

**В составе многочисленных технологических объектов, связанных с транспортировкой жидких и газообразных продуктов по трубопроводам, применяется запорная и запорно-регулирующая трубопроводная арматура с электрическим приводом (ЭП). Функции, выполняемые ЭП, зависят от типа арматуры (задвижка, вентиль, клапан) и условий ее применения. По сути, ЭП запорной и запорно-регулирующей арматуры (ЗА и ЗРА) является исполнительным механизмом, приводящим в движение запорный орган трубопроводной арматуры. Иначе, ЭП является элементом автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).**

д.т.н. А.Г. Гарганеев,  
компания ЭлеСи  
к.т.н. А.С. Каракулов,  
компания ЭлеСи

**К**ак правило, ЭП выполняет свои функции, находясь на большом удалении от пунктов управления и в сложных условиях окружающей среды (на «открытом» воздухе и во взрывоопасной зоне). При этом решающее значение приобретает надежность конструктивных и схмотехнических решений ЭП, а также его «интеллектуальные» возможности в части:

- априорно заложенных законов управления;
- «самообучения» и «самонастройки» непосредственно в рабочем процессе;
- диагностики двигателя и преобразователя;
- организации обмена данными с ДП различного уровня, исходя из требований конкретного ТП;
- выполнения требований стандартов по взрывозащите, искробезопасности и электромагнитной совместимости;
- выполнения требований стандартов по стойкости к различного вида механическим воздействиям.

Принципы построения конструктивных и схмотехнических решений ЭП ЗА (ЗРА) диктуются условиями его применения, а также особенностями ТП перекачки легковоспламеняющихся продуктов по трубопроводу.



## Интеллектуальный электропривод как элемент распределенной АСУ

Конструкция ЭП предусматривает непосредственное механическое объединение приводного двигателя, редуктора и преобразователя - блока электронного управления (рис. 1) и должна отвечать специальным техническим требованиям на арматуру с ЭП, изложенным, в частности, в [1, 2]. Например, согласно [2], ЭП должен иметь назначенный срок службы не менее 30 лет с ресурсом не менее 3000 циклов работы в диапазоне температуры окружающей среды от минус 60 °С до плюс 50 °С и при возможности работы в районах с сейсмическим воздействием до 10 баллов по шкале Рихтера. При этом вероятность безотказной работы в течение назначенного срока должна составлять не менее 0,99. Кроме этого, исполнение ЭП по степени

взрывозащиты вида «Взрывонепроницаемая оболочка» должно быть не ниже показателя 1 ExdIIBT4, при соблюдении показателя вида «Искробезопасная электрическая цепь» - на уровне 1 ExibIIBT3. Степень защиты ЭП - IP65, IP67.

Работа ЭП ЗА (ЗРА) в распределенной АСУ ТП предполагает возможность его управления по четырем каналам:

- 1) местный - с органов управления, расположенных непосредственно на взрывонепроницаемой оболочке;
- 2) дистанционный с пульта дистанционного управления по инфракрасному порту непосредственно во взрывоопасной зоне;
- 3) дистанционный по последовательному интерфейсу;

средства автоматизации ►

## интеллектуальный электропривод как элемент распределенной АСУ



**Рис. 1. Электропривод запорной арматуры Elesyb с блоком электронного управления ESD-VC компании ЭлеСи, Россия**

4) дистанционный по сигналам телемеханики.

Гамму требований к ЭП завершают конструктивные особенности конкретного типа ЗА и «правила» ее эксплуатации, основными из которых являются:

- обеспечение герметичности затвора;
- создание требуемых моментов уплотнения и вытяжки без необратимых деформаций поверхности клина и винта;
- обеспечение скоростей закрытия проходного сечения трубопровода, допускаемых ТП;
- точность позиционирования рабочего органа ЗА;
- сохранение информации о положении выходного звена ЗА в условиях отсутствия внешнего электропитания.

Дополнительной особенностью эксплуатации ЭП ЗА является его работа в реальных условиях электроснабжения, спо-

собных существенно отличаться от требуемых стандартами, в частности, российского ГОСТ 13109–97. Этот факт приводит к пересмотру концепции защитных функций и выработке конструктивных и схемных решений, позволяющих ЭП выполнить до конца поставленную оператором задачу.

Основным показателем качества работы задвижки является внутренняя герметичность, обеспечиваемая за счет соединения уплотнительных поверхностей (герметизаторов) клина и седла задвижки (рис. 2) [3].

До недавнего времени основным способом получения герметичности в затворе считалось обеспечение контактного давления герметизации с учетом параметров и фактической точности герметизаторов. Это означает, что в создании герметичности основную роль играло то усилие, с которым сжимают между собой герметизаторы. Подобный подход приводил к необходимости

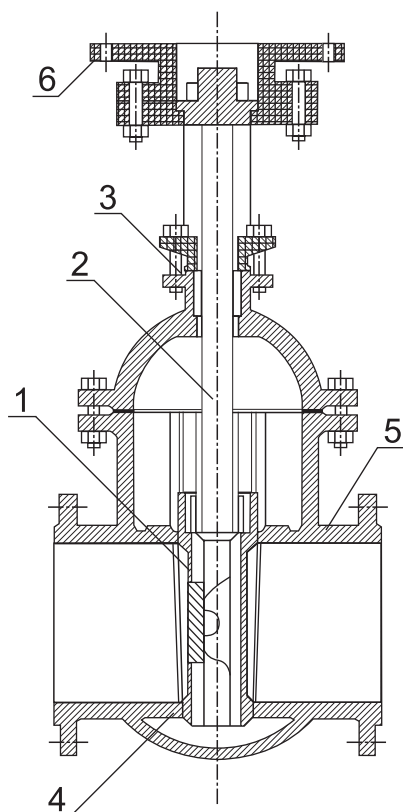
установки на арматуру мощных ЭП с соответствующими массогабаритными показателями.

В настоящее время в арматуростроении и при эксплуатации арматуры стал преобладать другой подход, который основную роль в устранении протечек отводит геометрическим и структурным параметрам герметизаторов [4]. Усилие, которое можно прилагать к таким герметизаторам, является строго регламентированным. При превышении заданного усилия происходит деформация герметизаторов и потеря внутренней герметичности. Чрезмерно малое усилие приводит к образованию щели в затворе и, следовательно, к протечкам.

Для каждого типа задвижек существует паспортное значение усилий уплотнения и срыва клина с уплотненного состояния. Данные усилия определяются материалами, применяемыми для изготовления уплотнительных поверхностей, их размерными характеристиками и другими факторами.

Паспортные значения усилий обеспечивают требуемый уровень герметичности только в течение первых 1000 циклов перекрытия арматуры при ресурсе задвижки 3-4 тыс. циклов. Как показали исследования [3], при многократном нагружении затвора происходит упругопластическое деформирование контактирующих поверхностей. Данные деформации ведут к износу герметизаторов и изменению размерно-геометрических характеристик межуплотнительного пространства. На рис. 3 [4] представлено изменение относительной утечки  $\rho$  от числа циклов нагружения затвора  $N$ . Из графика видно, что на первом этапе циклической наработки происходит интенсивное уменьшение утечки вследствие приработки поверхностей клина и седла. На втором этапе утечка минимальна. На третьем этапе происходит интенсивное увеличение утечки из-за износа уплотнений.

Кроме того, клин задвижки работает в условиях самоторможения, вследствие чего путь торможения также влияет на износ герметизаторов и должен быть минимально необходимым для достижения надежного



**Рис. 2. Конструкция клиновой задвижки**

**1 – клин, 2 – шток, 3 – грузовая гайка, 4 – седло, 5 – корпус, 6 – подставка под электропривод**

уплотнения. Деформация задвижки и появление отложений в затворе, равно как и истирание герметизаторов, ведут к изменению расстояния, которое необходимо преодолеть для перекрытия сечения.

Для перемещения затвора из открытого положения в закрытое изначально необходимо развить усилие трогания, которое способно сдвинуть шток из исходного положения. Основные причины необходимости приложения усилия – сухое трение в резьбовом соединении «шток-гайка», появление ржавчины, попадание в него воды с последующим замерзанием и пр. Теоретически усилия трогания могут достигать значений, способных деформировать корпус задвижки (стойки и подставка под ЭП, шток и т.д.), поэтому необходимо

ограничивать их, исходя из механической прочности корпуса арматуры. Как правило, отрыв происходит сразу, после чего начинается перемещение штока. При этом ЭП должен развивать момент, достаточный для преодоления сил сопротивления, в основном сил трения в резьбовом соединении «шток-гайка». Силы трения при перемещении могут изменяться в зависимости от двух факторов:

- состояния резьбы – сколы и прочие дефекты штока;
- наличия давления рабочей среды на клин, ведущего к изгибанию штока и соответствующему увеличению сил трения в резьбовом соединении. Данный фактор особенно характерен для шиберных задвижек, в которых запорный орган представляет собой пластину с проходным отверстием.

При подходе к крайнему положению «Закрыто» усилие на штоке и момент ЭП начинают возрастать, что обусловлено посадкой клина в седло и уплотнением с целью достижения заданного уровня герметичности. В случае задвижки с параллельным запорным органом нарастание усилия и момента ЭП происходит очень резко, так как в конструкции нет демпфирующих элементов типа герметизаторов. Фактически ЭП переходит в режим работы на упор.

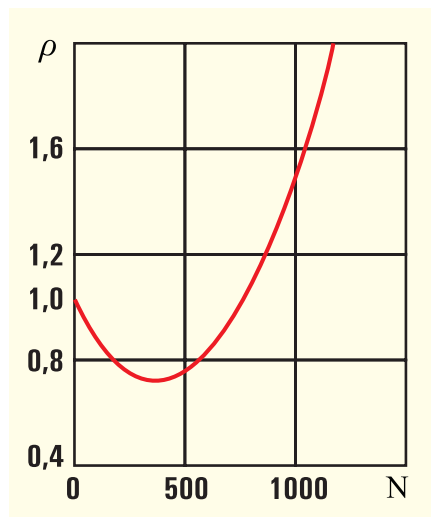
Превышение допустимого усилия приводит к переходу упругой деформации в пластическую, что ведет к более полной герметизации, однако для следующего цикла усилие уплотнения должно быть еще большим, так как происходит изменение геометрических размеров герметизаторов.

Заводы-изготовители допускают отклонение усилия герметизации не более чем на 10 % от паспортных значений уплотнения задвижки [5]. При многолетней эксплуатации арматуры в затворе происходит накопление отложений различной пластичности и посторонних предметов. Вследствие этого расстояние, при котором усилие достигает критической точки от положения «Открыто», уменьшается. Уси-

лие отрыва должно быть достаточным и для выдвигания клина из седла, так как седло может изменить свои геометрические размеры под воздействием температуры.

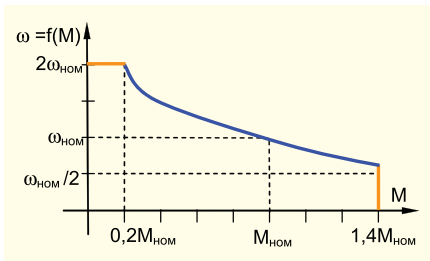
Кроме того, для различных типов конструктивного исполнения задвижек и технологического процесса при транспортировке нефтепродуктов требуются различные варианты уплотнений арматуры – в положениях «Открыто» и/или «Закрыто», или вообще без уплотнений.

Для обеспечения необходимого уровня герметизации соединения необходимо осуществлять комплексные мероприятия, которые должны привести в том числе и к созданию условий, замедляющих процесс изменения исходных функциональных метрических параметров уплотнения [6]. Одним из основных условий повышения эксплуатационных свойств задвижки является совершенствование ее ЭП, который своими перестановочными и уплотнительными усилиями может изменять геометрические размеры уплотняющих поверхностей затвора и тем самым влияет на эксплуатационные свойства трубопроводной арматуры.



**Рис. 3. Влияние циклов работы задвижки на герметичность затвора**

## Интеллектуальный электропривод как элемент распределенной АСУ



**Рис. 4. Механическая характеристика электропривода при управлении по критерию «постоянная мощность»**

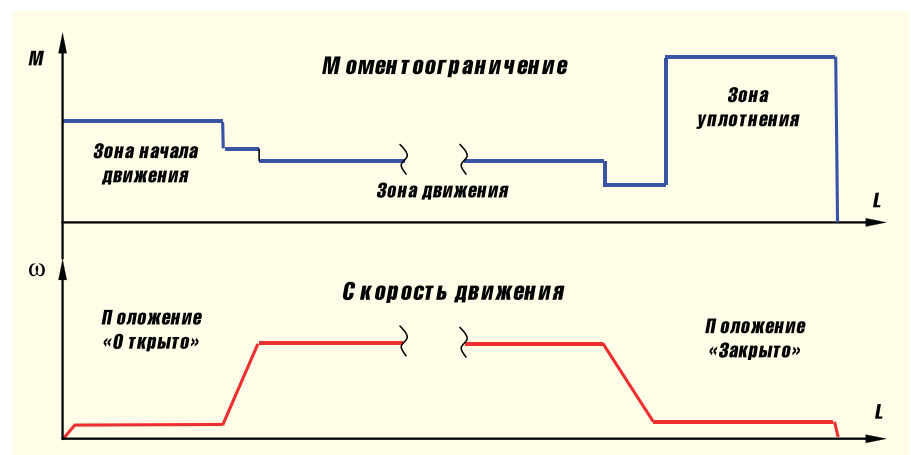
Срыв возможно производить однократной кратковременной подачей импульса момента, не допускающего перемещения штока по резьбе больше того расстояния, при котором происходит переход упругой деформации в пластическую. Погрешность регулирования по моменту и дискретность задания величины момента ограничения определяются паспортными данными на арматуру с одинаковым посадочным местом под ЭП. Разброс значений (для момента уплотнения) составляет от 20 до 100 % от максимального момента для ЭП с единым типоразмером посадочного места.

Скорость вращения  $\omega$ , развиваемая двигателем, должна быть достаточной для обеспечения быстрого действия работы затвора. Быстродействие определяется соответствующими требованиями, регламентирующими

ми время перекрытия сечения трубопровода в нормальных или аварийных режимах его эксплуатации. Так, например, согласно требованиям ОАО «АК Транснефть» [2], время перекрытия трубопровода сечением 1200 мм должно быть не более 420 с. Следует отметить, что на общее время перекрытия накладываются «технологические» ограничения. При подходе к крайнему нижнему положению «Закрыто» скорость желательнее снижать в целях предупреждения гидравлического удара в трубе, кавитационного эффекта и передеформации уплотнительных поверхностей за

по максимальному моменту и скорости. Механическая характеристика такого режима представлена на рис. 4.

Специальных требований к переходным процессам по скорости и току в ЭП задвижки нет. Единственной особенностью ЭП задвижки можно считать необходимость формирования в некоторых случаях импульса момента для преодоления сил трения покоя при пуске из уплотненного состояния. Время импульса должно стремиться к минимально необходимому — короткий импульс формирует необходимое ударное



**Рис. 5. Диаграмма задания моментограничения и скорости**

счет инерции двигателя, редуктора и штока. При этом максимальная скорость перекрытия ограничивается также допустимой скоростью вращения механических частей ЭП, в частности, подшипников двигателя и деталей редуктора. В целях сохранения редуктора и первичной шестерни при пуске необходимо также плавно «выбирать» зазор в частях механической системы.

Максимальное быстродействие в условиях ограниченной мощности двигателя может быть достигнуто при управлении, близком по критерию «постоянная мощность», с учетом ограничений

усилие трогания. При этом изменение положения штока (а следовательно, и деформация) будет минимальным.

Типичная диаграмма задания моментограничения  $M$  и скорости  $\omega$  в зависимости от положения  $L$  представлена на рис. 5.

Точность останова запорного органа, согласно паспортным данным на запорную арматуру, не устанавливается. В идеальном случае положение «Закрыто» должно свидетельствовать о полной герметичности закрытия затвора, а положение «Открыто» — о беспрепятственном проходе транспортируемой среды через задвижку. Тем не менее в зависимости от особенностей конкретного ТП к ЭП ЗА могут предъявляться требования по точности останова выходного звена. Регулирование давления с помощью ЗА не допускается, и для этого применяются поворотные заслонки или клапаны.

В настоящее время ЭП ЗА и ЗРА строятся на базе контакторных схем, тиристорных регуляторов напряжения (ТРН) или преобразователей частоты (ПЧ) на основе инверторов напряжения.



**Рис. 6. Блок электронного управления типа «БУР» для электропривода запорной арматуры на основе ТРН**

Контакторные схемы, как правило, интегрируются с механизмами, обеспечивающими автоматическое отключение двигателя при достижении конечных положений запорного органа и при превышении максимального момента с помощью встроенного механического устройства ограничения момента.

Основными недостатками таких схем являются:

- Низкая надежность и точность работы конечных выключателей и устройства моментограничения, в частности, при эксплуатации в сложных климатических условиях (низкие температуры, высокая влажность).
- Низкие эксплуатационные возможности при отклонении параметров питающей сети вследствие квадратичной зависимости момента асинхронного двигателя (АД) от питающего напряжения.
- Необходимость частичной разборки корпуса блока управления ЭП при

настройке конечных выключателей и уставки устройства моментограничения.

- Наличие ударных неконтролируемых нагрузок на уплотнительные поверхности клина и седла, что снижает их срок службы. Величина пульсаций ударного момента может достигать 5–7-кратного номинального значения.
- Низкая надежность коммутирующей аппаратуры (прежде всего подгорание контактов при разрыве силовой цепи).

Применение ТРН в ЭП ЗА позволяет избежать вышеуказанных недостатков, однако при этом принципиально невозможно:

- регулировать скорость вращения выше номинального значения;
- формировать повышенный момент двигателя на «искусственных» характеристиках, что приводит к низкой перегрузочной способности ЭП при просадках напряжения сети.

Тем не менее ЭП ЗА на основе ТРН, обладая высокой стойкостью к «ударным» токам двигателя и высокой надежностью, находит достаточно широкое применение. На рис. 6 представлен вариант блока электронного управления типа «БУР» производства ЗАО «ЭлеСи».

ЭП на основе ПЧ, реализующих закон широтно-импульсной модуляции (ШИМ) выходного напряжения, в наибольшей степени отвечает ряду вышеперечисленных требований и ограничений, предъявляемых к ЗА.

ПЧ, как правило, выполняется по стандартной схеме «выпрямитель – инвертор» с промежуточным звеном постоянного тока (рис. 7). Мониторинг за состоянием ЭП осуществляется с помощью датчиков напряжения сети и в звене постоянного тока, а также с помощью датчиков тока в цепях статора АД. В качестве датчика положения и скорости ротора АД используется импульсный квадратурный датчик (энкодер).

средства автоматизации ▶

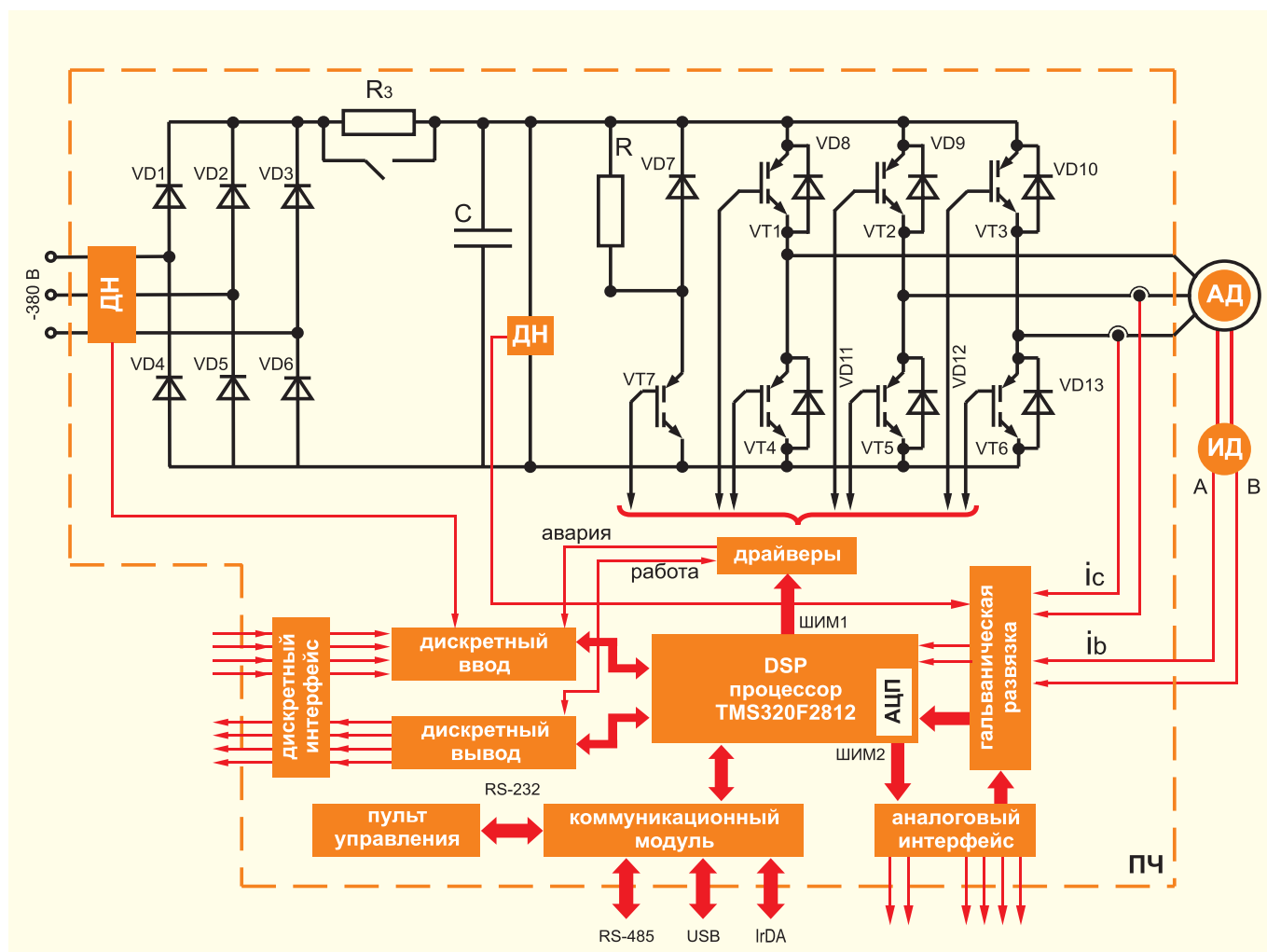


Рис. 7. Функциональная схема ЭП на основе преобразователя частоты

## Интеллектуальный электропривод как элемент распределенной АСУ

Функции управления ПЧ возложены на цифровой сигнальный процессор. Так, в ЭП ЗА Elesyb с блоком электронного управления типа ESD-VC производства ЗАО «ЭлеСи» используются процессоры типа TMS 320-2403, TMS320F-2812 фирмы Texas Instruments [7] из специализированной серии C2000, предназначенной для управления ЭП. Программное обеспечение реализовано на базе технологий eXpressDSP с применением встроенной операционной системы реального времени DSP/BIOStm [8]. Аппаратные возможности и оптимальная организация программного обеспечения позволяют использовать один процессор для управления ключами инвертора и организации структуры управления ЭП, а также прочими вспомогательными процедурами.

Коммуникационные возможности ПЧ включают управление с местного пульта (встроенного или выносного) и по интерфейсу RS-485 (протокол обмена ModBus-RTU). Аналоговый интерфейс включает многофункциональные входные и выходные каналы. ПЧ обладает стандартным набором защитных функций, которые позволяют сохранить работоспособность ЭП в аварийных ситуациях. Имеется ряд дополнительных функций для предупреждения и исключения аварийных ситуаций.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика ЭП ЗА. В качестве комментария к таблице следует отметить, что среди ЭП ЗА производства ЗАО «ЭлеСи» на основе ПЧ имеется два исполнения — на основе волнового редуктора с промежуточными телами качения (Elesyb) и червячным (Elsy-drive) с посадочными местами под задвижки всех типов А–Г [9].

Волновой редуктор позволяет существенно улучшить массогабаритные показатели ЭП. Например, при общем весе конструкции не более 90 кг с АД мощностью 4 кВт, ЭП легко монтируется на ЗА трубопровода и позволяет развивать моменты на выходном звене редуктора до 14000 Нм (!). Зарубежные фирмы (без дополнительных редукторов) таких ЭП ЗА не имеют. В качестве датчика положения и скорости в ЭП применен абсолютный энергонезависимый энкодер собственной оригинальной конструкции, позволяющий не только организовать одну из систем управления ЭП (скалярную или векторную), но и сколько угодно долго хранить ин-

формацию о положении выходного звена ЗА и ЗРА в отсутствие внешнего электропитания. Дополнительным является то, что при повороте ручного дублера энкодер фиксирует и запоминает в собственном процессоре все совершенные действия



**Рис. 8. Электропривод запорно-регулирующей арматуры «ГУСАР» с блоком электронного управления ESD-VCX**

тивия. При этом в нем нет встроенных аккумуляторов. Все результаты диагностики и контроля текущих режимов ЭП автоматически заносятся в электронный журнал состояний. Дополнительно в центральном процессоре используется множество логических конструкций, нарушение которых является признаком того или иного ненормального состояния ЭП. В случае использования ЭП в регулирующем режиме может быть применен режим идентификации объекта управления (ОУ) и самонастройки встроенного в процессор регулятора в момент

включения системы на основе предложенного проф. В.И. Гончаровым и разработанного совместно со специалистами ЗАО «ЭлеСи» вещественного интерполяционного метода (ВИМ) [10-12]. ВИМ позволяет автоматически синтезировать регулятор по прямым показателям качества (параметрам желаемой переходной характеристики) замкнутой САР - перерегулирование и времени регулирования [13]. Представителем подобной разновидности интеллектуального электропривода является ЭП «ГУСАР» с электронным блоком ESD-VCX ЗАО «ЭлеСи» на диапазон мощностей от 90 до 1500 Вт (рис. 8). Технические характеристики этого ЭП аналогичны ЭП ЗА Elesyb-M с блоком управления ESD-VC. Дополнительной особенностью ЭП является наличие алгоритма идентификации ОУ и самонастройки встроенного в процессор регулятора технологического контура. Основная область применения — нефтяная, газовая, нефтехимическая и другие отрасли промышленности, в технологических процессах которых используется многооборотный, неполноповоротный и прямоходовой ЭП для управления ЗРА и ЗА различных типов с сечением трубопровода 25-1200 мм.

Представленные в настоящей статье ЭП могут быть легко встроены в распределенную систему управления или Fieldbus-систему, поскольку обладают необходимыми для этого вычислительными мощностями и коммуникационным интерфейсом. В настоящее время в ЗАО «ЭлеСи» ведутся работы по расширению возможностей ЭП ЗА по следующим направлениям:


- разработка последовательных интерфейсов для непосредственного подключения ЭП к шинам Profibus и «промышленный Ethernet»;
- введение свободно программируемых функций по управлению ТП;
- разработка доступного инструментария для конфигурирования функций ЭП;
- разработка интеллектуальных силовых преобразователей для управления насосами, вентиляторами и другими производственными механизмами. 

Таблица 1. Сравнительная характеристика ЭП 3А

Технические параметры	AUMA MATIC	ROTORQ IQ	LIMITORQUE MX	BIFFICON	ЭП с блоком управления БУР ЭлеСи	Elesyb-M с блоком управления ESD-VC ЭлеСи
Смазка ЭП	Консист. весь срок службы	Масло, для всего срока службы	Масло, для всего срока службы	Масло, проверка и смена раз в 3 года	Консистентная, на весь срок службы	Консистентная, на весь срок службы
Окр. темп.	-20...+70 °С	-20...+70 °С	-30...+65 °С	-30...+65 °С	-50...+50 °С	-60...+50 °С
Взрывозащита	EEx de IIB T4	EExd, EExde IIB(C) T4	EExd, EExdeIIB(C)T4	EEx d IIC T5	1Ex de IIB T4	1Ex de IIB T4
Гермоввод	3 шт.	3 шт.	3 шт.	3 шт.	3 шт.	5 шт.
Оболочка	IP67	IP68	IP68	IP68	IP67	IP65 (67 блок)
Рукоятка ручного дублера	На валу мотора	На выходном валу	На выходном валу	На выходном валу	На промежуточном редукторе	На промежуточном редукторе
Изол. клем. коробки	Нет	Двойная	Двойная	Двойная	Двойная	Двойная
Блокир. селектора выбора режима мест./ стоп /дист.	Во всех положениях	Во всех положениях	Во всех положениях	Во всех положениях	Возможна блокировка заданием параметров работы блока	3 режима блокировки заданием параметров работы блока
Органы управления	Проходной вал	На магнит. эффекте	На магнит. эффекте	На магнит. эффекте	На магнит. эффекте	На магнит. эффекте
Индикация положения	Мех. указ. край. полож.	Дисплей, 1 %	Дисплей, 1 %	Дисплей, 1 %	Дисплей, 1 %	Дисплей, 1 %
Измерение момента	Механическое	Электронное	Электронное	Мех. преобразователь	Электронное	Электронное
Измерение положения	Механическое	Магнитный сенсор	Оптический	Магнитный	Оптич. датчик положения	Оптич. датчик положения
Доп. аккумуля.	Треб.	Треб.	Не треб.	Треб.	Не треб.	Не треб.
Настройка ЭП	Со вскрытием кожуха, механическим путем	Без открытия со спецприбором	Без открытия и доп. специнструмента	Без открытия и доп. специнструмента	Без открытия корпуса, ручками управления блока	Без открытия корпуса, ручками управления, инфракрасн. ПДУ, посл. интерф.
Коррекция черед. фаз	Запрет работы, сигнализ.	Автоматическая коррекция фаз	Автоматическая коррекция фаз	Автоматическая коррекция фаз	Запрет работы, сигнализ.	Автоматическая коррекция фаз
Защита от потери фаз	Нет	Есть (останов ЭП)	Есть (ЭП доходит до конца хода в целях безопасности ТП, пуск запрещен)	Есть (останов ЭП)	Есть (ЭП доходит до конца в целях безопасности ТП, запрещен пуск)	ЭП начинает и выполняет перемещение с меньшей скоростью
Защита заклиненного крана	Есть	Есть	Есть	Есть	Ограничение момента трогания (задается пользователем)	Ограничение момента трогания (задается пользователем)
Запас по моменту	Нет	120 %	140 %	Нет	110 %	150 %
Контрольное выходное напряжение	24 V DC	20-110V AC/DC 220 V AC	20-110V AC/DC 220 V AC	20-110V AC/DC 220 V AC	20-110V AC/DC 220 V AC	20-110V AC/DC 220 V AC

## Интеллектуальный электропривод как элемент распределенной АСУ

Таблица 1. Сравнительная характеристика ЭП 3А (окончание)

Аварийная команда (ESD)	Нет	Есть и программируется	Есть и программируется	Есть	ЭП выполняет любую команду, если есть возможность формирования момента двигателя. Отключение происходит лишь при отсутствии движения в течение 5 сек.	ЭП выполняет любую команду, если есть возможность формирования момента двигателя. Отключение происходит лишь при отсутствии движения в течение 5 сек.
Дисплей	Нет	Со многими языками	Со многими языками	Со многими языками. 2 окна	Просмотр/редактирование регистров	Русскоязычное меню
Инфр. коммуникатор	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет	Есть
Сбор данных, архив	Только через сеть	С доп. платой	Встроенный	Нет	Есть	Есть
Диагностика ЭП и управления	Нет	Нет	Встроенный LimiGuard	Только состояния	В процессе старта	Есть
Диагностические сигналы ЭП	Нет	Есть	Есть	Командн. сигналы, состояние реле	КЗ, перекос / понижение фаз, обрыв фаз двигателя	Есть (16 шт.)
Авар. сигналы на дисплее	Нет	Нет	Есть	Есть (6 шт.)	Есть (9 шт.)	Есть (12 шт.)
Протокол	PROFIBUS, MODBUS	PAKSCAN, MODBUS	MODBUS, BITBUS	LONWORKS	MODBUS	MODBUS
Программир. ЭП через сеть	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть
Задание движения на участках движения	Только в сетевых системах (программируется)	Ограничение момента трогания (программируется)	Основное исполнение (программируется)	Основное исполнение (программируется)	Раздельное задание моментов трогания, движения, уплотнения	Задание скорости и момента на участках (трогание, движение, уплотнение)
Режим максимальной скорости закрытия	нет	нет	нет	нет	нет	есть

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак и др. // Трубопроводный транспорт нефти. Под ред. С.М. Вайнштока. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 407 С.
2. Арматура запорная на номинальное давление до PN 150. Специальные технические требования. ОАО «АК «Транснефть». Москва. 2005.
3. Сейнов С.В. Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт. – М.: Машиностроение, 2002. – 392 С.
4. Гошко А.И. Арматура трубопроводная целевого назначения. Выбор. Эксплуатация. Ремонт. – М.: Машиностроение, 2003. – 432 С.
5. Гошко А.И. Трубопроводная арматура. Классификация. Исполнения. Термины и определения. Технический справочник из серии «Эксплуатация и ремонт арматуры, трубопроводов, оборудования». – М.: Инструмент, 2003. – 126 С.

6. Сейнов С.В., Сейнов Ю.С. Задвижки клиновые. Использование. Техническое обслуживание. Ремонт. Технический справочник из серии «Эксплуатация и ремонт арматуры, трубопроводов, оборудования». – М.: Инструмент, 2003. – 144 С.
7. DSP Selection Guide 2Q 2005/Texas Instruments. 2005. С. 20–25.
8. Гончаров Ю. Технология разработки «eXpressDSP». Часть IV. Ядро реального времени DSP/BIOS//CHIP NEWS. 2001. № 10. С. 32–38.
9. Антропов А.А., Антропов А.Т., Гарганеев А.Г., Каракулов А.С., Черемисин В.Н. Интеллектуальные электроприводы запорно-регулирующей арматуры// Труды IV международной (XV Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу «АЭП-2004» (14-17 сентября 2004)/Под ред. С.В. Хватова. Магнитогорск., 2004. С. 347-349.

10. Гончаров В.И. Вещественный интерполяционный метод синтеза систем автоматического управления. – Томск: Изд-во ТПУ, 1995. – 108 с.
11. Гончаров В.И., Удод А.С. Вещественный интерполяционный метод в задачах синтеза робастных систем//Itech – интеллектуальные технологии. № 2. С. 56-60.
12. Гончаров В.И., Удод А.С. Вещественный интерполяционный метод в задачах синтеза робастных систем//Itech – интеллектуальные технологии. № 3. С. 57-62.
13. Лепиньш А.В., Сергеев И.А. Получение желаемой передаточной функции по прямым показателям качества в задачах синтеза регулятора// «Современные средства и системы автоматизации». Материалы четвертой научно-практической конференции (Томск, 21-23 октября 2003 г.). Изд-во Томского университета систем управления и радиоэлектроники, 2004. С. 53-56.