

Архитектура многоуровневой
системы управления
технологическими процессами
нефтяной и газовой
промышленности

Лебедева И.А.

На рисунке представлена обобщенная структурная схема системы управления, обобщающая многочисленные применения таких систем для управления технологическими процессами нефтяной и газовой промышленности.



- Как правило, это двухуровневые системы, и именно на этих уровнях реализуется непосредственное управление технологическими процессами. Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно - аппаратной платформой.
- **Нижний уровень** - уровень объекта (контроллерный) - включает различные **датчики (измерительные преобразователи) для сбора информации** о ходе технологического процесса, **электроприводы и исполнительные устройства для реализации регулирующих и управляющих воздействий**. Датчики поставляют информацию локальным **контроллерам (PLC)**, которые могут обеспечить реализацию следующих функций:
 - сбор, первичная обработка и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
 - автоматическое логическое управление и регулирование;
 - исполнение команд с пункта управления;
 - самодиагностика работы программного обеспечения и состояния самого контроллера;
 - обмен информацией с пунктами управления.
- Так как информация в контроллерах предварительно обрабатывается и частично используется на месте, существенно снижаются требования к пропускной способности каналов связи.

- Информация с локальных контроллеров может направляться в сеть диспетчерского пункта непосредственно, а также через **контроллеры верхнего уровня** (см. рис.). В зависимости от поставленной задачи контроллеры верхнего уровня (концентраторы, коммуникационные контроллеры) реализуют различные функции.

Некоторые из них перечислены ниже:

- сбор данных с локальных контроллеров;
- обработка данных, включая масштабирование;
- поддержание единого времени в системе;
- синхронизация работы подсистем;
- организация архивов по выбранным параметрам;
- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем;
- работа в автономном режиме при нарушениях связи с верхним уровнем;
- резервирование каналов передачи данных и др.

- **Верхний уровень** - диспетчерский пункт (ДП) - включает одну или несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора.
- Здесь же может быть размещен сервер базы данных. На верхнем уровне могут быть организованы рабочие места (компьютеры) для специалистов, в том числе и для инженера по автоматизации (инжиниринговые станции).
- Часто в качестве рабочих станций используются ПЭВМ типа IBM PC различных конфигураций.

- Станции управления предназначены для отображения хода технологического процесса и оперативного управления. Эти задачи и призвано решать **программное обеспечение SCADA**, ориентированное на разработку и поддержание **интерфейса** между диспетчером/оператором и системой управления, а также на обеспечение взаимодействия с внешним миром.
- Все аппаратные средства системы управления объединены между собой **каналами связи**. На нижнем уровне контроллеры взаимодействуют с датчиками и исполнительными устройствами посредством физических линий, а с блоками удаленного и распределенного ввода/вывода - с помощью специализированных сетей.
- Связь удаленных контроллеров с контроллерами верхнего уровня (концентраторами) часто реализуется по радио и телефонным каналам. В случае небольших расстояний локальные контроллеры объединяются между собой и с верхним уровнем управляющими сетями на базе витой пары, оптоволокна.

- Связь различных АРМ оперативного персонала и специалистов между собой, с контроллерами верхнего уровня, а также с вышестоящим уровнем осуществляется посредством информационных сетей (витая пара, оптоволокно).
- Спектр реализаций RTU в таких системах управления достаточно широк. Конкретная реализация RTU зависит от области применения. Это могут быть промышленные компьютеры (PC-совместимые контроллеры) или программируемые логические контроллеры (PLC/ПЛК). На российском рынке представлена широкая гамма контроллеров самых различных конфигураций и назначений.
- Что касается программного продукта типа SCADA, то сейчас на российском рынке присутствует несколько десятков открытых SCADA-пакетов, обладающих практически одинаковыми функциональными возможностями. Тем не менее, каждый SCADA-пакет является по-своему уникальным, и его выбор для конкретной системы автоматизации по-прежнему остается актуальным.
- Выбор коммуникационного программного обеспечения (протоколов обмена информацией) для конкретной системы управления определяется многими факторами, в том числе и типом применяемых контроллеров, и выбранным SCADA-пакетом.

Принятые обозначения

- УСО (RTU) – **Устройства связи с объектом (УСО)** — это устройство в АСУТП для объединения аналоговых и цифровых параметров реального технологического объекта. Предназначено для ввода сигналов с объекта в автоматизированную систему и вывода сигналов на объект.
- SCADA – (*Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных*) — программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.
- OPC-сервер –
- ПЛК (PLC) - **Программируемый логический контроллер** (сокр. ПЛК; [англ.](#) *programmable logic controller*, сокр. *PLC*; более точный перевод на русский — контроллер с программируемой логикой)

Основные функции УСО:

- нормализация аналогового сигнала — приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входного сигнала аналого-цифрового преобразователя измерительного канала. Наиболее распространены диапазоны напряжений от 0 до 5 В, от –5 до 5 В, от 0 до 10 В и токовые: от 0 до 5 мА, от 0 до 20 мА, от 4 до 20 мА, от 1 до 5 мА;
- предварительная низкочастотная фильтрация аналогового сигнала — ограничение полосы частот первичного непрерывного сигнала с целью снижения влияния на результат измерения помех различного происхождения. На промышленных объектах наиболее распространены помехи с частотой сети переменного тока, а также хаотические импульсные помехи, вызванные влиянием на технические средства измерительного канала переходных процессов и наводок при коммутации исполнительных механизмов повышенной мощности;
- обеспечение гальванической изоляции между источниками сигнала и каналами системы.
- Помимо этих функций, ряд устройств связи с объектом может выполнять более сложные функции за счет наличия в их составе подсистемы аналого-цифрового преобразования и дискретного ввода-вывода, микропроцессора и средств организации одного из интерфейсов последовательной передачи данных. Также в состав УСО могут входить АЦП, устройства дискретного ввода-вывода, микропроцессоры, интерфейсы передачи данных.^[1]
- **Виды УСО по характеру обрабатываемого сигнала:**
- аналоговые (АЦП, ЦАП и др.);
- дискретные;
- цифровые.^[1]
- **Типы УСО по направлению прохождения данных:**
- устройства ввода — получение сигналов датчиков;
- устройства вывода — формирование сигналов для исполнительных механизмов;
- двунаправленные устройства

Программируемый контроллер

- **Программируемый контроллер** — промышленный контроллер, используемый для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека.
- ПЛК — устройства, предназначенные для работы в системах реального времени.
- ПЛК имеют ряд особенностей, отличающих их от прочих электронных приборов, применяемых в промышленности:
- в отличие от микроконтроллера (однокристального компьютера) — микросхемы, предназначенной для управления электронными устройствами — область применения ПЛК обычно являются автоматизированные процессы промышленного производства в контексте производственного предприятия;
- в отличие от компьютеров, ориентированных на принятие решений и управление оператором, ПЛК ориентированы на работу с машинами через развитый ввод сигналов датчиков и вывод сигналов на исполнительные механизмы;
- в отличие от встраиваемых систем ПЛК изготавливаются как самостоятельные изделия, отдельные от управляемого при его помощи оборудования.
- В системах управления технологическими объектами логические команды, как правило, преобладают над арифметическими операциями над числами с плавающей точкой, что позволяет при сравнительной простоте микроконтроллера (шины шириной 8 или 16 разрядов), получить мощные системы, действующие в режиме реального времени. В современных ПЛК числовые операции в языках их программирования реализуются наравне с логическими. Все языки программирования ПЛК имеют лёгкий доступ к манипулированию битами в машинных словах, в отличие от большинства высокоуровневых языков программирования современных компьютеров.

- Термин SCADA обычно относится к централизованным системам контроля и управления всей системой, или комплексами систем, осуществляемого с участием человека. Большинство управляющих воздействий выполняется автоматически УСО (RTU) или ПЛК (PLC).
- Непосредственное управление процессом обычно обеспечивается RTU или PLC, а SCADA управляет режимами работы. Например, PLC может управлять потоком охлаждающей воды внутри части производственного процесса, а SCADA система может позволить операторам изменять уставки для потока, менять маршруты движения жидкости, заполнять те или иные ёмкости, а также следить за тревожными сообщениями (*алармами*), такими как — потеря потока и высокая температура, которые должны быть отображены, записаны, и на которые оператор должен своевременно реагировать. Цикл управления с обратной связью проходит через RTU или PLC, в то время как SCADA система контролирует полное выполнение цикла.
- Сбор данных начинается в RTU или на уровне PLC и включает показания измерительного прибора. Далее данные собираются и форматируются таким способом, чтобы оператор диспетчерской, используя HMI, мог принять контролирующие решения — корректировать или прервать стандартное управление средствами RTU/PLC. Данные также могут быть записаны в архив для построения трендов и другой аналитической обработки накопленных данных.

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)

- SCADA-система – это инструментальная программа, обеспечивающая создание программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени. Основная цель создаваемой с помощью SCADA программы – дать оператору, управляющему технологическим процессом, полную информацию об этом процессе и необходимые средства для воздействия на него.
- **ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ SCADA-СИСТЕМЫ:**
- Сбор данных от датчиков и представление их оператору в удобном для него виде, включая графики изменения параметров во времени;
- Дистанционное управление исполнительными механизмами;
- Ввод заданий алгоритмам автоматического управления;
- Реализация алгоритмов автоматического контроля и управления (чаще эти задачи возлагаются на контроллеры, но SCADA-системы тоже способны их решать);
- Распознавание аварийных ситуаций и информирование оператора о состоянии процесса;
- Формирование отчетности о ходе процесса и выработке продукции.
- От надежности, быстродействия и эргономичности SCADA-системы зависит не только эффективность управления технологическим процессом, но и его безопасность.

КОМПОНЕНТЫ SCADA

- Специалисты отдела АСУТП промышленного предприятия по изготовлению соды утверждают, что в основном используют такие компоненты, как мониторинг и управление, архивирование технологических параметров, сообщений, подсистему формирования отчетов.
- Мониторинг и управление, собственно, то, для чего и устанавливается система управления. Архивы параметров, сообщений и отчеты необходимы для оценки и анализа ведения технологического процесса, действий оператора и т.д. Также для них важен один из базовых инструментов SCADA – разграничение прав доступа к управлению по уровням (оператор, технолог, инженер АСУТП).
- В связи с тенденцией к интеграции систем управления технологическими процессами и систем управления предприятием все чаще возникает необходимость использования SCADA в качестве источника данных для вышестоящих систем. Некоторые SCADA могут выступать и как сервер консолидации всех технологических данных, и как сервер генерации отчетов на базе этих данных.

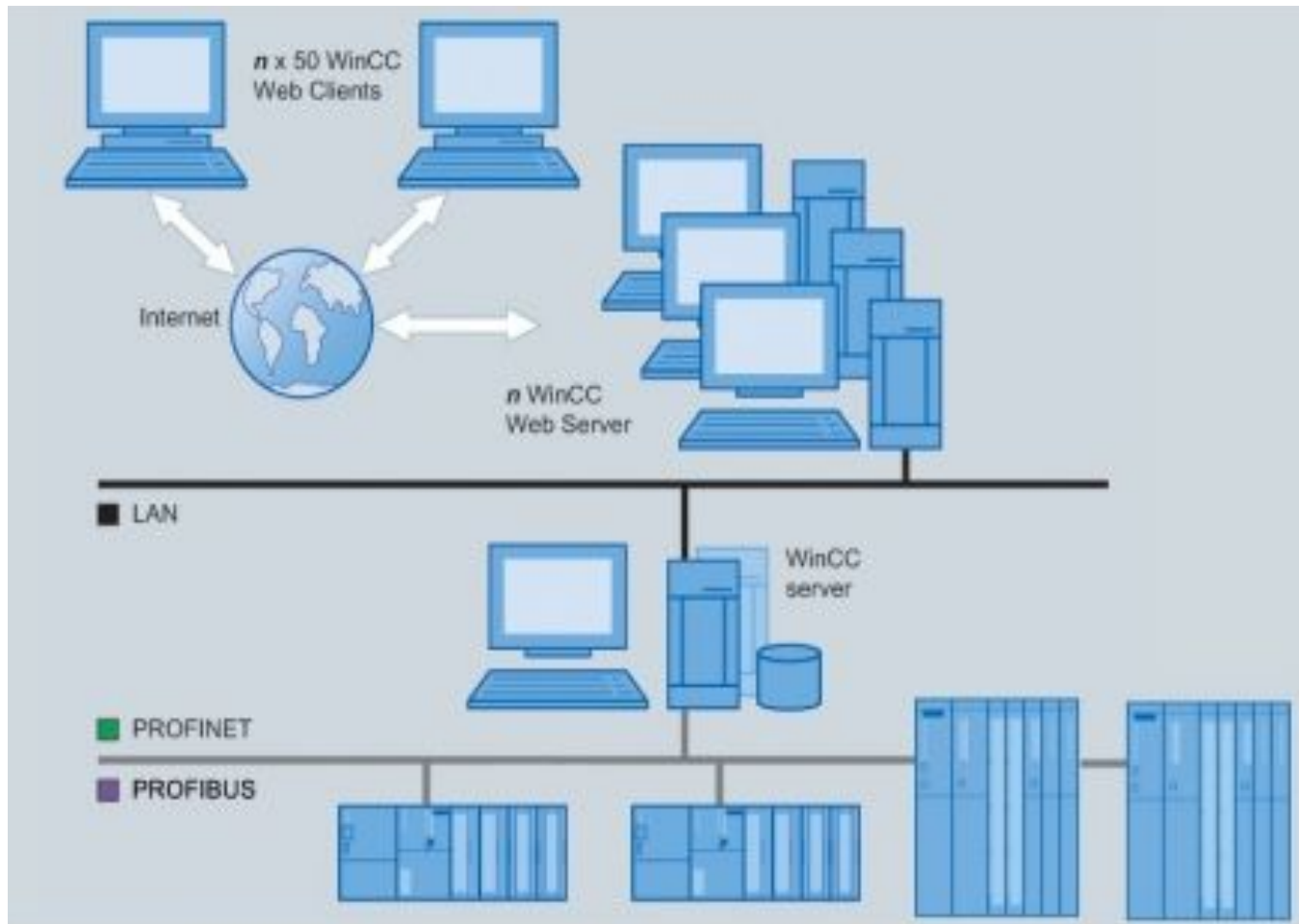
КОМПОНЕНТЫ SCADA

- Если система управления, построена на базе ПЛК одного производителя (к примеру, Siemens SIMATIC), то обмен данными между контроллерами и SCADA происходит с помощью встроенных драйверов протоколов связи. Некоторые независимые от производителей оборудования SCADA предлагают набор драйверов ко многим (но не всем) имеющимся на рынке контроллерам и интеллектуальными приборам.
- Наиболее универсальный способ взаимодействия – это использование драйверов, разработанных в соответствии со стандартом OPC. Такие OPC-серверы могут быть разработаны производителями контроллеров или независимыми разработчиками, а использоваться вместе с любой SCADA-системой.
- Для эффективной работы с OPC- серверами SCADA должна использовать их напрямую, по технологии «OPC в ядре системы», а не через промежуточные интерфейсы. Некоторые SCADA являются вертикально-интегрированными: в их состав входят системы программирования для свободно-программируемых контроллеров. В них также используются внутренние драйверы для связи с контроллером. Такие SCADA позволяют создать ПТК с использованием оборудования разных производителей.

УРОВНИ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA

- Системы технологической автоматизации обычно разделены на 3 уровня: нижний, средний и верхний. Выше них находится уровень управления производством в целом.
Нижний уровень – это сами датчики и исполнительные механизмы
Средний уровень – контроллеры. На среднем уровне происходит:
 - прием входных данных;
 - первичная обработка данных;
 - автоматическое формирование и выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы;
 - обмен информацией с верхним уровнем.

УРОВНИ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA



УРОВНИ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA

- **Верхний уровень – это и есть уровень SCADA. На этом уровне происходит:**
- сбор, обработка и хранение информации, полученной на среднем уровне;
- визуализация текущей и архивной информации в удобном оператору виде (мнемосхемы, графики, тренды, журналы сообщений);
- ввод команд оператора;
- формирование отчетности о результатах технологического процесса;
- обмен информацией с верхним уровнем.

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

- Управление предприятием производится на двух уровнях: MES (Manufacturing Execution Systems) – система управления производством продукции в реальном времени. Этот уровень служит для планирования производственных заданий для технологических процессов, построения сводных отчетов, глубокого анализа процесса (например, прогнозирование, построение энергетического и материального баланса и др.). Для этих целей также может быть использован инструментарий SCADA.
- ERP (Enterprise Resource Planning) – система автоматизированного управления административно-финансовой и административно-хозяйственной деятельностью предприятия. На этом уровне используются другие специализированные системы, например, SAP R3.

В зависимости от сложности управляемого технологического процесса, а также требований к надёжности, SCADA-системы строятся по одной из следующих архитектур:

Автономные

- При использовании данной архитектуры система состоит из одной или нескольких рабочих станций оператора, которые не "знают" друг о друге. Все функции системы выполняются на единственной (нескольких независимых) станции(ях).
- **Преимущества:** простота.
- **Недостатки:**
- низкая отказоустойчивость;
- не обеспечивается истинность данных (исторические данные могут отличаться между разными станциями),

Клиент-Серверные

- В данном случае система выполняется на сервере, а операторы используют клиентские станции для мониторинга и управления процессом. Высоконадёжные системы строятся на базе двойного либо тройного резервирования серверов и дублирования клиентских станций оператора, дублирования сетевых подключений сервер-сервер и клиент-сервер. При данной архитектуре уже возможно разделение функций SCADA-системы между серверами. Например, сбор данных и управление ПЛК выполняется на одном сервере, архивирование данных - на втором, а взаимодействие с клиентами - на третьем.

Распределенные

- При использовании архитектуры распределенной системы управления (PCU) вычисления осуществляются на нескольких взаимосвязанных вычислительных устройствах, часто с функцией взаимного резервирования. Распределенные SCADA-системы с взаимным резервированием отличаются повышенной надёжностью.

ФУНКЦИИ SCADA

- **■ Мнемосхемы**

Мнемосхема – это графическое изображение (с помощью встроенного в SCADA графического редактора) технологической схемы с визуализацией значений датчиков, состояния исполнительных механизмов и др. параметров. Для визуализации используется не только отображение значений в виде цифр и надписей, но и изменение визуальных свойств отображаемых графических объектов. Например, в емкости изменяется уровень жидкости, а ее цвет изменяется в зависимости от температуры (динамизация). Исполнительные механизмы могут не просто показывать свое состояние каким-то графическим признаком (например, цветом), но и наглядно показывать свою работу – например, вращением лопастей насоса, движением ленты конвейера и т.п. (анимация).

- **■ Архивы**

Получаемые от контроллеров данные SCADA складывает в архивы. Предварительно данные могут быть обработаны (отфильтрованы, усреднены, сжаты и т.п.). Часто используется не регулярная запись, а запись по изменению с использованием порога чувствительности («мертвой зоны»). Длительность хранения настраивается в SCADA индивидуально для каждого параметра и может составлять до нескольких лет.

- **■ Тренды**

Тренд – это графическое отображение изменения параметра во времени. Тренды в SCADA- системах могут показывать изменение параметра за всю длительность его хранения в архиве. Оператору предоставляется возможность изменять масштаб, как времени, так и самого параметра. В развитых системах в тренд встроены различные инструменты анализа графика, сравнения его с уставкой или другим параметром, сглаживание или фильтрация, отметки на графике событий (например, нарушение границ) или закладок для памяти и многое другое.

- **■ Таблицы**

Зачастую технологу удобнее просматривать архивы не в графическом виде, а в виде таблиц. Обычно эти таблицы можно не только просматривать, но и экспортировать в другие системы.

ФУНКЦИИ SCADA

- **■ Графики**
Обычно SCADA позволяют смотреть и зависимость одних параметров от других, тоже во времени. Хотя это функция и менее востребована технологами, чем тренды.
- **■ Гистограммы и диаграммы**
Другим распространенным способом представления параметров являются гистограммы (столбиковые диаграммы).
- **■ Сообщения**
Сообщения – это текстовые строки, которые информируют оператора о событиях на объекте в той последовательности, в которой эти события происходят. Они всплывают на экране или отображаются в специально выделенной для этого зоне.
- **■ Журналы сообщений**
Журналы сообщений служат для отображения списков сообщений в том порядке, как они появлялись и были сохранены в архив. Как правило, используются разные экземпляры журналов для разных зон процесса, разных категорий сообщений, разных приоритетов.
- **■ Контроль прав доступа**
Для того, чтобы оператор мог совершить те или иные действия, ему должны быть администратором предоставлены соответствующие права – например, право управлять исполнительным механизмом, или право изменить задание регулятору. В начале смены оператор регистрируется в системе, и она предоставляет ему выполнять только те действия, которые ему разрешены администратором.
- **■ Журнал действий оператора**
Управление технологическим процессом очень ответственная задача, поэтому все действия оператора записываются для контроля в специальный журнал, который может быть проанализирован в случае нештатных ситуаций.
- **■ Формирование отчета**
Удобная среда разработки отчетов позволяет легко и быстро подготовить отформатированные и насыщенные информацией отчеты

Основные компоненты SCADA

- **SCADA-система обычно содержит следующие подсистемы:**
- Драйверы или серверы ввода-вывода — программы, обеспечивающие связь SCADA с промышленными контроллерами, счётчиками, АЦП и другими устройствами ввода-вывода информации.
- Система реального времени — программа, обеспечивающая обработку данных в пределах заданного временного цикла с учетом приоритетов.
- Человеко-машинный интерфейс (HMI, англ. *Human Machine Interface*) — инструмент, который представляет данные о ходе процесса человеку оператору, что позволяет оператору контролировать процесс и управлять им.
- Программа-редактор для разработки человеко-машинного интерфейса.
- Система логического управления — программа, обеспечивающая исполнение пользовательских программ (скриптов) логического управления в SCADA-системе. Набор редакторов для их разработки.
- База данных реального времени — программа, обеспечивающая сохранение истории процесса в режиме реального времени.
- Система управления тревогами — программа, обеспечивающая автоматический контроль технологических событий, отнесение их к категории нормальных, предупреждающих или аварийных, а также обработку событий оператором или компьютером.
- Генератор отчетов — программа, обеспечивающая создание пользовательских отчетов о технологических событиях. Набор редакторов для их разработки.
- Внешние интерфейсы — стандартные интерфейсы обмена данными между SCADA и другими приложениями. Обычно OPC, DDE, ODBC, DLL и т. д.

ХАРАКТЕРИСТИКИ SCADA-СИСТЕМЫ

- Совместимость с операционными системами;
- Полнофункциональность;
- Открытость;
- Масштабируемость;
- Поддержка промышленных протоколов (собственная драйверная подсистема);
- Совместимость со стандартом OPC (DA, HDA, UA);
- Поддержка доступа через Internet;
- Поддержка баз данных;
- Встроенные языки программирования;
- Средства защиты и надежность;
- Интеграция в системы управления;
- Техническая поддержка;
- Простота разработки и развития;
- Простота обслуживания;
- Стоимость.

ЗАРУБЕЖНЫЕ SCADA-СИСТЕМЫ

- Наиболее популярные в России следующие зарубежные SCADA:
 - [WinCC](#) (Siemens, Германия);
 - InTouch (Wonderware, США);
 - RSVIEW32 (Rockwell Automation, США);
 - Genesis64 (Iconics, США);
 - Vijeo Citect (Schneider Electric, Франция).

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ SCADA-СИСТЕМЫ

- Наиболее популярные отечественные модели SCADA:
 - MasterSCADA (ИнСАНТ, Москва);
 - TRACE MODE (AdAstra, Москва);
 - Круг2000 (Круг, Пенза).
- В отличие от большинства западных SCADA все российские содержат встроенные средства программирования контроллеров с использованием языков стандарта МЭК61131-3, в том числе языка функциональных блоков. Причем, если сама SCADA рассчитана на работу в среде Windows на PC-совместимых компьютерах, то исполнительная система для контроллеров может работать и на Logix других платформах, например, Linux на процессоре с архитектурой ARM.
- Стандарт OPC поддерживают все перечисленные системы, однако в системе «Trace Mode» упор делается на использование собственных драйверов, а MasterSCADA, хоть и поддерживает использование драйверов, но основывается на технологии «OPC в ядре системы» и предлагает отдельный инструментальный пакет для разработки OPC-серверов.

Сравнительная характеристика зарубежных и отечественных SCADA

- Все современные SCADA, как отечественные, так и зарубежные, имеют полный функционал для этого класса программ, поэтому их сравнение по перечню функций в последние годы потеряло смысл.
- Основное преимущество российских SCADA – это их изначальная нацеленность на российский рынок (русскоязычная, а не переводная документация, техническая поддержка, уровень цен).
- Можно сделать вывод, что для каждого предприятия или даже применения желательно сделать сравнение нескольких SCADA, как по цене, так и по возможностям.
- Практически все SCADA имеют пробную версию, которая позволяет проверить ее пригодность для решаемой задачи.

Спасибо за внимание !