

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

УДК 378.016, 681.5.04, 681.58

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

А.М. Борисов, А.С. Нестеров
г. Челябинск, ЮУрГУ

LABORATORY WORK FOR STUDYING AUTOMATION AND CONTROL MEANS

A.M. Borisov, A.S. Nesterov
Chelyabinsk, South Ural State University

Представлен опыт создания лабораторной базы для подготовки специалистов в области автоматизации управления технологическими процессами и производственными установками. Лабораторные установки оснащены программируемой техникой передовых мировых производителей и дают четкое и полное представление о современном состоянии решений в области промышленной автоматизации.

Ключевые слова: автоматизация, учебный лабораторный стенд, программируемый контроллер, промышленная сеть, виртуальный объект автоматизации.

The experience in developing of laboratory base for training of specialists in the field of automation of technological processes control and industrial installations is presented. The laboratory facilities are equipped with programmable equipment of the advanced world manufacturers that gives precise and full idea of the modern state of solutions in the field of industrial automation.

Keywords: automation, learning laboratory bench, programmable logical controller, industrial network, virtual object of automation.

В настоящее время, несмотря на большое разнообразие элементов систем автоматизации управления технологическими процессами, можно четко выделить основной состав функциональных средств для их реализации. Любая система автоматизации, какие бы задачи она не решала, какая бы не использовалась элементная база (реле, логические элементы, программируемые контроллеры, УВМ) включает в себя:

- пультовое оборудование для включения системы в работу, задания режимов работы, отображения информации;
- устройство управления, получающее информацию с пульта управления, от внешних устройств более высокого этажа иерархии управления и с объекта, оценивающее по заложенному в нем алгоритму ситуацию на объекте и вырабатывающее управляющие воздействия на исполнительные устройства;
- преобразователи технологической информации (датчики);
- информационные связи.

Поэтому подготовка специалистов в области автоматизации управления технологическими процессами и объектами включает в себя обучение формированию и сбору информации, разработке алгоритмов по формированию управляющих воздействий и выдаче их на управление и сигнализацию.

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) совместно с ООО НПП «Учтех-Профи» (г. Челябинск) имеет опыт по созданию стендов для проведения лабораторных работ по курсам автоматизации технологических объектов.

Разработанный лабораторный комплекс «САУ-МАКС» (Средства автоматизации и управления) дважды (в 2006 и 2008 годах) демонстрировался на международных выставках в Швейцарии (г. Базель). Стенд поставляется с обстоятельным методическим обеспечением [2] и охватывает в основном все указанные выше задачи кроме вычислительных сетей, которые изучаются на другом

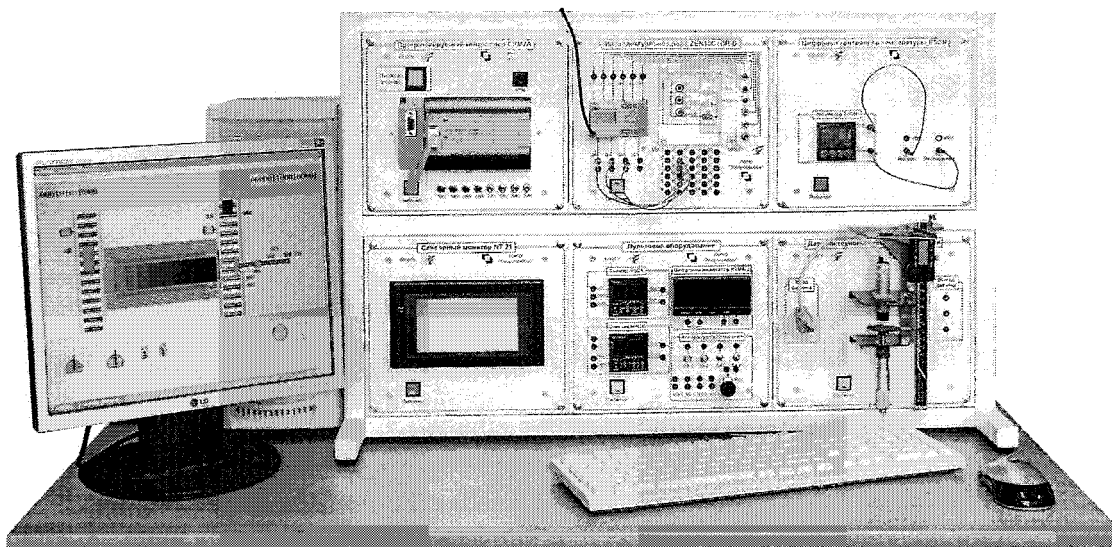


Рис. 1. Лабораторный комплекс «САУ-МАКС»

стенде. Комплекс САУ-МАКС (рис. 1) имеет модульную конструкцию и включает в себя:

- ПЭВМ;
- модуль программируемого контроллера на базе контроллера OMRON CPM2A-30CDT-D на 18 каналов ввода и 12 каналов вывода. Кроме контроллера на этом же модуле располагаются тумблеры для ввода командных сигналов и светодиоды для индикации входных и выходных сигналов (имитация аппаратно реализованного пульта управления);
- модуль сенсорного монитора (виртуальный пульт управления) на базе сенсорной панели оператора OMRON NT21 (или NT31C);
- модуль пультового оборудования, включающий в себя программируемые устройства фирмы OMRON: многофункциональный таймер H5CX, многофункциональный счетчик H7CX и измеритель-регулятор K3MA-J;
- модуль программируемого интеллектуального реле на базе реле OMRON ZEN-10C1DR-D;
- модуль программируемого регулятора температуры на базе микропроцессорного регулятора температуры OMRON E5CN;

– модуль датчиков технологической информации для изучения бесконтактных датчиков: индуктивного и емкостного конечных выключателей, оптического выключателя с инфракрасным излучателем и индуктивный преобразователь перемещения с аналоговым выходом. Все изучаемые датчики отечественного производства фирмы ТЕКО (г. Челябинск);

– комплект соединительных кабелей.

Привлекательной особенностью стенда является приближение задач, выполняемых при проведении лабораторных работ, к управлению реальными объектами. Правда, эти объекты виртуальные. Они реализованы на экране монитора ПЭВМ в виде мультипликации (рис. 2). Программируемый контроллер, получая команды с сенсорной панели оператора и информацию о датчиках виртуального объекта, по разработанному алгоритму формирует управляющие команды, по которым механизмы виртуального объекта совершают заданные перемещения с заданной скоростью. Изображения датчиков виртуального объекта при их срабатывании меняют свой цвет. При управлении виртуальными объектами между

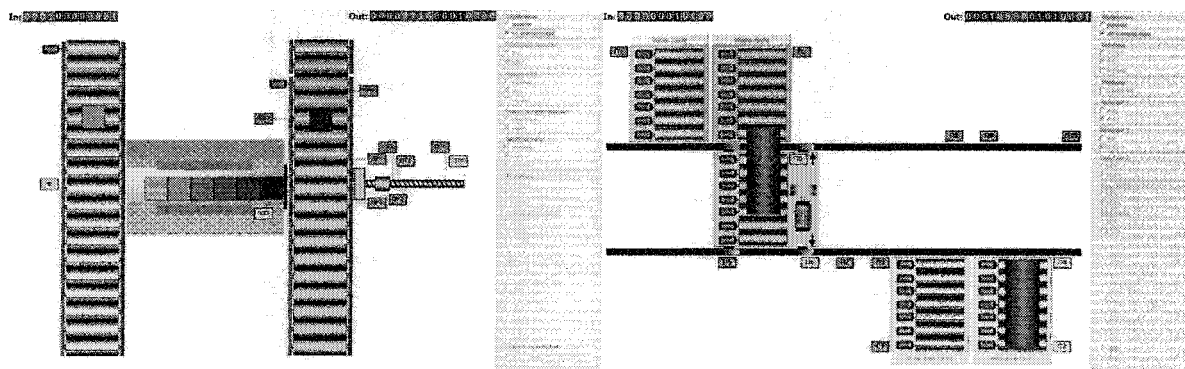


Рис. 2. Внешний вид виртуальных объектов на экране монитора ПЭВМ

Учебно-методические вопросы

ПЭВМ и контроллером постоянно идет обмен информацией через специальный узел, встроенный в «Модуль программируемого контроллера».

В памяти ПЭВМ хранятся 9 вариантов виртуальных объектов:

- роботизированный комплекс;
- участок транспортировки изделий в методическую печь для их нагрева;
- участок нагревательного колодца обжимного прокатного стана;
- участок сортировки и пакетирования годных и бракованных листов металла;
- участок транспортировки труб большого диаметра;
- станок для сверления глубоких отверстий;
- линия химической обработки деталей;
- участок упаковки;
- пассажирский лифт.

Крупнейшие предприятия Челябинской области (ОАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Челябинский трубопрокатный завод», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» и др.) широко используют для целей автоматизации производства продукцию фирмы SIEMENS (Германия). Поэтому как в теоретических курсах, так и в лабораторном практикуме обращается большое внимание на программируемые контроллеры и промышленные вычислительные сети на элементной базе этой фирмы.

Для изучения программирования контроллеров фирмы SIEMENS создан лабораторный стенд на базе контроллера SIMATIC S7-300 (рис. 3), который включает в себя:

- ПЭВМ;
 - модуль контроллера;
 - блок имитации сигналов и команд.
- Модуль контроллера, включающий в себя:
- модуль питания SITOP;
 - процессорный модуль CPU-314;
 - модуль ввода дискретных сигналов SM321 DI32xDC24V;

– модуль вывода дискретных сигналов SM322 DO32xDC24V/0,5A;

– модуль ввода/вывода аналоговых сигналов SM334 AI4/AO2x8bit;

– адаптер для связи с ПЭВМ;

– комплект соединительных кабелей.

Блок имитации сигналов и команд содержит 16 кнопок и тумблеров для задания сигналов и команд, 16 светодиодов для индикации выходных сигналов и команд, 2 потенциометра для подачи сигналов на каналы ввода аналоговых сигналов, 2 светодиода для индикации изменения яркости свечения при работе с каналами аналогового вывода. Для снятия характеристик каналов ввода/вывода аналоговых сигналов используются светодиоды для индикации преобразуемого кода и вольтметр.

На данном стенде отрабатывается конфигурирование контроллера, подготовка программы, запись ее в память контроллера и проверка правильности функционирования программы. Каждому студенту выдается индивидуальное задание по автоматизации управления несложным объектом, например, разработать систему управления открытием/закрытием ворот для въезда/выезда на территорию гаража. Исходное положение двери – закрытое. При кратковременном нажатии кнопки «Открыть» включается предупредительный звонок и через 5 с. включается привод ворот на открывание. При полном открытии двери привод ворот отключается сразу, а звонок звенит еще 2 с. Аналогично система работает при закрывании ворот.

Индивидуальные задания составлялись таким образом, чтобы в них использовались таймеры и счетчики. Например, в приведенном примере можно добавить счет числа открываний ворот в течение смены.

Следующая лабораторная работа с использованием оборудования фирмы SIEMENS предусматривает изучение сенсорных мониторов (панелей оператора). Такие мониторы идут на смену традиционным пультам управления с тумблерами, кнопками, сигнальными устройствами, стрелоч-

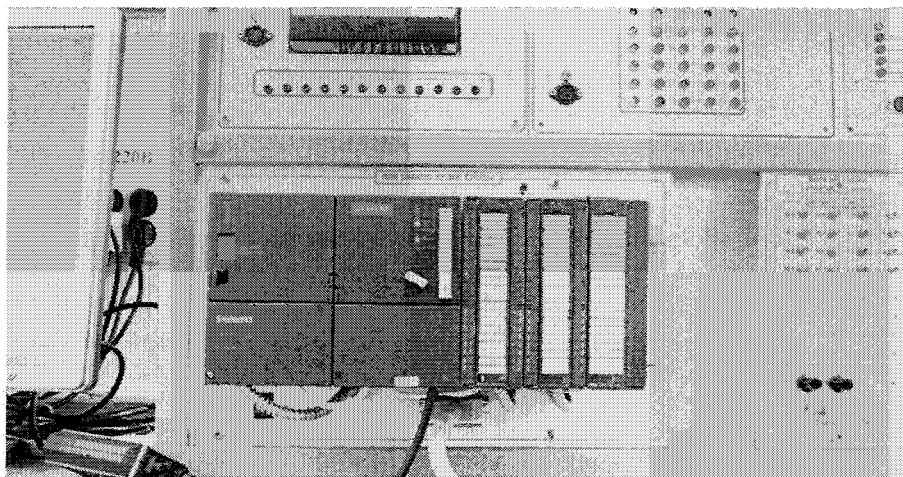


Рис. 3. Лабораторный стенд для изучения программируемого контроллера Simatic S7-300

ными и цифровыми индикаторами и другими устройствами контроля и управления автоматизированной установкой. Все перечисленные элементы реализуются на экране сенсорного монитора программным путем.

Лабораторный стенд, представленный на рис. 4, состоит из ПЭВМ типа IBM и аппаратного блока. На лицевой панели аппаратного блока располагается панель оператора SIMATIC TP177A, контроллерный блок на базе SIMATIC S7-300, 4 кнопки ввода входных сигналов в программируемый контроллер и 4 светодиода для индикации выходных сигналов контроллера. В свою очередь контроллерный блок включает в себя процессорный модуль CPU 314, модуль ввода 16 дискретных сигналов SM321 DI16x24V и модуль вывода 16 дискретных сигналов SM322 DO16x24VDC/0,5A.

Данная лабораторная работа проводится лишь после того, как студенты уже проделали предыдущую работу по программированию контроллера SIMATIC S7-300, чтобы минимум времени уходило на программирование контроллера. Основная же задача данной работы – создание пульта управления заданным виртуальным объектом на базе панели оператора TP177A. Этот монитор позволяет реализовать до 250 экранов управления. Студентам предлагается создать 2 экрана с аппаратурой управления и контроля. Один экран – для автоматического режима работы, другой – для ручного режима работы. Виртуальные объекты используются те же, что и в лабораторном комплексе «САУ-МАКС». 12 каналов модуля ввода дискретных сигналов SM321 принимают сигналы с датчиков положений механизмов виртуального объекта и лишь 4 – с аппаратно реализованных кнопок аппаратного блока. Панель оператора имеет прямой доступ в память контроллера и поэтому сигналы с сенсорного монитора непосредственно поступают и располагаются в адресной области промежуточных переменных контроллера. Контроллер по составленной для него программе формирует до 12 управляющих команд и сигналов на виртуальный объект и лишь 4 – на светодиоды

индикации на лицевой панели аппаратного блока.

В результате выполнения этой лабораторной работы студенты получают четкое представление о составе систем автоматизации управления и получают опыт управления объектом автоматизации, приближенным по своим функциональным возможностям к реальным объектам.

Следующим шагом по изучению элементной базы фирмы SIEMENS является изучение промышленной вычислительной сети PROFIBUS. Лабораторный стенд для изучения принципов работы и программирования такой сети (рис. 5) включает в себя:

- ПЭВМ;
- «Блок питания стенда» на базе источника питания PS307;
- 2 контроллерных модуля, одинаковых как по составу, так и по конструкции, но разных по своему функциональному назначению. Каждый контроллерный модуль включает в себя процессорный модуль CPU315-2DP, модуль ввода дискретных сигналов SM321 DI16x24V и модуль вывода дискретных сигналов SM322 DO16x24VDC/0,5A. Первый контроллерный модуль играет роль ведущего (MASTER), а второй – роль ведомого (SLAVE1);
- модуль «Децентрализованная периферия» на базе ET200M с модулем ввода/вывода дискретных сигналов SM322 DI16/DO16xDC24V. Этот модуль выполняет роль второго ведомого (SLAVE2);
- модуль «Оптический шинный терминал OBT» для связи технологии передачи RS485 с технологией волоконно-оптической передачи данных;
- модуль «Блок имитационных сигналов», включающий в свой состав три набора кнопок/тумблеров для формирования сигналов и управляющих команд и светодиодов для индикации выходных команд соответственно для MASTER, SLAVE1 и SLAVE2;
- адаптер для связи с ПЭВМ;
- комплект соединительных кабелей.

На рис. 6 представлена функциональная схема лабораторного комплекса. Штриховыми линиями

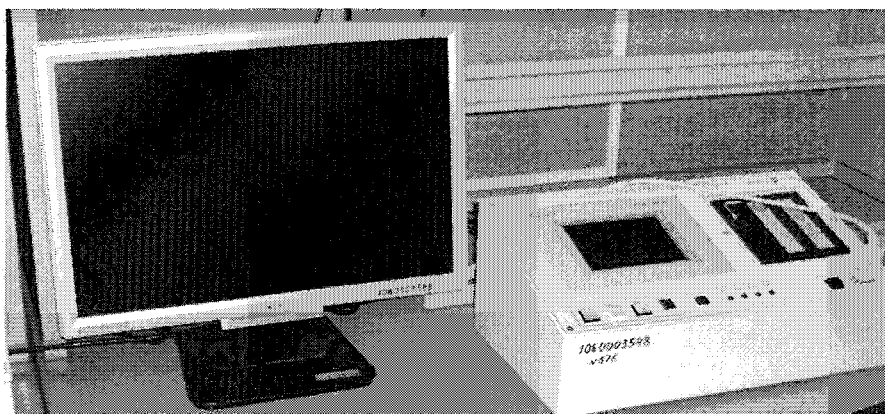


Рис. 4. Лабораторный стенд для изучения сенсорной панели оператора Simatic TP-177A

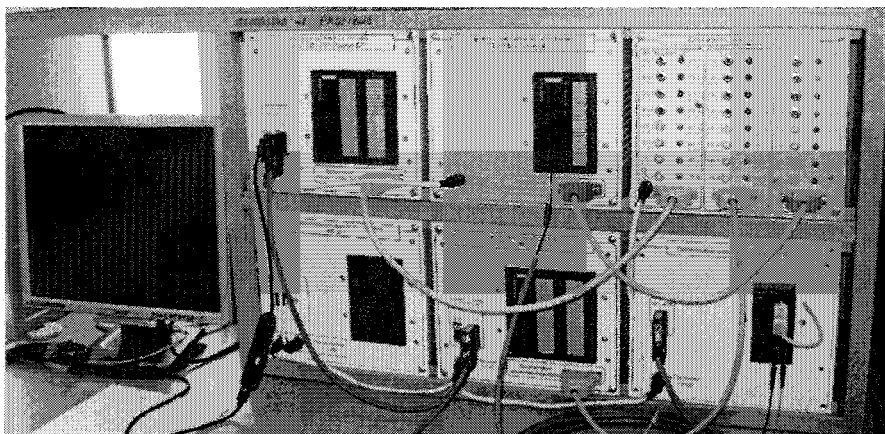


Рис. 5. Лабораторный комплекс для изучения сети Profibus DP на базе Simatic S7-300т

показаны кабели типа витой пары интерфейса RS485, двойной утолщенной линией – пластиковый волоконно-оптический кабель, штрихпунктирными линиями показано подключение входных и выходных сигналов «Блока имитационных сигналов» к MASTER- и SLAVE-контроллерам.

Программирование контроллеров чисто из эксплуатационных соображений осуществляется по сети через разъемы DP контроллерных модулей (чтобы не переключать каждый раз адаптер к MPI-разъему каждого модуля).

Перед выполнением лабораторной работы каждому студенту выдается свой вариант задания объекта для автоматизации. В каждом варианте предусматривается ручное и автоматическое управление объектом. Задается, что объектом управляет контроллер SLAVE1, команды выбора режима работы (ручной/автоматический) и пуска/останов автоматического режима работы подаются с контроллера MASTER, а команды ручного управления – от SLAVE2 (ET200M).

Дома необходимо разработать алгоритм управления объектом. С учетом имеющегося оборудования стенда присвоить адресацию входным, выходным и промежуточным переменным, задать адреса промежуточной памяти для обмена информацией

SLAVE1-контроллера с MASTER-контроллером и подготовить программу для ввода в ПЭВМ.

В лаборатории необходимо провести конфигурирование сети, записать подготовленные дома программы в соответствующие контроллеры MASTER и SLAVE1 и включить сеть в работу. Команды управления подаются с соответствующих кнопок и тумблеров MASTER и SLAVE1 «Блока имитирующих сигналов». Сигналы включения/отключения датчиков имитируются кнопками и тумблерами SLAVE1. Формируемые сигналы и команды индицируются соответствующими светодиодами указанного «Блока имитирующих сигналов».

При составлении лабораторного практикума возникает сложная задача выбора изучаемых программируемых контроллеров. Первые программируемые контроллеры появились в 1969 г. и уже в 1974 г. 30 фирм-производителей выпускали 32 типа контроллеров. Теперь количество разнообразных контроллеров необозримо. Конечно, ограничивать изучение контроллеров только изделиями фирм OMRON и SIEMENS не следует. На упомянутой кафедре ЮУрГУ лабораторный практикум дополнительно включает изучение систем автоматизации на базе DL-05 фирмы Direct Logic (США) (рис. 7). Представленный лабораторный практикум по на-

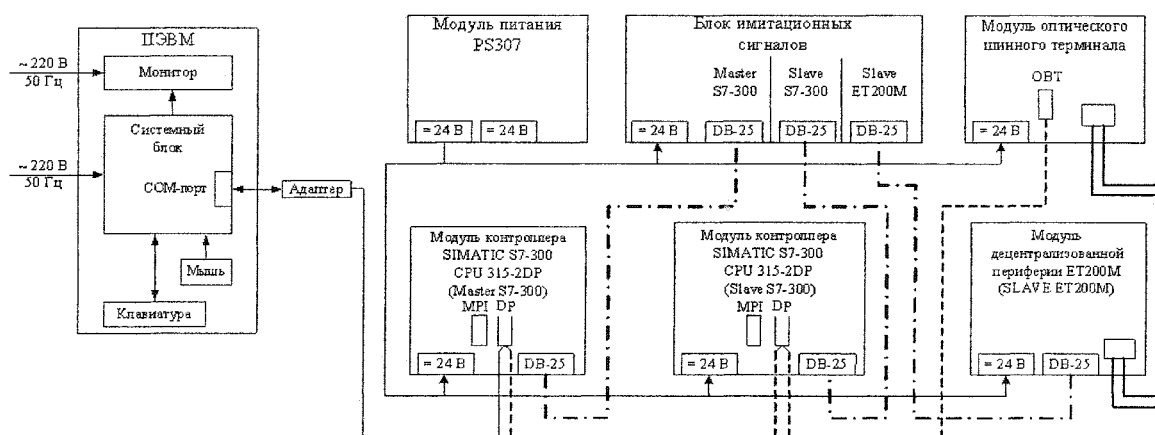


Рис. 6. Функциональная схема лабораторного комплекса для изучения сети Profibus DP на базе SIMATIC S7-300

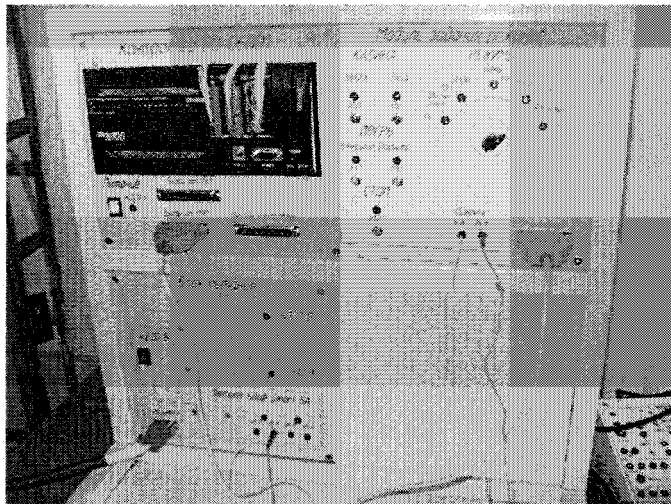


Рис. 7. Лабораторная установка для изучения программируемого контроллера DL-05 (США)

шему мнению является необходимым минимумом для базовой подготовки специалиста в области автоматизации технологических процессов.

Литература

1. Борисов, А.М. Лабораторный стенд «Средства автоматизации и управления» / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, А.С. Одинцов // *Электроприводы переменного тока: труды международной 13-й науч.-техн. конф.* – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2005. – С. 341–344.

2. Борисов, А.М. Средства автоматизации и управления: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 207 с.

3. Парр, Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера: пер. с англ. изд. / Э. Парр. – М.: ВИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 510 с.

4. Bryan, L.A. Programmable controllers: theory and implementation / L.A. Bryan, E.A. Bryan. – 2-nd ed. 1997. – 1047 с.

Поступила в редакцию 23.05.2010 г.

Борисов Александр Михайлович. Кандидат технических наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. Область научных интересов – автоматизация технологических процессов, промышленные сети, контроллеры и микроконтроллеры. Контактный телефон: 8 (351) 267-96-90.

Aleksandr Mikhailovich Borisov is a Professor of the Electric Drive and Industrial Automation Department at South Ural State University in Chelyabinsk. Tel.: 8 (351) 267-96-90.

Нестеров Александр Сергеевич. Кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. Область научных интересов – автоматизация технологических процессов, промышленные сети, контроллеры и микроконтроллеры. Контактный телефон: 8 (351) 267-96-90.

Aleksandr Sergeevich Nesterov is Associate Professor of the Electric Drive and Industrial Automation Department at South Ural State University, Chelyabinsk. Tel.: 8 (351) 267-96-90.