

# Лабораторный комплекс для изучения АСУ электроустановок

Антон Бородкин, Юрий Гусев, Алексей Трофимов

Рассматривается «бюджетный» вариант лабораторного стенда для изучения АСУ электроустановок на базе современных микропроцессорных программно-технических комплексов на примере управления электродвигателем собственных нужд электростанции. Представлена структура стенда, построенного на основе контроллера и модулей УСО фирмы WAGO, приведена примерная тематика лабораторных занятий.

## Постановка задачи

В рамках инновационной программы национального проекта «Образование» на кафедре «Электрические станции» Московского энергетического института (технического университета) была создана лаборатория для изучения принципов организации современных АСУ электроустановок. Значительную часть электрооборудования электростанций составляют электродвигатели для собственных нужд, поэтому один из лабораторных комплексов был предназначен для изучения способов управления электродвигателем через АСУ.

Основными требованиями при разработке лабораторных стендов были следующие:

- 1) соответствие современным требованиям и тенденциям с точки зрения принципов организации АСУ ТП и использование распространённого технического и программного обеспечения, чтобы получаемые студентами знания имели универсальный базовый характер;
- 2) ориентация на групповые занятия, то есть количество стендов должно быть достаточно большим для обеспечения одновременной работы нескольких бригад студентов (в нашем случае — 15).

На сегодняшний день наибольшее распространение получила трёхуровневая структура АСУ ТП. Нижний уровень включает в свой состав датчики измеряемых аналоговых и дискретных сигналов, а также исполнительные уст-

ройства. На среднем уровне располагаются микропроцессорные контроллеры, обеспечивающие реализацию основных алгоритмов, с модулями УСО, предназначенными для сбора и первичной обработки измеряемых параметров. Контроллеры с модулями УСО связаны полевой шиной или по внутренней шине. Верхний уровень состоит из операторских станций для отображения информации и дистанционного управления, объединяемых между собой и с контроллерами по локальной вычислительной сети Ethernet.

Второе из предъявленных к разработке требований, учитывая весьма серьёзную стоимость большинства предлагаемых программно-технических комплексов (ПТК), при ограниченном бюджете привело к необходимости серьёзного анализа представленных на рынке модулей УСО и контроллеров, так как именно на них приходится львиная доля затрат на оборудование стенда.

С точки зрения стоимости канала наиболее привлекательными представляются модули УСО типа ADAM-4000 (Advantech) и другие их аналоги (как российские, так и зарубежные). Они часто используются, в том числе и во многих наших разработках, с контроллерами разных производителей, «общаясь» с ними по полевой сети. Однако программирование и конфигурирование контроллеров в таких решениях может иметь свою специфику или требовать определённого фирменного инструментария, а для целей обучения

хотелось бы организовать работу со стандартным базовым программным обеспечением.

Стоимость мощных контроллеров (SIMATIC от Siemens, Freelance от ABB, МФК3000 от ТЕКОН и т.п.) слишком высока для лабораторного стенда, да и их модули УСО ориентированы на большое количество входных/выходных сигналов, что делает такие контроллеры функционально избыточными в рассматриваемом применении.

В результате было принято решение использовать контроллеры и модули УСО системы WAGO I/O серии 750 (компания WAGO). Вычислительных возможностей контроллеров WAGO I/O достаточно для реализации учебных алгоритмов даже с учётом некоторого разумного резерва, предусмотренного на случай модернизации алгоритмов или расширения системы, а выбранные малоканальные модули УСО позволяют гибко формировать требуемую конфигурацию. Система WAGO I/O благодаря модульной организации и широкому набору базовых интерфейсов поддерживает возможность выбора различных полевых сетей, что обеспечивает её применение в самых разнообразных приложениях. Наряду с разумным соотношением цена/функциональность модули и контроллеры WAGO I/O в полной мере соответствуют первому из предъявленных к разработке требований по использованию типовых решений, отвечающих современному уровню развития аппаратно-

программных средств АСУ ТП. Эти устройства реализованы в типовом конструктиве, аналогичном используемым и в других модульных системах, например FASTWEL I/O и СХ. Программирование и конфигурирование контроллеров ведётся в среде CoDeSys, которая широко применяется для различных ПТК российского и зарубежного производства (FASTWEL, ADLINK, ABB серии AC500 и др.).

### СТРУКТУРА СТЕНДА

При реализации стенда ставилась задача обеспечить его работу не только с математическими и программными моделями, но и с физической моделью, то есть контроллер должен управлять реальным электродвигателем. Поэтому, кроме ПТК, стенд должен содержать и сам электродвигатель с цепями управления, обеспечивающими формирование необходимых сигналов.

Типовая структура цепей управления электродвигателем для собственных нужд электростанции приведена на рис. 1. Электродвигатель запитывается через шкаф присоединения, в котором размещены его цепи управления и защиты. В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» по месту рядом с электродвигателем устанавливается кнопка аварийного отключения. При разных схемах управления электродвигателями может использоваться различный набор сигналов. В простейшем случае это:

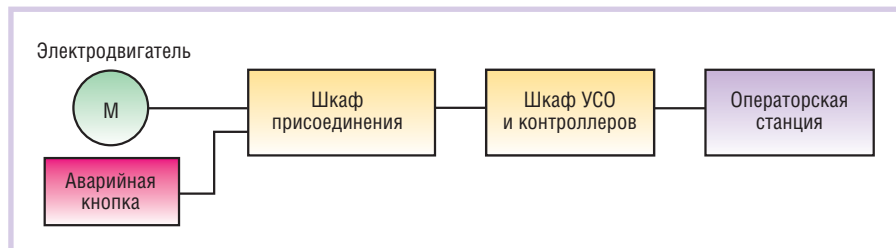


Рис. 1. Типовая структура цепей управления электродвигателем

- дискретные входные сигналы «включён»/«отключён» от блок-контактов выключателей (контакторов) механизмов;
- дискретные выходные сигналы (команды) «включить»/«отключить», обычно использующие релейные выходы, переключаемые в цепи управления;
- аналоговый сигнал «ток электродвигателя», позволяющий контролировать нагрузку механизма.

Эти сигналы через УСО заводятся в контроллер, который соединён с операторской станцией.

Все перечисленные компоненты типового решения по управлению электродвигателем представлены на лабораторном стенде, структура которого приведена на рис. 2.

В качестве объекта управления на стенде установлен малогабаритный электродвигатель, работающий от напряжения 24 В постоянного тока. Это позволяет задействовать один общий блок питания  $\sim 220/24$  В для запитки как цепей контроллера, так и силовых цепей и цепей управления электродви-

гателя. Хотя обычно в реальных промышленных условиях так не делают, но для «комфортных» условий эксплуатации лабораторного стенда это вполне допустимо в целях снижения финансовых затрат. В составе стенда применён блок питания WAGO I/O 787-602 с выходными номиналами 24 В и 1,3 А.

Шкаф присоединения на стенде моделируют три малогабаритных реле R4 Relpol, одно из которых выступает в качестве пускателя и обеспечивает формирование входных дискретных сигналов, а два других реализуют цепи включения и отключения от дискретных выходов УСО. Ток электродвигателя измеряется на шунтовом сопротивлении, напряжение с которого заводится на аналоговый вход УСО. Питание цепей осуществляется через автоматический выключатель. Наличие питания контролируется в ПТК.

В состав ПТК стенда входят всего три модуля УСО: четырёхканальный модуль дискретных входов 24 В — WAGO I/O 750-402, четырёхканальный модуль дискретных выходов 24 В — WAGO I/O 750-504, двухканальный

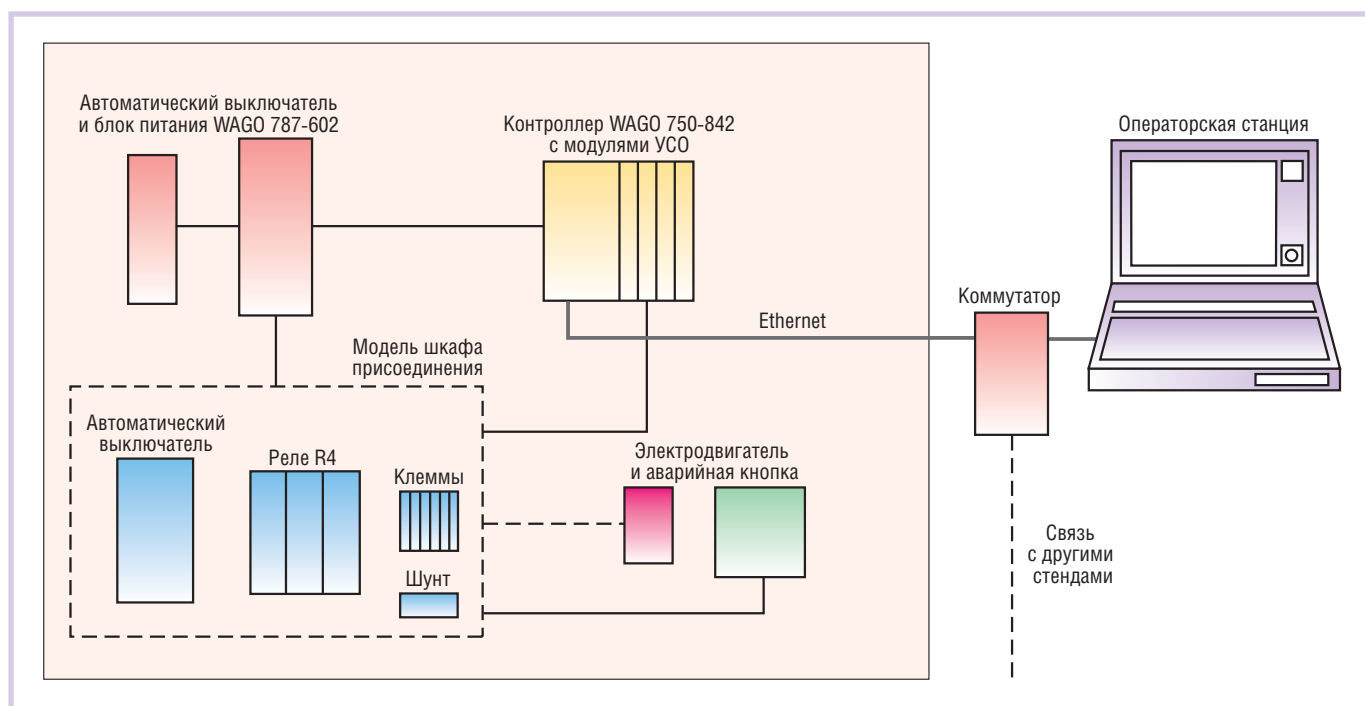


Рис. 2. Структура лабораторного стенда

модуль аналоговых входов 0...10 В — WAGO I/O 750-467. Эти модули подключаются к полевому контроллеру WAGO I/O 750-842 для сети Ethernet. Применение полевой сети Ethernet позволяет использовать в качестве операторских станций практически любой компьютерный класс.

Внешний вид стенда показан на рис. 3. На стенде чётко выделены функциональные зоны: в левой верхней четверти расположен блок питания, правее — контроллер с модулями УСО, слева внизу — схема управления, правее — электродвигатель, затем — аварийная кнопка.

Фактически стенд представляет собой физическую модель, отражающую типовую структуру цепей управления электродвигателем в рамках АСУ ТП. На основе такого технического обеспечения могут решаться самые разнообразные задачи в соответствии с заложенным программным обеспечением.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Как уже отмечалось, контроллер программируется в среде CoDeSys, обеспечивающей реализацию всех пяти уровней технологических языков программирования в соответствии со стандартом IEC-61131. Различные фрагменты программ могут реализовываться на наиболее подходящем для каждой задачи языке. В этой среде может быть запрограммирован как типовой функциональный блок управления электродвигателем, так и разработаны различные модели для изучения работы алгоритмов управления электродвигателями разного назначения (охлаждение трансформатора, поддержания уровня в маслобаке и пр.).

Для поддерживаемых платформ ПТК среда CoDeSys предоставляет удобные и наглядные средства конфигурирования модулей УСО и «привязки» переменных проекта к каналам этих модулей.

Важной особенностью CoDeSys является наличие в ней среды визуализации, позволяющей на простейшем уровне ознакомиться с принципами разработки SCADA-систем. В CoDeSys реализуются все основные функции, характерные для SCADA: визуализация процесса, элементы управления, сиг-

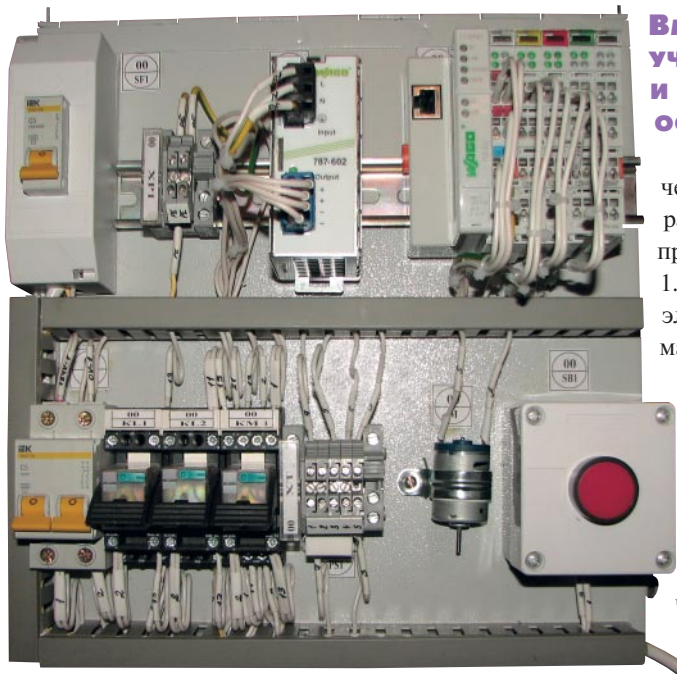


Рис. 3. Внешний вид стенда

нализация, журналы событий. Единственное серьёзное ограничение — это работа только с одним контроллером.

На рис. 4 приведён фрагмент экрана среды разработки CoDeSys, отражающий основные элементы проекта.

Возможность работы контроллера WAGO I/O через OPC-сервер и поддержка протокола Modbus TCP позволяют использовать лабораторный комплекс для подключения к системам с различными современными SCADA (GENESIS, «КРУГ», MasterScada и др.) и организации их совместной работы в целях обучения, а также решения практических и исследовательских задач.

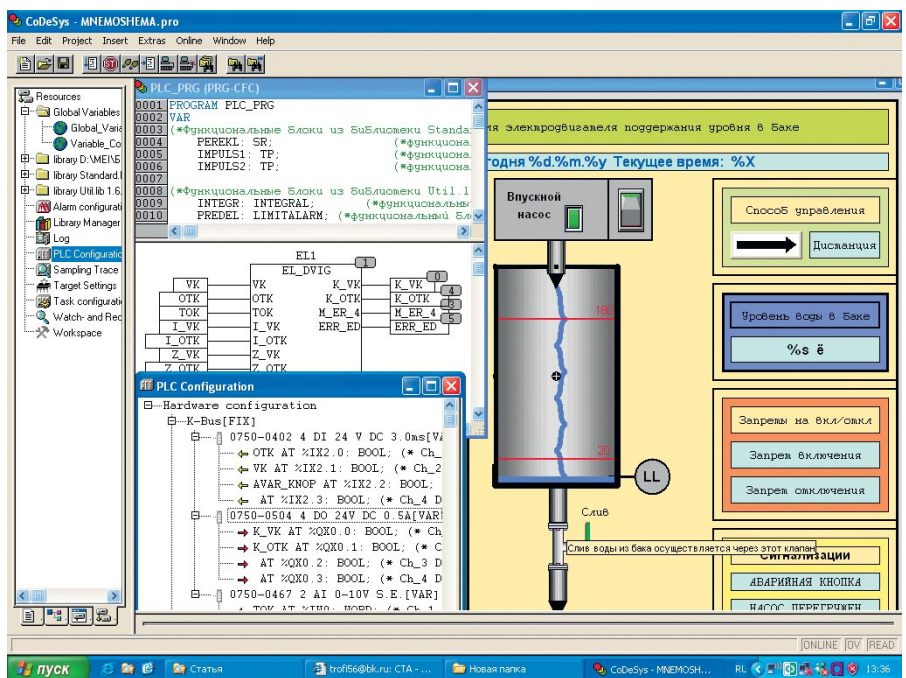


Рис. 4. Фрагмент экрана среды разработки CoDeSys

### Вместо заключения: УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТЕНДА

Приведём примерный перечень и краткое содержание лабораторных работ, которые могут проводиться на стенде.

1. Аппаратура вторичных цепей электроустановок. (Реле, автоматические выключатели, кнопки, резисторы, клеммы. Обозначение на схемах, условные графические обозначения, технические характеристики, устройство, принципы работы.)
2. Техническое обеспечение ПТК. (Контроллеры, модули УСО и схемы подключения сигналов, полевые сети.)
3. Структура программного обеспечения. (Технологические языки программирования контроллеров, SCADA-системы, база данных переменных. Простейший пример.)
4. Принципы разработки программ контроллеров. (Связь входных/выходных сигналов и программных переменных. Простейшая программа с загрузкой в контроллер.)
5. Алгоритмический блок управления электродвигателем. (Основные сигналы и алгоритмы.)
6. Разработка мнемосхем. (Управление электродвигателем системы охлаждения трансформатора.)



7. Разработка программного обеспечения контроллера для автоматического управления электродвигателем системы охлаждения трансформатора.
8. Аварийная и предупредительная сигнализация. Журнал событий.
9. Распределённая система управления. (Работа с несколькими контроллерами с одной операторской станции).

Наличие реального «железа» в виде стенда существенно улучшает процесс познания. Благодаря использованию сети Ethernet можно организовать одновременное взаимодействие по сети со всеми стендами, формируя сложную распределённую систему без каких бы то ни было дополнительных затрат.

Естественно, что стенд может использоваться не только для лабораторных занятий, но и для решения исследовательских задач, например для оценки требований программного обеспечения к памяти и быстродействию контроллера.

Также отметим некоторые особенности стенда, связанные с его конструкцией. Стенд компактен и мобилен (рис. 5). Он может быть легко собран и убран на хранение или передислоцирован на другое место.



**Рис. 5. Лаборатория, оборудованная комплексом стендов для изучения способов управления электродвигателем**

Конструктив стенда изготовлен в НТЦ «Энергоавтоматика» (г. Чебоксары).

Новая лаборатория позволит значительно улучшить подготовку специа-

листов-электроэнергетиков в области автоматизации электрических станций и подстанций. ●