



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2016, Том 7, № 3, С. 12 – 22

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 62-529

© 2016 г. **В. А. Иванов**, д-р техн. наук,
В. А. Авдеев,
Д. А. Василенко

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

СТЕНД ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ

В статье представлены описания, характеристики и компоненты учебно-исследовательского стенда для автоматизации оборудования и электромеханических устройств, оснащенного современными средствами автоматизации, в том числе, программируемым логическим контроллером. Решена задача по автоматизации модели грузового подъемника.

Ключевые слова: стенд для автоматизации устройств и оборудования, автоматизация, датчик, экспериментальные устройства, модель грузового подъемника

V. A. Ivanov, V. A. Avdeev, D. A. Vasilenko

STAND FOR EXPERIMENTAL DESIGN AUTOMATION DEVICES AND EQUIPMENT

The paper presents the description, specifications and components of teaching and research stand for automation equipment and electromechanical devices, equipped with modern automation tools, including programmable logic controller. Problems solved by automation of cargo lifts.

Keywords: Stand for automation devices and equipment, automation, sensor, model cargo lift.

Введение

В ТОГУ на кафедре ТЭСМ в период 2013-2015 гг. была создана лаборатория автоматизации транспортно-технологических машин с комплексом учебных стендов с целью развития технологий активного обучения для повышения качества подготовки аспирантов, магистрантов, специалистов и бакалавров в области мехатроники и роботизации машин и оборудования [1,2]. Известны современные технологии обучения, например, по технике автоматизации и коммуникации от FestoDidactic, включающие мобильное оборудование, комплекты для курсов по гидравлике, пневматике, электромеханике, робототехнике, ЧПУ-технологии, программное обеспечение и специализированные установки, объединенные в сети, вплоть до сдачи учебных центров под ключ [3,4]. Однако, существует определенный дефицит в открытой информации по практическим решениям и методическим рекомендациям в области обучения и создания автоматизированных устройств на основе промышленных программируемых контроллеров.

Целью работы является повышение эффективности обучения по магистерским и аспирантским программам технике автоматизации, а также разработка экспериментальных устройств, машин и промышленного оборудования.

Использование общей методологии и отдельных элементов обучающей системы, а также творческое развитие идеи проектирования и создания экспериментальных устройств и оборудования позволили создать в Тихоокеанском государственном университете лабораторию автоматизации с оригинальными стендами для обучения и опытного экспериментирования [1,9,10].

Предметом исследований являются разработка и исследование лабораторных стендов и экспериментальных устройств, в которых используются современные средства автоматизации, пневматики, гидравлики, робототехники, мехатроники. Лабораторные стенды, имеют оригинальное конструктивное решение, модули питания, контроллеры, панели для сенсорного управления, модули ввода-вывода, компьютеры, объединенные в единый экспериментальный комплекс, могут использоваться самостоятельно для учебных целей [1,2]. Разработка экспериментальных устройств и оборудования с приводами и сенсорами на базе стендов, которые используются как управляющие системы, является вторым исследовательским направлением их использования.

Разработаны следующие мобильные учебно-экспериментальные средства.

1. Стенд управления электроприводами с ПЛК LOGO фирмы Siemens [2].
2. Стенд для автоматизации устройств и оборудования с ПЛК 110-60 фирмы Овен [1,9].
3. Стенд для автоматизации транспортно-технологических машин с ПЛК СПК207 фирмы Овен [1,9].
4. Экспериментальное научно-исследовательское оборудование [5,6,7,8]:
 - машина трения МФТ с ПЛК 4PP045.0571-61 фирмы V&R;
 - станок для центробежного формирования полимеров с ПЛК 110-60 фирмы Овен;
 - станок для намотки с ПЛК LOGO фирмы Siemens.
5. Разработаны на базе стендов для автоматизации ряд экспериментальных устройств с автоматизированной системой управления: электродвигатель с эмулятором нагревательного устройства, модель грузового лифта, устройство для измерения длины материалов, крановая установка с ограничителем грузового момента, робототехнический комплекс [9,10].

В данной статье рассмотрим учебно-исследовательское оборудование на базе стенда по автоматизации устройств и оборудования и контроллера ОВЕН ПЛК 110-60.

Стенд для автоматизации устройств и оборудования предназначен для выполнения как учебных, так и проектных и экспериментальных работ по технике автоматизации. Главными его функциями являются: изучение основ автоматизации технических процессов и оборудования, а также приборов и устройств, входящих в промышленную систему автоматизации (контроллеры, модули, сенсоры, исполнительные устройства и датчики); составление реальных схем автоматизации (общих и принципиальных); проектирование моделей, включающих исполнительные устройства и сенсоры, и составление алгоритма их функционирования; изучение программной среды для автоматизации процесса; исследование процесса работы конкретной модели или устройства. На рис. 1. изображен общий вид универсального стенда для автоматизации устройств и оборудования.



Рис. 1. Стенд для автоматизации устройств и оборудования

Стенд состоит из стола, двух вертикальных панелей и вертикальных стоек, соединенных с панелями. Стол установлен на мобильную тележку с четырьмя роликовыми опорами. На верхней панели расположены источники питания, программируемый логический контроллер, сенсорная панель визуализации и блока тумблеров и сигнальных ламп. Контроллер соединяется с компьютером через кабель по протоколу TCP/IP. На нижней панели расположены модули ввода-вывода и преобразователь частоты (ПЧВ). К модулям подсоединяют исполнительные устройства и сенсоры для выполнения поставленной задачи по автоматизации. Экспериментальные устройства располагаются на плоскости стола. Полки стола служат для хранения компьютера и дополнительных блоков для сборки устройств.

При разработке и конструировании стенда были взяты за основу принципы – мобильности, выбора отечественного производителя основных компонентов (фирма ОВЕН, Россия), стоимости, универсальности, максимальной приближенности к реальному промышленному оборудованию (компоненты в промышленном исполнении), визуализации технологий и др.

Представленное на стенде оборудование обеспечивает, наряду с ранее заявленным, изучение программирования логического контроллера, изучение программирования сенсорного монитора, изучение характеристик и функциональных возможностей программируемых универсальных таймеров, счетчиков и универсальной панели индикации, изучение характеристик датчиков технологической информации, реализация устройств и систем автоматизации управления ими на базе программируемых средств автоматизации[12].

Основные компоненты стенда, к которым можно отнести блок питания и устройство коммутации, программируемый логический контроллер ПЛК 110-60, панель оператора СП 270, модули ввода-вывода, преобразователь частоты ПЧВ В13-028063 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основной перечень оборудования стенда

Обозначение	Наименование	Технические характеристики	Изображение	Кол-во
1	2	3	4	5
ПЛК	Программируемый логический контроллер 110-60	$U=24В$; $I=4А$; 24-дискретных выходов; 36 – входов.		1
ИП	Источник питания Phoenix Contact Step Power	$U=85...264В$; $P=13.2Вт$; $I=1,3А$; 90x90x61 $M=0,33 кг$		1
МП	Магнитный пускатель КМЭ 1810	$R_{ном}=7,5Вт$; $I_{ном}=18А$; $U_{ном}=380В$; $m=0,9кг$		1
РЭ	Реле электромагнитное PhoenixContact:	$U_{ном}=24В$; $I_{ном}=6А$; $m=6грамм$		1
АВ	Автоматический выключатель IEK ВА47-29:	$U_{ном}=48В$; $I_{ном}=63А$; $U=230/400В(50Гц)$; $m=0,1кг$		1

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
ПО	Панель оператора СП 270	256 цветов; разрешение 480x234; U=22..26В; U _{ном} =24В; I _{ном} =0,15А		1
ПЧВ	Преобразователь частоты ПЧВ 101-К75	U=380...480В(50...60Гц); P=0,75 кВт; U _{вых} =0..480В; ф=400Гц; T= -10...+40 С		1
МВ1	МВ 110-224.1 ТД	U=90...245В; P<5		1
МК1	МК 110-8ДН.4Р	P<6; I=4А; U=250В; RS-485 Кол-во дискретных выходных элементов - 4		1
МК2	МК110-24.8Д(ДН).4Р	U=90...264В; P=86..106,7 кПА -10..+55 С		1
МУ1	МУ 110-8И	U=90...264В; P<6; IP20; 63x110x73		2
МВ2	МВ 110-8АС	U=90...264В; 47..63 Гц; P<8; Кол-во аналоговых каналов измерения 8		1
LPS	Тензодатчик LPS-30KG-SO	Класс защиты- IP66; 4-чх проводное подключение; алюминий.		1
Omron	Энкодер Omron E6B2	Диаметр корпуса 40 мм Диаметр выступающего вала 6 или 8 мм Питание: 12-24 VDC или 5 VDC		1

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
ВВ	ВВ.2.18М.65.8.1. 1.К (БТП-103)	U=24В;		1
Д	Шаговый двига- тель NEMA 23	Крутящий мо- мент 179oz.in/1.26N m; гибридный; I/Фаза 2,8А		1
УП	Управляющие головки кнопок и переключатели	-----		9
К	Контактор КМЭ «ЕКФ» 0910	45x74x80; P=7,5Вт; U=220В; I =18А		1
ОБП	Одноканальный блок питания ОВЕН БП30Б- Д3	U=90...380В; P=30В т; 54x90x58 мм; IP20		1
КВ	Концевой вы- ключатель L66K13МЕР121	Uном=240В; Iном=3А; IP67; 1800/3000 операций в час; -20/+70 С		2

При создании стенда было применено шесть модулей ввода-вывода фирмы ОВЕН для того, чтобы можно было подключать одновременно как можно больше устройств, т.е. сделать стенд для автоматизации устройств и оборудования универсальным и практичным. Рассмотрим каждый модуль в отдельности [12].

Модуль МВ110-224.1ТД предназначен для работы с тензодатчиками мостового типа, у которых рабочий коэффициент передачи (при номинальной нагрузке) от 1 мВ/В и выше, преобразования данных измерений в значение физической величины и передачи результатов измерения в сеть RS-485. Прибор имеет один измерительный канал для подключения одного тензодатчика. Входным сигналом для этого модуля является постоянное напряжение с выхода резистивного моста (тензометрического датчика мостового типа).

Модуль МК 110-8ДН.4Р служит для сбора данных со встроенных дискретных входов с последующей их передачей в сеть RS-485 и управления встроенными дискретными выходными элементами, используемыми для подключения исполнительных механизмов с дискретным управлением, по сигналам из сети RS-485 или в зависимости от состояния дискретных входов (возможна установка логических функций «И», «ИЛИ», «НЕ» и др.),

Модуль МУ 110-6У используется для преобразования цифровых сигналов, передаваемых по сети RS-485, в аналоговые сигналы диапазоном от 0 до 10 В

Модуль МУ 110-8И применяется для преобразования цифровых сигналов, передаваемых по сети RS-485, в аналоговые сигналы диапазоном от 4 до 20 мА для управления исполнительными механизмами или для передачи сигналов приборам регистрации и самописцам.

Модуль МВ 110-8АС предназначен для преобразования измеряемых аналоговых сигналов в цифровой код и передачи результатов измерения в сеть RS-485. Предназначается для построения автоматизированных систем сбора данных в различных областях промышленности, сельского и коммунального хозяйства, на транспорте.

Модуль МВ 110-220.8А служит для измерения аналоговых сигналов, преобразования измеренных параметров в значение физической величины и последующей передачи этого значения по сети RS-485.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) ПЛК110-60 предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в энергетике, на транспорте, в различных областях промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Логика работы ПЛК110 определяется потребителем в процессе составления алгоритма и программирования контроллера. Программирование осуществляется с помощью системы программирования CoDeSys версии 2.3.8.1 и старше. Основными характеристиками ПЛК (рис.2), наряду с представленными в (табл.2), контроллера ОВЕН ПЛК 110-60 являются: надежная среда программирования CoDeSys; встроенные интерфейсы RS 232, RS 485, Ethernet10/100 Mbit и USB-Device; протоколы ОВЕН, ModBus RTU, ModBus ASCII, DCON, ModBus-TCP, GateWay; возможность применения коэффициента масштабирования; имеющиеся 60 дискретных точек ввода / вывода у ПЛК 110-60; библиотека функциональных блоков, поставляемая: разработка ОВЕН: ПИД-регулятор с автоматической настройкой, блок управления 3-х позиционными задвижками; стандартная библиотека CoDeSys и др.

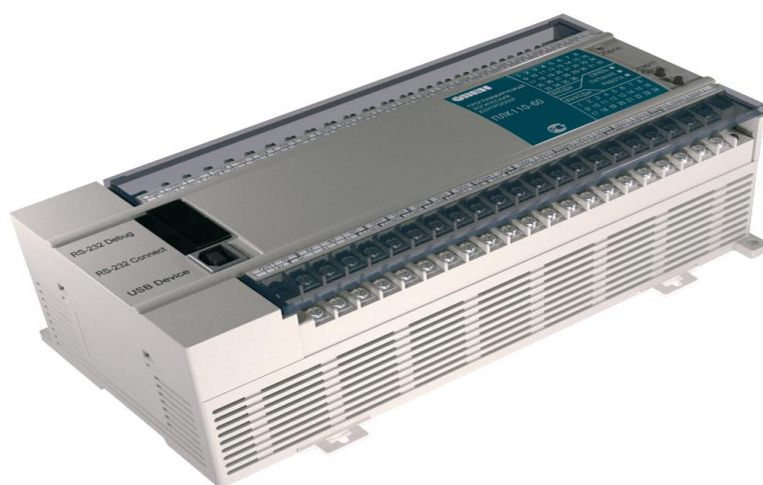


Рис. 2. Программируемый логический контроллер ПЛК 110-60

Технические характеристики ОВЕН ПЛК 110-60

Наименование	значение
Центральный процессор	32-х разрядный RISC-процессор 200 МГц на базе ядра ARM9
Объем оперативной памяти	8 Мбайт (динамическая)
Объем энергонезависимой памяти	4 Мбайт (Flash-память)
Часы реального времени	есть
Время работы часов реального времени после пропадания питания	не менее 3 месяцев
Конструктивное исполнение	крепление на DIN-рейку или на стену
Степень защиты корпуса	IP20
Напряжение питания	=24 В или ~220В 50Гц
Напряжение встроенного источника питания для активных датчиков	24 В
Количество дискретных выходов	24
Типы дискретных выходов (варианты исполнения)	- э/м реле 4 А 220 В (норм.разомкн.) - транзистор n-p-n с ОК (сигнал лог. «1» отн. клеммы –Uпит.)
Количество дискретных входов	36
Наличие гальванической изоляции дискретных входов	есть, групповая

Постановка задач и практическая разработка электромеханических устройств с автоматизированной системой управления. Существует большой дефицит в открытой информации по практическим решениям и методическим рекомендациям в области создания автоматизированных устройств на основе промышленных программируемых контроллеров. В лаборатории автоматизации транспортно-технологических машин кафедры ТЭСМ ТОГУ решен ряд задач по автоматизации электромеханических устройств на базе стенда по автоматизации устройств и оборудования и контроллера ОВЕН ПЛК 110-60 (рис.3).



Рис. 3. Классификация задач по типам управления двигателями

В качестве примера экспериментальной установки приведем модель подъемного лифта. Общий вид модели подъемника представлен на рис.4.



Рис. 4. Вид модели подъемного механизма

Рассматриваемая модель состоит из основания, мачты, грузовой тележки, тягового двигателя, редуктора, щита управления, комплекта датчиков (индуктивный датчик, тензодатчик, конечные выключатели). Рабочая модель строительного подъёмника выполнена из стального монтажного профиля. В качестве тяговой установки используется шаговый двигатель (табл.1), с червячным редуктором на выходном валу которого закреплен барабан для намотки троса. Управление шаговым двигателем осуществляется специальным драйвером позволяющим производить питание и реверсирование шагового двигателя. Алгоритм управления, позволял управлять подъёмником как это производится на действующих строительных подъёмниках такого типа, то есть подъем и опускание груза осуществляется оператором путем нажатия и удерживания кнопок вверх или вниз, соответственно[11].

Структурная схема экспериментального устройства для управления работой подъёмного лифта с измерителем веса в ручном или автоматическом режиме представлена на рис. 5. На основании приобретенного опыта составлена обобщенная методика постановки задачи и опытной разработки экспериментальных устройств, управляемых с помощью контроллера[10].

Для решения практической задачи автоматизации процесса управления выполняются следующие этапы.

1. Выбирается реальный объект и формулируется задача автоматизированного управления моделирующим реальный объект устройством.

2. Проводится описание и анализ технологических операций, выполняемых объектом - машиной, станком, устройством.

3. Изучается кинематика движения рабочих органов реального объекта. Составляется циклограмма движений и включений-выключений приводов.

4. Производится построение структурной схемы экспериментальной установки на базе лабораторного стенда и контроллера (рис.5).

5. Проектирование экспериментального устройства на основе стенда для автоматизации устройств и оборудования. Выбор привода и создание опытной металлоконструкции. Изготовление модели устройства (рис.4).

6. Производится выбор необходимых датчиков (табл.1). Намечаются места установки датчиков.

7. Составляется спецификация элементов и принципиальная электрическая схема. Производится выбор элементов управления и сборка электрической схемы на стенде.

8. Составляется программа управления для контроллера ОВЕН ПЛК 110-60 в среде программирования CodeSys на компьютере и производится запись программы в ПЛК.

9. Проверяется работоспособность экспериментального устройства.

10. Составляется программа эксперимента, и проводятся необходимые исследования. Обрабатываются результаты исследований. Составляются протоколы и акты испытаний.

11. При положительных результатах эксперимента принимается решение о продолжении данной работы, в том числе, патентование, публикации, работа на реальном объекте и т.п.



Рис. 5. Структурная схема экспериментального устройства на базе электромеханического стенда и контроллера ОВЕН ПЛК 110-60

Пример одного из вариантов программы управления автоматизированной работы модели строительного подъёмника на языке ST приведен ниже.

```

IF NOT hand1 AND NOT avtom1 THEN
  motor_start1:=0;
  reset_count1:=1;
  pauza1:=0;
  END_IF;
IF zvonok1 AND hand1 THEN lamp1:=1;
ELSE lamp1:=0;
END_IF;
IF hand1 AND NOT verh1 AND NOT vniz1 THEN
  motor_start1:=0; lamp3:=0;
ELSIF hand1 AND verh1 AND NOT vniz1 THEN
  lamp3:=1;
  motor_start1:=1;

```

```
motor_dir1:=0;
ELSIF hand1 AND vniz1 AND NOT verh1 THEN
lamp3:=1;
motor_start1:=1;
motor_dir1:=1;
END_IF;
lamp2:=datchik1;
TOF_impuls1(IN:=datchik1 , PT:=T#2s , Q=> impuls1 );
IF avtom1 AND datchik1 AND zvonok1 THEN
motor_start1:=1;
motor_dir1:=0;
reset_count1:=0;
nitaz1:=2;
END_IF;
```

Заключение

Произведен выбор и описание мобильных учебно-исследовательских средств для автоматизации электромеханических устройств. Определена последовательность постановки и практической реализации задачи по разработке экспериментального устройства с автоматизированной системой управления. Решены задача по автоматизации подъёмного лифта на базе стенда для автоматизации устройств и оборудования и контроллера ОВЕН ПЛК 110-60.

Список литературы

- [1]. Иванов В.А., Авдеев В.А. Проект лаборатории автоматизации транспортно-технологических машин. Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ», 2014, Том 5, №2, С.128-133.
- [2]. Иванов В.А., Гончаров С.В., Друшляк Р.А., Харченко Д.А. Учебно-исследовательский стенд по управлению электрооборудованием. Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ», 2013, Том 4, №2, С.1-7.
- [3]. МерклеД.,Рупп К., Шольц Д. Электрогидроавтоматика. Основной курс. Киев. Изд. ДП «Фесто». 2004. 202 с.
- [4]. Обучение в области автоматизации: [Электронный ресурс] // FestoRussia. М., 2008-2016. URL: http://www.festo.com/cms/ru_ru/9464.html. (Дата обращения 31.03.2016).
- [5].Иванов В.А. Системный подход к созданию антифрикционных материалов и узлов трения/ Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та,2015, - 239 с.
- [6]. Захарычев С.П., Иванов В.А. Разработка установки радиальной намотки для изготовления армированных полимерных композиционных материалов // Вестник ТОГУ, № 1 (8), 2008. С. 101 – 110.
- [7]. Гончаров С.В., Иванов В.А., Якименко Н.А., Триботехнические испытания антифрикционного материала МАС-4УГ// Трение и смазка в машинах и механизмах. 2013. № 4,
- [8].С Гончаров С.В., Иванов В.А., Захарычев С.П. Оборудование для исследования процессов центробежного формирования изделий из полимерных композиционных материалов // Вестник машиностроения. 2009. № 3. С.44–48.
- [9]. Разработка и создание учебных стендов по автоматизации оборудования, устройств и технологических линий: Отчет по НИР № 1.2-14 ТОГУ. ГР114100740078. Хабаровск. Тихоокеан. гос. ун-т, 2014. 132 с.
- [10]. Создание робототехнических и мехатронных устройств для учебных и научных исследований: Отчет по НИР №1.22-15 ТОГУ. ГР 115063010045. Хабаровск. Тихоокеан. гос. ун-т. 2015. 112 с.