

МИНИН¹ Петр Евгеньевич
КОНЕВ² Владимир Николаевич
СЫЧЕВ³ Николай Владимирович
КРЫМОВ⁴ Антон Сергеевич
САВЧУК⁵ Андрей Викторович
АНДРЯКОВ⁶ Дмитрий Александрович

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

В данной статье представлен анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом — средств, которые предназначены для автоматизированного управления оборудованием. Рассмотрены достоинства и недостатки десяти наиболее популярных АСУ ТП и проведен анализ их наиболее важных характеристик.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическим процессом, АСУ ТП, сравнительный анализ систем.

This article presents a comparative analysis of the existing automated process control systems — tools that are intended for automatic control equipment. The advantages and disadvantages of the ten most popular APCS and analyze the most important characteristics are given below.

Keywords: Industrial control system, ICS, comparative analysis of systems.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) — это целостное решение технических и программных средств, которые предназначены для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях. АСУ ТП обеспечивает автоматизацию основных операций технологического процесса на объекте в целом или какой-то его части.

АСУ ТП создается как распределенная интегрированная система с обеспечением конструктивной, функциональной и интерфейсной независимости ее подсистем, что обеспечивает сохранение функций отдельных подсистем и их элементов при отказах в АСУ ТП, в том числе на отдельных уровнях ее иерархии.

АСУ ТП получили широкое распространение в различных областях человеческой деятельности. Ими могут быть оборудованы как частные дома, рестораны, магазины, так и стратегические объекты государственной важности, такие как аэропорты, транспортные узлы, АЭС и другие опасные производства.

В данной статье приводится обзор существующих АСУ ТП.

Обзор существующих АСУ ТП

CitectSCADA

CitectSCADA [1] (SCADA, supervisory control and data acquisition — диспетчерское управление и сбор данных) — программный продукт, представля-

ющий собой полнофункциональную систему мониторинга, управления и сбора данных, которая позволяет обеспечить:

- ♦ визуализацию процесса в графическом режиме;
- ♦ «продвинутое» управление алармами;
- ♦ отслеживание трендов в реальном времени и доступ к архивным трендам;
- ♦ подготовку детализированных отчетов;
- ♦ статический контроль процесса;
- ♦ многопоточное выполнение программ, разработанных на CitectVBA [2] и CiCode [3].

CitectSCADA построена на базе мультизадачного ядра реального времени, что обеспечивает производительность сбо-

¹ — НИЯУ МИФИ, студент; ²⁻⁴ — НИЯУ МИФИ, аспиранты;

^{5,6} — НИЯУ МИФИ, студенты.

ра до 5000 значений в секунду при работе в сетевом режиме с несколькими станциями. Модульная клиент-серверная архитектура позволяет одинаково эффективно применять CitectSCADA как в малых проектах с использованием только одного автоматизированного рабочего места (АРМ), так и в больших с распределением задач на несколько компьютеров.

В CitectSCADA резервирование является встроенным и легко конфигурируемым. Резервирование позволяет защищать все зоны потенциальных отказов как функциональных модулей (серверов и клиентов), так и сетевых соединений между узлами и устройствами ввода/вывода.

CitectSCADA имеет встроенный язык программирования CiCode, а также поддержку VBA (Visual Basic for Applications — упрощенная реализация языка Visual Basic). CitectSCADA работает как 32-разрядное приложение Windows 9x/NT/2000/XP/2003/Vista/7. Сбор данных, формирование алармов и построение трендов происходит одновременно с редактированием и компиляцией.

Cimplicity

Cimplicity HMI [4] — это решение по визуализации и управлению на базе архитектуры клиент-сервер, обеспечивающее визуализацию операций, автоматизированный контроль и предоставление надежной информации для аналитических приложений более высокого уровня.

Основными особенностями Cimplicity являются:

- ♦ поддержка до 100 серверов в архитектуре;
- ♦ архивирование;
- ♦ открытость архитектуры позволяет программному обеспечению SIMPLICITY легко взаимодействовать с другими системами на всех уровнях управления;
- ♦ разделение задач на высокоприоритетные и низкоприоритетные;
- ♦ разнообразие собственных драйверов и связь с устройствами OPC (Object Linking and Embedding for Process Control — семейство программных технологий, предоставляющих единый интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами);

- ♦ возможность легко масштабировать систему;
- ♦ интеграция с ERP (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия) и другими внешними системами;
- ♦ возможность разделения пользователей по ролям и доступным ресурсам;
- ♦ возможность воспроизведения заархивированных событий с помощью средства Digital Graphical Replay;
- ♦ сигнализация в режиме реального времени и в записи.

Master SCADA

Master SCADA [5] — программный пакет для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных. Основными свойствами являются модульность, масштабируемость и объектный подход к разработке. Система предназначена для сбора, архивирования, отображения данных, а также для управления различными технологическими процессами. Помимо создания так называемого верхнего уровня, система позволяет программировать контроллеры с открытой архитектурой. Таким образом, Master SCADA позволяет создавать единый комплексный проект автоматизации (SCADA-система и ПЛК (программируемый логический контроллер)). Вся система, включая все компьютеры и контроллеры, конфигурируется в едином проекте, в результате чего не требуется конфигурировать внутренние связи в системе.

Основными особенностями Master SCADA являются:

- ♦ единая среда разработки всего проекта;
- ♦ раздельное конфигурирование структуры системы и логической структуры объекта;
- ♦ открытость и следование стандартам;
- ♦ неограниченная гибкость вычислительных возможностей;
- ♦ объектный подход.

TRACE MODE

TRACE MODE [6] — интегрированная информационная система для управления промышленным производством, объединяющая в едином целом продукты класса SOFTLOGIC-SCADA/

HMI-MES-EAM-HRM. TRACE MODE дает решения для управления технологическими процессами в реальном времени, осуществляемого в тесной интеграции с управлением производственным бизнесом. На одной платформе объединены продукты для автоматизации технологических процессов и бизнес-процессов (АСУП).

Интегрированная среда разработки TRACE MODE представляет собой единую программную оболочку, объединяющую все основные компоненты инструментальной системы:

- ♦ SOFTLOGIC — систему программирования контроллеров;
- ♦ SCADA/HMI — систему разработки распределенной АСУ ТП;
- ♦ MES-EAM-HRM — экономические модули для создания АСУП, полностью интегрированных с АСУ ТП.

Основными особенностями TRACE MODE являются:

- ♦ легкость интеграции со сторонним программным/аппаратным обеспечением;
- ♦ интеграция SCADA и Softlogic систем;
- ♦ интегрированная среда разработки, объединяющая в себе более 10 различных редакторов АСУ ТП и АСУП;
- ♦ принцип единого проекта для распределенной АСУ;
- ♦ обширная библиотека драйверов для контроллеров и устройств связи с объектом;
- ♦ поддержка языков программирования алгоритмов международного стандарта IEC 61131-3 [7];
- ♦ собственный генератор отчетов, позволяющий создавать полнофункциональные HTML-отчеты в реальном времени;
- ♦ технологии горячего резервирования — дублирование и троирование;
- ♦ интеграция с базами данных и другими приложениями.

InTouch

Wonderware InTouch [8] это приложение — генератор графического операторского интерфейса (HMI) для систем SCADA и других систем автоматизации производства. InTouch позволяет пользователям создавать операторские интерфейсы под Windows, которые тесно взаимодействуют с другими ком-

понентами Factory Suite. Wonderware InTouch предлагает расширенный набор готовых Мастер-объектов с индустриальной графикой, которые позволяют разработчику создавать сложные и мощные экраны операторского интерфейса. InTouch также имеет мощный язык сценариев.

Программный пакет InTouch состоит из двух основных компонентов — среды разработки и среды исполнения. В среде разработки создаются мнемосхемы, определяются и привязываются к аппаратным средствам входные и выходные сигналы и параметры, разрабатываются алгоритмы управления и назначаются права операторов. Созданное таким образом приложение функционирует в среде исполнения. Такое разграничение позволяет предотвратить несанкционированное изменение приложения, не определенное логикой его работы.

Для того чтобы приложение могло обмениваться данными с аппаратурой, необходимо использование третьего компонента — отдельной программы, называемой сервером ввода/вывода. Как правило, сервер ввода/вывода ориентирован на использование с конкретным видом оборудования, таким как промышленные контроллеры. Вместе с тем используются также серверы ввода/вывода, рассчитанные на обмен данными согласно определенным промышленным стандартам и которые могут работать со всеми контроллерами, удовлетворяющими этому стандарту (например, Modbus, ProfiBus, DeviceNet и др.).

Основные задачи, решаемые с помощью InTouch:

- ♦ сбор сигналов (определяющих состояние производственного процесса в текущий момент времени — температура, давление, положение и т.д.) с промышленной аппаратуры (контроллеры, датчики и т.д.), их графическое отображение на экране компьютера в удобной для оператора форме (на мнемосхемах, индикаторах, сигнальных элементах, в виде текстовых сообщений и т.д.);
- ♦ автоматический контроль за состоянием контролируемых параметров, генерация сигналов тревоги и выдача сообщений оператору в графической и текстовой форме в случае выхода их за пределы заданного диапазона;

- ♦ разработка и выполнение (автоматическое или по команде оператора) алгоритмов управления производственным процессом, сложность которых не ограничена и может представлять собой любую комбинацию из математических, логических и других операций;
- ♦ контроль за действиями оператора путем регистрации его в системе с помощью имени и пароля, и назначения ему определенных прав доступа, ограничивающих возможности оператора (если это необходимо) по управлению производственным процессом;
- ♦ вывод (автоматически или по команде оператора) управляющих воздействий в промышленные контроллеры и исполнительные механизмы для регулировки непрерывных или дискретных процессов, а также подача сообщений персоналу на информационное табло;
- ♦ автоматическое ведение журнала событий, в котором регистрируется изменение производственных параметров с возможностью просмотра в графическом виде записанных данных, а также ведение журнала аварийных сообщений, соблюдение регламента производственного процесса путем динамической загрузки (автоматически или по команде оператора) набора параметров из заготовленных шаблонов (рецептур) в технологическое оборудование;
- ♦ генерация отчетов и оперативных сводок.

Основные особенности программного пакета InTouch:

- ♦ простота использования и неограниченные возможности для разработчика (любое число мнемосхем, неограниченная сложность алгоритмов и пр.);
- ♦ использование стандартных протоколов обмена данными (DDE, OPC, TCP/IP и др.);
- ♦ высокая скорость работы благодаря механизму, динамически регулирующему скорость опроса входных сигналов (опрос происходит только при изменении значения контролируемого параметра);
- ♦ архитектура «клиент-сервер» для эффективной работы в сети. База данных ведется только на сервере,

нет необходимости копировать ее на клиентские станции;

- ♦ открытость — можно добавлять и использовать готовые компоненты других фирм вследствие поддержки технологий ActiveX и OPC;
- ♦ интеграция с другими программными пакетами фирмы Wonderware и простой обмен данными с популярными программными пакетами для Windows — Microsoft Excel, Microsoft Access, Microsoft Visual Basic и др.;
- ♦ возможность создания библиотек алгоритмов;
- ♦ возможность работы с более чем 120 000 сигналов и параметров (тэгов);
- ♦ автоматический контроль качества сигналов, поступающих с датчиков и контроллеров;
- ♦ распределенная система отслеживания и регистрации аварийных ситуаций одновременно поддерживает множество серверов (провайдеров) аварийных ситуаций, что дает возможность операторам видеть информацию об авариях во многих удаленных местах синхронно.

Simatic WinCC

Simatic WinCC [9] — это система мониторинга, управления и сбора данных, поддерживающая операционные системы семейства Windows. WinCC обеспечивает полную функциональность в управлении и наблюдении за процессом для всех отраслей промышленности, и от простых однопользовательских до распределенных многопользовательских систем с резервированными серверами и интегрированными решениями на основе Web-технологий.

Основными возможностями Simatic WinCC являются:

- ♦ визуализация технологического процесса;
- ♦ конфигурирование и настройка связи с контроллерами различных производителей;
- ♦ отображение, архивирование и протоколирование сообщений от технологического процесса;
- ♦ отображение, архивирование и протоколирование переменных;
- ♦ расширение возможностей системы за счет использования скриптов на языках ANSI C, VBS и VBA;
- ♦ проектирование системы отчетности;

- ♦ взаимодействие с другими приложениями, в том числе по сети, путем использования стандартных интерфейсов OLE (Object Linking and Embedding) и ODBC (Open Database Connectivity) обеспечивает простую интеграцию WinCC во внутреннюю информационную сеть предприятия;
- ♦ построение резервированных систем;
- ♦ расширение возможностей путем использования элементов ActiveX;
- ♦ открытый OPC-интерфейс.

IGSS

IGSS [10] — система диспетчерского управления и сбора данных, использующаяся во множестве отраслей промышленности, в том числе в системах управления транспортом, в судостроении, системах управления зданиями. SCADA-система IGSS основана на архитектуре «клиент-сервер» и может масштабироваться от одного приложения для одной операторской станции с охватом до 50 объектов (до 150 тэгов), до комплексной системы, включающей 50 операторских станций и 400 тыс. объектов с резервированием серверов. Основными особенностями системы являются:

- ♦ поддержка разнообразных стандартов и интерфейсов, включая DDE, ODBC, OPC, SQL, VBA/Automation, OLE и Active X, что позволяет обмениваться данными с приложениями других разработчиков;
- ♦ наличие широкого ряда драйверов, обеспечивающих обмен данными с программируемыми логическими контроллерами (PLC) всех ведущих производителей, в том числе и для наиболее популярных: ABB, Allen-Bradley, GE Fanuc, Koyo, Mitsubishi, Omron, Saia, Schneider Electric, Modbus RTU, Modbus/TCP, Modbus/GPRS, Siemens, VIPA;
- ♦ интернет-портал Web Portal IGSS позволяет удаленно отслеживать производственный процесс и управлять им с помощью КПК, коммуникатора или мобильного телефона. Модуль WinPager предназначен для передачи критически важных предупреждающих сообщений на сотовый телефон посредством SMS;
- ♦ благодаря модулю профилактического технического обслуживания

Maintenance можно планировать и отслеживать выполнение работ по ремонтно-техническому обслуживанию;

- ♦ наличие полного набора функций SCADA: визуализация, регистрация и обработка тревог, анализ, управление, коммуникационные драйверы, база данных, регистрация и анализ исторических данных и данных реального времени, отчеты, техобслуживание, многопользовательский доступ, web-портал, многоэкранное отображение мнемосхем, резервирование серверов, обновление в реальном времени.

КРУГ-2000

SCADA КРУГ-2000 [11] — современное высоконадежное средство построения АСУ ТП в области ответственных применений. АСУ ТП, разработанные на основе SCADA КРУГ-2000, успешно эксплуатируются на множестве предприятий по переработке нефти и газа, в энергетике, химической промышленности и многих других отраслях производства. Модульный подход к построению автоматизированных систем позволяет использовать только те программные компоненты SCADA КРУГ-2000, которые необходимы для решения поставленных задач. Таким образом, пользователь оплачивает только необходимый ему сейчас функционал, а дополнительные возможности «наращиваются» в ходе дальнейшей эксплуатации.

SCADA КРУГ-2000 обеспечивает быструю и надежную работу на проектах практически любого уровня сложности. Глубина архивов ограничивается только физическим размером жестких дисков (или иных средств хранения информации). Высокопроизводительная база данных (БД) реального времени системы КРУГ-2000 отделена от баз данных для хранения архивной информации, что позволяет гарантировать необходимую скорость работы БД реального времени. Кроме того, такая архитектура в случае необходимости позволяет разделить места хранения информации. Например, БД реального времени можно расположить на скоростном RAID-массиве пятого уровня, а БД трендов, протокола событий и БД архива печатных документов — хранить на объемном RAID первого уровня.

Основными особенностями системы являются:

- ♦ программные и аппаратные средства автоматического перезапуска (для станций и контроллеров);
- ♦ «горячее» резервирование сети, серверов базы данных (серверов БД), модулей ввода/вывода, контроллеров и процессоров на 1-ом контроллере;
- ♦ N-кратное резервирование станций оператора;
- ♦ поддержка кластерной архитектуры с дублированием контроллеров;
- ♦ обеспечение безударного перехода при переходе с основного на резервный контроллер;
- ♦ разграничение доступа к функциям SCADA-системы;
- ♦ поддержка стандарта IEC 61131 на нижнем и верхнем уровнях;
- ♦ поддержка промышленных шин: Modbus, CAN, DeviceNet, CanOpen и др.;
- ♦ обмен с контроллером по высоконадежному скоростному протоколу;
- ♦ системы реального времени для IBM PC-совместимых контроллеров и контроллеров на базе архитектуры Intel Xscale — QNX, LINUX;
- ♦ сетевая загрузка ПО контроллера, online диагностика контроллера и его модулей.

SCADA S3

SCADA S3 [12] — это высокопроизводительная, простая, надежная система мониторинга, управления и сбора данных, поддерживающая операционные системы Windows, Linux, Solaris; имеет полностью интегрированную среду разработки, поддерживающую групповые операции и автоконфигурирование. Она содержит встроенные языки IEC 61131, Web HMI, OPC-сервер, средства работы с СУБД (система управления базами данных), легко интегрируется с другими SCADA-системами и MES/ERP уровнем. SCADA S3 может управлять кластером QNX контроллеров и генерирует для них код. Она поддерживает распределенное по сети единое поле саморегулирующихся переменных, минимально нагружающее каналы связи. Среда исполнения SCADA S3 содержит десятки драйверов, DDK (Driver Development Kit), лицензию QNX Runtime.

Основными особенностями SCADA S3 являются:

- ♦ сверхнадежная операционная система PV QNX в качестве целевой платформы задач управления, обеспечивающая аппаратную защиту кода и данных отдельных процессов;
- ♦ реализация программного сторожевого таймера, осуществляющего мониторинг отдельных процессов комплекса и их автоматический перезапуск в случае необходимости;
- ♦ встроенное в систему автоматическое протоколирование всех действий оператора и всех управляющих воздействий системы;
- ♦ единое поле самореплицирующихся переменных (тэгов) для гетерогенной сети рабочих станций и контроллеров, минимально нагружающее коммуникационные каналы;
- ♦ гибкость и масштабируемость. S3 подходит как для небольших одноузловых проектов, с несколькими десятками входов/выходов, так и для больших распределенных систем с тысячами параметров. S3 допускает постепенное наращивание количества переменных и узлов сети без переписывания кода. Нагрузка и функционал гибко перераспределяются горизонтально и вертикально по узлам гетерогенной сети;
- ♦ групповые операции над переменными, позволяющие автоматически создавать по шаблону и редактировать группу переменных;
- ♦ самоконфигурирующийся OPC-сервер, который автоматически ищет контроллеры и загружает из каждого список тегов.

iFix

iFIX [13] — интегрированное HMI/SCADA-решение для операционных систем семейства Windows на основе стандарта OPC и COM/DCOM-технологии, компонент семейства Intellution Dynamics. iFIX предоставляет надежный механизм SCADA, большой набор вариантов подключения, открытую архитектуру и высоко масштабируемую и распределяемую сетевую модель. Используемая в различных приложениях разных отраслей система идеально подходит как для простых приложений вроде стандартных приложений HMI, например, ручной ввод данных и про-

верка, так и для очень сложных приложений SCADA, например, группирование, фильтрация и распределенное управление сигналами тревоги.

Основными особенностями системы являются:

- ♦ распределенная архитектура «клиент-сервер»;
- ♦ собственная подключаемость и подключаемость OPC;
- ♦ широкие возможности хранения и передачи данных;
- ♦ большое количество готовых графических объектов, система управления и набор инструментов;
- ♦ объекты VisiconX;
- ♦ надежный контейнер ActiveX, основанный на технологии Secure Containment;
- ♦ разделение журналов регистрации событий на Proficy Historian для наиболее критичных данных (до 100 тэгов), и Classic Historian (без ограничения количества тэгов) для менее критичных;
- ♦ мощные интерфейсы API для доступа к данным и автоматизированной разработки;
- ♦ обработка отказов и синхронизация базы данных;
- ♦ интегрированное управление изменениями;
- ♦ электронные подписи;
- ♦ гибкое составление графиков и трендов;
- ♦ расширенное и распределенное управление сигналами тревоги и сообщениями о событиях.

У рассмотренных систем были выделены основные характеристики, на основе которых была сформирована табл. 1.

Рассмотрим некоторые характеристики подробнее.

Механизмы обмена

OPC

OPC (OLE for Process Control) — это семейство программных технологий, предоставляющих единый интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами. Представляет собой набор спецификаций стандартов. Каждый стандарт описывает набор функций определенного назначения. Суть OPC — предоставить разработчикам промышленных программ универсальный фиксированный

интерфейс обмена данными с любыми устройствами. В настоящее время существуют следующие стандарты:

- ♦ OPC DA (Data Access) — основной и наиболее востребованный стандарт. Описывает набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК, PCU, ЧМИ, ЧПУ и другими устройствами;
- ♦ OPC A&E (Alarms & Events) — предоставляет функции уведомления по требованию о различных событиях: аварийных ситуациях, действиях оператора, информационных сообщениях и др.;
- ♦ OPC Batch — предоставляет функции пошагового и рецептурного управления технологическим процессом (в соответствии со стандартом S88.01);
- ♦ OPC DX (Data eXchange) — предоставляет функции обмена данными между OPC-серверами через сеть Ethernet. Основное назначение — это создание шлюзов для обмена данными между устройствами и программами разных производителей;
- ♦ OPC HDA (Historical Data Access) — в то время как OPC Data Access предоставляет доступ к данным, изменяющимся в реальном времени, OPC Historical Data Access предоставляет доступ к уже сохраненным данным;
- ♦ OPC Security — определяет функции организации прав доступа клиентов к данным системы управления через OPC-сервер;
- ♦ OPC XML-DA (XML-Data Access) — представляет собой гибкий, управляемый правилами формат обмена данными через SOAP и HTTP;
- ♦ OPC UA (Unified Architecture) — последняя по времени выпуска спецификация, которая основана не на технологии Microsoft COM, что предоставляет кроссплатформенную совместимость [14].

DDE

DDE (Dynamic Data Exchange) — это механизм взаимодействия приложений в операционных системах Microsoft и OS/2. Разработан для усиления возможностей первоначальной системы сообщений Windows.

Протокол DDE — комплект сообщений и руководящих принципов. Он отправ-

Таблица 1. Основные характеристики рассмотренных SCADA-систем

Название	Производитель	Поддерживаемые ОС	Механизмы обмена	Драйвера	Масштабируемость	Базы данных	Применение
1	2	3	4	5	6	7	8
CitectSCADA	Schneider Electric, Австралия	Windows 9x, NT, 2000, XP, 2003, Vista, 7	OPC DA, OPC HDA, OPC AE, DDE	ABB, Allen-Bradley, GE, Hewlett Packard, Motorola, Mitsubishi, Rockwell Automation, Siemens и др.	сотни тысяч сигналов	MS SQL, ODBC	химическая, атомная, пищевая, нефтегазовая, фармацевтическая промышленность, энергетика и др.
Cimplicity	General Electric, США	Windows 2000, XP	OLE, COM, DCOM, OPC, DNA, ActiveX	Allen-Bradley, OMRON, Siemens, Honeywell, Mitsubishi, Sharp, GE Fanuc	неограниченно	MS Access, MS SQL, Oracle, ODBC	металлургия, энергетика, нефтяная, газовая промышленность и др.
Master SCADA	InSAT, Россия	Windows 2000, XP, Vista	OPC, OLE, DCOM, ActiveX, OLE DB	Adam, MFC, TCM52, Teconic, TCM410, Wincon	неограниченно	MS SQL, Oracle, InterBase, Sybase, MySQL, MS Access, ODBC	атомная, нефтяная, химическая, пищевая промышленность, машиностроение, металлургия и др.
Trace Mode	AdAstra Research Group, Ltd, Россия	Windows XP, Vista, 7	OPC	ABB, Allen-Bradley, GE, Honeywell, Koyo, Mitsubishi, Motorola, Omron, Schneider Automation, Siemens; под заказ	неограниченно	ODCB	нефтяная, газовая, атомная промышленность, энергетика, транспорт и др.
iFix	General Electric, США	Windows 2000, NT, XP, 2003 Server	OPC, OPC A&E	обширная библиотека драйверов ввода-вывода с поддержкой OPC		ODBC, MS SQL, Oracle, Sybase, Informix, DB2	металлургия, энергетика, нефтяная, газовая промышленность и др.
InTouch	Wonderware, США	Windows XP	OPC, DDE	Allen-Bradley, Bristol Babcock, GE, Mitsubishi, Motorola, OMRON, Reliance	до 1 млн вввод/вывод.	MS SQL	энергетика, нефтегазовая промышленность и др.
Simatic WinCC	Siemens, Германия	Windows 2000, 2003 Server, 2008 Server, Vista, XP, 7	OLE, OPC DA, HDA, AE, ActiveX	Allen-Bradley, Mitsubishi, Modbus, OMRON, Simatic	сотни тысяч сигналов	ODBC, MS SQL	автомобилестроение, энергоснабжение, машиностроение, металлургия, химическая, фармацевтическая, пищевая промышленность и др.
IGSS	Seven Technologies, Дания	Windows XP, Vista	OPC, OLE, VBA/ Automation, ActiveX, DDE	ABB, Allen-Bradley, GE Fanuc, Koyo, Mitsubishi, OMRON, Saia, Schneider Electric, Modbus, Siemens	до 400 000 объектов	ODBC, MS Access	нефтяная, горнодобывающая промышленность, телекоммуникации, водоснабжение, управление дорожным движением и др.

1	2	3	4	5	6	7	8
КРУГ-2000	НПФ «Круг», Россия	Windows 2000, XP	OPC DA, OPC HDA	Profibus, CanBus, МЭК 60870, Modbus	до 64 000 точек ввод/вывод.	ODBC	нефтепереработка, машиностроение, энергетика, газовая, химическая промышленность и др.
SCADA S3	RTS-Ukraine, Украина	Windows, Linux, Solaris	OPC	Advantech, Fastwel, ADAM, МИКРОЛ, ОВЕН, MODBUS; любые под заказ	неограни- ченно	ODBC, JDBC	энергетика, тран- спорт, химическая, пищевая, атомная промышленность и др.

ляет сообщения между приложениями, которые используют общие данные или общую память, чтобы известить приложение об изменении данных. Приложения могут использовать протокол DDE для однократной передачи данных и для непрерывного обмена, в котором приложения посылают друг другу сообщения, как только новые данные становятся доступны [15].

Хотя механизм DDE до сих пор поддерживается в последних версиях Windows, в основном он заменен на более мощные механизмы — OLE и COM.

OLE/ActiveX

OLE (Object Linking and Embedding) — это технология связывания и внедрения объектов в другие документы и объекты, разработанные корпорацией Microsoft. В 1996 г. Microsoft переименовала технологию в ActiveX.

OLE позволяет передавать часть работы от одной программы редактирования к другой и возвращать результаты назад. Основными преимуществами использования OLE является уменьшение размера файла и возможность создать главный файл, картотеку функций, к которой обращается программа. Этот файл может оперировать данными из исходной программы, которые после обработки возвращаются в исходный документ. OLE используется при обработке составных документов, может быть использована при передаче данных между различными несвязанными между собой системами посредством интерфейса переноса, а также при выполнении операций с буфером обмена. Идея внедрения широко используется при работе с мультимедийным содержанием на веб-страницах, где используется передача

изображения, звука, видео, анимации в страницах HTML либо других файлах, также использующих текстовую разметку (например, XML и SGML). Однако технология OLE использует архитектуру «толстого клиента», то есть сетевой персональный компьютер с избыточными вычислительными ресурсами. Это означает, что тип файла либо программа, которую пытаются внедрить, должна присутствовать на стороне клиента [16].

COM/DCOM

COM (Component Object Model) — это технологический стандарт Microsoft, который предназначен для создания программного обеспечения на основе взаимодействующих компонентов, каждый из которых может использоваться во многих программах одновременно. Стандарт воплощает в себе идеи полиморфизма и инкапсуляции объектно-ориентированного программирования. На основе COM реализованы технологии Microsoft OLE Automation, ActiveX, DCOM, COM+, DirectX, XPCOM. COM-компонент — это основное понятие, которым оперирует стандарт. Программы, построенные на стандарте COM, фактически не являются автономными программами, а представляют собой набор взаимодействующих между собой COM-компонентов. Каждый компонент имеет уникальный идентификатор (GUID) и может одновременно быть использован несколькими программами. Компонент взаимодействует с другими программами через COM-интерфейсы (наборы абстрактных функций и свойств). Каждый COM-компонент должен поддерживать стандартный интерфейс «IUnknown», который предоставляет

базовые средства для работы с компонентом [17].

DCOM (Distributed COM) представляет собой развитие стандарта COM, которое позволяет COM-компонентам взаимодействовать друг с другом по сети. Технология DCOM обеспечивает базовые установки безопасности, позволяя задавать права доступа на создание экземпляра COM-компонента и использование его методов [17].

Базы данных

MS SQL

Microsoft SQL Server — это СУБД, которая использует в основном язык запросов Transact-SQL, созданный совместно компаниями Microsoft и Sybase. Transact-SQL является реализацией стандарта ANSI/ISO [18] по структурированному языку запросов SQL с расширениями. Используется для работы с базами данных размером от персональных до крупных баз данных масштаба предприятия [19].

MS Access

MS Access — это СУБД корпорации Microsoft, которая имеет широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных. Благодаря встроенному языку VBA, в самом Access можно писать приложения, работающие с БД. MS Access — это файл-серверная СУБД; она применима только к маленьким приложениям. В ней отсутствуют ряд механизмов, необходимых в многопользовательских базах данных, таких, например, как триггеры [20, 21].

MySQL

MySQL является реляционной СУБД компании Oracle Corporation. Гибкость

СУБД MySQL обеспечивается поддержкой большого количества типов таблиц: пользователи могут выбрать как таблицы типа MyISAM, поддерживающие полнотекстовый поиск, так и таблицы InnoDB, поддерживающие транзакции на уровне отдельных записей. СУБД MySQL поставляется со специальным типом таблиц EXAMPLE, демонстрирующим принципы создания новых типов таблиц. Благодаря открытой архитектуре и GPL-лицензированию, в СУБД MySQL постоянно появляются новые типы таблиц. [22]

MySQL портирована на большое количество платформ: AIX, BSDi, FreeBSD, HP-UX, Linux, Mac OS X, NetBSD, OpenBSD, OS/2 Warp, SGI IRIX, Solaris, SunOS, SCO OpenServer, SCO UnixWare, Tru64, Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000, Windows XP, Windows Server 2003, WinCE, Windows Vista и Windows 7 [23].

MySQL является решением для малых и средних приложений.

Oracle

Oracle Database — объектно-реляционная СУБД компании Oracle Corporation, которая поддерживает платформы: Linux, Microsoft Windows, Solaris, AIX5L, HP-UX, Mac OS X. Основным отличием Oracle Database от MySQL является отсутствие ограничений в применении — от простой базы данных, обслуживающей сайт или небольшую компанию, до огромных и мощных хранилищ данных со встроенными решениями задач класса OLAP или DataMinig, хранящих любые данные. СУБД Oracle Database имеет четыре различных редакции, ориентированных на различные сценарии разработки и развертывания приложений: Standard Edition One, Standard Edition, Enterprise Edition, Personal Edition. Все редакции содержат общий набор функций для разработки приложений, в том числе объектно-реляционные возможности SQL, программные интерфейсы PL/SQL и Java, предназначенные для написания хранимых процедур и триггеров [24].

InterBase

InterBase является реляционной СУБД производства компании Borland, которая применяется для построения приложений с архитектурой клиент-сер-

вер произвольного масштаба: от сетевой среды небольшой рабочей группы с сервером на базе IBM PC до информационных систем крупного предприятия на базе серверов IBM, Hewlett-Packard и SUN. Основные достоинства InterBase — это низкие требования к системе с одновременной масштабируемостью на несколько процессоров, развитая система мониторинга, временные таблицы, встраиваемая аутентификация пользователей и журналирование. InterBase поддерживает платформы Linux, Microsoft Windows, Unix, Solaris [25].

Sybase

Sybase ASE — это реляционная система управления базами данных производства компании SAP, которая поддерживает платформы Microsoft Windows, AIX, HP-UX, Solaris, Linux. Основными особенностями Sybase ASE являются патентованные средства шифрования, технология разделения баз данных, технология обработки запросов для «интеллектуальных» транзакций и средства обеспечения постоянной готовности в кластеризованных средах [26].

ODBC

ODBC (Open Database Connectivity) — это программный интерфейс (API) доступа к базам данных, разработанный фирмой Microsoft на основе спецификаций Call Level Interface (CLI), созданной SQL Access Group, X/Open и Microsoft. Стандарт ODBC призван унифицировать программное взаимодействие с СУБД, сделать его независимым от производителя СУБД и программно-аппаратной платформы [27].

JDBC

JDBC (Java Database Connectivity) — это платформенно-независимый промышленный стандарт взаимодействия Java-приложений с различными СУБД, который реализован в виде пакета java.sql. JDBC основан на концепции так называемых драйверов, позволяющих устанавливать соединение с базой данных при помощи специально описанного URL [28].

Преимуществами JDBC являются:

- ♦ легкость разработки;
- ♦ независимость кода от используемой базы данных;

- ♦ к любой базе данных можно подключиться с помощью стандартно описываемого URL.

Выводы

- 1 Все рассмотренные SCADA-системы, кроме SCADA S3, поддерживают только операционные системы семейства Windows. В свою очередь, для АСУ ТП объекта, критичного с точки зрения безопасности, является целесообразным использование SCADA-систем, поддерживающих операционные системы с открытым исходным кодом, для обеспечения поддержки надлежащего уровня безопасности.
- 2 Для SCADA-системы как части АСУ ТП объекта, критичного с точки зрения безопасности, является целесообразным наличие драйверов для оборудования отечественного производства, а также возможность написания собственных драйверов для специфического оборудования. Отсюда следует целесообразность использования для данных объектов SCADA-систем отечественного производства.
- 3 Поддерживаемые рассмотренными SCADA-системами БД являются реляционными или объектно-реляционными и не позволяют эффективно решать задачу агрегации информации из большого количества источников данных разных типов в гетерогенных средах в реальном масштабе времени, так как приходится организовывать сложнейшую структуру индексирования и оперировать тысячами таблиц. Для повышения эффективности обработки данных является целесообразным использование объектно-ориентированных и иерархических баз данных.
- 4 Для АСУ как для объектов, характеризующихся наличием десятков тысяч измерительных устройств и исполнительных механизмов (например, в атомной и нефтегазовой отраслях), является целесообразной неограниченная масштабируемость SCADA-системы как части АСУ ТП ■

Литература

1. CitectSCADA. Архив 2004-2013. URL: http://www.rtsoft.ru/search/?q=CitectSCADA&PAGEN_1=2.

2. CitectSCADA. CitectVBA Reference Guide. Citect Pty. Limited, edition for CitectSCADA Version 6.0, 2004. URL: <http://tisa.se/downloads/files/CitectVBAReferenceGuide.pdf>.
3. CitectSCADA. Cicode Reference Guide. Citect Pty. Limited, edition for CitectSCADA Version v7.20, 2010. URL: [http://www.scada.ru/userfiles/Manuals/CitectSCADA % 207.20 % 20 Cicode % 20Reference % 20Guide.pdf](http://www.scada.ru/userfiles/Manuals/CitectSCADA%207.20%20Cicode%20Reference%20Guide.pdf).
4. SCADA система MasterSCADA. Официальный сайт. URL: <http://www.masterscada.ru>.
5. Proficy HMI/SCADA – CIMPLICITY. GE Fanuc Automation. URL: [http://www.technolink.net.ua/docs/Proficy % 20HMI % 20SCADA % 20 CIMPLICITY % 20CS % 20RU.pdf](http://www.technolink.net.ua/docs/Proficy%20HMI%20SCADA%20CIMPLICITY%20CS%20RU.pdf).
6. TRACE MODE®. Официальный сайт. URL: <http://www.adastra.ru>.
7. PLCopen Введение в языки станда-ма МЭК 61131-3. Introduction into IEC 61131-3 Programming Languages. PLCopen. URL: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3.
8. ИнТач. Официальный сайт ИнТач 2005-2014. URL: <http://www.intouch.ru>.
9. SIMATIC WinCC. Официальный сайт Siemens AG 1996-2014. URL: <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/Pages/Default.aspx>.
10. IGSS. Официальный сайт, 2013. URL: <http://www.igseis.com/ru/home>.
11. SCADA КРУГ-2000. Официальный сайт НПФ «КРУГ» 2002-2014. URL: <http://www.krug2000.ru/about.html>.
12. SCADA S3. Сайт asu-tp.org. URL: <http://www.asu-tp.org>.
13. iFIX. Сайт GE Intelligent Platforms, 2014. URL: <http://www.ge-ip.com>.
14. Козак Н.В. Конспект лекции гисци-плины «Графические системы и ин-терфейс оператора». – М.: МГТУ СТАНКИН, 2008.
15. Каев Артем. Что такое DDE / MSDN rus / Visual C++. Netcode. URL: <http://netcode.ru/cpp/?click=r.php-146.htm>.
16. OLE (Object Linking and Embedding). Базы данных Access, 2011. URL: http://access.avorut.ru/publ/bazy_dannykh_osnovnye_ponjatija/o/ole_object_linking_and_embedding/16-1-0-4.
17. Основные понятия технологии COM. uCoz. URL: <http://osi-2011.narod.ru/index/0-18>.
18. ANSI/ISO Standard C. URL: <http://c-faq.com/ansi>.
19. Microsoft SQL Server. Информа-ционные технологии, СУБД, 2012. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт: Microsoft_SQL_Server.
20. Л.Новикова. Современные СУБД и статистические пакеты, ре-комендуемые для работы с гене-тическими ресурсами растений. – С-Пб: ВИР им. Н.И. Вавилова, 2013. URL: <http://www.myshared.ru/slide/335272>.
21. Разработка базы данных «уча-щиеся». – Якутск, 2011. URL: <http://znaniena5.ru/section22/razrabotka-baza-dannyh-uchashhiesya-638/3606-1.html>.
22. О программе MySQL. URL: <http://mysql-community-server.softsalad.ru>.
23. MySQL, официальный сайт. URL: <http://www.mysql.com>.
24. Преимущества СУБД Oracle. OLAP. ru, Business intelligence – effective data mining & analysis, 2013. URL: <http://www.olap.ru/home.asp?artId=1943>.
25. 32 урока по Delphi. Урок 25: Уму-литы для Local InterBase. Hardline. ru. URL: <http://www.hardline.ru/1/4/432/794-25.html>.
26. Adaptive Server Enterprise. Sybase CIS, 2013. URL: <http://www.sybase.ru/products/ase>.
27. ODBC (Open Database Connectivity). Базы данных Access, 2011. URL: http://access.avorut.ru/publ/bazy_dannykh_osnovnye_ponjatija/o/odbc_open_database_connectivity/16-1-0-3.
28. Java Database Connectivity. Банки данных Интернет Internet-Datenbanken. URL: <http://bourabai.ru/dbt/JDBC.htm>.