

МЕХАНОТРОННАЯ СИСТЕМА АСУ ТП ШАХТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.Г.Гарганеев, Б.П.Гарганеев, А.С.Каракулов, О.И.Коломенский, В.В.Машинский,  
Новосибирский государственный технический университет,  
пр. Карла Маркса, 20, Новосибирск, 630064, Россия.

Рассмотрена механотронная система (МС) для управления трубопроводной арматурой (ТА) шахтного назначения. Исходя из эксплуатационных требований к ТА и особенностей режимов ее работы, проанализированы возможности применения различных электрических машин и полупроводниковых преобразователей в МС. Приведена функциональная схема МС. Показаны особенности управления МС с микропроцессорным управлением. Работа выполнена по государственному контракту № 13.G36.31.0010 от 22.10.2010 г. Библ. 1, рис. 3.

**Ключевые слова:** электропривод, полупроводниковый преобразователь, редуктор, трубопроводная арматура, электродвигатель, контроллер.

Прогресс технологии электронных компонентов, составляющих основу микропроцессорной техники и силовой электроники, а также совершенствование способов управления полупроводниковыми и электромеханическими преобразователями привели к возможности их естественного слияния в единый интеллектуальный электромеханический модуль. При наличии дополнительных механических узлов, образующих редуктор, такой электромеханический модуль является фактически электроприводом (ЭП) или, в современной терминологии «механотронной системой» (МС), в основу построения которой заложена идея глубокой взаимосвязи механических, электронных и вычислительных элементов.

Широко распространяемой и активно развиваемой МС является ЭП трубопроводной арматуры (ЭПТА), предназначенный для управления потоками жидкостей или газов в трубопроводах в составе АСУ ТП.

ЭП ТА должен выполнять свои функции, находясь на удалении от диспетчерских пунктов (ДП) с учетом специфических условий окружающей среды. 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 электродвигателя (ЭД) и полупроводникового преобразователя (ПП) – преобразователя частоты (ПЧ) или тиристорного регулятора напряжения; организации обмена данными с ДП различного уровня, исходя из требований конкретного ТП; выполнения требований стандартов по взрывозащите, искробезопасности и ЭМС; выполнения требований стандартов по стойкости к различного вида механическим воздействиям [1].

Принципы построения конструктивных и схмотехнических решений ЭП ТА диктуются условиями его применения, а также особенностями ТП.

Конструкция МС предусматривает непосредственное объединение ЭД, редуктора и ПП. Управление ТА осуществляется при помощи деталей, образующих подвижное соединение (шток или шпindel) в крышке корпуса или корпусе. Для перемещения затвора ТА используется, как правило, винтовая пара. ТА является сложной многомассовой механической системой, однако для анализа переходных процессов при управляющих воздействиях со стороны ЭП ее удобно представить в виде двухмассовой системы с эквивалентной упругой связью. На рис. 1 показана рас-

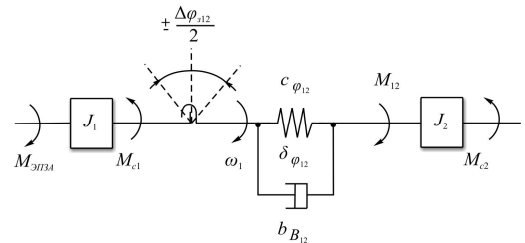


Рис. 1

счётная схема ее модели. Для нахождения параметров схемы были определены: моменты инерции грузовой гайки  $J_1$ , штока и клина  $J_2$ , приведенные ко входному валу; эквивалентная суммарная податливость элементов кинематической схемы  $\delta_{\varphi 12}$  (коэфф. жесткости  $c_{\varphi 12}$ ) и зазор в узле винт-гайка  $\Delta\delta_{\varphi 12}$ , согласно справочным данным; резонансная частота механических колебаний для элементов конструкции задвижки с учетом внутреннего вязкого трения (коэффициента  $b_{B12}$ ) при вращательном движении; моменты сопротивления в компонентах передачи винт-гайка  $M_{12}$  и в уплотнительном соединении  $M_y = M_{c2}$ , приведенные к входному валу. Вид переходных процессов при закрытии ТА показан на рис. 2. Анализ полученных результатов позволяет заключить, что при закрытии ТА ввиду наличия упругих компонентов в кинематической цепи образуется перекручивание грузовой гайки на угол до  $6^\circ$  при нагрузке со стороны ЭП 1000 Нм. Кроме того, можно сделать вывод о наличии колебаний в компонентах ТА при перекрытии сечения. Авторами были проанализированы возможности применения в МС различных типов ЭД и редук-

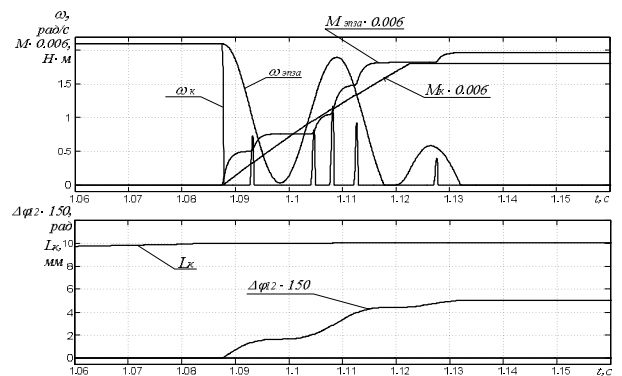
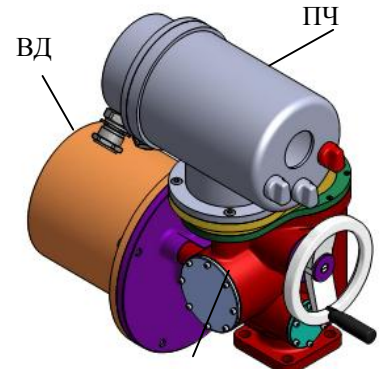
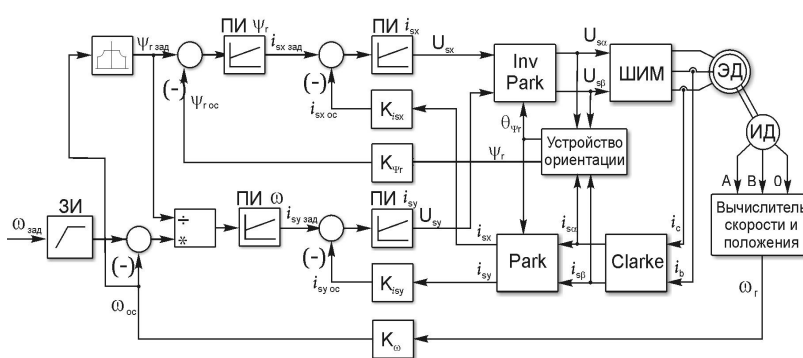


Рис. 2

торов. Для МС спроектований ряд черв'ячних редукторів з ручними дублерами і ЕД з постійними магнітами. Для зниження впливу пружних зв'язей в МС передбачено наступне: полоса пропускання контура управління моментом вибирається нижче власної частоти коливань механічної системи ТА; в каналі задання швидкості для зменшення крутильних коливань і узгодження швидкодії контура управління моментом зі швидкістю його зміни при ущільненні застосовано датчик інтенсивності.

На рис. 3 показана структурна схема системи управління МС на основі ПЧ і її загальний вигляд. Мікропроцесорна частина надає МС широкі можливості адаптації до особливостей ТП регулювання потоку в продуктопроводі, в тому числі з використанням інтерфейсів. Обчислювальні ресурси МС достатні не тільки для управління ЕД, але і для синхронізації роботи групового ЕП, фактично інтегруючи можливості програмуваного логічного контролера. В модулі управління МС застосовано алгоритм інтерпретування програм користувача – середовище MexBIOS, розроблене авторами для застосування в системах управління раз-



Редуктор с ручным дублером

Рис. 3

личными МС. Система дозволяє графічним способом створювати програми без зміни управляючого кода сигнального процесора для реалізації різних структур управління на єдиній програмній платформі.

1. Гарганєєв А.Г., Каракулов А.С. Інтелектуальний електропривод трубопроводної арматури як елемент розподіленої автоматизованої системи управління. Особливості застосування і принципи побудови // Журнал інтелектуальних технологій. Itech. – 2006. – № 4. – С. 37–42.

УДК 62-83

**Мехатронна система АСУ ТП шахтного призначення**

**О.Г.Гарганєєв, Б.П.Гарганєєв, А.С.Каракулов, О.І.Коломенський, В.В.Машинський,**

**Новосибірський державний технічний університет,**

**пр. Карла Маркса, 20, Новосибірськ, 630064, Росія.**

*Розглянуто мехатронну систему (МС) для управління трубопроводною арматурою (ТА) шахтного призначення. Виходячи з експлуатаційних вимог до ТА та особливостей режимів її роботи, проаналізовано можливості застосування різних електричних машин та напівпровідникових перетворювачів у МС. Наведено функціональну схему МС. Показано особливості управління МС з мікропроцесорним керуванням. Роботу виконано за державним контрактом № 13.G36.31.0010 від 22.10.2010 р. Бібл. 1, рис. 3.*

**Ключові слова:** електропривод, напівпровідниковий перетворювач, редуктор, трубопроводна арматура, електродвигун, контролер.

**Mechatronic system of automatic process control system for mine applications**

**A. Garganeev, B. Garganeev, A. Karakulov, O. Kolomensky, V. Mashinsky,**

**Novosibirsk State Technical University, 20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630064, Russia**

*The paper presents the issue of mechatronic system to control pipeline valves for mine applications. Based on the pipeline valve performance requirements and the operation mode peculiarities, the applicability of various electrical machines and semiconductor converters in mechatronic systems is analyzed. Functional diagram of mechatronic system is provided. The control features of microprocessor mechatronic system are presented. The work is carried out under the State contract No. 13.G36.31.0010 dated as of October 22, 2010. Reference 1, figures 3.*

**Key words:** electric drive, semiconductor converter, reduction gearbox, pipeline valves, electric motor, controller.

1. Garganeev A., Karakulov A. Intelligent Electric Drive For Pipeline Valves Being the Component of Distributed Control System. Peculiarities of Application and Design Concept // Intelligent Technologies Magazine. Itech. – 2006. – № 4. – Pp. 37–42. (Rus)

Надійшла 15.12.2011  
Received 15.12.2011