

The Siemens logo is displayed in a white rectangular box at the top left of the page. The background of the entire advertisement is a night-time cityscape with glowing lights and a network of blue lines connecting various points, symbolizing industrial automation and data connectivity. Overlaid on the cityscape are several blue icons: three wind turbines on the left, a factory and a skyscraper in the center, and a control tower with an airplane on the right. Vertical lines connect these icons to circular nodes on the cityscape below, illustrating the integration of different industrial sectors into a unified system.

SIEMENS

Реклама

SIMATIC WinCC Open Architecture

Платформа для построения систем оперативного мониторинга, комплексной диспетчеризации и интеллектуального управления производственными процессами и инфраструктурными объектами

Принципиально новая архитектура подсистемы хранения исторических данных (New Generation Archiver), реализованная в версии 3.17 платформы SIMATIC WinCC Open Architecture, позволяет использовать различные СУБД (InfluxDB и др.) в качестве собственных исторических хранилищ, существенно повысить производительность операций чтения/записи и компактность хранения данных.

siemens.com/wincc-open-architecture

Стандартизация при инжиниринге, сопровождении и модернизации крупномасштабных SCADA-проектов с SIMATIC WinCC Open Architecture

SIEMENS

В статье рассматриваются вопросы стандартизации при инжиниринге, сопровождении и модернизации крупномасштабных систем оперативного диспетчерского управления производственными процессами и инфраструктурными объектами. Приводимые тезисы иллюстрируются примерами на основе архитектуры, подхода к инжинирингу и инструментария платформы SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA).

000 «Сименс», г. Москва

Вопросы стандартизации имеют очевидное значение при создании сложных технических систем, однако до недавнего времени они не входили в число первоочередных при реализации SCADA-проектов. В современных условиях неуклонный рост объемов обрабатываемой информации, усложнение архитектуры и задач, решаемых промышленными системами сбора, обработки данных и управления, выводят необходимость стандартизации в число ключевых условий обеспечения требуемых функциональных и эксплуатационных характеристик таких систем. Более того, реализуемость крупномасштабных проектов внедрения зачастую напрямую зависит от возможности унификации и повторного использования технических решений.

Помимо эффекта масштаба существенным фактором, усиливающим потребность в стандартизации, является активное внедрение технологий промышленного интернета вещей. Этот подход подразумевает подключение устройств, машин, установок и других объектов, обеспечение их интеграции в информационные контуры «на лету», без необходимости ручной адаптации или реинжиниринга отдельных компонентов или системы в целом.

Непрерывное развитие функциональных возможностей, реализация новых сценариев использования, адаптация к меняющимся требованиям

и другие подобные аспекты, связанные со значительными структурно-функциональными изменениями в процессе эксплуатации, — также характерные черты современных промышленных SCADA-платформ уровня предприятия, холдинга, распределенного производственного объединения или объекта инфраструктуры. В связи с этим стандартизация, как комплекс подходов и процессов, направленных на обеспечение типизации, совместимости, многократного использования и развития решений при снижении затрат и усилий на их реализацию, должна распространяться на все этапы жизненного цикла систем (инжиниринг, развертывание, сопровождение, модернизация, а также дальнейшая интеграция и/или миграция).

Перечисленные обстоятельства определяют актуальность вопросов стандартизации при создании и эксплуатации крупномасштабных систем оперативного диспетчерского управления производственными процессами и инфраструктурными объектами с точки зрения как технических аспектов, так и общей бизнес-эффективности. В настоящей статье сделана попытка рассмотреть особенности и подход к стандартизации прикладного информационного обеспечения SCADA-систем на всем протяжении их жизненного цикла с иллюстрациями на основе опыта использования и возможностей платформы SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA).

Проекция лучших практик IT-сферы и специфика мира SCADA-систем

Вопросы стандартизации различных аспектов создания информационных систем (ИС) хорошо проработаны, отражены в соответствующих нормативных документах (ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99 «Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств», ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 «Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» и др.) и внедрены в широкую практику. Гибкие методологии в существенной степени меняют традиционную парадигму, адаптируя приоритеты и процессы к актуальным требованиям заказчиков, динамике рынков и бизнес-моделям. Эти подходы применимы и к процессам создания и эксплуатации промышленных систем сбора, обработки данных и управления как специализированному классу ИС. Кроме того, ряд российских (таких как ГОСТ Р ИСО 11064-1/2-2015 «Эргономическое проектирование центров управления») и международных [1] стандартов описывают требования и подходы к построению центров диспетчерского управления и ситуационных центров промышленных и инфраструктурных объектов.

В то же время на уровне ИС, взаимодействующих с реальным производственным оборудованием и технологическими установками (то есть ИС, относящихся, согласно принятой в за-

рубежной литературе терминологии, к уровню Operational Technology – OT), также требуется соответствующая – специализированная – стандартизация, что связано с такими их особенностями, как:

- использование индивидуальных технических решений;
- широкий спектр оборудования;
- разнообразие протоколов обмена данными;
- особые приоритеты функционирования (обеспечение непрерывности техпроцессов, безопасности и т. п.);
- существенно более долгий (в сравнении с «офисными» ИТ-системами) срок службы [2].

Ключевые аспекты для определения в рамках таких специализированных стандартов – описание информационной модели, структуры и правил взаимодействия объектов, принципов управления, процессов сопровождения и обновления, вопросы технической эргономики и информационной безопасности.

Для ряда задач и предметных областей подобные модели определены на уровне национальных или отраслевых стандартов (например, CIM-модель в электроэнергетике [3]), однако для большого числа применений единая нормативная база в настоящий момент отсутствует, в частности из-за уникальности структуры или особенностей технологических и бизнес-процессов. В таких случаях для унификации решений необходима разработка специализированных архитектурных, информационных и функциональных описаний и их формализация в виде корпоративных или межкорпоративных стандартов.

С учетом указанной специфики, а также роли и места промышленных систем сбора и обработки данных в ИТ-ландшафте предприятия (рис. 1) внедрение корпоративных стандартов представляется необходимым и действенным средством для снижения рисков и достижения целей внедрения промышленных ИС, а также обеспечения эффективного взаимодействия заказчиков и подрядчиков в процессах создания, сопровождения и модернизации таких систем.

Снижение рисков и преимущества для заказчиков и подрядчиков

Отсутствие стандартизации на уровне промышленных ИС, особенно



Рис. 1. Упрощенная иллюстрация положения SCADA-стандарта в ИТ-ландшафте предприятия

с учетом их масштаба в рамках корпоративных промышленных структур, холдингов и корпораций, влечет следующие риски:

- увеличение сроков инжиниринга, тестирования и ввода в эксплуатацию;
- снижение надежности, производительности и качества выполнения целевых функций контроля и управления;
- сложности при эксплуатации, обслуживании, расширении и модернизации;
- риски, связанные с вопросами кибербезопасности;
- в случае использования частных фирменных решений – зависимость от поставщика (вендора, интегратора).

Перечисленные риски относятся не только к техническим вопросам реализации и эксплуатации систем, но и являются экономически значимыми аспектами, напрямую влияющими на финансовые показатели деятельности предприятий.

В свою очередь, стандартизация промышленных систем сбора, обработки данных и управления позволяет обеспечить:

- прозрачность и предсказуемость процессов инжиниринга, внедрения и модернизации;
- защиту корпоративных ноу-хау;
- достижение целевого уровня унификации и совместимости при интеграции и расширении;
- долгосрочную гарантию поддержки базовых технических решений информационных структур;
- эффективное взаимодействие заказчиков и подрядчиков (системных интеграторов) в рамках их сфер компетенции.

Объекты и области стандартизации в SCADA-проекте

На основе накопленного опыта можно выделить следующие основные объекты и области для стандартизации в SCADA-проектах (рис. 2):

- архитектура и конфигурация системы;
- модель данных;
- интерфейс пользователя;
- описания тревог и сообщений;
- информационная безопасность;
- роли и группы пользователей;
- правила именования;
- структура и правила оформления кода;
- структура запросов к БД;
- отчетные формы и документация;
- ошибки и исключительные ситуации.

Рассмотрим ключевые из перечисленных аспектов подробнее.

Архитектура и конфигурация системы. Рассматривая стандартизацию в SCADA-проектах как процесс последовательного, систематического определения правил построения различных объектов и аспектов их использования по принципу «от общего к частному», вопрос описания архитектуры и конфигурации создаваемой системы следует признать базовым для всех последующих этапов.

Основными методами и подходами при определении архитектуры являются анализ и декомпозиция совокупности требований к системе, идентификация целевых функционально законченных задач и процессов с учетом топологических, технологических и других особенностей контролируемого объекта или процесса, а также комплекса накладываемых ограниче-



Рис. 2. Объекты и области стандартизации в SCADA-проектах

ний. Необходимыми составляющими стандартизации архитектуры являются правила взаимодействия подсистем или отдельных элементов (включая способы сопряжения, интерфейсы обмена данными и т. п.), а также архитектурные решения по обеспечению информационной безопасности.

Стандартизация представления системы с логической и функциональной точек зрения призвана упростить учет различных аспектов и факторов при выборе целевой архитектуры в конкретном проекте. При этом должны учитываться возможности структурного и функционального изменения системы в процессе эксплуатации (модернизации, расширения и т. п.). Это может достигаться с помощью вариативности конфигураций, сформированных из типовых элементов. В свою очередь, элементы архитектуры должны быть детализированы на достаточном уровне для обеспечения необходимой функциональности и совместимости.

Модель данных. Описание контролируемых объектов и процессов в виде информационной модели, от-

ражающей с необходимой степенью детализации их свойства, характеристики и параметры состояния, — основа для обеспечения наблюдаемости и управляемости. Для описания структуры промышленных и инфраструктурных объектов удобно использовать иерархические модели, при этом должна иметься возможность построения различных представлений (например, на основе состава оборудования или средств автоматизации, этапов технологического процесса или других признаков). Одна из характерных задач при формировании таких информационных моделей — описание однотипных объектов (например, насоса, задвижки, коммутационного аппарата и т. п.), имеющих вариативность в рамках предприятия, для унификации представления и использования единообразных алгоритмов управления и анализа.

Формирование единой, универсальной, непротиворечивой модели данных важно как с точки зрения адекватного представления объекта контроля, так и в плане обеспечения процесса инжиниринга. Кроме того, наличие

модели данных значительно снижает сложность дальнейшего администрирования, расширения или модернизации SCADA-решения.

Интерфейс пользователя. Если архитектуру системы и модель данных можно условно отнести к «подводной части айсберга» SCADA-стандартизации, то визуальный интерфейс системы — ее видимое воплощение для пользователя.

В системах диспетчерского управления общая компоновка интерфейса и свойства его основных составляющих (графических примитивов, элементов, цветовых схем и т. п.) оказывают непосредственное влияние на различные аспекты функционирования оборудования, установок и предприятия в целом как элементы, через восприятие которых человек-оператор принимает решения по управлению контролируемыми объектами и процессами. При стандартизации интерфейса пользователя и его элементов необходимо учитывать как корпоративные требования заказчика (при наличии), накопленный опыт и существующую практику, так и достижения современной инженерной психологии в вопросах организации обработки информации человеком-оператором в различных задачах.

Описание тревог и сообщений. Отдельного внимания при стандартизации требует описание тревог (алармов) и сообщений, которые будут формироваться во время работы системы. Поскольку данные элементы, как и интерфейс пользователя, используются при принятии решений по управлению оборудованием и процессами, они также оказывают непосредственное влияние на обеспечение целевых показателей работы производственного оборудования и обеспечивающих систем (включая безопасность).

Остановимся кратко на других важных аспектах стандартизации SCADA-решений:

► **информационная безопасность** — широкий комплекс вопросов, которые должны учитываться на всех уровнях и во всех областях SCADA-стандартизации;

► **роли и группы пользователей** — аспект, относящийся как к сфере ИБ, так и к вопросам организации производственных и бизнес-процессов, основанный на разграничении прав

доступа на основе выполняемых задач и областей ответственности;

► **правила именования:** единая нотація объектов, их элементов и соответствующих им информационных структур необходима для обеспечения возможности бесшовной интеграции и обмена данными между различными системами;

► **структура и правила оформления кода** — аспект, важный с точки зрения возможности сопровождения и повторного использования ранее написанного кода в других проектах или приложениях. Вопрос, заслуживающий отдельного внимания, — **структура и правила формирования запросов к БД**, с учетом влияния данного аспекта на производительность, особенно в крупномасштабных системах;

► **отчетные формы и документация** — частный случай визуального представления информации системой;

► **обработка исключительных ситуаций и ошибок** — аспект, требующий систематизации в соответствии с действующими регламентами и процессами предприятия.

Внедрение и развитие SCADA-стандарта на предприятии

Внедрение, поддержание актуальности и развитие SCADA-стандарта на предприятии — непрерывный процесс, требующий участия всех заинтересованных подразделений (служб эксплуатации / диспетчерской службы, отделов АСУ ТП, ИТ, ИБ и др.). Хорошая практика — создание и развитие SCADA-стандарта корпоративным центром разработки. Воплощение стандарта или его частей в виде тиражируемых программных компонентов или библиотек может также осуществляться подрядными организациями.

При разработке корпоративного SCADA-стандарта целесообразно использовать ранее накопленный опыт построения систем диспетчерского управления и сбора данных, принимая во внимание развитие технологий и современные подходы к архитектуре, дизайну и сценариям использования таких систем. Обязательным этапом подготовки стандарта является гармонизация внутренней нормативной документации и регламентов предприятия с учетом применимых государственных и межгосударствен-

ных стандартов, приказов регуляторов (ФСТЭК и т. д.) и других нормативных документов.

Средства поддержки стандартизации в составе платформы WinCC OA

Практическое применение подхода, основанного на стандартизации, требует наличия в составе SCADA-платформы соответствующего инструментария и в целом — поддержки стандартизации на уровне методологии инжиниринга прикладных систем. Рассмотрим, как данные процессы и механизмы представлены в системе WinCC OA.

Объектно-ориентированный инжиниринг. Инжиниринг проектов на базе платформы WinCC OA основан на объектно-ориентированном подходе, реализация которого обеспечивается иерархической информационной моделью системы и использованием объектной парадигмы при работе с программными и графическими компонентами, а также поддерживается встроенными средствами программирования и инструментарием среды разработки [4].

Ключевым элементом информационной модели проекта WinCC OA является понятие точки данных — совокупности переменных, характеризующих образ процесса или объекта (системы, устройства, установки и т. п.). Для каждого элемента точки данных может быть определен набор

конфигурационных элементов, описывающих его свойства и действия в его отношении. Такими действиями могут быть обработка сигналов (например, сглаживание или задание диапазонов значений), связь с внешними системами, архивирование, формирование алармов и др. Точки данных могут создаваться по определяемому пользователем типу. Тип точки данных фактически является аналогом класса в объектно-ориентированном программировании. Точки данных, которые могут быть созданы на базе этого типа, наследуют его структуру и свойства (в том числе конфигурационные элементы — «методы»), что подобно созданию экземпляров объекта определенного класса. При этом WinCC OA поддерживает как линейную модель данных, так и иерархическую.

Аналогично принципы наследования и многократного использования реализованы и для графических объектов. Технически возможность многократного использования обеспечивается различными универсальными механизмами — от наследования и переопределения свойств при статическом и динамическом размещении графических объектов-библиотек на экранных формах до прямого обращения к атрибутам графических объектов из любых сценариев. В качестве иллюстрации работы данного механизма на рис. 3 показан пример панели управления объектами насосной станции с использованием

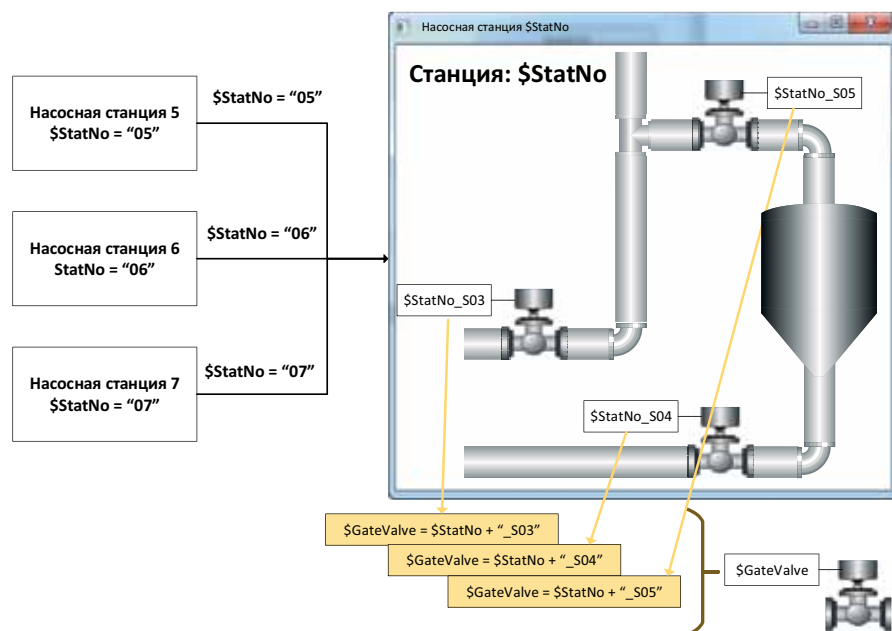


Рис. 3. Панель управления объектами насосной станции с использованием библиотечного графического символа задвижки

ной станции, где использован библиотечный графический символ задвижки, который может многократно размещаться на экранных формах с применением как статической, так и динамической параметризации.

Объектно-ориентированный подход к построению информационной модели системы и созданию графических объектов естественным образом сочетается с концепцией событийно-ориентированного программирования с использованием встроенного языка CTRL++. При этом сценарии, написанные на языке CTRL++, могут представлять собой как обработчики событий, связанные с элементами графического интерфейса, так и методы (в том числе сложные) обработки данных, реализующие прикладную бизнес-логику.

Создание библиотек и собственных программных компонентов. Сценарии на языке CTRL++ могут быть оформлены в виде отдельных библиотек, доступных во всех сценариях системы (в том числе распределенной). Созда-

ние пользовательских библиотек позволяет упорядочить структуру сценариев в крупномасштабных проектах и обеспечивает возможность повторного применения ранее написанного кода.

Библиотеки на языке CTRL++ являются эффективным средством обеспечения стандартизации как в рамках отдельного проекта, так и на уровне предприятия в целом. Каждая библиотека на языке CTRL++ может изменяться пользователем средствами интегрированной среды разработки (ИСП) WinCC OA или в любом текстовом редакторе. При необходимости библиотеки могут быть защищены от изменения с помощью современных алгоритмов шифрования на уровне каждого отдельного файла.

Кроме того, к сценариям и библиотекам на CTRL++ можно подключать сборки на C# или C++ в виде dll- или so-библиотек (при использовании C++ для Linux) либо использовать подобные сборки в виде исполняемых файлов в формате собствен-

ных компонентов (менеджеров или драйверов) WinCC OA, создавая их с помощью открытого интерфейса прикладного программирования WinCC OAC++ / C# API.

Системный инструментарий. ИСП WinCC OA реализована в виде инструментария, состоящего из конфигурационного редактора PARA и графического редактора GEDI. ИСП включает редактор модели данных, средства массового конфигурирования точек данных, интерактивный редактор и отладчик сценариев, написанные на языке CTRL++. Таким образом, WinCC OA располагает развитыми средствами построения пользовательского интерфейса, в том числе стандартизированными библиотеками графических элементов и объектов, отвечающими современным тенденциям в области HMI (трехмерные объекты, анимация и пр.), включающими различные средства визуализации трендов и алармов, расширенные редакторы свойств, средства управления навигацией и обеспечивающими возможность

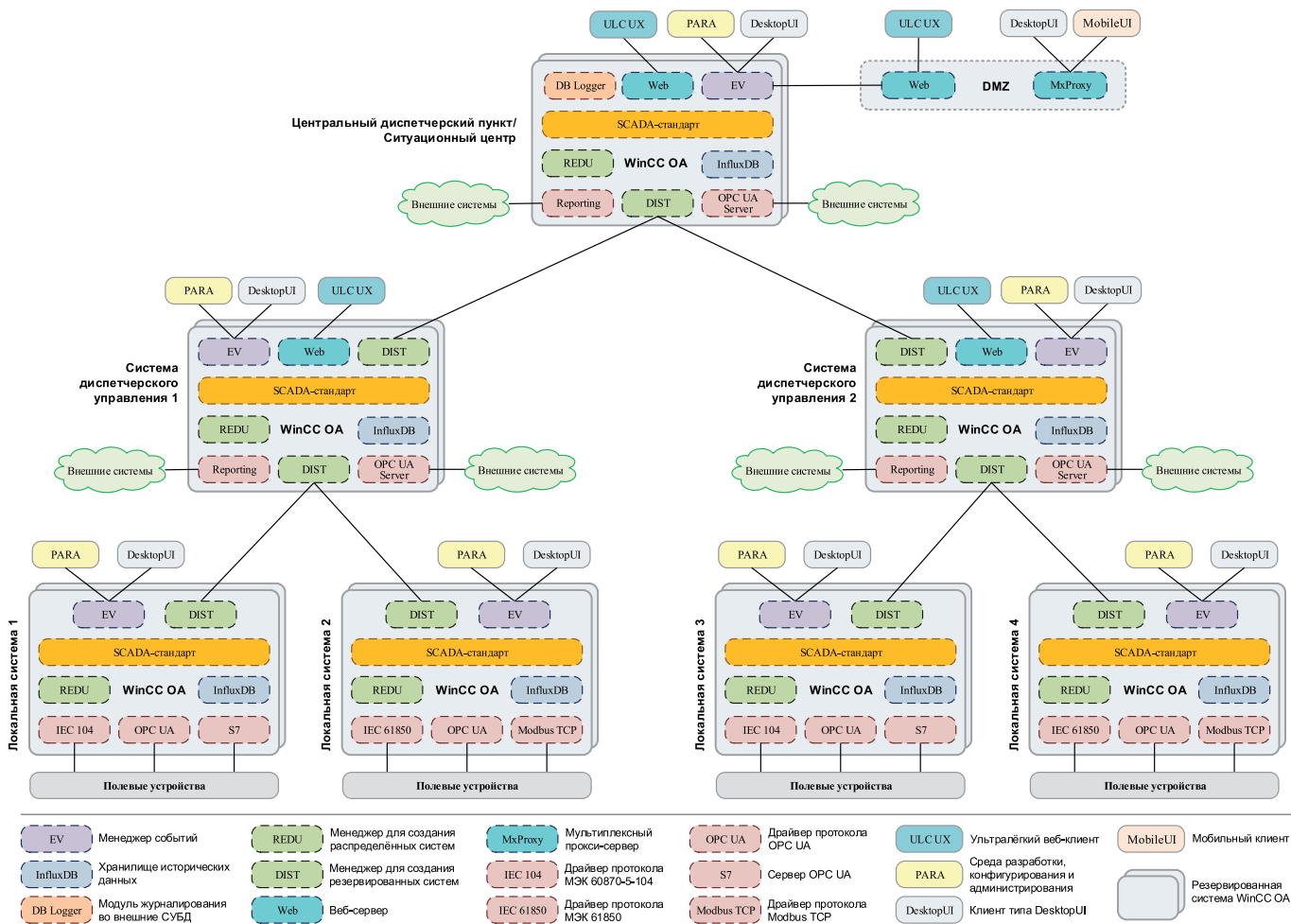


Рис. 4. Пример архитектуры трехуровневой иерархической системы диспетчерского контроля с использованием стандартной библиотеки на всех уровнях

поддержки визуального программирования, в частности при создании пользовательских интерфейсов для устройств на базе iOS и Android, многоязычных проектов и др.

Управление версиями. Эффективность процесса создания крупномасштабных проектов командами разработчиков, помимо возможностей инструментария самой системы WinCC OA для стандартизации элементов решения, обеспечивается также поддержкой систем управления версиями. В WinCC OA можно управлять проектными конфигурациями с помощью различных систем управления версиями, например Apache Subversion (известной также как SVN), CVS – Concurrent Versions System и Git – распределенной системы управления версиями. К функциям этих систем можно обращаться непосредственно из системных меню редактора GEDI. Так, файлы проекта можно обновить или добавить в хранилище данных, не покидая интегрированной среды разработки WinCC OA.

Пример построения многоуровневой системы диспетчерского контроля и управления на основе специализированного стандарта

На рис. 4 приведен пример интеграции единой в рамках распределенной системы библиотеки, реализующей специализированную стандартизацию в многоуровневой иерархической системе диспетчерского контроля. Такая библиотека, например, может представлять собой набор классов и методов на C++ и может инкапсулировать функциональность, реализованную во внешних сборках на C++ или C#.

На схеме показана 3-уровневая иерархическая система на базе WinCC OA с нижним уровнем, представленным серверами сбора данных с полевых устройств и HMI для управления локальными объектами (расположенными на двух технологических площадках), средним уровнем с серверами, расположенными в местных/территориальных диспетчерских пунктах, реализующими требуемую идеологию управления объектами, и верхним уровнем – ситуационным центром, объединяющим информацию от всех нижестоящих систем и предоставляю-

щим ее различным потребителям – от классических, мобильных и веб-клиентов до внешних информационных систем. Каждый сервер каждого уровня этой распределенной системы имеет доступ к единому набору библиотек, обеспечивающих поддержку требуемого уровня стандартизации.

В качестве примера использования рассматриваемого подхода к стандартизации можно привести комплекс проектов внедрения единой системы диспетчерского управления (ЕСДУ) трубопроводной системой ПАО «Транснефть» [5]. Для построения ЕСДУ был создан корпоративный центр компетенций, которым была разработана специализированная библиотека программных модулей, реализующая полный набор функций управления транспортировкой нефти и нефтепродуктов: экранные формы диспетчера, многоуровневый журнал событий, контроль режимов работы трубопровода, хранение истории параметров, контроль нормативных параметров и т.д. С помощью данной стандартной библиотеки на базе единой программной платформы (WinCC OA) реализуются (с привлечением подрядных организаций) конкретные проекты внедрения ЕСДУ в организациях системы «Транснефть». При этом развитие и техническая поддержка стандарта осуществляется силами центра компетенций по ЕСДУ без привлечения подрядных организаций, что обеспечивает защиту ноу-хау. Реализация программы внедрения ЕСДУ на единой платформе и по единому стандарту снизит риски возникновения нештатных ситуаций и позволит еще более эффективно управлять транспортировкой нефти и нефтепродуктов.

Выводы

Стандартизация при реализации крупномасштабных систем сбора, обработки данных и управления для промышленных и инфраструктурных проектов является необходимым базисом процессов инжиниринга, разветвления, сопровождения, модернизации, а также дальнейшей интеграции и/или миграции.

Стандартизация позволяет существенно снизить риски в отношении сроков реализации проектов, надежности и производительности систем,

качества выполнения целевых функций контроля и управления. Также стандартизация является действенным способом сокращения затрат на эксплуатацию, обслуживание, расширение и модернизацию. Кроме того, стандартизация способна в существенной степени способствовать снижению киберрисков и защите корпоративных ноу-хау.

Платформа WinCC OA на уровне архитектуры и подхода к инжинирингу поддерживает принципы стандартизации информационной структуры, программных компонентов, механизмов их взаимодействия и визуальных пользовательских интерфейсов, а также имеет инструменты для оформления и защиты данных объектов в виде библиотек или OEM-решений, что делает ее целевым выбором при создании корпоративных решений в классе промышленных ИС.

Литература

1. Filali-Yachou S., González-González C.S., Lecuona-Rebollo C. HMI/SCADA standards in the design of data center interfaces: A network operations center case study // DYNA 82 (193). Medellín, 2015.
2. Ivanković I., Rubeša R., Kekelj A., Kuzle I. SCADA Maintenance and Refurbishment with Security Issue in Modern IT and OT Environment//Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MEDPOWER 2018). Dubrovnik, 2018.
3. Кирпичев К.Ю., Соловьев С.Ю. Интеграция информационных систем предприятий электроэнергетики на базе CIM-модели // ИСУП. 2008. № 3.
4. Соловьев С.Ю. Инжиниринг проектов на базе SCADA-системы SIMATIC WinCC OA // ИСУП. 2016. № 4.
5. Диспетчерская на новой платформе // Трубопроводный транспорт нефти. 2020. № 2.

С. Ю. Соловьев, к. т. н., руководитель Центра компетенций,
А. Ю. Серов, ведущий инженер по интеграции проектов,
А. А. Кондрашкин, технический специалист,
управление «Цифровое производство»,
ООО «Сименс», г. Москва,
тел.: +7 (495) 737-1737,
e-mail: icc.ru@siemens.com,
сайт: www.siemens.ru