

Раздел II

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ВЕЩЕСТВ,
МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

**II. METHODS AND MEANS OF CONTROL
OVER ENVIRONMENT, SUBSTANCES,
MATERIALS AND PRODUCTS**

УДК 681.5

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЮ

И.А. Елизаров, А.А. Третьяков, А.Л. Андросов

Кафедра «Информационные процессы и управление», ГОУ ВПО «ТГТУ»

Ключевые слова и фразы: автоматическое управление; комплекс учебного оборудования; промышленные контроллеры.

Аннотация: Рассматривается состав и структура многофункционального автоматизированного комплекса для подготовки специалистов в области управления технологическими процессами. Комплекс построен с использованием новых информационных технологий и современных технических средств автоматизации и управления.

В последние годы в условиях развивающейся промышленности наметился постоянно возрастающий спрос на специалистов по автоматизации и управлению, владеющих не только теоретическими знаниями, но и хорошими практическими навыками. Для работодателей важно, чтобы специалист владел современными технологиями в области автоматизации и управления, смог бы производить выбор современных технических средств, проектировать системы управления технологическими процессами, разрабатывать программное обеспечение управляющих контроллеров и многое другое.

Провести качественную подготовку специалистов по автоматизации и управлению в настоящее время невозможно без наличия современного учебно-лабораторного оборудования.

Пионером в области создания стендов для подготовки специалистов по автоматизации технологических процессов является ЦНИИКА (Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации, г. Москва). Можно выделить три поколения учебных стендов, разработанных на этом предприятии [1].

Первое поколение состояло из стендов в настольном исполнении, построенных на элементах УСЭПА [2]. Стенды включали в себя объект регулирования,

состоящий из пневматических цепочек РС, пневматический регулятор ПР3.31, вторичный прибор ПВ 10.1Э и пневматические элементы управления. Учебные стенды второго поколения [3] выполнялись в виде типовых щитов автоматизации, включали объект управления в виде пневматического имитатора, собранного из элементов УСЭППА и позволяющего «строить» более сложные одноканальные объекты (до 12-го порядка), а также двух- и четырехканальные. В состав стенда входили физические типовые объекты. Управление пневматическими имитаторами и тепловыми объектами осуществлялось пневматическими регуляторами. Процесс управления регистрировался на самопишущих приборах типа КСП4. Стенды оказались громоздки, сложны в обслуживании и требовали источника сжатого воздуха. При создании стендов третьего поколения в ЦНИИКА был разработан электронный имитатор динамики, который по своим функциональным возможностям является аналогом пневматического имитатора. Управление объектами осуществлялось при помощи микроконтроллера Ремиконт Р-130.

В настоящее время современные учебно-лабораторные стенды, в основном, разрабатываются крупными производителями и поставщиками программно-технических средств автоматизации технологических процессов или инженерными центрами некоторых технических вузов, ведущих подготовку специалистов по автоматизации технологических процессов.

Как правило, стенды, разрабатываемые крупными производителями и поставщиками программно-технических средств автоматизации, имеют прекрасный внешний вид, функционально закончены, но достаточно узко специализированы и имеют сравнительно высокую стоимость.

Среди учебно-лабораторных комплексов этого класса в выгодном свете выделяются стенды, поставляемые компанией «Модульные Системы Торнадо» (г. Новосибирск), ЗАО ПК «Промконтроллер» (г. Москва), ИПЦ «Учебная техника» и др. Особого внимания заслуживают лабораторные стенды РНПО «Росучприбор», «Уралучприбор», которые работают в рамках национального проекта «Образование» (рис. 1).

Стенды «САУ-МАКС» и «САУ-МИНИ» (РНПО «Росучприбор» и «Уралучприбор») имеют настольное исполнение и блочно-модульную конструкцию [4, 5]. В состав стенда входят: стойка, сменные модули, компьютер, соединительные провода. В качестве объектов автоматизации используются виртуальные объекты из разных отраслей производства.

В Тамбовском ГТУ на кафедре «Информационные процессы и управление» более десяти лет проводятся работы по модернизации устаревших лабораторных стендов, а также разрабатываются новые учебно-лабораторные комплексы [1, 3, 6].



**Рис. 1. Лабораторные стенды «САУ-МАКС» (а) и «САУ-МИНИ» (б)
(РНПО «Росучприбор» и «Уралучприбор»)**

Многолетний опыт модернизации, разработки и использования учебно-лабораторных комплексов, применяемых для проведения практикума по автоматизации, позволил сформулировать основные требования, предъявляемые к современному учебно-лабораторному оборудованию:

- оборудование должно быть легко воспроизводимым и иметь свойство мобильности;

- оборудование должно отражать основные тенденции развития программных и технических средств автоматизации и иметь возможность дальнейшей модернизации, то есть иметь свойства открытых систем;

- технические и программные средства должны быть современными и широко используемыми в соответствующих отраслях промышленности;

- технические и программные средства должны иметь относительно невысокую стоимость, обладать высокой функциональностью и быть пригодными для применения как в учебном процессе, так и в НИР;

- конструкция лабораторного комплекса должна быть эргономичной и занимать небольшую площадь, быть легкой в обслуживании и потреблять мало энергии.

- лабораторный комплекс должен быть универсальным и пригодным для проведения лабораторных работ по различным дисциплинам.

Универсальность и многофункциональность учебно-лабораторного оборудования позволяет использовать его в лабораторных работах при изучении различных дисциплин и обеспечивает преемственность между отдельными циклами работ, что способствует лучшему пониманию тематики и позволяет сэкономить время на проведение лабораторной практики по программным дисциплинам.

В Тамбовском ГТУ на кафедре «Информационные процессы и управление» разработан многофункциональный автоматизированный комплекс учебно-

лабораторного оборудования, который полностью удовлетворяет вышеперечисленным требованиям.

Разработанный комплекс включает (рис. 2):

1) физические объекты – «Тепловой объект № 1», «Тепловой объект № 2» и «Гидравлический объект» (рис. 3);

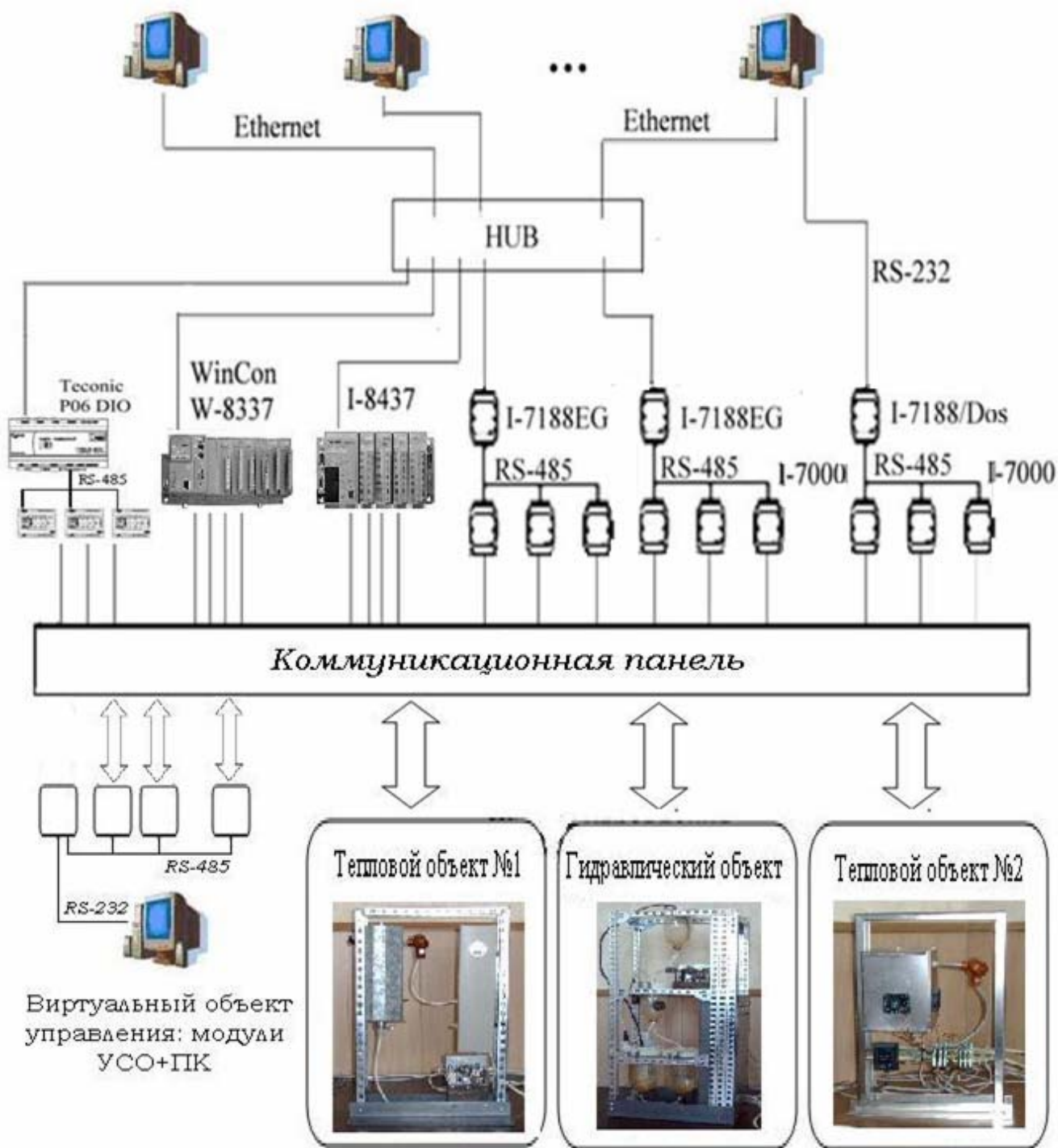


Рис. 2. Физическая структура лабораторного комплекса

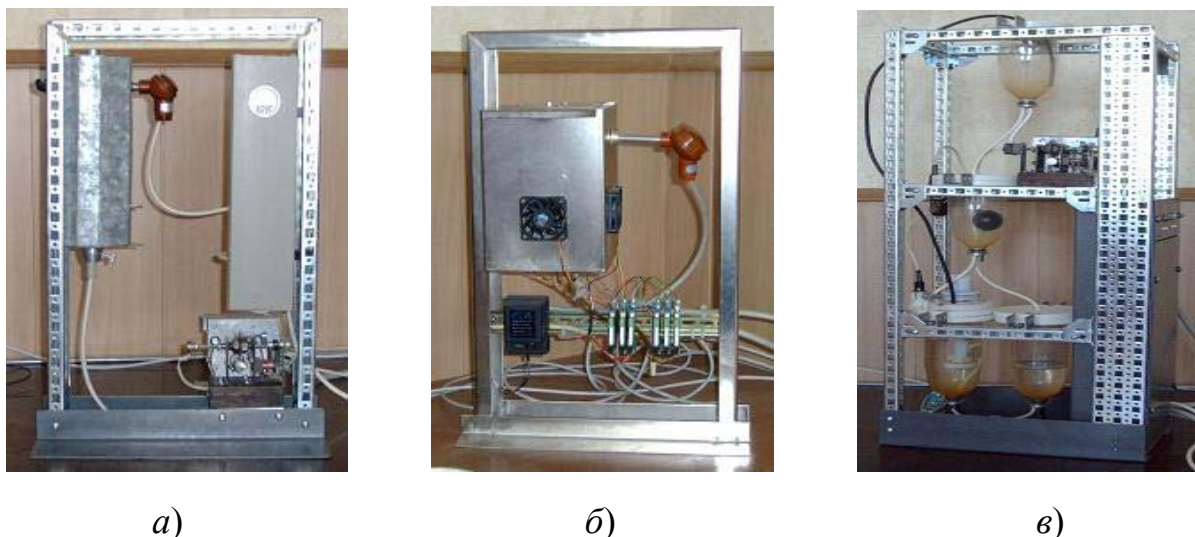


Рис. 3. Стенды «Тепловой объект № 1» (а), «Тепловой объект № 2» (б) и «Гидравлический объект» (в)

2) виртуальные объекты, моделируемые на компьютере;

3) коммуникационную панель;

4) стойку с современным PC-совместимым контроллером WinCon W-8337 с набором модулей аналогового и дискретного ввода-вывода (I-8017, I-8024, I-8055) фирмы ICP DAS (рис. 4, а).

5) стойки с современными PC-совместимыми контроллерами I-7188EG с поддержкой сети Ethernet (рис. 4, б). Контроллеры I-7188EG посредством сети с интерфейсом RS-485 связаны с модулями аналогового и дискретного ввода-вывода серии I-7000: I-7017, I-7024, I-7050;

6) стойку с PC-совместимым контроллером I-7188/Dos со встроенной операционной системой DOS и предусматривающим программирование на языках высокого уровня (например, C/C++, Pascal и др.);

7) шкаф с PC-совместимым контроллером I-8437 с набором модулей аналогового и дискретного ввода-вывода и графической цветной сенсорной панелью оператора Touch-506 фирмы ICP DAS для организации операторского интерфейса (рис. 3, в);

8) шкаф с контроллером Теконик P06DIO с набором модулей аналогового и дискретного ввода и панелью оператора производства ЗАО «Промконтроллер»;

9) концентратор сети Ethernet (HUB);

10) персональные компьютеры с операционной системой Windows 2000/XP и с соответствующим программным обеспечением: среда разработки IsaGRAF Workbench, OPC-сервер ISaGRAF, SCADA система Круг-2000, OPC-клиент Круг-2000, утилиты фирмы ICP DAS для конфигурирования параметров модулей серии

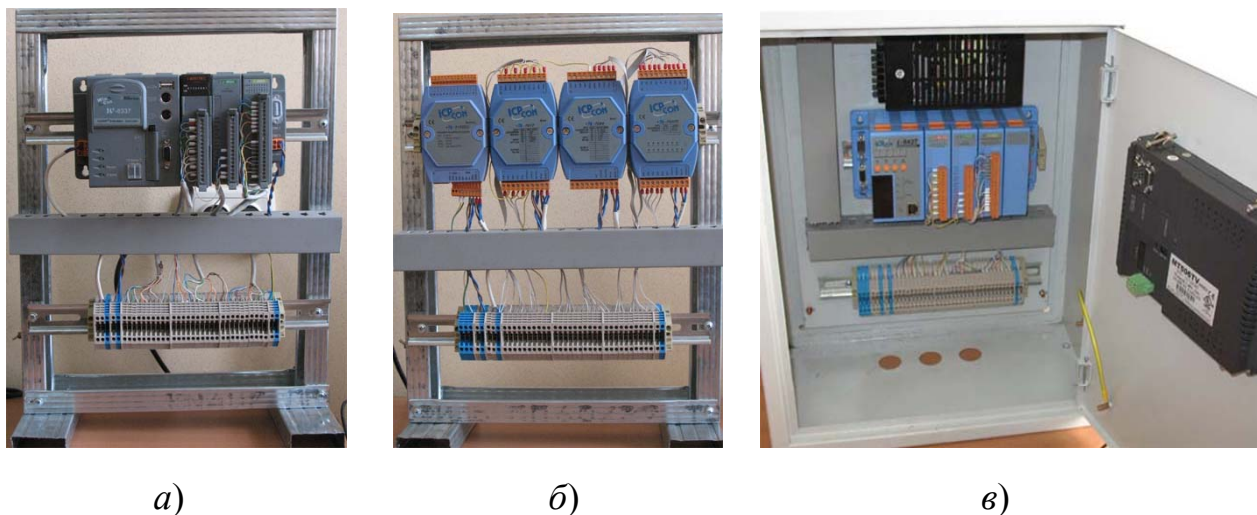


Рис. 4. Стойки и шкаф управляющих контроллеров:
а – WinCon; *б* – I-7188EG и модулей серии I-7000; *в* – I-8437

I-7000, компилятор языка C/C++ (например, Borland C 3.1 или Turbo C 2.0), утилиты ЗАО «Промконтроллер» для конфигурирования параметров модулей серии Теконик.

Для понимания физической сущности процесса управления предпочтительно в качестве объекта управления использовать не имитаторы, а физические объекты. В разработанном комплексе таких объектов три (см. рис. 3).

Тепловой объект № 1 состоит из источника тепла (нагревательного элемента – лампы накаливания), помещенного в пустотелый металлический корпус, в конструкции которого предусмотрены термопара, экран, изменяющий соотношение тепла, передаваемого на термопару конвекцией и радиацией, жалюзи, шток, позволяющий изменять расстояние между лампой и термопарой. Лампа запитывается через регулятор тока, управляемого переменным сопротивлением, которое расположено на валу электрического однооборотного исполнительного механизма (ИМ) типа МЭО (механизм электрический однооборотный). На валу ИМ установлено также переменное сопротивление, выполняющее роль указателя положения ИМ. Используемый ИМ представляет собой уменьшенную копию промышленного механизма, сохраняя все его функции.

Тепловой объект № 2 состоит из источника тепла, помещенного в пустотелый металлический корпус, в конструкции которого предусмотрены термопара, вентиляторы, заслонка, изменяющая скорость потока воздуха внутри объекта. Для измерения температуры используется термопара. Стенд в основном используется для исследования различных законов позиционного регулирования (двухпозиционного, многопозиционного, двухпозиционно-пропорционального, регулирование с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и др.).

Гидравлический объект включает в себя четыре емкости, снабженные дискретными и аналоговыми датчиками уровня, ИМ типа МЭО, содержащий датчик положения и насос. Стенд совместно с системой автоматизации позволяет: осуществить реальную одноконтурную автоматическую систему регулирования (АСР) уровня, используя ИМ типа МЭО с реостатным указателем положения и мембранным регулирующим органом; осуществить сигнализацию предельного уровня, используя сигнализацию уровня, через датчик-реле уровня типа РОС-301; осуществить переход на дистанционное управление как насосом, так и МЭО; демонстрировать возможности программируемого логического контроллера (ПЛК) и программного обеспечения, используя стенд как физическую модель.

Для существенного расширения номенклатуры исследуемых объектов управления в разработанном комплексе имеется возможность использовать так называемые виртуальные объекты – объекты, моделирование которых осуществляется на ЭВМ. Моделирование объектов управления может осуществляться как стандартными средствами программирования, так и с использованием специализированных пакетов, например пакета Matlab. Для связи с виртуальными объектами используются устройства связи с объектом (УСО), которые представляют собой аналого-цифровые, цифроаналоговые, дискретно-цифровые и цифро-дискретные преобразователи. В качестве таких УСО в разработанном комплексе используются модули аналогового и дискретного ввода-вывода компании «Овен» (МВА8, МВУ8, МДВВ). Эти модули объединены сетью на базе интерфейса RS-485 и через преобразователь интерфейса RS-485/RS-232 подключены к компьютеру.

Коммуникационная панель используется для организации связи между входами-выходами контроллеров и выходами-входами объектов управления.

Основой построения информационно-управляющей части комплекса стали современные РС-совместимые контроллеры компании ICP DAS, Тайвань (I-7188EG, I-8437, WinCon-8337) и ЗАО «Промконтроллер» (серия Теконик). Выбор этих технических средств обусловлен их достаточно большой распространенностью на отечественном рынке промышленной автоматизации, невысокой стоимостью и высокой функциональностью, хорошей надежностью.

Некоторые элементы разработанного лабораторного комплекса представлены на рис. 4.

Особенностью разработанного многофункционального комплекса является использование современных информационных технологий в области автоматизации и принципа построения открытых систем. Среди них:

– стандарт на средства программирования современных программируемых логических контроллеров IEC 61131-3 (МЭК 61131-3), который полностью реализован в инструментальной системе программирования контроллеров ISaGRAF;

– использование технологии OPC (OLE for Process Control), специально разработанной фирмой Microsoft для решения коммуникационных проблем между различными элементами системы автоматизации;

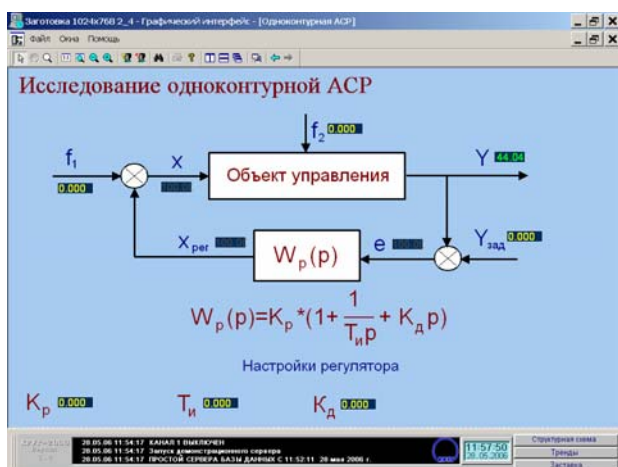
– использование полнофункциональной системы SCADA «Круг-2000».

С использованием SCADA «Круг-2000» разработаны автоматизированные рабочие места (АРМ) студентов, позволяющие наблюдать за ходом лабораторных работ на экране монитора в виде динамизированных мнемосхем, трендов (рис. 5), изменять настройки и уставки регуляторов, дистанционно управлять физическими и виртуальными объектами.

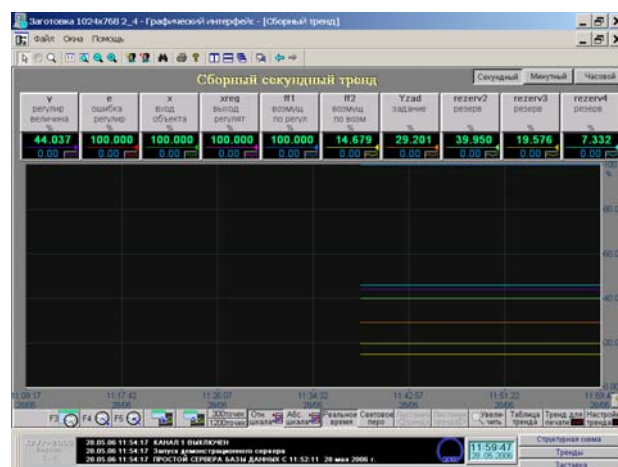
В настоящее время разработаны лабораторные работы по настройке и исследованию качества регулирования в следующих автоматических системах регулирования: одноконтурной АСР; комбинированной АСР; каскадной АСР; многоконтурной АСР; АСР с дополнительным импульсом по производной из промежуточной точки; системе двухпозиционного регулирования; системе двухпозиционно-пропорционального регулирования (усовершенствованной системе позиционного регулирования). Также имеется возможность проводить работы по снятию статических и динамических характеристик объекта регулирования; по снятию динамических характеристик промышленного ПИД-регулятора.

С помощью универсального лабораторного комплекса изучаются языки программирования современных промышленных контроллеров, входящих в стандарт IEC 61131-3: FBD, ST, LD, IL, SFC.

С использованием комплекса проводится большое количество практических и лабораторных работ по разработке АРМ оператора с применением SCADA-системы «Круг-2000», при этом студенты учатся разрабатывать базу данных проекта (в среде «Генератор базы данных»), графический проект (в среде «Генератор



а)



б)

Рис. 5. Мнемосхема (а) и сборный тренд (б) АРМ студента при выполнении работы «Исследование одноконтурной АСР»

динамики)), собственные приложения для АРМ оператора (в редакторах СТ и ФБД языка КРУГОЛ), производить настройку сервера ввода-вывода, ОРС-клиента Круг-2000, ОРС-серверов контроллеров.

Разработанный комплекс используется в Тамбовском ГТУ для подготовки инженеров по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств», а также бакалавров и магистров по направлению «Автоматизация и управление»; для подготовки бакалавров и магистров по направлению 220200 – «Автоматизация и управление»; специалистов по направлению 220300 – «Автоматизированные технологии и производства» при проведении практических и лабораторных работ по дисциплинам «Теория автоматического управления», «Технические измерения и приборы», «Технические средства автоматизации», «Интегрированные системы проектирования и управления», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Моделирование систем», «Архитектура промышленных контроллеров и компьютеров» и др.

Комплекс может быть использован также в качестве тренажерных систем при переподготовке инженерно-технического персонала промышленных предприятий.

Достоинством разработанного комплекса является то, что по мере поступления новых программно-технических средств (ПЛК, программного обеспечения) он может расширяться и дополняться как новыми блоками управления с ПЛК совершенно разных фирм-производителей, так и новыми физическими ОУ.

Разработанный комплекс приведен в качестве одного из вариантов комплекта лабораторного оборудования. Наличие унифицированных сигналов и унифицированных разъемов делает возможным реализовать на его базе любую желаемую компоновку учебных рабочих мест в классах подготовки специалистов по автоматизации, придает свойство гибкости и масштабируемости, оставляет широкие возможности для совершенствования комплекса.

Список литературы

1. Учебно-лабораторный комплекс для подготовки специалистов по автоматизации / С.В. Фролов [и др.] // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2003. – № 8. – С. 50–52.

2. Практикум по автоматике и системам управления производственными процессами : учеб. пособие для вузов / Под ред. И.М. Масленникова. – М. : Химия, 1986.

3. Матвейкин, В.Г. Модернизация лабораторных стендов на базе пневматических имитаторов динамики / В.Г. Матвейкин, С.В. Фролов, А.В. Лагутин // Приборы и системы управления. – 1997. – № 4.

4. Лабораторный стенд «Средства автоматизации и управления» САУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosuchpribor.ru>, свободный.

5. Лабораторные стенды «Средства автоматизации и управления» разной конфигурации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // <http://www.labstend.ru/>, свободный.

6. Фролов, С.В. Лабораторный комплекс для исследования позиционных систем регулирования / С.В. Фролов, И.А. Елизаров, С.А. Лоскутов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 4.

THE MULTIPURPOSE AUTOMATED COMPLEX OF THE EDUCATIONAL LABWARE FOR TRAINING OF EXPERTS IN AUTOMATION AND CONTROLLING

I.A. Elizarov, A.A. Tretyakov, A.L. Androsov

Key words and phrases: automatic controlling, complex of educational labware, industrial controllers.

Abstract: The content and structure of the multipurpose automated complex for training of experts in the field of handling of technological processes is considered. The complex is constructed with use of a new information technology and modern means of automation and controlling.