

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЭК-61850

АЛЕКСЕЙ АНДРЕЕВ, РУСТАМ ХУСАИНОВ

В статье рассмотрены современные подходы к реализации комплексов АСУ ТП с применением программного обеспечения с поддержкой объектно-ориентированных протоколов передачи данных. Представлены основные функциональные возможности программного продукта Labsys Monitor. Рассмотрены готовые технические решения для моделирования интеллектуальных электрических сетей, включающих оборудование цифровых электрических станций и подстанций.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АСУ ТП

Ключевым элементом для цифровизации промышленных объектов является внедрение современной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), включающей промышленное оборудование с развитыми средствами дистанционного мониторинга и управления, наличием цифровых интерфейсов передачи данных и поддержкой распространенных протоколов их передачи. К такому оборудованию относятся измерительные приборы, датчики, коммутационные аппараты, исполнительные механизмы, средства защиты и управления. Для интеграции подобного комплекса устройств в единый комплекс АСУ ТП предприятия необходимо специализированное программное обеспечение, в качестве которого выступает одна из SCADA-систем (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных), предназначенная для работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. К наиболее распространенным SCADA-системам относятся Factory Link, InTouch, Genesis, RealFlex, Sitex, FIX, Trace Mode, IGSS, Image, RSView и другие. Большая часть таких систем разрабатывается и поддерживает-

ся коммерческими организациями, зарегистрированными в США. В современных реалиях для предприятий Российской Федерации актуальна задача импортозамещения, в том числе и в программных средствах, применяемых на промышленных объектах. На рынке отечественного программного обеспечения (ПО) хорошо зарекомендовали себя следующие продукты: MasterSCADA 4D Professional, IntraSCADA V5, SimpleScada Professional, Rapid SCADA.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Большинство представленных программных продуктов базируется на применении протоколов передачи данных OPCDA и OPCUA, поддержка которых широко распространена в подавляющем большинстве устройств, интегрируемых в комплекс АСУ ТП. Протокол OPCDA ориентирован на передачу наборов данных в виде простого списка «тег — значение» и не отражает внутренней структуры объекта мониторинга и/или управления. Кроме того, протокол основан на технологии обмена данными Microsoft COM/DCOM [1], что делает его платформозависимым, не позволяя строить комплексы АСУ ТП на альтернативных операционных системах, использовать встраиваемые системы, применять в комплексах АСУ

ТП решения, базирующиеся на технологии «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT). Протокол OPCUA уже является кросс-платформенным решением, но по-прежнему ориентированным на адресный доступ к отдельным значениям, без привязки к внутренней структуре объекта (устройства). В современных решениях все чаще применяются объектно-ориентированные протоколы передачи данных, такие как Manufacturing Message Specification — ISO 9506 (MMS) [2]. Данный протокол, как и OPC, базируется на физическом уровне сети Ethernet и использует клиент-серверную модель обмена данными. Основным отличием является передача структурированных данных, определяемых объектной моделью интеллектуального устройства, что упрощает доступ к большим наборам данных сложных объектов, доступ к данным отдельных функциональных узлов одного устройства. Например, получить доступ ко всем параметрам микропроцессорного устройства релейной защиты (РЗА) можно с помощью единственного запроса, включающего только логическое имя устройства. При этом возвращаемые данные могут различаться по количеству и структуре в зависимости от типа устройства РЗА. То же самое касается приборов учета электроэнергии, многофункциональных измерительных приборов, датчиков,

исполнительных механизмов. Протокол MMS изначально разрабатывался как современная альтернатива классическим адресным протоколам Modbus TCP, позволяя абстрагироваться от физической реализации устройств, особенностей организации их внутреннего адресного пространства, перейдя от физических устройств к их объектным моделям. Объектная модель не всегда привязана к конкретному устройству, а может представлять совокупность устройств, связанных между собой одной технологической задачей. Изменение количества устройств и/или их типа не приводит к изменению объектной модели. Такой подход делает протокол MMS чрезвычайно удобным при модернизации и замене физического оборудования, поскольку не требует существенной модернизации программной части комплекса АСУ ТП. Одной из первых областей широкого внедрения протокола MMS являются цифровые электрические станции и подстанции, соответствующие стандарту МЭК-61850 [3], в который включен и протокол MMS. Фактически реализация комплекса АСУ ТП для цифровой подстанции невозможна без применения SCADA-системы, поддерживающей протокол MMS.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ С ПОДДЕРЖКОЙ ПРОТОКОЛА MMS

В настоящее время поддержка протоколов МЭК-61850 в наиболее популярных SCADA-системах реализована либо в виде отдельных плагинов, специально предназначенных для конкретной SCADA-системы, либо в виде независимых программ, реализующих преобразование протокола MMS в привычный и поддерживаемый всеми SCADA протокол OPC. Примером первого способа поддержки MMS служит плагин OPC Client for IEC 61850 для MasterSCADA, аналогичное решение существует для Trase Mode и в некоторых других программных продуктах. Примером второго способа поддержки MMS являются такие программные продукты, как KEPServerEX, ReLab IEC-61850 MMS OPC device driver, Multi-Protocol MasterOPC Server. Указанные программы могут работать с различными SCADA-системами.

Вне зависимости от способа реализации поддержки MMS-протокола принцип работы данных программных решений одинаков. Программа или плагин представляет собой объединение MMS-клиента и OPC-сервера. SCADA-система подключается к вир-

туальному OPC-серверу, который в свою очередь подсоединяется в виде клиента к MMS-серверу устройства с протоколом МЭК-61850.

Недостаток такого решения — необходимость настройки плагина или программы-посредника, где требуется прописать нужные запросы к серверу MMS и соответствующие им OPC-теги, которые будут использованы для доступа к данным из SCADA-системы. Таким образом, SCADA-система не может получить прямой доступ к структурированным данным протокола MMS, что полностью уничтожает преимущества такого протокола.

В этих условиях актуальна разработка SCADA-системы с нативной поддержкой протокола MMS, что было сделано ООО «Лабораторные системы» в виде программного продукта Labsys Monitor. Программа представляет собой типичную SCADA-систему, внешний вид которой представлен на рис.1.

ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ LABSYS MONITOR

Программа реализует следующие функции: отображение данных измерений и текущего состояния

Рис. 1. ▼
Главное окно программы Labsys Monitor

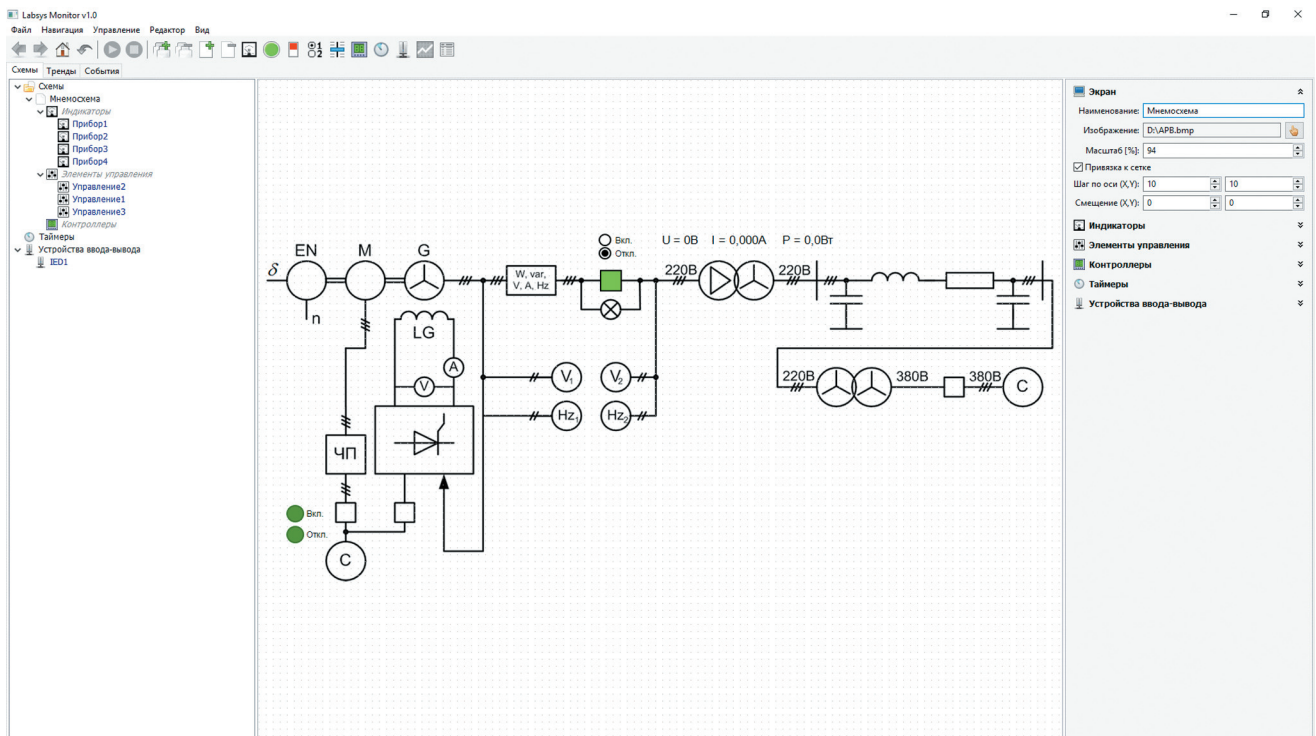


РИС. 2. ▶
Содержимое окна
навигации (пример)

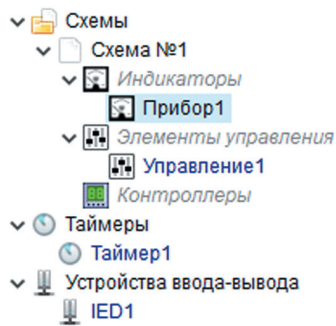


РИС. 3. ▶
Индикаторы в ПО
Labsys Monitor

I1 = 0,00 mA 0,000 F1 Откл.

оборудования (состояние коммутационных аппаратов, блинкеров, сигнализации) на интерактивных функциональных схемах (мнемосхемах); интерактивное управление оборудованием с помощью элементов управления (кнопки, переключатели, потенциометры), расположенных на мнемосхемах; регистрация изменения сигналов измерений и состояния оборудования во времени в виде графиков (трендов); автоматическое формирование протокола событий в табличном виде; автоматическое формирование сигналов управления с заданными параметрами, что может быть использовано для автоматизации проведения экспериментов на лабораторных и экспериментальных установках; автоматическое снятие функциональных зависимостей (зависимостей одного или нескольких сигналов измерений от другого измеряемого параметра).

К особенностям программы относится возможность создания вложенных мнемосхем с произвольным количеством уровней, что позволяет реализовать мнемосхемы сложных объектов в виде нескольких уровней с разной степенью детализации — например, на мнемосхеме могут быть представлены элементы, нажатие

на которые приведет к отображению мнемосхемы для этого элемента, в свою очередь, данная мнемосхема может и содержать элементы, для которых имеется своя мнемосхема, и т. д.; неограниченное количество элементов управления и индикации; возможность одновременной работы с произвольным количеством источников данных (измерений); возможность индивидуальной настройки периодичности опроса датчиков для каждого источника данных; поддержка распространенных растровых и векторных форматов графических файлов, таких как bmp, png, jpg, svg; возможность масштабирования мнемосхем для адаптации под мониторы с различным разрешением и диагональю экрана.

Рабочая область программы на вкладке «Схемы» находится в центре экрана и предназначена для отображения текущего экрана с расположенными на нем индикаторами и элементами управления. Слева от рабочей области находится окно навигации, представляющее собой древовидную структуру текущего проекта. Окно навигации предназначено для быстрого перехода на нужный экран схемы и/или выделения элементов по имени. Справа от рабочей области программы имеется окно редактирования свойств элементов индикации, управления, контроллеров, таймеров, устройств ввода/вывода и т. д.

Окно навигации содержит древовидный список всех элементов, входящих в текущий проект (рис. 2). Проект — это совокупность всех настроек программы, связанных с мониторингом текущего режима работы и удаленного управления. Проект состоит из произвольного количества устройств ввода/вывода, таймеров и схем.

Устройства ввода/вывода представляют собой физические устройства, через которые ведется мониторинг

и удаленное управление физическими объектами. Программа может работать одновременно с несколькими устройствами ввода/вывода.

Таймеры используются для генерации событий с определенной периодичностью. Применение таймеров позволяет осуществлять такие функции, как регистрация изменения сигналов во времени, автоматическое снятие зависимостей, автоматизация проведения экспериментов.

Проект может содержать одну или несколько схем. Каждая схема, входящая в проект, может состоять из одного или нескольких экранов. На каждом экране располагается произвольное количество элементов индикации и управления. Количество схем, экранов и элементов неограниченно.

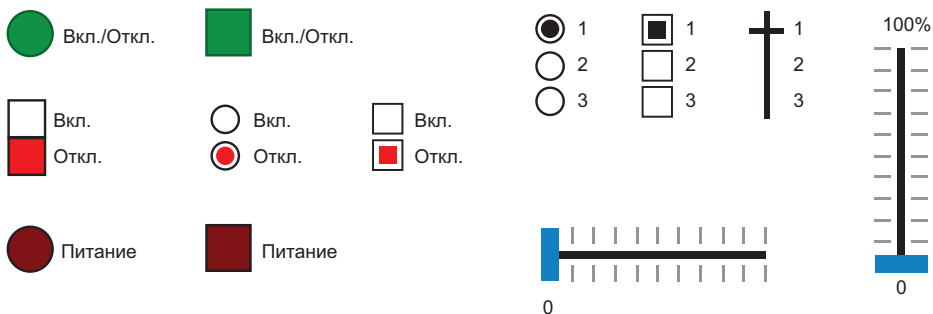
Устройства ввода/вывода и таймеры в текущем проекте относятся одновременно ко всем его схемам. При запуске режима мониторинга осуществляется контроль всех параметров, задействованных на схемах текущего проекта, вне зависимости, отображается данный параметр (индикатор) на экране в текущий момент времени или нет. Аналогичным образом ведется регистрация данных и событий независимо от того, какая из вкладок (схемы/тренды/события) активна в текущий момент.

Индикаторы предназначены для отображения данных измерений и текущего состояния оборудования. С каждым индикатором связан определенный параметр (значение), считываемый с устройства ввода/вывода. Это может быть текущая величина тока или напряжения, температура, давление, состояние (включено/отключено) и т. д. Внешний вид индикаторов существенно зависит от их индивидуальных настроек. Примеры индикаторов показаны на рис. 3.

Элементы управления предназначены для формирования аналоговых и дискретных сигналов управления состоянием оборудования с помощью устройств ввода/вывода. С каждым элементом управления связан определенный параметр (значение), контролируемый (записываемый) через устройство ввода/вывода. Это может быть дискретное управление реле, многопозиционным переключателем, выдача аналогового напряжения через ЦАП и т. д.

В программе реализованы следующие элементы управления: кнопки, выключатели, переключатели, потен-

РИС. 4. ▼
Элементы управления
в ПО Labsys Monitor



циометры. Внешний вид элемента управления зависит как от его типа, так и от индивидуальных настроек, заданных через окно редактирования свойств элементов. Примеры внешнего вида элементов управления показаны на рис. 4.

Устройства ввода/вывода обеспечивают получение данных текущих измерений и формирование физических сигналов управления датчиками, приборами, устройствами. Фактически, с точки зрения программы Labsys Monitor, любое физическое устройство, имеющее интерфейс передачи данных, представляет собой устройство ввода/вывода. Для использования устройства в Labsys Monitor необходимо, чтобы оно имело интерфейс передачи данных Ethernet. При этом на сегодня поддерживается только один протокол передачи данных — IEC-61850-8.1 (MMS). Свойства текущего выделенного устройства (или группы) отображаются в окне редактирования свойств в раскрывающемся списке «Устройства ввода/вывода» (рис. 5).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ LABSYS MONITOR

Программное обеспечение Labsys Monitor может использоваться для удаленного мониторинга и управления технологическими процессами, сбора данных с промышленных устройств, датчиков и другого оборудования с поддержкой МЭК-61850, мониторинга и управления процессами в лабораторных и исследовательских установках. На предприятии ООО «Лабораторные системы» данное ПО уже применяется в лабораторных стендах «Интеллектуальные электрические сети» (рис. 6) и «Модель цифровой подстанции» (рис. 7).

Лабораторный стенд «Интеллектуальные электрические сети» представляет собой физическую трехфазную модель электроэнергетической системы, включающую два генерирующих узла (модель электростанции) и распределительную сеть с возможностью изменения конфигурации сети, создания аварийных режимов, изменения нагрузок в отдельных узлах сети. ПО Labsys Monitor обеспечивает функции мониторинга и управления режимом работы генерирующих узлов, регистрации изменения режимных параметров, управления коммута-

ционными аппаратами по протоколу MMS в режиме реального времени.

Лабораторный стенд «Модель цифровой подстанции» представляет собой физическую трехфазную модель двухтрансформаторной подстанции, включающую пять физических терминалов микропроцессорной защиты и автоматики, интеллектуальные (цифровые) трансформаторы тока и напряжения [4], физические модели коммутационных аппаратов (выключателей) с управлением по МЭК-61850. ПО Labsys Monitor обеспечивает функции дистанционного управления коммутационными аппаратами, сбор и отображение данных измерений с цифровых трансформаторов тока и напряжения, отображение текущего состояния микропроцессорной защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программное обеспечение Labsys Monitor в сочетании с физической моделью интеллектуальной электрической сети позволяет исследовать особенности реализации протоколов передачи данных по МЭК-61850, изучить принципы работы современных цифровых комплексов управления и защиты, приобрести

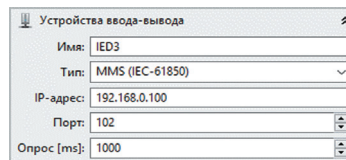


РИС. 5. ◀
Окно редактирования параметров устройства ввода/вывода

навыки настройки и диагностики цифрового оборудования. При этом возможности программы позволяют эффективно использовать ее и при построении других лабораторных и исследовательских установок, а также с целью мониторинга и управления промышленными установками, имеющими цифровые интерфейсы взаимодействия с АСУ ТП. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/win32/midl/com-dcom-and-type-libraries>
2. IEC 61850-8-1. Communication networks and systems in substations — Specific Communication Service Mapping (SCSM) Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3. International Electrotechnical Commission (IEC), 2004.
3. IEC 61850. Communication networks and systems in substations, 2003.
4. IEC 61869-9. Instrument transformers — Part 9: Digital interface for instrument transformers, 2016.



РИС. 6. ◀
Лабораторный стенд «Интеллектуальные электрические сети»

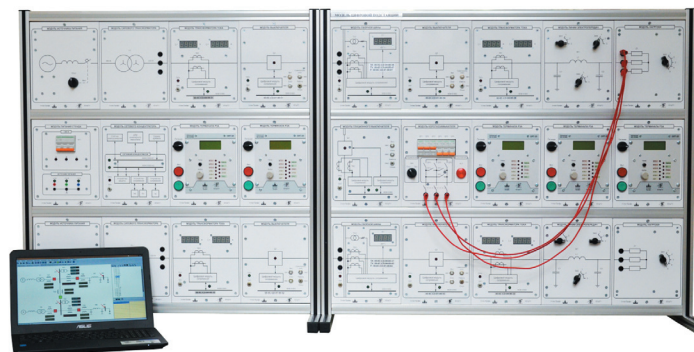


РИС. 7. ◀
Лабораторный стенд «Модель цифровой подстанции»