электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Описание типового алгоритма выбора гидравлических приводов для трубопроводной арматуры по условиям СТО Газпром для нефтегазовой промышленности

07, июль 2015

Сосновский Н. Г.[1,*], Серов А. Н.[1]

УДК: 62-82

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
[*]sosn@bmstu.ru

Введение

Приводы для трубопроводной арматуры в нефтегазовой промышленности применяют в случае если необходимо дистанционное управление краном или задвижкой и если необходимо создать большой крутящий момент, а вариант с использованием мускульной силы человека или ручной редуктор не подходят из за ограничений в естественной силе и скорости человека.

Инженеры-конструкторы в проектных организациях каждый день сталкиваются с необходимостью сделать выбор между тем или иным типом оборудования.

Важность правильного подбора оборудования обусловлена в первую очередь технологической схемой, которая была определена на этапе технико-экономического обоснования проекта и условия которой не рекомендуется нарушать согласно требованиям лицензиара или технологического отдела проектного института, а зачастую и того, и другого вместе.

Подбор привода согласно СТО Газпром

Выбор привода не является отдельной задачей, это решение, которое, в свою очередь, приводит к возникновению других вопросов, таких как изменение параметров рабочей среды (в случае если выбран пневмопривод вместо гидропривода) или параметров электропитания. Что влечет за собой изменение параметров энергоснабжения всей установки, в составе которой работает привод и, в конечном итоге, находит отражение в экономической составляющей, являющейся одним из главных факторов при отборе того или иного технического решения.

Для начала необходимо понять, что каждый тип привода подходит для реализации определенной задачи и “универсальный привод” как идеальное решение не существует, и вряд ли появится в обозримом будущем. Причин для этого несколько.

Одна из них и достаточно важная – это трубопроводная арматура. Конструкция клапана, на котором предполагается установить тот или иной привод для его управления, обуславливает выбор одного из типов приводов. Это может быть ¼ поворотный, многооборотный или линейный привод. Существует ограниченная техническая возможность использовать тот или иной тип привода вместо другого, используя соответствующие адаптеры, но эта возможность, как было написано выше, достаточно ограниченная и поэтому в этой статье рассматриваться не будет.

Привязка используемого привода к конструкции клапана приводит к тому что, если в проекте поменять ¼ поворотный клапан на линейный, то и привод, как управляющий элемент системы привод-клапан, должен быть заменен соответственно.

Поэтому, после определения технологической схемы перед инженером возникает задача определения конструкции используемого клапана, в зависимости от решения которой и будет определяться подбор той или иной конструкции приводов.

Зная давления и тип перекачиваемой среды, а также диаметр крана, мы можем, опираясь на эти данные получить необходимый крутящий момент или требуемое линейное усилие выбранной арматуры. Обычно информацию по конкретному клапану предоставляют производители арматуры.

Кроме того, на этом этапе, исходя из параметров предполагаемого используемого клапана и требований по соблюдению условий технологии для клапана, могут быть дополнительно заявлены положения “аварийного закрытия/открытия” (fail safe) в случае отключения подачи электроэнергии или управляющей среды.

Уже после этого мы можем провести предварительную фильтрацию приводной техники, но в начале мы рассмотрим и определим плюсы и минусы конструктивных особенностей приводов.

Электрический привод. Электродвигатель через механическую передачу вращает с определенной скоростью (выдвигает) ходовой вал привода. В случае, если мощность электродвигателя привода является недостаточной, можно использовать внешний редуктор для усиления крутящего момента (линейного усилия). Электроприводы условно делятся по характеру движения выходного вала на четверть-оборотные, многооборотные и линейные.

В силу конструктивных особенностей, электрический привод не может обеспечить быструю (практически мгновенную) скорость открытия/закрытия клапана, а также обеспечить точность регулирования более 0,1% хода (только для прецизионных регулирующих приводов). Это связано с наличием перебега вала электродвигателя и инерцией механической передачи. Стандартная точность регулирования электрического привода не превышает 1%.

Электрический привод предназначен для осуществления функций откр/закр. и регулирования. Функция fail safe (возврат в безопасное положение) может быть выполнена, но в силу конструктивных особенностей электрического привода с определенными ограничениями.

Первым вариантом решения fail safe в электрическом приводе является использование пружинного возврата (механический способ). Пример – SCHIEBEL ACTUSAFE (SCHIEBEL Image Brocures Russian / English , Version: 2006 , 18 с).

Вариант с пружинным возвратом очень часто ограничен мощностью электродвигателя. Это связано с тем что электродвигатель во время работы привода помимо приведения в движение рабочего элемента клапана должен ещё и сжимать пружину, для того чтобы обеспечить возврат в исходное положение в случае возникновения аварийной ситуации. Поэтому электродвигатель привода с пружинным возвратом всегда будет иметь большую мощность по сравнению с электроприводом без пружинного возврата.

Наличие пружинного блока очень сильно увеличивает механическую неуравновешенность электропривода с пружинным возвратом.

Второй вариант – использование электрической энергии для возврата привода в исходное положение. Он в свою очередь разделяется на два типа: использующие внешний аккумулятор (может быть использован любой подходящий по параметрам электропривод) и использующие батарею конденсаторов (суперконденсатор), например ROTORK CVA (Rotork pls , Brannsmill Lane , Bath ,UK ; Серия CVA , pub042-001-00 , выпуск 10/13).

При наличии требования SIL 2 (системный уровень безопасности) или SIL 3 нельзя применить вариант электрического привода с возвратом в безопасное положение, использующего электрическую энергию в связи с его техническим несоответствием.

Для подключения электропривода необходим силовой электрический кабель и кабель связи для передачи сигналов управления приводом. В случае использования управления по беспроводному каналу кабель связи не требуется.

Далее рассмотрим фактор мощности. Да, в теории всегда существует возможность бесконечно увеличивать мощность электродвигателя, но в практическом применении использование больших электродвигателей на приводах для трубопроводной арматуры ограничено в первую очередь по экономическим причинам. Это большие пусковые токи, которые, в свою очередь, тянут за собой использование мощной пусковой аппаратуры и прокладку кабелей электропитания большого сечения, габариты, а также повышенный вес самого привода, который заставляет конструктора увеличивать прочность крепления, что безусловно влияет на итоговую стоимость предложенного решения.

Одним из способов решения в борьбе за уменьшение мощности и соответственно уменьшение габарита электродвигателя является применения редукторов, которые помогают увеличить крутящий момент или линейное усилие небольшого по размерам электропривода, но при этом сами имеют весьма внушительные размеры и соответствующую стоимость. Кроме того использование связки электропривод-редуктор делает невозмож-

ным использование функции “возврат в безопасное положение”, что так же ограничивает использование электрического привода для требуемого спектра задач.

Пневматический/газовый привод. В качестве рабочего тела используется сжатый воздух, природный перекачиваемый газ из магистрального трубопровода или нейтральный газ из ресивера. Пневматические приводы условно делятся по характеру движения выходного вала на четверть-оборотные, многооборотные и линейные. Наиболее массовыми являются четверть-оборотные приводы. Линейные приводы занимают не более 20%. Применение многооборотных пневматических приводов ограничено в силу конструктивных особенностей и малого крутящего момента, и имеет весьма узкое применение, на рынке приводов для трубопроводной арматуры они занимают доли процентов.

Характерной особенностью пневматического привода является быстрая скорость срабатывания (у приводов небольшого размера доли секунды), что, безусловно, отражается в широком применении пневмоприводов на клапанах отсечки. Кроме того, использование позиционеров в системе управления позволяет применить пневматический привод в качестве регулирующего. Современный позиционер позволяет добиться точности регулирования приводом до 0,01 % (для приводов небольшой мощности).

Механическое устройство пневматического привода достаточно простое. Именно простота конструкции привода является залогом его надёжности. Ресурс пневматического привода напрямую зависит от его размеров. Приводы небольших размеров имеют ресурс до 2 миллионов циклов, приводы большого размера, применяемые на магистральных газопроводах, имеют ресурс около 60 тысяч циклов. В связи с тем, что мощность пневматического привода напрямую зависит от давления в системе, крутящий момент также меняется при изменении параметров питающей среды. Поэтому размеры пневматического привода, работающего при низком (до 12 бар) и высоком (выше 12 бар) давлении имеют серьезные различия.

Основным недостатком пневматического привода является требовательность к качеству питающего сжатого воздуха/газа. Наличие механических примесей и влаги при низкой температуре окружающей среды способны обездвижить привод в короткий промежуток времени. Также недостатком данного типа привода является требовательность к количеству серы и воды в составе перекачиваемого газа. В связи с тем, что давление газа в трубе велико, частички влаги соединяются с серой и образуют сернистую кислоту. В результате происходит коррозия газовых трубок с последующим их разрушением. Для удаления влаги в блоке подготовки воздуха установлен влагоотделяющий фильтр.

Так как для работы пневматического привода низкого давления необходимо иметь сжатый воздух (газ), обслуживаемый объект должен быть оборудован компрессором соответствующей мощности, станцией подготовки воздуха и разветвленной пневмосистемой. Стоимость компрессорной станции с вспомогательными системами может достигать больших значений, кроме того компрессорная станция и пневмосеть, как технический объект требует соответствующего регулярного обслуживания, что в итоге выливается в серьезные затраты.

Газовая часть привода высокого давления соединяется через блоки подготовки газа и распределители непосредственно с газовым трубопроводом. Это позволяет приводу использовать энергию давления перекачиваемого газа для работы. Поступающий в привод газ предварительно очищается от механических примесей и частично от влаги, давление газа редуцируется до требуемого для безопасной работы привода и после чего через блок распределителей поступает в рабочую полость газового цилиндра. Данный тип привода является практически полностью энергонезависимым от внешних источников электропитания. Электроэнергия необходима только для работы электрораспределителей, переключающих каналы управления приводом. Функции поставщика электроэнергии может выполнять аккумуляторная или солнечная батарея.

Промежуточным вариантом среди рассматриваемых приводов является пневмогидравлический привод или привод, работающий по принципу “Газ через Масло”. В данном типе привода присутствуют две части: газовая и гидравлическая. Газовая часть отвечает за совершение рабочего хода привода в нормальном режиме, гидравлическая – за ручное управление в случае если в основном газопроводе отсутствует газ.

Рабочим телом привода “Газ через Масло” является масло, которое при низких температурах увеличивает вязкость и тем самым затрудняет эксплуатацию привода в зоне умеренного и холодного климата. Также существенным препятствием может стать невозможность использования системы управления приводом (электропневмораспределители) при низких температурах. Существующие технические решения позволяют эксплуатировать пневмогидравлические приводы при температурах до -46 градусов по Цельсию.

В приводе, работающем по принципу “Газ через масло” система управления разделена на две части. Газовая часть подключена непосредственно к основной магистрали с перекачиваемым газом и его давление используется для создания давления внутри привода. Масло, которым заполнена вторая часть системы, используется для передачи давления газа к жидкости. В результате чего масло под давлением передает усилие поршню и привод приходит в действие.

Плюсом привода “Газ через масло” является возможность использовать различные опции типа ограничителя крутящего момента и т.д. Минусом – при низких температурах все плюсы нивелируются резким снижением работоспособности механизма при отсутствии подогрева гидравлического блока.

Электрогидравлический привод (ЭГП). Для работы привода необходима насосная станция. Управление приводом происходит с помощью электрогидравлических распределителей. Согласно задаче температурное исполнение -60 С. Функция аварийного возврата может быть реализована в этом приводе с помощью применения механической пружины.

Основным достоинством ЭГП является его компактность при относительно небольших габаритных размерах, что позволяет при внешней ограниченности в размерах обеспечить повышенную мощность. При сравнении с электрическим приводом с подобным крутящим моментом, несомненным достоинством помимо низкого энергопотребления, является наличие функции аварийного закрытия при отключении подачи электропитания.

В связи с тем, что вязкость гидравлического масла при понижении температуры существенно увеличивается, необходимо использовать подогреватель масла. Конструктивно он представляет собой электрический греющий кабель, которым обматываются все узлы гидравлического привода, находящиеся внутри шкафа управления. Потребляемая мощность подогревателя около 40 Ватт в час. Данный недостаток приводит к тому, что электродвигатель насосной станции должен периодически включаться для того, чтобы обеспечить циркуляцию масла в системе. Если привод обеспечивает функцию регулирования или частое открытие/закрытие, то электродвигатель будет работать постоянно, что, безусловно, увеличит расход потребляемой электроэнергии в целом.

Вторым вариантом следует рассмотреть конструкцию без подогревателя. В этом случае в качестве рабочей жидкости используется низкотемпературное гидравлическое масло. Это позволяет существенно сократить расход потребляемой электроэнергии. Для систем с запорной арматурой использование ЭГП в условиях Крайнего Севера становится перспективно. В настоящий момент такие приводы уже прошли стадию экспериментальных разработок и поставляются в качестве серийных образцов. Первопроходцем в этом направлении является компания SCHUCK , в настоящий момент компания ROTORK также начала серийное производство таких приводов.

Сравним подбор гидравлического, пневматического, электрогидравлического и электрического приводов для трубопроводной арматуры диаметром 1/4 дюйма. Но вначале приведём технические требования к приводу, согласно которым будет проведён подбор и осуществлено исследование.

Рассмотрим клапан Ду 1200 мм и Ру 80 бар, среда природный газ, функция работы арматуры – регулирование, время аварийного закрытия привода по требованию СТО Газпром 72 секунды, возможно подключение электропитания 380 В переменного тока, температура окружающей среды -60 С, управление 24 В при заполнении опросного листа для подбора привода. Заданные параметры позволяют разделить границы применения различных типов приводов.

Исходя из результатов подбора, можно прийти к следующим выводам:

1. Использование электрического привода оправдано при наличии системы электропитания и при отсутствии в технических требованиях на арматуру функции аварийного возврата в безопасное положение или должно отсутствовать требование по наличию SIL 2 или SIL 3. Крутящий момент электропривода без использования редуктора ограничен. Исходя из обозначенных выше исходных параметров, приводим результат подбора электропривода на соответствие минимальным параметрам. Получаем привод, имеющий следующие параметры: ROTORK, Тип А, низкотемпературный (без подогрева до -60 С), оборудован дополнительным редуктором, питание 380 В переменного тока, управление 24 В постоянного тока. Функция аварийного закрытия невозможна, регулирование только дискретным способом. Возможен второй вариант подбора электропривода для низкотемпературных условий. От предложенного выше он будет отличаться наличием электроподогревателя, что

увеличивает расход электроэнергии для обеспечения работы привода, но при этом его стоимость за единицу будет ниже. Это привод Rotork серии IQ3 или аналогичный производства AUMA. Так как функция аварийного возврата в конструкции подобранных приводов отсутствует, то вариант использования электропривода отбрасываем как несоответствующий заданным техническим требованиям.

2. Пневмогидравлический привод, работающий по принципу “Газ через Масло” можно рекомендовать к установке на объектах и магистральных газопроводах, добывающих и транспортных систем в зонах умеренного климата или южнее. В качестве предложенного варианта рассматривается привод производства ROTORK тип KA350 GH. Так как данный тип привода непригоден для работы при заданных низких температурах, то это предложение исключаем как несоответствующее заданным техническим требованиям.
3. Пневматический привод низкого давления (до 12 бар) может быть установлен на системах, имеющих развитые трубопроводы подвода сжатого воздуха, где требуется обеспечении функции быстрого закрытия или там, где подвод электрического питания затруднен. В связи с тем, что у нас по условиям задачи отсутствует отдельная система подачи сжатого воздуха, этот вариант считаем непригодным для дальнейшего рассмотрения.
4. Пневматический привод высокого давления (выше 12 бар) может быть установлен на системах перекачки газа (для использования перекачиваемого газа в качестве рабочего тела). Использование таких приводов с гидроаккумуляторами позволяет существенно повысить автономность технических сооружений и снизить потребление электроэнергии до минимально приемлемого уровня. В связи с тем, что данный привод предназначен для работы с запорной арматурой, вариант его использования в качестве регулирующего отпадает.
5. Электрогидравлический привод (ЭГП). Обладая преимуществами вышеперечисленных приводов, данный тип имеет ещё одно достоинство – при наличии требований к большому крутящему моменту и/или необходимости функции возврата в безопасное положение (при отсутствии сети передачи сжатого воздуха/газа) мы получаем современное регулирующее автономное устройство, которое может работать от аккумуляторной батареи, и имеющее сертификаты SIL 2 и 3. Это позволяет эксплуатировать привод в самых жестких условиях. Для работы привода необходим подвод электроэнергии. В результате подбора остановим свой выбор на приводе ROTORK тип KA350 EH.

Выбор оптимального по многим критериям привода можно осуществить, опираясь на выводы, сделанные выше. При этом варьируемые параметры: использование перекачиваемого газа, как носителя энергии, или использование электропитания 380 В переменного тока, наличие требования SIL 2 или SIL 3, как обеспечение требуемого уровня безопасности.

После того, как конструктор определится с типом привода, ему необходимо провести подобный анализ внутри линейки выбранного привода. Для этого поиска будут учитываться такие параметры, как например диаметр поршня, длина его хода, скорость срабатывания при изменениях параметров рабочей среды, наличие ручного или гидравлического дублёра, возможность установки позиционера или блока конечных выключателей, а также возможность установки дополнительных устройств и функций – АЗК (аварийное закрытие крана), ограничитель величины крутящего момента, SIL, гидравлический аккумулятор.

Для выбора оптимального проектного варианта привода необходимо иметь комплекс проблемно-ориентированных математических моделей. В такой комплекс входят математические модели, описывающие динамику приводов. С помощью этих моделей можно находить показатели качества процессов управления, которые относятся к числу важных критериев при оценке проектных вариантов гидравлических приводов [1].

Заключение

Таким образом, задача выработки универсального алгоритма для подбора оптимальных по многим критериям гидроприводов и приводной техники вообще, является нетривиальной [2]. Важность этого мероприятия заключается в необходимости облегчить труд инженера-конструктора по подбору оборудования, сняв с него часть нагрузки путём автоматизации процесса расчета параметров и подбора предпочтительных решений. При этом нужно понимать, что последнее слово всегда останется за конструктором, и поэтому часть решений могут быть применены путём расширения диапазона исследуемых параметров исходя из опыта конструктора и требований заказчика (конечного пользователя), на которые ему приходится в конечном итоге ориентироваться.

Список литературы

1. Малышев В.Н., Попов Д.Н., Сосновский Н.Г. Идентификация автономного электрогидравлического следящего привода // Наука и образование: электронное издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. № 6. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/66269.html (дата обращения 18.08.2014).
2. Боровин Г.К., Попов Д.Н. Многокритериальная оптимизация гидросистем: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. 94 с.