

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.3

Д.А. Бандорин, Д.А. Бадугин, Е.В. Бычков, В.Л. Мельников,
В.В. Соколов, В.Г. Титов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОЦИЛИНДРОВ, КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В статье приведен вариант построения автоматизированной системы управления статическими и ресурсными испытаниями гидроцилиндров и гидроагрегатов промышленных механизмов. Представлена структурная схема стенда испытаний с описанием его составных частей. Разработан графический интерфейс управлением испытаниями. Предложен алгоритм адаптивной настройки ПИД-регулятора. Рассмотрены основные этапы проведения цикла испытаний.

Ключевые слова: автоматизация, ресурсные испытания, технологический процесс, гидроцилиндр, автоматическое регулирование, программируемый логический контроллер, человеко-машинный интерфейс.

Одним из направлений повышения энергоэффективности производства является глубокая автоматизация его технологических процессов, позволяющая существенно снизить энергетические и трудовые затраты. Предприятие ОАО «Гидромаш» – ведущее в России по разработке, производству и испытаниям гидроцилиндров и гидроагрегатов для различных механизмов и аппаратов. Для обеспечения высокого качества выпускаемой продукции на завершающей стадии производства предусмотрены статические и ресурсные испытания. Статические испытания проводятся для оценки фактической прочности путём нагрузки конструкции до разрушения. При ресурсных испытаниях гидроцилиндры нагружаются в нескольких точках силами, изменяющимися по определенной программе. Результатами испытаний являются графики нагрузки с датчиков обратной связи (силы), линейных тензодатчиков, расположенных в контрольных местах конструкции, а также датчиков перемещения. В настоящее время для проведения указанных видов испытаний используются стенды, не отвечающие современным требованиям к надежности, точности и энергоэкономичности. С учётом изложенного разработан стенд, структурная схема которого представлена на рис. 1.

Предлагаемый стенд для испытаний состоит из четырех частей:

- механической – непосредственно испытываемый образец с размещенными на нем датчиками и подсоединенными к месту крепления колеса штоками с гидроцилиндрами;
- гидравлической – усилитель электрогидравлический (УЭГ), преобразующий электрический сигнал управления в механическое воздействие;
- электрической – программируемое устройство, формирующее электрический сигнал управления определенной формы и осуществляющее контроль за аварийными ситуациями;
- информационной – человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) для ввода программы испытаний и формирования отчетов.

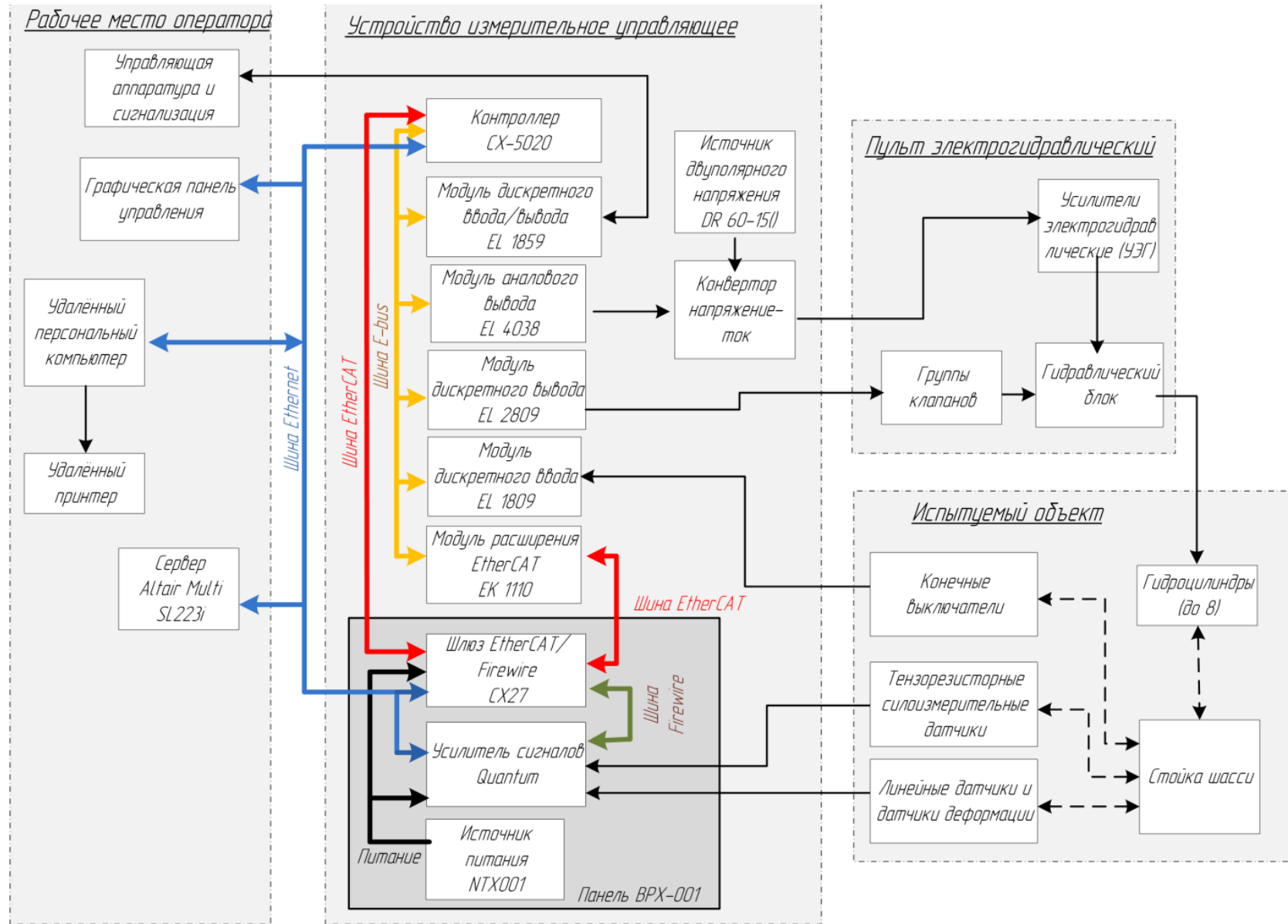


Рис. 1. Структурная схема стенда управления испытаниями гидроагрегатов для одного канала управления

В качестве полевого устройства измерения и управления использован программируемый логический контроллер (ПЛК) фирмы Beckhoff CX5020 с подключенными к нему аналоговыми и дискретными модулями ввода/вывода. С учётом того, что применяемые датчики силы выполнены по принципу тензорезистивного моста, сигнал с которого составляет милливольты, в систему включен усилитель НВМ QuantumCX27 с модулями аналогового ввода MX840 и MX1615.

Используемый ПЛК оснащен модифицированной на уровне ядра операционной системой WindowsCE, способной запускать управляющую программу в режиме реального времени. Этот режим гарантирует отсутствие прерываний во время выполнения программы, а также ее циклическое исполнение через равные промежутки времени. Такой режим необходим для обеспечения постоянства периода квантования при построении цифровой системы автоматического управления (САУ). Кроме того, все модули ввода/вывода, а также усилитель Quantum CX27 подключены к промышленной шине EtherCAT, синхронизированной по времени с рабочим циклом управляющей программы.

Управляющая программа написана в среде разработки TwinCAT, поставляемой вместе с контроллером. Алгоритм составлен с использованием метода конечных автоматов на языке Sequential Function Chart (SFC). При этом переход из одного состояния в другое осуществляется либо по команде пользователя, либо автоматически при возникновении аварийных ситуаций. В качестве параметра управления принимается величина силонагружения в одной из точек приложения силы. Каждой точке (оси) соответствует канал управления. При этом в канал управления входит токовый сигнал управления, подаваемый на УЭГ, а также сигнал обратной связи с датчика силы. Для обеспечения требуемого качества следящей САУ (ошибка регулирования не должна превышать 2% от верхнего предела измерений) выбран ПИД-регулятор, реализованный с использованием функциональных блоков динамических звеньев из библиотеки расширений.

В состав информационной системы входят:

- сервер под управлением ОС Windows XP, на котором загружены ЧМИ и база данных с учетными записями выполненных испытаний;
- графическая сенсорная панель под управлением ОС Windows CE, вмонтированная в шкаф управления, посредством которой с помощью службы удаленного рабочего стола осуществляется управление сервером;
- персональный компьютер с ОС Windows XP для удаленного подключения к серверу.

Человеко-машинный интерфейс написан на языке C# с использованием фреймворка WPF. Обмен информацией между ЧМИ и ПЛК осуществляется на основе протокола TwinCAT ADS.

Логической единицей информационной системы является учетная запись испытания. Каждая запись хранит название испытания, его тип (статические, усталостные, ручное управление), результаты испытания и структуры данных - группы параметров. В системе используются следующие группы параметров:

- типы каналов и контроля;
- программа испытаний (статических или усталостных);
- параметры ПИД-регулятора;
- конфигурация портов ввода/вывода.

Различные группы параметров можно переносить из одной учетной записи в другую. Группа «программа испытаний» переносится только между учетными записями одного типа. В группе «типы каналов и контроля» определяется количество используемых каналов, их названия, тип и виды защит. В остальных группах задаются индивидуальные настройки (рис. 2) для каждого из каналов.

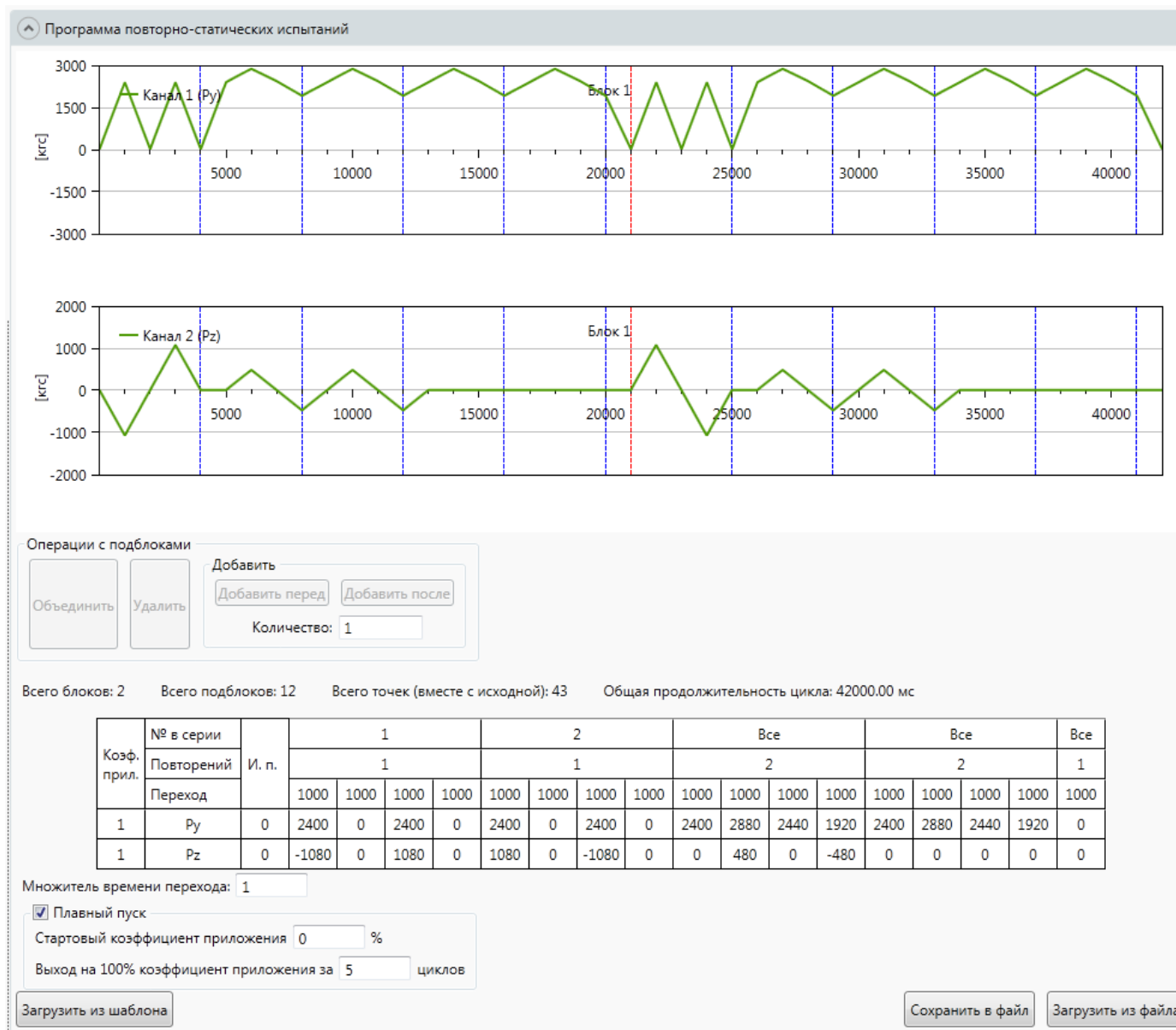


Рис. 3. Ввод программы ресурсных испытаний с помощью ЧМИ

Логической единицей человеко-машинного интерфейса является стойка. Стойка – набор предварительно заданных физических портов ввода/вывода для сигналов УЭГ, лампочек индикации режима работы и кнопки «Авария» на передней панели шкафа управления. С помощью ЧМИ определенной стойке назначается учетная запись испытания.

На основе анализа существующего порядка проведения испытаний, а также выделением различных этапов и определением роли оператора на каждом этапе выполнена оптимизация информационных процессов. С учетом полученных данных разработан человеко-машинный интерфейс и сценарий его использования, включающий следующие стадии:

- составление программы испытаний;
- подготовка стенда к работе;
- настройка ПИД-регулятора;
- проведение испытания;
- обработка результатов испытания.

Составление программы испытаний производится оператором удаленно, без непосредственного подключения к полевому контроллеру. Для удобства ввода задания на повторно-статические (усталостные) испытания предусмотрена функция группировки точек силонагружения в подблоки и их автоматического повторения в различных блоках задания. Для исключения ошибок при вводе на экран выводится график результирующего сигнала (рис. 3).

Подготовка стенда к работе включает присвоение логическим каналам, состоящим из сигналов управления, обратной связи и информационных сигналов, физических портов ввода/вывода. Для исключения ошибок при назначении порта ввода, используется интеграция человеко-машинного интерфейса с программным обеспечением измерительного усилителя Quantum SX27, из которого извлекаются данные о назначенных измерительным каналам датчиках. Кроме того, предусмотрена возможность подачи сигнала управления в «ручном» режиме для проверки правильности назначения портов вывода.

На этапе подготовки также определяются значение электрического сигнала управления, при котором гидроцилиндры находятся в нейтральном положении.

Настройка ПИД-регулятора заключается в предварительном нагружении в статическом режиме. В ходе этого силонагружения составляется таблица интерполяции для коэффициентов ПИД-регулятора. Для этого задаются некоторые начальные коэффициенты и осуществляется нагрузка по ступеням с небольшим шагом. При появлении колебаний в системе в таблицу линейной интерполяции добавляется точка с уменьшенным коэффициентом усиления для той величины силонагружения, при которой возникли колебания. Процесс подбора коэффициентов прекращается, когда настраиваемая величина силонагружения достигает заданного значения без возникновения колебаний.

Перед проведением испытания предусмотрена возможность запуска управляющей программы в режиме «симуляции» для проверки корректности составленной программы испытаний. В этом режиме сигнал управления подается не на физические порты вывода, а на виртуальную модель.

Разработанная цифровая автоматизированная система контроля, измерения и управления прошла апробацию на ОАО «Гидромаш». Ее внедрение в несколько раз ускоряет процесс подготовки и проведения как статических, так и ресурсных испытаний. Высокая точность САУ и непрерывное протоколирование результатов позволяет достоверно выявлять критические ситуации в процессе испытаний и способствует улучшению качества выпускаемой продукции и повышению энергоэффективности технологического процесса испытаний и производства в целом.

Библиографический список

1. **Изерман, Р.** Цифровые системы управления / Р. Изерман. – М.: Мир, 1984. – 530 с.
2. Техническое задание. С и ПС-РГ-01. Разработка и поставка цифровой автоматической системы контроля, измерения и управления для статических и повторно-статических испытаний стоек шасси. – Н. Новгород: НОАО «Гидромаш», 2010. – 13 с.
3. Beckhoff Information System [Электронный ресурс]. Germany : GmbH Beckhoff Automation, cop. 2000–2011. – Режим доступа : <http://www.beckhoff.com>
4. QuantumX Assistant Help [Электронный ресурс]. – Germany: GmbH Hottinger Baldwin Messtechnik, cop. 2005–2011. – Режим доступа : <http://www.hbm.com>

*Дата поступления
в редакцию 05.06.2013*

**D.A. Bandorin, D.A. Badugin, E.V. Bychkov V.L Melnikov,
V.V. Sokolov, V.G. Titov**

AUTOMATING THE TESTING OF CYLINDERS AS A MEANS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL PROCESSE

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

In the article there is an option for building automated control system of static and durability tests of hydraulic cylinders and hydraulic units of industrial machinery. Presents a structural scheme of the stand tests with a description of its component parts. Designed graphical interface running tests. The algorithm of adaptive setting pid-controller. Describes the main stages of a series of tests.

Key words: automation, endurance tests, process, hydraulic cylinder, automatic control, programmable logic controller, man-machine interface.