



Общие тенденции развития электроприводов трубопроводной арматуры

В.А. Можжечков, д.т.н., ЗАО «ИТЦ «Привод» (г. Тула)

Современные конструкции электроприводов трубопроводной арматуры отражают результаты творческого труда конструкторов и технологов многих компаний различных стран мира на протяжении нескольких десятилетий. Вместе с тем процесс развития данного класса электроприводов не прекращается, а направления их совершенствования имеют немало общего, несмотря на многочисленность компаний, участвующих в данном процессе.

Общими тенденциями развития рассматриваемого класса приводов в настоящее время являются:

1. Рост многообразия функций, реализуемых приводом, проявляющийся, в частности, в расширении перечня контролируемых параметров, в развитии функций самодиагностики привода и в появлении функций диагностики арматуры, в расширении функций управления, в развитии сетевых протоколов и беспроводных средств передачи данных.

2. Насыщение электронными средствами управления и сигнализации с расширенными функциональными возможностями все более широкой номенклатуры приводов.

3. Расширение спектра предлагаемых моделей приводов: от предельно простых и дешевых до максимально функциональных моделей, на основе развития и совершенствования принципов модульного построения привода.

4. Расширение диапазона и дробности предлагаемых значений крутящего момента и скорости выходного звена привода, как в сторону сверхмалых, так и в сторону сверхбольших мощностей, как следствие прихода автоматизации в новые отрасли, где ранее использование электроприводов представлялось нерентабельным или нецелесообразным в силу конкуренции с ручными, пневмо- и гидроприводами.

5. Повышение надежности приводов на основе предельного упрощения механики и сокращения количества подвижных деталей, предупреждения неисправностей на основе их ранней диагностики, защитного отключения двигателя, термостабилизации наиболее важных модулей.

6. Объединение привода, арматуры и сенсоров в систему, называемую «smart»-арматурой.

7. Минимизация работ по техническому обслуживанию привода на основе применения все более совершенных материалов (уплотнения и смазки), а также на

основе рационального планирования работ по предупредительному ремонту на основе диагностических функций «интеллектуального» модуля привода, функций учета и просмотра (в том числе и удаленного) информации об истории функционирования привода и о его современном состоянии.

Рост многообразия функций

Прогресс электроприводов арматуры наиболее ярко и контрастно представлен процессом расширения перечня выполняемых ими функций. Восхождение от простейшего мотор-редуктора с ручным дублером до современного «интеллектуального»

привода с широким перечнем выполняемых функций – таков путь развития обсуждаемых нами приводов. Эволюционное расширение функций (наличие путевых, затем моментных выключателей (одно-, а потом и двухсторонних), потенциометрических и токовых сигнализаторов положений вала, элементов, поддерживающих местное и удаленное управление различных видов)

сменилось революцией, обусловленной использованием микропроцессоров и разнообразных сенсоров в составе привода.

Благодаря микропроцессору и широчайшему спектру реализуемых им функций привод стал именоваться «интеллектуальным».

Сложился фактический стандарт набора функций «интеллектуального» привода, который реализуют практически все ведущие производители электроприводов. Этот набор включает в себя функции:

управление приводом (включение и выключение привода от местного и дистанционного пульта на открытие и закрытие, позиционирование выходного звена по аналоговому и цифровому сигналу управления, регулирование времени открытия и закрытия в старт/стоповом режиме);

настройка (сигнализаторов крайних и промежуточных положений выходного вала, предельных значений движущего момента, параметров блокировки и защитного отключения, а также событий, отражаемых светоиндикаторами);

прием и передача данных (передача сигналов типа «сухой контакт» о достижении крайних и промежуточных



Рис. 1. Электропривод серии ЭП4 производства ЗАО «Тулаэлектротрипривод» с электронным интеллектуальным модулем управления (ЗИМУ)

положений выходного вала, предельных значений движущего момента, прием дискретных сигналов управления, аналогового сигнала задания положения выходного вала, прием и передача данных посредством интерфейса RS485 и сетевых протоколов связи);

блокировка (байпас (игнорирование) сигнала превышения предельного крутящего момента на задаваемом интервале движения, запрет реверса без остановки на заданное время, запрет повторного включения двигателя в направлении достижения предельного крутящего момента, запрет несанкционированного задания параметров привода);

защитное отключение (выключение двигателя: при обрыве одной и более фаз питания, при превышении допустимого значения момента, при отсутствии движения за заданное время, при превышении заданной температуры, при потере связи в режиме удаленного управления);

индикация (крайних положений, факта и направления вращения, текущего положения выходного вала и величины движущего момента, режима работы, аварийных ситуаций, наличия электропитания);

просмотр переменных состояния, настройки и истории функционирования привода;

регистрация служебной информации и информации об истории функционирования привода;

регулирование температуры приборного отсека.

Типичным представителем «интеллектуальных» приводов является электропривод серии ЭП4 производства ЗАО «Тулаэлектропривод» с электронным интеллектуальным модулем управления (ЭИМУ) (рис. 1). Ниже представлен краткий перечень его функциональных возможностей.

Управление приводом:

- включение на открытие, закрытие и останов привода от местного и удаленного пульта управления,
- позиционирование выходного вала,
- пошаговое перемещение выходного вала.

Прием и передача данных:

- прием дискретных сигналов управления от удаленного пульта,
- прием аналогового сигнала задания положения выходного вала 4–20 мА,
- передача положения и момента посредством токовых сигналов 4–20 мА,
- передача 6 дискретных сигналов «сухой контакт»,
- прием и передача данных посредством интерфейса RS485.

Блокировки:

- запрет реверса без остановки на заданное время,
- запрет включения двигателя в направлении, при котором произошло достижение крайнего положения выходного вала или предельного значения движущего момента, без его остановки на заданное время,
- запрет несанкционированного задания параметров привода,
- байпас аварийного сигнала момента.

Защитное отключение:

- выключение двигателя при обрыве одной и более фаз питания,
- выключение при превышении допустимого значения момента,
- выключение при отсутствии движения за заданное время,
- выключение при превышении температуры двигателя,
- перевод вала в назначенное положение и выключение двигателя при потере связи в режиме удаленного управления.

Индикация:

- текущего положения выходного вала привода,
- крайних и двух промежуточных положений,
- текущего значения движущего момента,
- факта вращения выходного вала привода,
- направления вращения выходного вала привода,
- режима работы,
- аварийных ситуаций,
- наличия электропитания.

Просмотр переменных состояния, настройки и истории функционирования привода.

Настройки привода:

- задание крайних и промежуточных положений выходного вала,
- задание предельных значений движущего момента,
- задание времени остановки перед включением реверса,
- спецификация входных и выходных дискретных сигналов,
- спецификация данных, передаваемых по интерфейсу RS485,
- задание параметров функций блокировки и отключения,
- спецификация данных, отражаемых светодиодами.

Регистрация служебной информации и информации об истории функционирования привода.

Регулирование температуры приборного отсека.

Тенденциями развития набора функций «интеллектуальных» приводов являются:

- наращивание многообразия поддерживаемых сетевых протоколов и средств передачи данных,
- включение функций диагностики состояний привода и арматуры,
- реализация функций адаптивного управления.

Расширение перечня протоколов и средств обмена данными

Типовой список сетевых протоколов обмена данными «интеллектуальных» приводов содержит, как правило, Modbus, Profibus, Foundation Fieldbus. В последние годы этот список пополняется протоколами DeviceNet,



LonWorks и рядом других. Большинство производителей допускает установку практически любого сетевого протокола, определенного потребителем. Наряду с традиционно используемыми проводными линиями связи, поддерживаемыми интерфейсы RS-485 (протокол Profibus и Modbus), CAN (протокол DeviceNet), IEC 61158 (протокол Foundation Fieldbus), внедряются оптические линии связи и беспроводная сетевая связь приводов между собой и с системой управления верхнего уровня, основанная на интерфейсе Bluetooth.

В будущем функции обмена данными «интеллектуальных» приводов будут активно развиваться, отслеживая прогресс аналогичных функций компьютерных систем в целом и систем SCADA в частности.

Реализация функций диагностики

Одним из наиболее актуальных направлений развития «интеллектуальных» приводов является придание им функций диагностики состояний привода и арматуры. Данная способность привода особенно актуальна и востребована для отраслей промышленности, где важно обеспечить минимальную вероятность возникновения аварии (это, в частности, атомная энергетика, химическая промышленность и ряд других).

Предполагается, что привод обеспечивает сбор информации для диагностических заключений о возможности продолжения работы либо о необходимости проведения профилактических и ремонтных работ. Диагностические заключения осуществляет либо сам привод (это касается самых простых заключений), либо такие заключения делает система верхнего уровня (SCADA-система), либо человек-эксперт.

Диагностические заключения касаются как самого привода, так и арматуры, управляемой приводом. Диагностические заключения основываются на анализе процессов закрытия/открытия приводом арматуры и соответствующих им кривых изменения токов и напряжений в фазах двигателя, времени и скорости движения, перепадов температуры двигателя, значения момента сопротивления движению и ряд других обобщенных параметров, характеризующих процесс закрытия и открытия арматуры.

Диагностические выводы относительно текущего состояния привода и арматуры делаются на основании анализа процессов изменения указанных выше величин во времени, дрейфов их максимальных, минимальных и среднестатистических значений, а также их отклонений от аналогичных значений, вычисляемых системой верхнего уровня на основе статистической обработки данных, получаемых от аналогичных приводов, функционирующих в составе данной производственной системы.

Привод при диагностировании арматуры выступает как своеобразный комплексный сенсор. Такой подход оправдан, ведь современный интеллектуальный привод содержит широкий набор датчиков различных величин. Кроме датчиков привода в системе диагностики могут использоваться датчики, встраиваемые в арматуру (акустические датчики, датчики утечек и ряд других). Привод выступает при этом в роли локально-

го устройства сбора и обработки диагностической информации. Интеллектуальный модуль, решая задачи диагностики, более весомо оправдывает свое присутствие в приводе.

Реализация адаптивного управления

Тенденцией развития электроприводов арматуры является реализация функции адаптивного управления приводом, которая предполагает возможность осуществлять автоматическую настройку параметров регулятора, встроенного в привод (в частности PI и PID регулятора) и решающего задачу позиционирования вала привода или (в варианте «Smart»-арматуры) задачу регулирования некоторой иной физической величины, зависящей от положения запорного органа арматуры (например, расхода, давления, температуры, уровня жидкости).

Функция адаптивного управления осуществляется на основе применения соответствующих методов теории управления, в частности, алгоритмов идентификации математической модели объекта управления – системы «двигатель-редуктор-арматура» на основе анализа реально получаемых законов изменения разнообразных переменных, характеризующих процесс закрытия и открытия арматуры, получаемых от сенсоров привода и арматуры.

Реализация в приводе функции адаптивного управления позволяет получать высокое быстродействие и точность регулирования (расхода, давления) для разнообразной арматуры и исключает (либо существенно упрощает) необходимость «ручной» настройки регулятора человеком-оператором.

Насыщение электроприводов электронными средствами управления и сигнализации

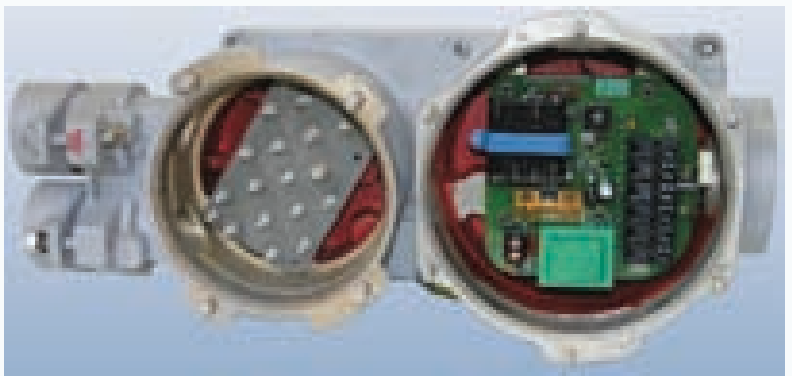
Современное развитие электроники, и в первую очередь микропроцессорной техники, открывает все новые возможности для совершенствования электроприводов трубопроводной арматуры. Именно благодаря развитию электроники стало возможным описанное выше многообразие функциональных возможностей современных электроприводов.

Кроме расширения функциональности привода, применение электроники позволяет упростить, удешевить, сделать более надежными и удобными в эксплуатации многие узлы привода. Характерным примером такого рода является предлагаемая ЗАО «Тулаэлектропривод» замена в приводах традиционной линейки механического узла выключателей на электронные блоки концевых выключателей (*рис. 2*).

В приводах новых серий, в частности, в приводах серии ЭП4, электронные блоки управления пользуются предпочтением заказчиков и являются доминирующими по отношению к механическим блокам выключателей, последние оказываются предпочтительными только в исполнениях, предназначенных для использования на атомных электростанциях.



Коробка механического блока концевых выключателей взрывозащищенного многооборотного электропривода ТУ 26-07-015-89



Коробка электронного блока концевых выключателей (ЭБКВ) того же электропривода

Рис. 2. Замена в приводах механического узла выключателей на электронные блоки концевых выключателей (ЭБКВ)

Расширение спектра предлагаемых моделей, развитие концепции модульного построения

Большинство современных моделей приводов реализует идею модульного построения, позволяющую из ограниченного набора модулей получать широкое многообразие вариантов исполнений приводов. Это существенно упрощает выполнение разнообразных заказов потребителей.

Развитие концепции модульного построения приводов будет состоять:

- в увеличении разновидностей модулей (в первую очередь модулей, поддерживающих опции управления, приема и передачи данных),
- в иерархическом построении самих модулей (модули также будут иметь модульное построение),
- в максимальной реализации опций на основе опционального построения программного обеспечения интеллектуального модуля привода (в первую очередь это касается опций управления, защитного отключения, приема и передачи данных).

В частности, приводы серии ЭП4 допускают установку различных модулей управления:

- полнофункциональный электронный интеллектуальный модуль управления – ЭИМУ, предполагающий размещение пускателя в составе привода,
- электронный блок концевых выключателей – ЭБКВ, предполагающий размещение пускателя вне привода,
- механический блок концевых выключателей.

При этом каждый из указанных модулей также построен по модульному принципу, предполагающему расширение функциональных возможностей блока за счет добавления в него опциональных модулей.

Расширение диапазонов и дробности предлагаемых значений крутящего момента и скорости

Наблюдается тенденция расширения диапазонов крутящего момента, скорости вращения вала привода и рост дробности предлагаемых значений указанных величин.

Расширение диапазона крутящих моментов происходит как в результате смещения вправо правой границы диапазона вследствие появления моделей, развивающих все более значительные крутящие моменты, так и в результате смещения влево левой границы диапазона вследствие востребованности на рынке все более миниатюрных моделей приводов арматуры.

Тенденция расширения диапазона крутящих моментов в сторону больших крутящих моментов обусловлена, с одной стороны, достижениями в технике управления электродвигателями высокой мощности и, с другой стороны, все большей востребованностью на рынке моделей электроприводов, способных заместить ныне используемые на арматуре высокомоментные гидроприводы и пневмоприводы, менее удобные в эксплуатации.

Тенденция расширения диапазона крутящих моментов в сторону малых крутящих моментов обусловлена развитием систем автоматизации. Если ранее востребованность электроприводной арматуры, как правило, объяснялась недостаточной мощностью мускулатуры человека и его неспособностью закрыть нужную арматуру за нужное время, то развитие автоматизации все чаще требует установки электроприводов на миниатюрную арматуру.

Тенденция появления на рынке все более скоростных приводов продиктована целесообразностью их сочетания



Рис. 3. Электропривод неполнооборотный ЭПН-0 с крутящим моментом 8 Нм



Рис. 4. Электропривод многооборотный серии ЭП4 с крутящим моментом до 24 000 Нм

с редукторами и прямоходными приставками, используемыми в качестве модулей для получения конечного продукта. Эта тенденция подпитывается также успехами использования приводов с регулируемой скоростью посредством частотного и векторного управления асинхронным двигателем привода.

В продуктовой линейке ЗАО «Тулаэлектропривод» в настоящее время представлены приводы с крутящим моментом от 8 до 24 000 Нм и со скоростями вращения до 180 об/мин (рис. 3, 4), в то время как всего лишь несколько лет назад диапазон предложений по крутящему моменту был ограничен значениями 25÷10 000 Нм, по скорости — значением 50 об/мин. Существенно более дробным стал и ряд значений, заполняющий указанные диапазоны.

Повышение надежности

Повышение надежности современных приводов обеспечивается реализацией ряда мероприятий. Оставляя в стороне меры, осуществляемые в процессе изготовления и испытаний привода, а также систему качества, используемую на предприятии-изготовителе, отметим мероприятия, реализуемые при конструировании привода.

В конструкции привода получают распространение более надежные:

- конструкции ручного дублера, в частности, конструкции, обеспечивающие выполнение своей функции при заклинивании ротора в статоре электродвигателя, например, конструкции с механизмом ручного дублера на основе механического дифференциала (рис. 5);
- бесконтактные датчики положений вала привода и величины крутящего момента;
- корпусные элементы привода с повышенным уровнем защиты от проникновения пыли и воды (как правило уровень IP68);
- маслозаполненные редукторы.

Сложился стандарт, по которому в модулях управления современных приводов обязательно, либо как опция, присутствуют следующие функции, обеспечивающие повышение надежности его функционирования: функции

защитного отключения двигателя (по превышению порога температуры, по факту отсутствия движения, при отсутствии одной из фаз питания), функции запрета реверсивного включения двигателя привода без его остановки на заданное время, функции запрета включения двигателя в направлении движения, при котором произошло достижение предельного значения крутящего момента, функции термостабилизации приборного отсека на уровне, исключающем накопление конденсата.

Внедрение в «интеллектуальные» приводы средств диагностики и мониторинга состояний системы привод-

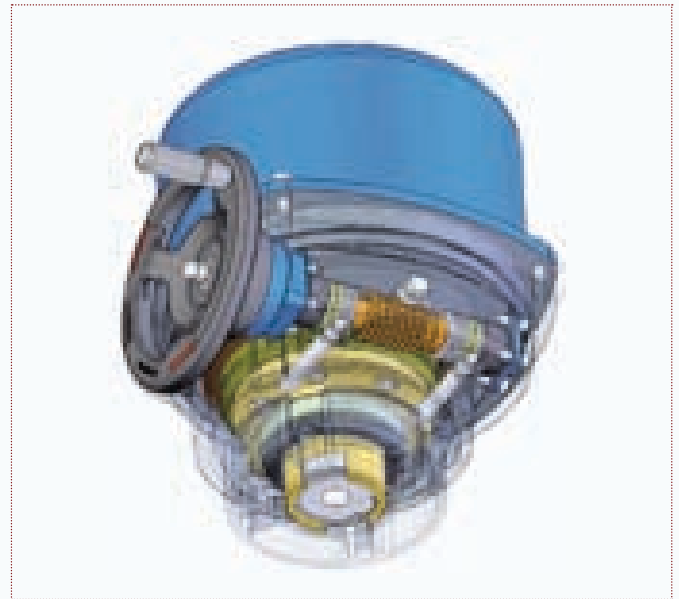


Рис. 5. Электропривод неполноповоротный серии ЭПН производства ЗАО «Тулаэлектропривод» с ручным дублером на основе механического дифференциала

арматура также является одной из тенденций повышения требований к надежности приводов.

Как правило, «законодателями мод» в требованиях к надежности привода выступают стандарты таких отраслей как атомная энергетика и химия. Конструкции приводов, созданные с учетом этих требований (рис. 6), распространяются затем и на общепромышленные исполнения.



Рис. 6. Электропривод серии ЭП4 для атомных электростанций с разъемами для подключения диагностических средств АСУ ТП

Объединение интеллектуального привода с арматурой = «Smart-арматура»

Одной из важных тенденций развития электроприводов арматуры является объединение привода, арматуры и сенсоров в единое устройство, решающее комплекс возложенных на него задач. Указанное объединение называют «Smart-арматура» (рис. 7). В таком объединении именно интеллектуальный привод играет главную консолидирующую роль, именно он придает



Рис. 7. Примеры «smart-арматуры»

новое качество и новые свойства группе объединенных элементов. Главным результатом такого объединения является получение устройства-регулятора некоторой физической величины (например, расхода или давления), в котором все обратные связи, используемые при регулировании, замыкаются на локальном уровне – в пределах габаритов арматуры и привода. В результате удается получить компактное, помехоустойчивое, относительно дешевое, надежное и эффективное во всех отношениях решение задачи регулирования. При этом с потребителя снимается значительная часть проблем по формированию контура регулирования, в частности, исключается необходимость программировать и аппаратно поддерживать закон регулирования в системе верхнего уровня (в SCADA-системе).

Развитие приводов в составе «smart-арматуры» будет связано с реализацией в них описанных выше функций диагностики и адаптивного управления.

Минимизация технического обслуживания

Результатом стремления к минимизации потребного объема работ по техническому обслуживанию привода является применение в редукторе привода жидких или полужидких смазок (масел), в которые оказываются погруженными трущиеся поверхности, такие смазки имеют все более длительный срок эффективного действия (большинство ведущих производителей объявляет об отсутствии необходимости в смене смазки за весь период расчетного срока эксплуатации привода, что составляет 10-20 тысяч циклов срабатываний и более).

Рационально планировать и минимизировать техническое обслуживание приводов позволяют диагностические функции «интеллектуального» привода, а также реализуемые им функции просмотра (в том числе и удаленно-го) информации об истории функционирования привода, переменных состояниях привода, в частности, значений крутящего момента и токов в фазах двигателя.

Перечисленные выше тенденции нашли свое отражение при обновлении продуктовой линейки ЗАО «Тулаэлектропривод» в конструкциях электроприводов новых серий:

Отражение общих тенденций развития приводов ТПА в новых изделиях ЗАО «Тулаэлектропривод»

– в многооборотных электроприводах серии ЭП4 (рис. 8),

– в многооборотных электроприводах серии ЭП4 (рис. 8),



Рис. 8. Электроприводы серии ЭП4



Рис. 9. Неполнооборотный электропривод на базе многооборотного привода ЭП4 и редуктора серии РН



Рис. 11. Прямоходные электроприводы серии ЭПП



Рис. 10. Неполнооборотные электроприводы серии ЭПН

- в неполнооборотных электроприводах на базе приводов ЭП4 и редукторов серии РН (рис. 9),
- в новой серии неполнооборотных моноблочных приводов серии ЭПН (рис. 10),
- в прямоходных электроприводах серии ЭПП (рис. 11).

Более подробную информацию о вышеуказанных электроприводах можно найти на сайте ЗАО «Тула-электропривод»: www.tulaprivod.ru.