнениях и резьбе шпинделя, гидродинамические воздействия на запирающий или регулирующий элемент, выталкивающие усилия, возникающие в результате поршневого эффекта и деформации сильфона. Большинство этих элементов присутствует во всех типах арматуры, но их значимость различна. Например, трение в уплотнительных элементах по ходу дисковых затворов может не приниматься в расчет, тогда как в пробковых кранах его значение наиболее важно.

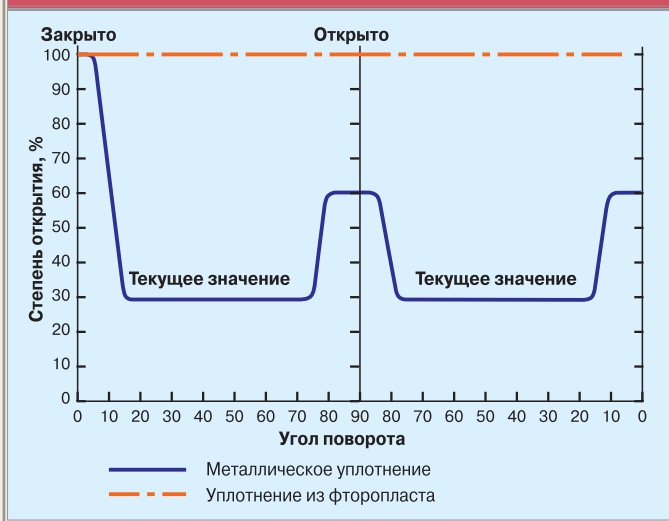
· Задвижки

В задвижках при окончании хода на закрытие крутящий момент возрастает в три-пять раз. При стартовом движении на открытие момент увеличивается еще на 30%. Поскольку задвижки склонны к прикипанию запирающего элемента к седлам, выбор для привода электродвигателя с плавным нарастанием частоты вращения вряд ли оправдан. Практика подсказывает необходимость обеспечения зазора в соединении выходного элемента привода с резьбовой втулкой и резкого набора скорости двигателя для использования ударного эффекта (т.н. «срыва с уплотнения»). В дальнейшем крутящий момент преодолевает в основном трение в уплотнении и резьбе шпинделя. В затворе задвижки гидростатическая сила увеличивает силы трения из-за уменьшения площади соприкосновения подвижных и неподвижных уплотнительных колец и, в конечном итоге, из-за высоких контактных давлений происходит быстрое нарастание величины крутящего момента. При чрезмерной затяжке сальника следует увеличение крутящего момента. При отсутствии смазки в бугельном узле это возрастание бывает очень значительным. При задирах или другом повреждении седел отмечаются кратковременные всплески или падения крутящего момента, происходящие с большой частотой.

· Шаровые краны

Главной особенностью для крутящего момента шарового крана является трение в подшипниках пробки (это может включать и трение любых кольцевых уплотнений, которые часто используются для цапф шаровых кранов) и трение шара о седло при закрытии и открытии. Трение в подшипниках штока обычно постоянно при ходе арматуры, но в закрытом положении, как раз перед закрытии-

Рис. 1 Нагрузочная диаграмма шаровых кранов



ем и при открытии, трение в паре шар-седло значительно увеличивается. Это происходит из-за роста величины перепада давления, воздействующего на шар или на седло в зависимости от конструкции, что заставляет их сблизиться для обеспечения герметичности. Если же на шаре или седле появляются зазубрины или точечная коррозия, значение крутящего момента при закрытом положении еще более возрастает. Диаграмма текущих значений крутящих моментов сопротивления шаровых кранов представлена на Рис. 1 [2].

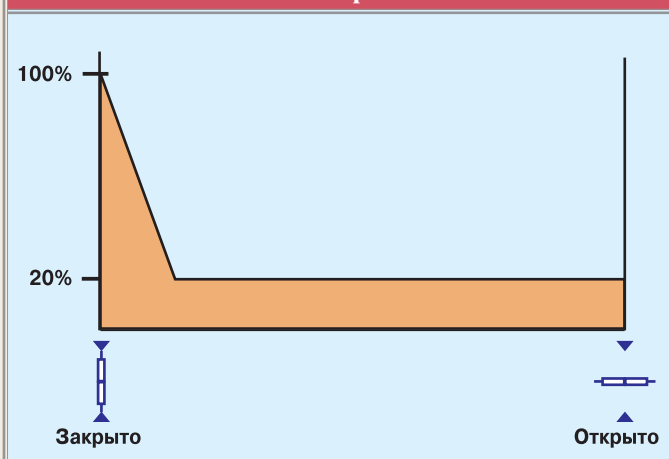
· **Дисковые затворы**

Основными составляющими крутящего момента дисковых затворов являются:

- трение в подшипниках, а также трение уплотнения штока, что типично для «кольцевых» уплотнений и, таким образом, постоянно;
- гидродинамические силы, воздействующие на запирающий или регулирующий элемент по ходу.

Проблемы с подшипниками поворотного затвора проявляются в увеличении крутящего момента во время полного хода. Имеющие повреждения седла или диски оказывают влияние на крутящие моменты открытия и закрытия после первых же нескольких градусов поворота штока. Изменения в скорости потока, вязкости среды, температуры и пр. влияют на динамический крутящий момент

Рис. 2 Диаграмма крутящих моментов дисковых затворов



в середине хода. Однако это не обязательно указывает на проблему с самим затвором. Характер изменения крутящего момента дисковых затворов показан на Рис. 2.

· **Конусные краны со смазкой**

Крутящие элементы в конусных кранах со смазкой более стабильны, чем в другой арматуре благодаря относительно высокой силе трения запирающего элемента — конической пробки о корпус крана. Трение в подшипниках и запирающего элемента о седло относительно постоянны во время всего хода арматуры. Гидростатические силы, действующие при закрытии и на начальном этапе открытия повышают значение крутящего момента. Проблемы с подшипниками или седлом отражаются на повышении общего крутящего момента во время хода арматуры.

· **Конусные краны с эластичным седлом**

Характеристики крутящего момента для конусного крана с эластичным седлом отличаются довольно высокими уплотняющим и открывающим усилиями (крутящими моментами) относительно постоянного трения в подшипниках и седле по всему ходу арматуры. Так как запирающий элемент не соприкасается с корпусом крана или седлом по ходу, то нет и трения, так же, как и в дисковом затворе. Проблемы с уплотнением крана могут возникнуть при его открытии и закрытии. Дефектные втулки штока заявят о себе посредством постоянного увеличения крутящего момента в течение всего поворота.

· **Шлюзовые затворы**

В закрытом положении на затвор воздействует полный перепад давления, а при открытии усилие постепенно снижается в зависимости от положения шиберы. По мере того, как шлюзовый затвор многократно открывается и закрывается, следует периодически смазывать шток. Необходимость в этой операции легко определить, так как происходит значительное увеличение крутящего момента.

· **Примеры преимуществ диагностического обслуживания для различных областей применения**

Промышленность сточных вод

Большинство очистных заводов использует шлюзовые затворы для управления потоком среды в технологических процессах. Как правило, шлюзовые затворы с выдвигным штоком устанавливаются на открытом воздухе. Это означает, что любая смазка в резьбовой паре часто повреждается из-за воздействия солнечных лучей, коррозии от пыли и воды, а также частиц, содержащихся в воздухе.

По ходу управления шлюзовым затвором и при прохождении штока через резьбовую втулку она подвергается износу, который пропорционален приложенному крутящему моменту. Когда шлюзовый затвор монтируется в систему, шток хорошо смазан, и требуется минимальный крутящий момент для работы. Через несколько месяцев эксплуатации необходимо уделить дополнительное внимание штоку, т.к. значение крутящего момента увеличивается по мере исчезновения смазки.

В последующие периоды эта величина еще больше возрастет. Если не проводить диагностического обследования штока, крутящий момент достигнет такого значения, что резьба может катастрофически быстро прийти в негодность. Этого можно избежать путем анализа диаграммы крутящего момента до того времени, когда степень его увеличения можно определить и предсказать оптимальное время для смазки штока. Диагностическое обследование

не только удлиняет срок службы шлюзового затвора, но и устраняет возможность неожиданных отказов в работе, которые могут возникнуть, когда условия становятся настолько плохими, что шибер падает на седло.

Энергетика

На электростанциях существует множество высоко-температурных трубопроводов, транспортирующих пар или воду. Часто они управляются задвижками или запорными клапанами для отсечения потока при запуске и отключении станции.

Предприятия, которые не имеют постоянной нагрузки, работают в циклическом режиме. В этих обстоятельствах, когда шпindelь арматуры выдвигается из клапана или задвижки, он охлаждается до температуры окружающей среды за пределами изоляции трубопровода, тогда как арматура имеет температуру рабочей среды. Однако при закрытии шпиндель арматуры находится внутри клапана или задвижки и абсорбирует остаточное тепло, наращивая температуру, пока она не придет в равновесие с корпусом арматуры. Это означает, что существует возможность выдвигания шпинделя арматуры за пределы ее корпуса, а затем обратного перемещения с осевым усилием большим, чем необходимо для обеспечения герметичного закрытия. При этих обстоятельствах, шпindelь может быть смещен, а седло арматуры деформировано.

Если шпindelь слегка искривлен, неисправность можно обнаружить путем исследования диаграммы крутящего момента привода, когда наивысшая точка в кривой крутящего момента достигается где-то к середине хода арматуры. Так как станция продолжает циклическую работу, деформация шпинделя увеличится, поскольку чем больше смещение, тем ниже сопротивление изгибу, что приводит к большему значению крутящего момента в середине хода, так как шпindelь арматуры будет все более и более изгибаться. Эту тенденцию можно обнаружить, используя методы профилирования крутящих моментов. Имея достаточно времени для предотвращения неисправности в работе, шпindelь арматуры может быть извлечен и выпрямлен, таким образом можно избежать расходов на его замену. В этом случае, когда температурное расширение является ключевой проблемой, необходимо производить более тщательный монтаж, чтобы избежать повторения причины сбоя в работе. Подобным образом, если седла арматуры смещены, крутящий момент увеличится. Если арматура продолжает работу, то смещение прогрессирует, что выражается в дальнейшем увеличении значения требуемого крутящего момента.

Перерабатывающие отрасли

Одной из наиболее трудных проблем для арматуры на нефтеперерабатывающих заводах является коксование среды. Для постоянной циклической работы каждые два часа следует задействовать обогрев. Среда обладает повышенной вязкостью и имеет тенденцию к прилипанию к седлам и другим деталям. Часто для таких условий используют шаровые или конические краны. Операторы процесса коксования тщательно следят за такой арматурой, чтобы избежать проблем с ее техническим обслуживанием. Так как оно необходимо, остановка неизбежна, однако, если проблемы ожидаемы, их влияние можно свести к минимуму. Отслеживая на мониторе увеличение крутящего момента в конце хода или во время его (в зависимости от использования арматуры), неполноповоротную арматуру можно подвергать техобслуживанию через определенные интервалы. Это снизит количество незапланированных простоев и позволит заранее заказывать заменяемое оборудование.

Концерн «РОСЭНЕРГОАТОМ» разработал проект программы работ «Развитие систем диагностики трубопроводной арматуры АЭС» [3], а Смоленский филиал ФГУДП «Атомтехэнерго» — Смоленскатомтехэнерго с 1991 года занимается созданием комплектов оборудования и сообщает, что современные средства технического диагностирования трубопроводной арматуры обнаруживают более 40 ее дефектов. В представленной программе работ определены цели, задачи и основные перспективные направления развития — «прогноз технического состояния — возможность предсказания, в каком состоянии окажется арматура в некоторый будущий момент времени (например, к моменту следующего планово-предупредительного ремонта)». В комплект диагностического оборудования рекомендуется включить устройства для задания и измерения крутящего момента силы и определения утечек в затворе с возможностью использования акустических сигналов в звуковом и ультразвуковом диапазонах. Диагностирование утечек среды через сальники отражения в «Программе» не нашло.

Последние поколения отечественных приводов для арматуры отражают передовые возможности благодаря современным технологиям и привлечению для их осуществления специалистов электронных и приборостроительных предприятий. Они создают электронные блоки для включения в состав приводов для диагностического обслуживания, которое имеет значительное положительное влияние на оценку состояния каждого типа арматуры. Однако, для эффективного использования этого конкурентного преимущества требуется проведение углубленных исследований режимов работы арматуры, учет ее деформации при монтаже и при изменении рабочих параметров рабочей среды, которые должны соответствовать базовым. Что касается базовых силовых характеристик, необходимо их обновление после приработки деталей арматуры и приводов, когда эти характеристики существенно изменяются. Следует также найти приемлемые решения для обеспечения требований нового экологического законодательства по охране окружающей атмосферы. До настоящего времени нет отечественных и зарубежных публикаций о способах диагностирования с помощью приводов герметичности в затворах и сальниках — важнейшего эксплуатационного параметра арматуры. В результате проведения исследований, может быть, будет найдено решение, каким образом установить датчики акустических сигналов, фиксирующие утечки в затворах, непосредственно в приводах. В конструкциях ответственной арматуры предусмотрены каналы для вывода утечек среды из сальников. Возможно, будет предложено решение по установке датчиков, формирующих электрический сигнал, и в этих каналах. Подобные решения способны существенно повысить конкурентоспособность приводов.

Литература:

1. Крис Варнет. Новое поколение приводов для арматуры. Сокращенный перевод с английского. Бюллетень НПАА №1 (14) 2001, с. 18.
1. О.Н. Шпак. «Азбука трубопроводной арматуры»; Санкт-Петербург, ООО «Издательство Компрессорная и химическая техника», 2003.
3. Проект Программы работ «Развитие систем диагностики трубопроводной арматуры АЭС», Концерн «РОСЭНЕРГОАТОМ», 2005.