

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ СУДОВЫХ  
ИНЖЕНЕРОВ ПО СИСТЕМАМ АВТОМАТИЗАЦИИ С  
ПРОГРАММИРУЕМЫМИ КОНТРОЛЛЕРАМИ

Международным Кодексом по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодексом ПДНВ) к судовым специалистам предъявлены минимальные требования, которые могут быть усилены национальными законодательствами и работодателями.

Для *вахтенных инженеров* Кодекс ПДНВ в области эксплуатации и ремонта судовых систем управления требует:

*знание и понимание* функций, характеристик и особенностей систем управления, методологий автоматического управления, проверок характеристик и конфигурации систем мониторинга, а также устройств автоматического управления;

*одобренную подготовку* с использованием лабораторного оборудования;

*оценку компетентности* при разборке, инспекции и сборке оборудования.

У судовых *вторых и старших инженеров* *знание и понимание* расширено до: конструкций и конфигурации систем управления; функциональной проверки электронного оборудования управления; устранения неисправностей систем мониторинга; контроля за версиями программного обеспечения.

Кроме этого, у вторых и старших инженеров требуется *оценка компетентности* по восстановлению работоспособности систем управления.

В текущем столетии на судах в системах управления и контроля началось массовое внедрение компьютерно-интегрированных технологий, основанных на программируемых контроллерах. Последние обеспечивают унификацию судовых средств автоматизации, что очень перспективно для судостроения из-за применения на судах большого разнообразия технических средств. Также благодаря программируемым контроллерам одновременно улучшаются технико-экономические показатели систем управления.

Однако традиционная лабораторная база учебных заведений с использованием даже унифицированных гидравлических, пневматических и электронных средств автоматизации не позволяет выполнить

даже минимальные требования Кодекса ПДНВ при подготовке судебных инженеров для эксплуатации и ремонта компьютерно-интегрированных систем управления, так как в программируемых контроллерах используются совершенно иные технологии.

В связи с изложенным, была поставлена задача разработки нового технического обеспечения подготовки инженеров для эксплуатации и ремонта систем автоматизации, использующих программируемые контроллеры.

Эта задача решается в рамках проекта TEMPUS 544010-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPHES TATU – "Trainings in Automation Technologies for Ukraine" (Тренинги в области технологий автоматизации для Украины), в которой принимают участие: Донецкий национальный технический университет, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Национальный университет "Одесская морская академия", Одесский национальный политехнический университет и Харьковский национальный университет радиоэлектроники, а также пять западноевропейских университетов: Hochschule Düsseldorf University of Applied Sciences; Carinthia University of Applied Sciences; Polytechnic University of Valencia; University of Antwerpen; University of Limerick.

В ходе выполнения проекта предложено организовать подготовку с использованием следующих пяти учебных модулей.

1. Программирование контроллеров в интегрированной среде разработки проектов PC Worx и независимой от аппаратного обеспечения среде разработки CoDeSys.

2. Использование стандартов Profinet и Modbus TCP и интегрирование систем автоматизации с сетями PROFIBUS.

3. Беспроводные технологии передачи данных.

4. Управление процессами реального времени.

5. Введение в стандарт обмена данными в реальном времени OPC DA.

*Первый учебный модуль* позволяет изучить интегрированную среду разработки проектов PC Worx, которая предлагается компанией Phoenix Contact для программирования и моделирования систем автоматизации. Данное программное обеспечение (ПО) ориентировано на устройства и модули, выпускаемые компанией Phoenix Contact. Другие компании-разработчики программируемых контроллеров также выпускают собственные интегрированные среды разработки, предназначенные лишь для собственных моделей программируемых контроллеров. Обычно интегрированные среды разработки распростра-

няются на платной основе, но имеются и "усечённые" версии с ограниченными возможностями, которые можно получить бесплатно.

Интегрированные среды разработки обеспечивают использование библиотек стандартных элементов и процедур, быстрый ввод стандартных элементов, удобную отладку программ с контролем значений входов и пошаговым выполнением программ, визуализацию программ с комментариями её модулей, загрузку программ в контроллеры.

Интегрированная среда разработки CoDeSys (COntroller DEvelopment SYStem) распространяется компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH (Кемптен, Германия) бесплатно и работает со многими моделями программируемых контроллеров разных производителей.

PC Worx и CoDeSys поддерживают все пять языков программирования третьей версии стандарта Международной электротехнической комиссии (МЭК) 61131-3, которая вышла в 2012 году:

IL – Instruction List (список инструкций – текстовый язык, подобный ассемблеру. Прикладными специалистами используется редко);

FBD – Function Block Diagram (функциональные блок-диаграммы – графический язык с использованием функциональных блоков, которые "написаны" на других языках. К типовым функциональным блокам относят фильтр, триггер, ПИД-регулятор, таймер, генератор импульсов и т.д. Отличается наглядностью);

LD – Ladder Diagram (релейно-контактные схемы – графический язык, который формирует логические условия и результат операции в виде электрической схемы, по которой ток либо протекает, либо нет. Схема состоит из контактов и обмоток электромагнитных реле. Для выполнения арифметических операций содержит функциональные блоки операций сложения, умножения, вычисления среднего и т.д. Удобен специалистам, которые привыкли при отладке программы и отказе оборудования проследить сигнал по релейной диаграмме, но неудобен при реализации сложных алгоритмов, так как не поддерживает функции и подпрограммы);

SFC – Sequential Function Chart (последовательные функциональные диаграммы – графический язык высокого уровня, позволяющий описать технологический процесс как переходы между наборами состояний; предназначен для программирования последовательности действий в заданные промежутки времени или при наступлении некоторых событий; базируется на математическом аппарате сетей, используется редко);

ST – Structured Text (структурированный текст – текстовый язык

высокого уровня, который содержит конструкции типа IF ... THEN ... ELSE, WHILE ... DO, булевы и арифметические операторы подобно классическим языкам программирования и наиболее приближен к Паскалю. Удобен при реализации сложных алгоритмов).

Также в CoDeSys реализован ряд расширений спецификации стандарта IEC 61131-3, самым существенным из которых является поддержка объектно-ориентированного программирования.

Проект, созданный в CoDeSys, можно хранить на компьютере или в программируемом контроллере.

Расширенная профессиональная версия среды разработки носит название CoDeSys Professional Developer Edition. Она распространяется по лицензии и включает поддержку UML-диаграмм классов и состояний, подключение системы контроля версий Subversion (распространяется свободно), статический анализатор и профилировщик кода.

**Второй учебный модуль** предназначен для изучения современных технологий передачи данных Profinet и Modbus.

Profinet может использовать сетевые протоколы TCP/IP (Transmission Control Protocol (TCP) – протокол управления передачей данных; Internet Protocol (IP) – протокол межсетевое соединения) и режим реального времени Ethernet. Протоколы TCP/IP позволяют управлять устройствами автоматизации удалённо по сети Интернет.

Modbus может использоваться для передачи данных через последовательные линии связи и через сети с использованием протоколов TCP/IP (Modbus TCP). Разработан компанией Modicon и поддерживается некоммерческой организацией Modbus-IDA. Преимущество этой технологии в том, что практически все системы контроля и управления имеют программные драйверы для работы с Modbus.

В учебном модуле рассматриваются и сети PROFIBUS, которые относятся к предыдущему поколению сетей передачи данных, но имеют широкую область применения и поддерживаются в миллионах устройств автоматизации, установленных по всему миру за более, чем 20 лет (с начала 1990-х годов). Технологии сети PROFIBUS во многом базируются на технологиях сети Ethernet и её промышленных реализациях Industrial Ethernet, которые наиболее популярны во всем мире.

В **третьем учебном модуле** представлен широкий спектр технологий беспроводной передачи данных. Данное направление чрезвычайно актуально в связи с широким внедрением в последние годы беспроводных сетей.

В **четвёртом учебном модуле** изучаются средства управления процессами реального времени: операционные системы реального

времени, программно-аппаратные комплексы для построения систем реального времени, прикладное и системное ПО, аппаратные решения.

В *пятом учебном модуле* рассмотрены основные подходы, применяемые при обмене данными в реальном времени в сетях в рамках группы стандартов OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control, внедрение и связывание объектов для управления технологическими процессами). Технология OPC определяет два типа ПО: OPC-сервер, который непосредственно обменивается данными с устройствами, и OPC-клиент, который получает данные от OPC-сервера и передает OPC-серверу команды управления. Технология OPC позволяет производителю различных устройств разработать программно-сервер, обеспечивающую доступ к данным для программ-клиентов различных производителей ПО. Разработчики ПО при этом могут организовать получение данных для обработки от различных внешних технологических систем по унифицированному интерфейсу. Таким образом удастся избежать привязки к конкретным моделям оборудования конкретных производителей, а процессы обмена данными упрощаются и унифицируются.

OPC DA (Data Access, доступ к данным) – один из восьми стандартов, входящих в группу OPC. OPC DA применяется намного чаще других стандартов группы и описывает ряд функций обмена данными в реальном времени с программируемым контроллером, системами человеко-машинного интерфейса, системами с числовым программным управлением, распределёнными системами управления, поддерживая режимы синхронного и асинхронного обмена данными.

По каждому учебному модулю предусматривается два уровня подготовки: базовый (ознакомительный) уровень и уровень эксперта, отличающиеся объёмом учебных занятий и глубиной изучения материала. На уровне эксперта обучаемые должны выполнить собственный комплексный проект разработки системы автоматизации.

В качестве технического обеспечения всех учебных модулей разработаны переносные стенды TSL (TATU Smart Lab, интеллектуальная лаборатория TATU), содержащие современные устройства и модули производства немецких компаний Berghoff, Phoenix Contact и Siemens (указаны в алфавитном порядке).

TSL состоит из трёх аппаратных модулей, каждый из которых размещён в отдельном переносном ящике (чемодане), разработан для изучения определённых тем и может быть использован независимо от остальных. Внешний вид модулей TSL показан на рис. 1, а их взаимодействие и возможное кабельное подключение показаны на рис. 2.

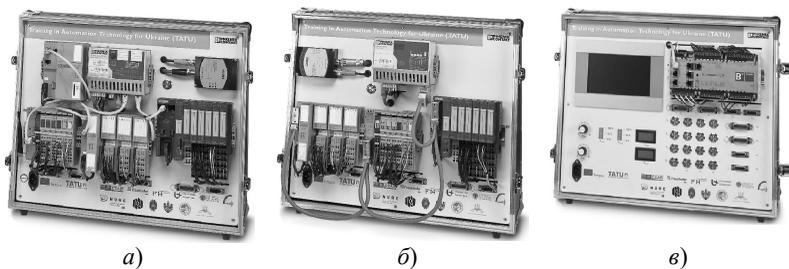


Рис. 1. Внешний вид аппаратных модулей TSL: а) – "Программируемые контроллеры и Profinet"; б) – "Profinet"; в) – "Моделирование процессов"

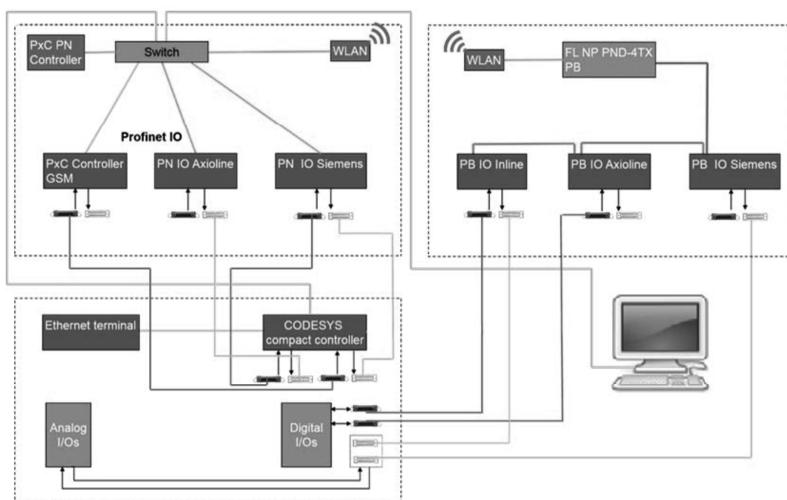


Рис. 2. Схема соединения аппаратных модулей

**Первый аппаратный модуль**, показанный на рис. 1, а, называется "Программируемые контроллеры и PROFINET", поскольку содержит два программируемых контроллера (ILC 151 GSM/GPRS и AXC 3050), устройства ввода/вывода PROFINET, управляемый сетевой коммутатор и беспроводную точку доступа для организации беспроводной локальной сети.

Этот аппаратный модуль может быть использован для изучения широкого диапазона тем, начиная от базового программирования контроллеров в PC Worx до работы с технологиями передачи данных, разработанных на базе технологии Ethernet и беспроводных техноло-

гий передачи данных. Два программируемых контроллера могут взаимодействовать, используя протоколы передачи данных TCP/IP или Modbus TCP. Устройства ввода/вывода PROFINET могут быть подключены только к контроллеру АХС 3050, а контроллер ILC 151 GSM/GPRS Inline не имеет функциональности PROFINET. Таким образом, реализованные в данном модуле устройства и технологии позволяют изучить материал учебных модулей 1, 2 и 3.

**Второй аппаратный модуль** содержит три Profibus-устройства ввода/вывода, Profinet-прокси для ввода/вывода для технологии Profibus DP с интегрированным коммутатором и беспроводной точкой доступа (см. рис. 1, б). Этот модуль может быть использован для изучения технологии Profibus. Его можно использовать в комбинации с первым аппаратным модулем или непосредственно с контроллером, работающим по технологиям Profinet или Profibus. Реализованные в данном модуле устройства и технологии позволяют изучить материал учебных модулей 1, 2 и 3.

**Третий аппаратный модуль** (см. рис. 1, в) предназначен для моделирования технологических процессов. Модели должны разрабатываться в CoDeSys версий 3.x и загружаться в контроллер EtherCAT EC2250. Графический интерфейс можно увидеть в браузере, введя ссылку <http://xxx.xxx.xxx.xxx:8080/webvisu.htm>, где xxx.xxx.xxx.xxx – IP-адрес контроллера EtherCAT EC2250. Для визуализации можно также использовать встроенный графический терминал Ethernet ET1007 WT. Этот модуль также позволяет изучать программирование контроллеров в CoDeSys версий 3.x.

Третий аппаратный модуль имеет различные аналоговые и цифровые входы и выходы, а также кнопки, которые можно использовать для тестирования и имитации работы системы управления высокой сложности. Каждая кнопка имеет встроенный светодиод, подключённый к цифровому выходу. Используемые в данном аппаратном модуле устройства и технологии позволяют изучить материал учебных модулей 1, 4 и 5.

Таким образом, совместными усилиями отечественных и зарубежных университетов с участием авторов статьи разработано техническое обеспечение подготовки инженеров для эксплуатации систем автоматизации, использующих контроллеры. Это техническое обеспечение отличается:

- полным набором перспективных технологий, которые используются в системах автоматизации;

- модульностью построения, которая обеспечивает возможность развития оборудования;

минимальным набором технических средств для организации комплексного обучения применению программируемых контроллеров; адаптацией оборудования для организации учебного процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменков Н.П. Языки программирования промышленных контроллеров: учебное пособие /Под ред. К.А. Пупкова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 172 с.
2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного программирования /Под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.