

## Применение SCADA-систем для проектирования управления поточными производствами

© 2009 Д.А. Прокофьев

Всероссийский НИИ проблем вычислительной техники и информатизации

В статье предлагается методика применения идеи иерархической декомпозиции функций к процессу проектирования структурных решений для АСУ ТП с использованием средства SCADA-системы.

*Ключевые слова:* событийное моделирование, теория автоматов, потоковая технология, графы, иерархические структуры, технологические процессы, модель агрегата, модель потока и модель структуры производства, технологическая сеть.

**Особенности производств с поточной технологией.** Производственные системы со сложными технологическими процессами включают сотни единиц управляемых исполнительных механизмов и конструируются как параллельно протекающие потоки различных материалов на одном и том же оборудовании. Как правило, каждому определенному технологическому переделу соответствует свой поток, а их совокупность и является технологической деятельностью. Потоки в ходе производства формируются, выполняют заданную производственную задачу, останавливаются, разбираются и т.п. Потоки, соответствующие переделам, и являются технологическими процессами (ТП). Поэтому оправданно производства такого типа назвать *производствами с поточной технологией*.

Цель управления объектом с поточной технологией - организация структуры и поддержание требуемых параметров различного рода потоков. Эти цели достигаются в числе других и путем решения двух групп задач управления:

- а) регулирование параметров потока в заданном режиме (управление функционированием);
- б) формирование, мониторинг, реконфигурация и гашение (разборка) структур потоков.

Задача “а” решается, как правило, с использованием системы автоматики (СА), включающей регуляторы, блокировки, программные автоматы. При этом в основном применяется автоматическое управление с обратной связью по отклонению либо функционалу от него. Задача “б”, по сути, заключается в настройке оборудования и решается оператором средствами дистанционного управления.

Отметим ряд структурных особенностей поточных производств, влияющих на выбор методов и средств управления ими.

*Первая особенность* - “блочность” компоненты, суть которой состоит в том, что структура потоков формируется из типовых блоков - установок.

*Вторая особенность* системы поточного производства - значительные единичные мощности всей системы и основных агрегатов технологической схемы. Например, на таком сложном объекте, как производство по утилизации химического оружия, необходимо обрабатывать информацию от более чем 10 тыс. аналоговых и дискретных сигналов в реальном времени. Вследствие этого усложняется “обвязка” основных установок вспомогательным технологическим оборудованием, что еще больше усложняет объект и приводит к значительному росту сложности его дискретной составляющей. Высокие единичные мощности установок приводят к значительным потерям при неэкономичном режиме их работы, простоях при профилактике, ремонте и авариях.

Широкое использование в структуре стандартных “малых” (базовых) конфигураций является *третьей особенностью* поточной системы как объекта автоматизации.

Функционирование поточного производства заключается в активизации технологически востребованных конфигураций с заданными параметрами потоков в них. Конфигурации достаточно сложны, но формируются из заранее определенных частей, каждая из которых осуществляет некое преобразование материального потока и соответствует переделу.

К функциональным особенностям поточных производств следует отнести:

- рассредоточение операций преобразования материала в потоке и совмещение их с его транспортом (перемещением). Это значительно усложняет управление процессами;
- многорежимность функционирования. Эта особенность проявляется как на уровне установок, так и на уровне технологических цепочек - типовых конфигураций. Перечислим типичные режимы: пуск, работа на номинальных (нормальных) уровнях производительности, маневрирование, работа в условиях предаварийных и ава-

рийных состояний отдельных технологических установок и комплексов, вывод в безопасное состояние объекта при возникновении аварий, остановки системы в целом или отдельных ее технологических комплексов. Формирование режима, как правило, сопряжено с многократным изменением как структуры потоков, так и их параметров (физического состояния материалов в потоке). Значителен диапазон времени формирования и “жизни” отдельных режимов. Так, например, пуск установки может длиться несколько часов, в то время как ввод системы обхода потока при загазованности на площадочном объекте или пуск резервного насосного агрегата происходит в несколько минут;

- критичность к нарушениям баланса в соотношении параметров в статике и в той или иной степени в динамике в технологических цепочках установок от источника потока (насос, компрессор) до выходных установок (магистралей). Эта особенность накладывает жесткие требования к системе мониторинга параметров, сигнализации и интерфейсу системы управления с оперативным персоналом: строгая скоординированность функционирования агрегатов в установках и режимов работы в рамках площадки; значительные объемы экономических потерь от функционирования оборудования в аварийных состояниях и от простоев.

вить в виде диаграммы (см. рисунок)<sup>1</sup>. На нижнем уровне находятся семейства контроллеров, объединенных в локальные сети с автоматизированными рабочими местами (АРМ) операторов. Они управляют устройствами ввода/вывода информации с датчиков (I/O) и реализуют функции индивидуального управления (аварийных и технологических защит, сигнализации, управления и команд на привод и т.п.). На среднем уровне находятся рабочие места профильных специалистов под управлением интеллектуальных инструментов - SCADA-систем. Наконец, на верхнем уровне расположены серверы баз данных и рабочие места руководящего персонала. Все АСУ, построенные на основе известных SCADA-систем, вписываются в данную схему для систем промышленной автоматизации.

Представление АСУ данной диаграммой показывает широкие потенциальные возможности интегрированной системы, начиная от локальных средств (I/O - нижний уровень) и заканчивая АРМами и серверами в качестве средств реализации SCADA-системы и связи с другими системами.

Несмотря на давнюю историю разработки систем автоматизации управления оборудованием и технологическими процессами, в практике создания систем автоматизации (в том числе и АСУ ТП) сложилась парадоксальная ситуация.

Общая  
база данных

Управление  
процессами

Локальное  
управление

Индивидуальное  
управление

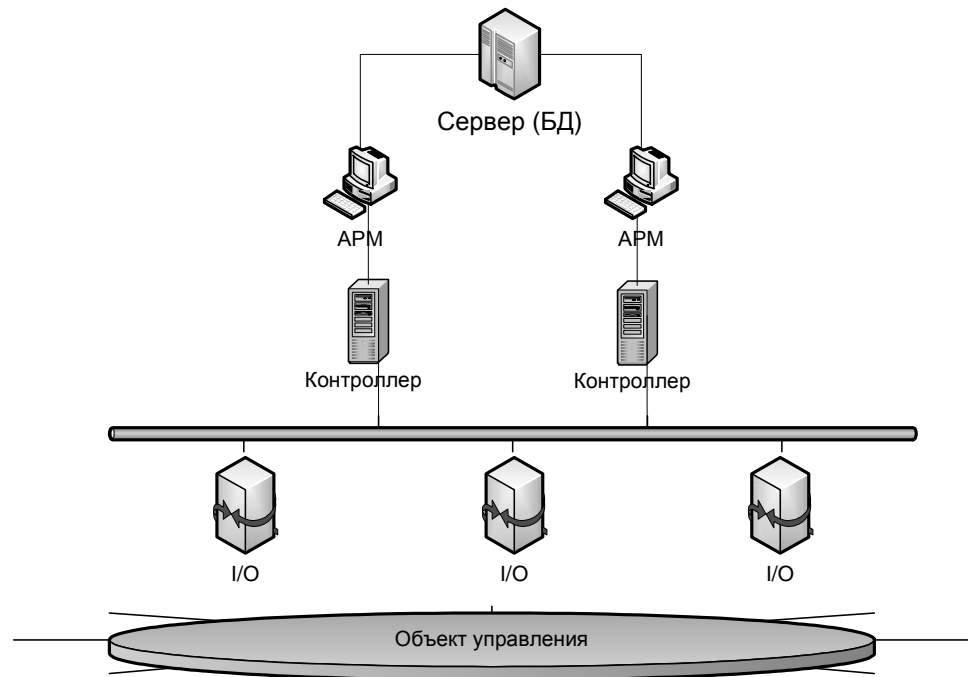


Рис. Общая структура АСУ предприятия

**Общие принципы проектирования АСУ ТП.**  
Традиционную структуру управления технологическим процессом можно схематично предста-

<sup>1</sup> Анализ состояния и предложения по повышению уровня автоматизации энергетических объектов / И.В. Прангишвили [и др.] // Проблемы управления. 2003. № 2.

С одной стороны, имеются ГОСТы, в которых определены:

- автоматизированная система (АС) как совокупность обеспечений (технического, информационного, математического, программного, организационного и т. д.);
- стадии создания АС (от постановки задачи создания АС до ее утилизации);
- состав документов, выпускаемых на каждой стадии.

С другой стороны, канонической, общепризнанной процедуры (методики) разработки структурных решений, определяющих облик и существо АСУ, на сегодня нет. Вместе с тем известно, что эффективность управления, надежность, стоимость, затраты на техническое обслуживание определяются совершенством функциональной структуры (ФС) АСУ. Структуризация систем проводится по виду элементов, составляющих структуру системы. ФС отражает взаимосвязь входной информации, задач обработки информации и выходной информации, поступающей на исполнительные органы и во внешнюю среду. Алгоритмическая структура (АС) отражает реализацию задач обработки информации и управления. Структура программного обеспечения (СПО) показывает взаимосвязь функциональных программ, реализующих АС системы, сервисных и общесистемных программ. Организационная структура (ОС) отражает состав подразделений, взаимодействующих с АСУ, и необходимый перечень действий каждого специалиста. Техническая структура (ТС) отражает всю совокупность технических средств, реализующих алгоритмическую, программную и организационную структуры, и дисциплин взаимодействия этих средств.

Основной методологический прием разработки современных традиционных АСУ - это последовательное формирование структурных решений:  $ФС \rightarrow ТС \rightarrow АС \rightarrow СПО \rightarrow ОС$ , а затем разработка на этой основе всякого рода обеспечений (информационное, программное, техническое и т.д.). Как видно, определяющим звеном в данной цепочке служит функциональная структура. Однако, как эта структура появляется в процессе проектирования и как далее из нее следуют все остальные структуры, остается за рамками ГОСТов и известных методических материалов. В практике системных разработчиков ПО часто используются термины: нисходящее проектирование, восходящее проектирование, проектирование из середины, но имеющиеся весьма расплывчатые рекомендации в основном применимы либо к структуре данных, либо к структуре ПО. В настоящей методике предлагается применить идеи иерархической декомпо-

зиции функций к процессу проектирования структурных решений для АСУ ТП. На каждом шаге принятия решений предполагается в качестве инструмента документирования этих решений использовать средства SCADA-системы.

Основная идея иерархической декомпозиции состоит:

- в декомпозиции целей функционирования технологического объекта управления (ТОУ) на структуру из задач-компонент (части) одного уровня, соответствующих компонентам объекта и в совокупности реализующих исходные цели (разбиение по горизонтали);
- иерархической декомпозиции задач очередного уровня на подцели следующего уровня, до тех пор пока реализация образовавшейся компоненты не станет очевидной.

Данная процедура носит итерационно повторяющийся характер, и ее удобно представлять в виде дерева, узлы одного уровня в котором соответствуют горизонтальной декомпозиции выше расположенных задач.

**Общие принципы работы с ClearSCADA.** ClearSCADA (CS), разработанная в Control Microsystems, принадлежит к новому поколению SCADA-систем<sup>2</sup>. Это мощный инструмент, предназначенный для проектирования АСУ ТП и вспомогательных служб на производстве. CS имеет клиент-серверную архитектуру и обладает:

- рабочей конфигурацией, включающей меню-мосхемы (графическое представление), тренды, коммуникационные цели, точки, расписания, отчеты и т.д.;
- встроенным, полностью функциональным архивом;
- поддержкой OPC и ODBC как на стороне клиента, так и сервера;
- web-сервером и функциями интеграции с IT;
- списками, построенными на основе запросов к базе данных;
- поддержкой языков проектирования по стандарту IEC 6-1131.

Кроме того, на всех стадиях проектирования в CS поддерживаются принципы объектно-ориентированного проектирования (ООП). Все сущности проекта системы управления представляются в виде объектов с набором свойств и методов, доступ к которым осуществляется согласно правам пользователей. Объектно-ориентированная архитектура позволяет легко моделировать реальные объекты в терминах, понятных как заказчику, так и разработчику.

<sup>2</sup> Программное обеспечение для SCADA-систем ClearSCADA 2007. Сайт компании "ПЛК системы". URL: [http://www.plcsystems.ru/catalog/SCADAPack/section.php?SECTION\\_ID=179](http://www.plcsystems.ru/catalog/SCADAPack/section.php?SECTION_ID=179).

Возможность совместной работы над одним объектом позволяет разделять обязанности проектировщиков. Клиент-серверная архитектура дает возможность вносить изменения и отлаживать проект удаленно. Мощные механизмы работы с применением графики с поддержкой динамического масштабирования и слоев позволяют рисовать сложные и при этом интуитивно понятные интерфейсы оператора.

Оператор может управлять ходом ТП посредством любого доступного интерфейса. В качестве базовых используются ViewX и WebX. Все действия пользователя регистрируются, что позволяет анализировать их в той или иной ситуации. Все критические события квитируются оператором. Если оператор по какой-то причине не находится на рабочем месте, система в автоматическом режиме перенаправит тревогу на E-mail или телефон.

Исторические данные по процессам сохраняются в соответствии с пользовательскими настройками точек съема. Для каждой переменной можно задать интервал сохранения данных и методы (по изменению, адаптивный, непосредственное сохранение "сырых" данных), чувствительность (например, сохранять данные при изменении в процентном отношении и т.д.). В CS встроены механизмы, позволяющие формировать отчеты в табличном виде (так называемые листы) и в виде графиков. CS поддерживает стандартный механизм аутентификации пользователей и систему безопасности аналогичной Windows. Настройки безопасности определяются на уровне ресурсов и групп. Существует специальный встроенный инструмент прогнозирования, который позволяет строить прогноз значения технологических параметров на заданный интервал времени вперед на основе исторических данных, хранящихся в БД, или по заданной функции. Возможно отображение этих данных в виде тренда и наложение на реальные данные для прогноза и анализа ситуации.

ClearSCADA - открытая система. Несмотря на то, что она не позволяет использовать внешние СУБД в качестве системной БД, она предоставляет полный доступ к своей БД посредством ODBC-драйвера и OPC-протокола. Имеется возможность использовать внешние СУБД как источники данных.

Все события в CS, включая тревоги, фиксируются и доступны для последующего просмотра в списке событий. События фиксируются при появлении в системе. В дальнейшем они используются для информирования пользователя или для автоматической обработки, например, тревог. Параметры в CS могут быть сконфигурированы по верхним и нижним пределам значений,

при выходе за которые активизируется соответствующая тревога.

**Использование CS в проектировании.** CS может использоваться на всех фазах жизненного цикла создания АСУ ТП, т.е. на этапах разработки, реализации, эксплуатации и модернизации проекта. Соответственно, и пользователей инструмента можно разделить на заказчиков, разработчиков и оперативно-системный персонал. Далее, главным образом, внимание будет уделено задачам разработчиков-проектантов, которые:

- занимаются сбором данных для реализации проекта АСУ ТП;
- создают БД точек ввода-вывода;
- создают инструменты отображения и отчеты (НМИ);
- выбирают математический аппарат и создают модели для объектов производства (если их требует заказчик);
- программируют функциональность уровня оперативного управления АСУ ТП;
- выполняют шеф-монтаж, наладку, пуск и ввод в эксплуатацию;
- осуществляют доработки и сопровождение по требованию заказчика.

Применение SCADA-систем позволяет автоматизировать большинство этапов проектирования и даже на стадии обследования объекта - формализовать и структурировать знания о его структуре и функционировании. Кроме того, такой автоматизированный подход дает возможность осуществлять оперативную корректировку управляющих алгоритмов и моделей в связи с устареванием (как физическим, так и моральным) оборудования и совершенствованием технологических процессов на производстве. Часто бывает необходима частичная или даже полная переработка проекта, что без инструментальных средств SCADA-системы потребовало бы существенного увеличения затрат и сроков исполнения.

С помощью CS проектировщик может автоматизировать и документировать все основные этапы работы по созданию АСУ, начиная от формулирования требований к будущей системе управления в виде формализованных таблиц данных и заканчивая описанием регламента работ всего технологического производства. Это не значит, что на всех этапах проектирования будут автоматически генерироваться соответствующие данные, но благодаря поддерживаемой CS сквозной базе данных даже для ручных этапов становятся возможными согласование и увязка множества параметров управления.

Таким образом, CS одновременно является мощным инструментом как для проектирования АСУ различного уровня, так и для непосредственного управления ими в рамках предприятия.