

УДК 621.313

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

**К.-Х. Кайзер**

Эсслингенский Университет Прикладных Наук

Hochschule Esslingen, Robert-Bosch-Str., 1, 73037, Göppingen, Germany. E-mail: karl-heinz.kayser@hs-esslingen.de

**А. С. Бешта, И. А. Ермолаев**

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

просп. Карла Маркса, 19, Днепропетровск, 49600, Украина. E-mail: beshtaa@nmu.org.ua

Приведен анализ современного состояния электроприводов трубопроводной арматуры. Рассмотрены основные требования, предъявляемые к электроприводу. Показаны тенденции развития технических средств по повышению эффективности его работы. Проведен анализ существующих систем управления и проблемы использования векторной системы управления в электроприводе трубопроводной арматуры. Вследствие конструктивных особенностей трубопроводной арматуры применение энкодера на выходном валу редуктора приводит к погрешности определения положения вектора потокоцепления ротора. Предложены пути решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** электропривод, трубопроводная арматура, векторное управление.

### СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ТРУБОПРОВІДНОЇ АРМАТУРИ

**К.-Х. Кайзер**

Есслінгенський Університет Прикладних Наук

Hochschule Esslingen, Robert-Bosch-Str., 1, 73037, Göppingen, Germany. E-mail: karl-heinz.kayser@hs-esslingen.de

**О. С. Бешта, І. О. Ермолаєв**

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»

просп. Карла Маркса, 19, 49600, Дніпропетровськ, Україна. E-mail: beshtaa@nmu.org.ua

Наведено аналіз сучасного стану електроприводів трубопровідної арматури. Розглянуто основні вимоги, що пред'являються до електроприводу. Показано тенденції розвитку технічних засобів щодо підвищення ефективності його роботи. Проведено аналіз існуючих систем керування і проблеми використання векторної системи керування в електроприводі трубопровідної арматури. Через конструктивні особливості трубопровідної арматури застосування енкодера на вихідному валу редуктора призводить до похибки визначення положення вектора потокозчеплення ротора. Запропоновано шляхи вирішення даної проблеми.

**Ключові слова:** електропривод, трубопровідна арматура, векторне керування.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Важным этапом снижения себестоимости продукции в условиях постоянного роста цен на энергоносители и сырье для промышленных предприятий металлургии, машиностроения, химии и нефтегазовой промышленности становится оптимизация процесса управления их потоками с помощью трубопроводной арматуры. Первостепенное значение приобретает поиск технических решений повышения качества производственного процесса средствами электропривода, диагностика и предупреждение отказов используемой на промышленном предприятии трубопроводной арматуры.

Современные мировые тенденции развития автоматизированных систем управления технологическим процессом в области автоматизации управления трубопроводной арматуры определяют основные направления для разработки «интеллектуальной арматуры», которая обладает широким диапазоном электронного управления и позволяет оценить ее состояние, что обеспечивает ее работу в различных режимах технологического процесса.

Одним из важных критериев применения электропривода является непрерывный мониторинг значения крутящего момента, что позволяет обнаружить изменения в работе арматуры (например, инерционность, износ и т.д.) и провести превентивное техобслуживание.

Электропривод запорно-регулирующей арматуры выполняет свои функции в сложнейших климатических условиях и агрессивных средах, находясь на значительном расстоянии от пунктов управления

и в потенциально взрывоопасных зонах.

Таким образом, выдвигаются следующие общие требования к управлению электроприводом запорно-регулирующей арматуры:

- минимизация стоимости;
- обеспечение герметичности арматуры;
- создание требуемых моментов уплотнения;
- диагностика крутящего момента;
- обеспечение работы в пограничных режимах;
- обеспечение необходимых скоростей изменения состояния арматуры;
- реализация широкого диапазона регулирования по скорости и крутящему моменту;
- обеспечение постоянной скорости при переменной нагрузке;
- обеспечение позиционирования рабочего органа с заданной точностью;
- сохранение информации о положении выходного звена [1].

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** В настоящее время основными тенденциями в развитии электроприводов для трубопроводной арматуры является расширение функций, реализуемых приводом, которые проявляются в расширении перечня контролируемых параметров, в развитии функций самодиагностики привода и диагностики арматуры, а также в расширении функций управления приводом. За счет упрощения конструкции арматуры и сокращения количества подвижных деталей повышается надежность приводов и обеспечивается предупреждение неисправностей на основе

их ранней диагностики. Расширяется диапазон и дробность предлагаемых значений крутящего момента и скоростей выходного звена привода, вследствие чего автоматизация отрасли, где ранее использование электропривода было нерентабельным по сравнению с пневмо- и гидроприводами. Минимизируются работы по техническому обслуживанию привода на основе применения все более совершенных материалов, а также на основе рационального планирования работ по предупредительному ремонту на основе непрерывных диагностических функций интеллектуального модуля привода [2].

Остановимся более детально на электроприводе трубопроводной арматуры и его управлении.

Большая часть систем электроприводов переменного тока, которая используется в современной трубопроводной арматуре, морально устарела. Традиционным решением для управления электроприводом трубопроводной арматуры является релейная автоматика, где контроль положения запорного органа осуществляется при помощи концевых выключателей, а также для ограничения момента применяются кулачковые или фрикционные муфты. Недостатками такой системы являются:

- крайне низкая точность работы концевых выключателей, вследствие чего возникают неконтролируемые ударные нагрузки на уплотнительные поверхности;
- настройка сопровождается вскрытием корпуса;
- ограниченный ресурс и низкая надежность коммутирующей аппаратуры.

Если же электропривод арматуры работает в ре-

жиме с частыми пусками, то используются тиристорные пускатели, которые лишены недостатков, присущих электромагнитным пускателям, однако их высокая чувствительность к перегрузкам по напряжению и току делает их также ненадежными. Кроме того, в последнее время широко используются преобразователи частоты со скалярной системой управления. Такого рода приводы имеют более эффективное правление и значительно удешевляют привод в связи с отказом от муфт ограничения момента и концевых выключателей. Однако они не обеспечивают возможность прямого управления моментом, имеют низкую точность и плохие динамические показатели [3–5].

Ни одна из вышеперечисленных систем управления не обеспечивает в полной мере выполнение требований, предъявляемых к трубопроводной арматуре. Одним из вариантов решения этой проблемы является применение векторной системы управления.

Рассмотрим электропривод трубопроводной арматуры с векторным управлением (рис. 1). Он состоит из асинхронного двигателя (АД), червячной передачи (иногда в сочетании с планетарным редуктором), оптического или магнитного датчика положения (абсолютного энкодера). Абсолютные энкодеры, используемые в трубопроводной арматуре, имеют относительно низкое разрешение 8–10 бит/об. и являются альтернативой концевым выключателям, однако позволяют определять положение на протяжении всего пути, а также обеспечивать возможность позиционирования запорного органа арматуры [6].

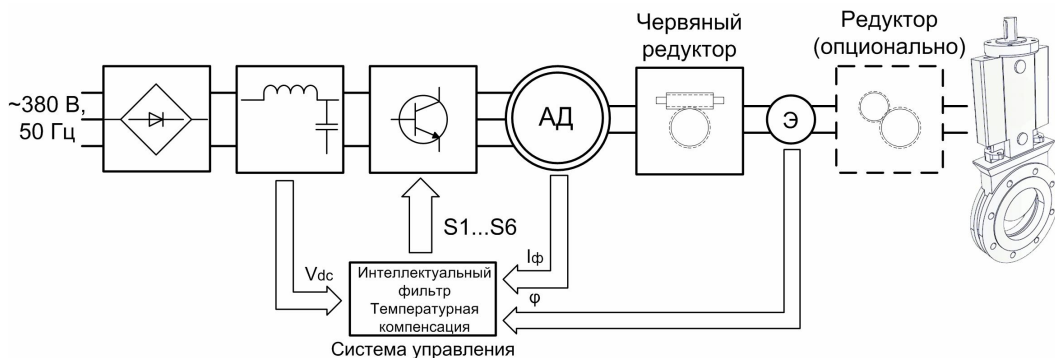


Рисунок – Структурная схема электропривода трубопроводной арматуры

Работа системы векторного управления невозможна без информации о положении вектора потокоцепления ротора в каждый момент времени. Электродвигатели со встроенным датчиком магнитного потока практически не используются, поэтому в таких системах вектор магнитного потока двигателя необходимо определять при помощи датчика положения или скорости и наблюдателя.

Бездатчиковые электроприводы с векторным управлением являются чувствительными к изменению параметров привода. При неверно заданных параметрах объекта регулирования наблюдатель потокоцепления определяет его модуль и положение с погрешностью. Отмечается, что погрешность в определении параметров АД приводит к значительным ухудшениям качества регулирования, а также

может привести к потере устойчивости.

Таким образом, в системе «двигатель–редуктор–энкодер–трубопроводная арматура» возникает проблема определения вектора положения потокоцепления ротора АД. Так как точность измерения скорости и положения входного вала редуктора обратно пропорциональна передаточному числу редуктора, что приводит к определению вектора потокоцепления ротора только в определенные моменты времени, то такой способ измерения положения приводит к значительной погрешности регулирования и делает векторное управление неосуществимым.

От точности регулирования и качества переходных процессов в значительной степени зависит надежность работы приводной арматуры. Таким образом, для повышения эффективности эксплуатации

систем електроприводов необхідні данні об их параметрах. Найбільше ефективним путем удичшення регулювочних свойств являється точная настройка системи управління приводом в соответствии с реальними параметрами обьекта. Основной причиной изменения параметров системы являются тепловые дрейфы активных сопротивлений силовых цепей. На основе вышесказанного предлагаются следующие пути решения:

– определение положения вектора потокосцепления ротора с помощью бездатчикового управления асинхронным двигателем с последующей корректировкой с помощью абсолютного энкодера;

– использование интеллектуального фильтра (например, Калмана, Лунберга и др.) в качестве наблюдателя, на вход которого поступает информация о положении вектора потокосцепления ротора от бездатчикового управления и о положении вала двигателя от энкодера, получаемое аппроксимированное значение фильтра является величиной положения вектора потокосцепления ротора.

В обоих случаях для коррекции настроек цифровых регуляторов системы автоматического регулирования и наблюдателя потокосцепления ротора используется температурная компенсация их параметров в зависимости от теплового состояния приводного двигателя арматуры.

**ВЫВОДЫ.** Предложенная система управления позволяет сформировать необходимую диаграмму изменения крутящего момента на выходном валу электропривода в зависимости от положения запорного органа трубопроводной арматуры и обеспечить требуемую скорость ее перемещения. При этом обеспечивает определение момента на протяжении

всего пути, а не только в конечных точках положения арматуры. Все это максимально упрощает адаптацию привода под конкретный тип запорной арматуры и позволяет увеличить срок ее службы.

Таким образом, предлагаемый электропривод отличается от существующих приводов своей функциональностью, более высокой эксплуатационной надежностью, оптимальной себестоимостью и позволяет более эффективно управлять и диагностировать как электропривод, так и саму трубопроводную арматуру (механическое состояние и функциональную работоспособность арматуры через постоянный мониторинг крутящего момента).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные решения для управления запорно-регулирующей арматурой. Режим доступа: <http://conference.elesy.ru>
2. Мозжечков В.А. Общие тенденции развития электроприводов трубопроводной арматуры // Арматуростроения. – 2009. – № 63. – С. 46–52.
3. Антропов А.Т. Интеллектуальные электроприводы промышленной трубопроводной арматуры. Особенности применения // Арматуростроения. – 2011. – № 73. – С. 69–72.
4. Гарганеев А.Г., Каракулов А.С. Интеллектуальный электропривод как элемент распределительной АСУ // *Itech*. – 2006. – № 4. – С. 25–32.
5. Антропов А.Т. Трубопроводная арматура. Повышение надежности функционирования // *Itech*. – 2010. – № 16. – С. 26–30.
6. Антропов А.Т., Борисенко В.Ю. «Независимый» контроль. Энергонезависимый датчик контроля положения вала // *Itech*. – 2007. – № 7. – С. 35–37.

#### CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF ELECTRIC DRIVE OF PIPELINE VALVES

**K.-H. Kayser**

Hochschule Esslingen

Robert-Bosch-Str., 1, Göppingen, 73037, Germany. E-mail: karl-heinz.kayser@hs-esslingen.de

**A. Beshta, I. Yermolayev**

National Mining University

prosp. Karla Marxa, 19, 49600, Dnepropetrovsk, Ukraine. E-mail: beshtaa@nmu.org.ua,

The paper deals with issues of the electric drives of the pipeline valves. The basic requirements for the electric drive were considered. Tendencies of the development of the technical means for improving its efficiency are discussed. The analysis of the existing control systems and problems of utilization of the vector control of the electric drive of pipeline valves were made. Because of the design features of pipeline valves, the usage of an encoder on the output shaft gear causes the error of determining the position of the rotor flux vector. The ways of solving this problem were offered.

**Key words:** electric drive, pipelines accessories, vector control.

#### REFERENCES

1. *Innovative solutions to manage the shut-off and control valves*. Mode of access: <http://conference.elesy.ru> [in Russian]
2. Mozzhechkov V.A. *General trends in the development of electric valves* // Арматуростроения. – 2009. – № 63 – PP. 46–52. [in Russian]
3. Antropov A.T. *Intelligent electric drives of industrial valves. Features of the application* // Арматуростроения. – 2011. – № 73. – PP. 69–72. [in Russian]
4. Garganeyev A.G., Karakulov A.S. Smart electric drive as part of the distribution of ACS // *Itech*. – 2006. – № 4. – PP. 25–32. [in Russian]
5. Antropov A.T. Pipeline valves. Improving reliability of the operation // *Itech*. – 2010. – № 16 – PP. 26–30. [in Russian]
6. Antropov A.T., Borisenko V.Yu. "Independent" control. Nonvolatile control shaft position sensor // *Itech*. – 2007. – № 7. – PP. 35–37. [in Russian]

Стаття надійшла 13.07.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Родькіним Д.Й.