



ОБЪКТНАЯ СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С АТРИБУТИВНЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ АСУТП

В.В. Цветков (Группа компаний "СМС-Автоматизация")

Рассматривается проблематика создания информационной модели АСУТП для крупных промышленных объектов. Показаны очевидные минусы использования отдельных решений на базе объектно-ориентированных моделей. В качестве решения предлагается семантическая модель данных, сочетающая объектно-ориентированный подход для описания элементов точек данных (тегов) информационной составляющей базы данных проекта АСУТП с атрибутивным представлением этих точек, обеспечивающих простоту обработки и наглядность при дальнейшем использовании модели.

Ключевые слова: автоматизация технологических процессов, SCADA, семантические модели, объектно-ориентированный, атрибутивный.

Введение

В контексте современных требований к АСУТП информационная (семантическая) модель играет ключевую роль в обеспечении наблюдаемости и управляемости объекта автоматизации. Она представляет собой описание данных о технологических объектах, процессах и их взаимосвязях, обеспечивая основу для разработки эффективных алгоритмов управления и мониторинга. Одним из важнейших аспектов создания информационных моделей является учет объектов, которые могут варьироваться в зависимости от специфики производственного процесса или особенностей оборудования на предприятии.

Проблематика описания объектов заключается в необходимости учета их разнообразия без утраты целостности и согласованности общей структуры модели. Это особенно актуально в условиях крупных промышленных предприятий, где число однотипного оборудования может исчисляться десятками или даже сотнями единиц. Вариативность таких объектов может проявляться в различиях технических характеристик, режимов работы, местоположения в производственной цепочке и других аспектах. Эффективная модель должна учитывать эти

различия, но при этом оставаться универсальной и масштабируемой, чтобы обеспечить возможность интеграции новых объектов без существенной переработки всей системы.

В данной статье рассматривается методология представления однотипных объектов в информационной модели АСУТП, которая позволит минимизировать избыточность данных и повысить гибкость системы при адаптации к изменениям в производственных процессах. В частности, рассматриваются подходы к унификации описания объектов с учетом их индивидуальных особенностей, а также методы интеграции этих описаний в общую структуру информационной модели.

Проблемы описания информационной модели

При рассмотрении эволюции программных средств человеко-машинного интерфейса прослеживается переход от небольших программ для связи с определенными контроллерами к выпуску систем диспетчерского управления и сбора данных SCADA с готовыми интерфейсами (драйверами) к контроллерам различных производителей [1], а также расширение используемой технической

платформы от однопользовательских систем к распределенным решениям, что позволяет получить не многообразие несвязанных частно-фирменных программных продуктов для автоматизации отдельных установок, а единый уровень комплексной АСУТП всего производства.

Разработка больших иерархических систем, трудоемкость создания которых может составлять десятки человеко-месяцев, должна быть стандартизирована, в том числе при подготовке программного обеспечения. Это позволяет использовать массовое параметрирование при разработке проекта, что значительно упрощает и ускоряет процесс настройки и обновления системы, исключает человеческие ошибки в ходе реализации всех стадий проекта, позволяет повысить эффективность, снизить стоимость и обеспечить безопасность производства [2]. При этом даже при наличии определенных нормативных документов (ГОСТ), задающих требования к различным аспектам информационных систем, АСУТП требуют специализированной стандартизации. Одной из основных областей, требующей стандартизации, является информационная модель данных.

Информационная (семантическая) модель является ключевым элементом в структуре любой АСУТП, так как она обеспечивает целостное представление всех аспектов системы, включая данные, процессы и их взаимосвязи. Эффективность работы АСУТП напрямую зависит от точности и полноты информационной модели, которая должна учитывать особенности каждого элемента технологического процесса, обеспечивая возможность наблюдения и управления ими.

Одним из основных вызовов при создании информационной модели является необходимость учета вариативности объектов, таких как задвижки, насосы, клапаны и другие элементы (устройства) технологического оборудования. На любом промышленном предприятии существует большое число однотипных устройств, каждое из которых обладает уникальными характеристиками, параметрами и режимами работы. Эти различия могут существенно усложнить задачу построения универсальной семантической модели, способной охватывать весь спектр возможных вариантов. Например, даже такие простые устройства, как задвижки, могут различаться по типу привода (электрический, пневматический, гидравлический), диаметру прохода, материалу изготовления, условиям эксплуатации и другим параметрам. Создание отдельной модели для каждой конкретной задвижки было бы неэффективным и трудозатратным решением, особенно учитывая масштабы современных промышленных производств.

Кроме того, динамические изменения состояния этих элементов, такие как состояние ремонта или обслуживания, также требуют учета в рамках общей информационной модели. Это добавляет еще одно измерение сложности, требующее гибкого подхода к моделированию.

Проблема вариативности и необходимости учета множества параметров требует разработки специализированного подхода к созданию информационных моделей, который позволит объединить описание разнородных объектов в единую систему управления.

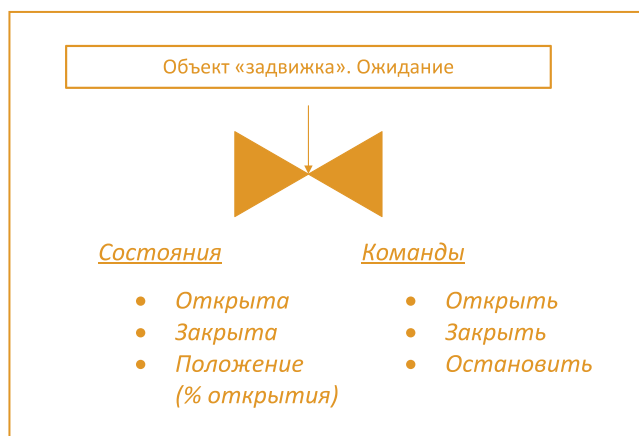


Рис. 1. Объект "Задвижка". Ожидание

При первом взгляде на задачу можно не до конца оценить ее сложность. Казалось бы, современные SCADA поддерживают объектно-ориентированный подход к описанию устройств, а сами устройства можно универсально «закодировать» через распространенные системы классификации и кодирования (например, KKS). Но, как всегда, дьявол в деталях.

На презентациях различных SCADA всегда рассказывается про возможности их объектно-ориентированных моделей. И даже приводятся примеры их описания (рис. 1). В отдельных работах даже говорится о том, что на практике в структуре объектов, описывающих определенное устройство, объединяются примерно 4...30 переменных [3].

Таким образом действительно можно описать устройство. Но только в случае, если оно максимально типовое для предприятия. Либо это автоматизируемый на предприятии крупный объект (например, гидроагрегат на ГЭС), работы по которому выполняются определенным системным интегратором, который будет заинтересован в подборе максимально идентичного оборудования в рамках построения своей АСУТП.

По факту же в рамках крупных промышленных предприятий, зачастую, имеем различные технологические устройства, каждое со своим набором параметров (рис. 2). Например, вместо сигналов для задвижки «Открыта»/«Закрыта» и «Открывается»/«Закрывается» могут быть сигналы вида «КВО»/«КВЗ» и «МПО»/«МПЗ» и т.д. В итоге число параметров для описания «универсальной» задвижки составляет более 100 сигналов. При этом универсальность в описании добавляет другие проблемы – SCADA-система работает с громоздкими типами данных устройств/объектов, у которых реально используются менее трети элементов информационной структуры. Второй вариант – описать несколько типов задвижек. Но в этом случае получаем некий набор («зоопарк») из типов данных, которые следует еще сопровождать на протяжении всего жизненного цикла системы автоматизации.

Таким образом, проблема вариативности и необходимости учета множества параметров требует разработки специализированного подхода к созданию информационных моделей, который позволит объединить



Рис. 2. Возможные атрибуты для различных задвижек

разнородные объекты в единую АСУТП производства, при этом сохраняя систему масштабируемой, обеспечивая, тем самым, возможность легкой интеграции новых объектов.

Отметим существование стандартных средств кодирования информации, например, системы кодирования Kraftwerk Kennzeichen System (KKS), широко применяемой в энергетике. Однако она обладает рядом недостатков, которые делают её менее привлекательной для использования в современной информационной модели комплексных АСУТП предприятия.

- Кодировка в KKS характеризуется значительной длиной и сложностью, что затрудняет восприятие и запоминание. Множество различных правил и исключений требует тщательного изучения и соблюдения, что увеличивает вероятность ошибок.

- Для корректного распознавания и интерпретации кода требуются сложные программные инструменты и скрипты, что усложняет интеграцию ее в АСУТП.

- Проектировщики вынуждены детально изучать существующие проекты, чтобы избежать повторения кодов, что существенно замедляет процесс разработки и внедрения новой системы/подсистемы (например, локальной САУ).

- KKS не предоставляет удобных механизмов для группировки оборудования по принадлежности к определённым системам, что усложняет создание отчётов и аналитику в рамках единой базы данных.

Для каждого нового объекта необходимо разрабатывать и утверждать собственный регламент кодирования KKS, что дополнительно увеличивает затраты времени и ресурсов. Без чёткого регламента существует риск возникновения хаоса в системе кодировки.

Таким образом, KKS, как и ряд других систем кодирования, не всегда соответствует требованиям гибкости и эффективности, предъявляемым к современным

информационным моделям комплексных АСУТП. Поэтому в рамках рассматриваемой модели принято решение отказаться от использования стандартных систем кодирования в пользу более универсальных и удобных подходов к кодированию и управлению данными.

Для решения указанных проблем предложена семантическая модель данных, которая объединяет преимущества объектно-ориентированного подхода с атрибутивным представлением информации.

Объектная модель с атрибутивным представлением

Объектные модели с атрибутивным представлением не являются принципиально новым решением. Этот подход уже применялся ранее в различных системах. Однако

адаптация этого подхода под нужды современных комплексных АСУТП крупных предприятий представляет собой важный шаг вперед с точки зрения повышения эффективности разработки АСУТП за счет улучшения читаемости кода, ускорения процессов тестирования и отладки, а также облегчения интеграции новых компонентов и изменений в существующую систему.

Предложенная объектная модель с атрибутивным представлением основана на использовании атрибутов для описания состояний автоматизируемых устройств/объектов. Каждое устройство (например, та же задвижка) представляет собой структуру, содержащую все необходимые поля. Однако вместо создания отдельных структур для каждого типа устройств предлагается использовать атрибуты для описания их состояний. Это позволяет создать более гибкую и масштабируемую информационную модель, которая может адаптироваться к различным вариантам описываемых объектов. Кроме того, использование атрибутивного представления упрощает процесс изменения модели при добавлении новых типов или изменении существующих.

Важным преимуществом объектной модели с атрибутивным представлением является возможность формирования имен тегов в стандартизированном формате. Этот формат обеспечивает четкую структуру именования, облегчая идентификацию и управление объектами в системе.

В предлагаемой модели имя точки данных (тега) строится по следующей схеме:

$$Name = \{Fn, [Sn], On, IDn, En, [An]\},$$

где

- *Fn* — наименование объекта первого уровня. Название локальной САУ, интегрируемой в верхний уровень АСУТП (САУ ОРУ) или название отдельного

Нет науки для науки, нет искусства, - все они существуют для общества, для облагораживания, для возвышения человека, для обогащения знаниями и материальными удобствами жизни.

Н.А. Некрасов

географического объекта (ГЭС/НПС), интегрируемых в единый верхний уровень;

- *Sn* – наименование объекта (объектов) следующего уровня либо дополнительная информация. Например, название подсистемы или ПТК в рамках системы автоматизации (МНУ в составе САУ ГА) или системы в рамках станции, интегрируемой в единый верхний уровень сети предприятий (САУ ГА отдельной ГЭС в составе единого центра управления каскадом). Может не анализироваться скриптами (кодом разработчиков) и использоваться только для представления информации;

- *On* – имя объекта/устройства (задвижка, насос, высоковольтный выключатель и т.д.). Желательно совпадение имени объекта с именем используемого в проекте типа данных. В этом случае легко подготовить ассоциативные массивы, позволяющие легко переходить к окончательной структуре описываемого объекта исходя из имени точки данных;

- *IDn* – идентификатор объекта/устройства (например, описание устройства «Задвижка 23» примет вид: *On – ZDV, IDn – 23*);

- *En* – имя элемента объекта/устройства (состояние задвижки – открыта/закрыта, состояние насоса – включен/отключен и т.д.);

- *An* – имя параметра-атрибута (либо группы параметров).

Раскроем описание атрибутов. Каждая точка данных (тег) представляет собой сложную структуру (объект), включающую множество параметров, необходимых для полноценного управления и анализа технологического процесса.

- Текущее значение с полевого уровня. Это основной параметр, который отражает реальное состояние контролируемого параметра в текущий момент времени. Оно поступает непосредственно с датчика или другого источника данных и является исходной информацией для дальнейшей обработки.

- Преобразованное значение. В некоторых случаях требуется выполнение определенных математических операций над текущими данными перед их использованием в системе управления. Примером может служить инверсия значения для дискретного сигнала, когда логическое состояние «0» интерпретируется как «включено», а «1» – как «выключено». Преобразованные данные позволяют адаптировать информацию под конкретные требования системы.

- Алармы. Этот параметр содержит информацию о состоянии аварийных сигналов, связанных с данным объектом. Он может включать в себя как статусы текущих

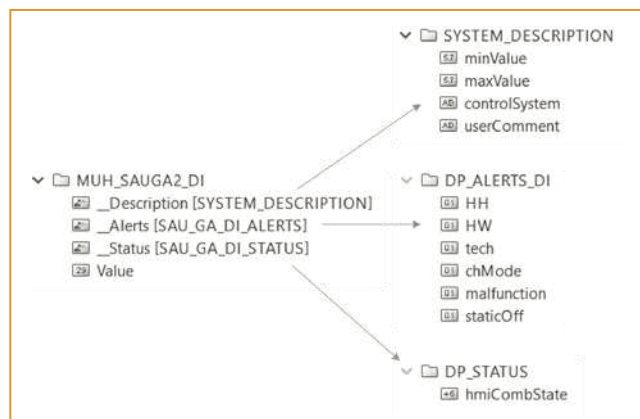


Рис. 3. Пример описания модели в SCADA-системе

аварий, так и историю предыдущих событий. Эти данные критичны для оперативного реагирования на нештатные ситуации и предотвращения возможных сбоев в работе системы.

- Дополнительные поля. Здесь могут храниться различные вспомогательные данные, которые помогают лучше понять контекст использования объекта. Например, информация о том, выведен ли данный объект в ремонт, позволяет исключить его из активного контроля до завершения ремонтных работ. Также сюда могут входить временные метки, комментарии операторов и другие важные сведения.

На рис. 3 представлено описание полевого сигнала с использованием атрибутов в SCADA-системе WinCC OA. Отметим, что предлагаемая семантическая модель универсальна и не завязана на SCADA отдельного производителя. Главное – поддержка работы со структурами на уровне SCADA.

Примеры формирования имен точек данных (тегов) с использованием указанной модели.

- *GES3_KRU_TSN_1_cartWork.Alerts.tech* – гидроэлектростанция №3, комплектное распределительное устройство, трансформатор собственных нужд – тележка в рабочем положении. Технологическое сообщение.

- *ASTUE_TN1_SATEC_11_Ua.Value* – АСТУЭ, измеритель SATEC №11 на трансформаторе напряжения ТН-1, напряжение фазы А, значение.

- *SAUGA_GA_3_RegimGA.Value* – САУ ГА-3. Режим ГА. Отсутствует описание наименования объекта дополнительного уровня.

Представленный подход описания модели данных имеет несколько ключевых преимуществ.

- Прозрачность структуры. Формат имени тега позволяет сразу определить принадлежность объекта к определенной станции, тип данных, к которому он относится, а также конкретный элемент этого объекта. Например, тег *Station_SAU_ZDV_2M-1_Pin.Value* четко указывает, что речь идет о значении давления на входе задвижки ZDV №2M-1 системы SAU на станции Station.

- Упрощенная фильтрация и поиск. Благодаря строгому формату имен тегов становится проще осуществлять фильтрацию и поиск нужных данных в больших объемах информации. Например, можно быстро найти все теги,

относящиеся к одной станции или одному типу данных, используя простые регулярные выражения или SQL-запросы.

- Масштабируемость. Такой формат позволяет легко добавлять новые объекты и элементы в систему без нарушения существующей структуры. Это делает информационную модель гибкой и адаптивной к изменениям в производственном процессе.

- Обеспечение консистентности. Стандартизация формата именования помогает избежать ошибок и дублирования данных, так как каждый новый объект автоматически получает уникальное имя в соответствии с заданными правилами.

Комплексное представление точки данных обеспечивает полную картину состояния объекта и позволяет эффективно управлять процессом, оперативно реагировать на изменения и предотвращать возможные проблемы.

Таким образом, объектная модель с атрибутивным представлением – эффективное решение для описания информационной модели в АСУТП. Она обеспечивает наблюдаемость и управляемость системы, упрощает процесс принятия решений и позволяет адаптировать модель к различным вариантам однотипных объектов.

Использование объектной модели с атрибутивным представлением имеет ряд преимуществ.

- Гибкость и масштабируемость. Модель позволяет адаптироваться к различным вариантам однотипных объектов, что делает её гибкой и масштабируемой.

- Простота изменения. Добавление новых типов задвижек или изменение существующих не требует значительных усилий.

- Упрощение работы. Формат имён тегов упрощает работу с моделью и повышает её эффективность.

Эти преимущества делают объектную модель с атрибутивным представлением эффективным решением для описания информационных моделей в АСУТП.

Заключение

Предложенная объектная модель с атрибутивным представлением позволяет эффективно описывать информационную модель в АСУТП. Благодаря использованию атрибутов для описания состояний объектов она обеспечивает гибкость и масштабируемость, что позволяет ей адаптироваться к различным вариантам однотипных объектов (устройств). Такой подход способствует повышению эффективности управления технологическими процессами и обеспечению их надёжности.

Предложенная модель апробирована на нескольких предприятиях тепло- и гидроэнергетики, включая комплексные АСУТП крупных ГЭС (РФ). Также модель использована для построения Единого центра управления (ЕЦУ) каскадом нескольких ГЭС на одном из кавказских филиалов ПАО «РусГидро». В ходе построения ЕЦУ в 2017 г. были объединены в единую структуру семь гидроэлектростанций, включая малые ГЭС. Через два года были выполнены работы по автоматизации новой ГЭС, данные которой также легко интегрировались в ЕЦУ благодаря гибкости представленной модели. Таким образом, можно говорить не только об использовании модели для описания комплексной АСУТП отдельного предприятия, но как об общем решении для нескольких промышленных объектов.

Список литературы

1. Ицкович Э.Л. Эволюция средств и систем автоматизации технологических процессов // Автоматизация в промышленности. 2009. № 8 – С. 3 – 10.
2. Цветков В.В. Применение массового инжиниринга для реализации проектов диспетчеризации трубопроводного транспорта // Автоматизация в промышленности. 2024. №7 – С. 33 – 37.
3. Соловьёв С.Ю. Инжиниринг проектов на базе SCADA-системы SIMATIC WinCC OA // ИСУП. 2016. №4 – С. 104 – 113.

*Цветков Вячеслав Владимирович – начальник отдела программного обеспечения диспетчерских систем ООО НВФ "Сенсоры, Модули, Системы", группа компаний "СМС-Автоматизация".
E-mail: vyacheslav.tsvetkov@sms-a.ru*

В МЭИ созданы энергосберегающие технологии для угольных ТЭС

Ученые НИУ «МЭИ» разработали технологии по энергосбережению в системах пылеприготовления теплоэлектростанций (ТЭС). В основе разработки лежит применение газопоршневых двигателей (ГПД) для привода мельниц с тремя вариантами эффективного использования теплоты выхлопных газов на электростанциях, которые работают одновременно на угольном топливе и природном газе.

Во всех разработанных решениях НИУ «МЭИ» газопоршневая машина вращает ротор мельницы вместо

электродвигателя. Выхлопные газы ГПД с температурой 400...600°C могут сбрасываться в котел для участия в выработке пара, направляться в теплообменник для нагрева сетевой воды, либо после смешивания с холодным воздухом использоваться для предварительной сушки сырого угля.

Главными преимуществами технологий является оптимизация топочных процессов, повышение пожаробезопасности системы пылеприготовления, более глубокая сушка угля перед размолом.

[Http://mpei.ru](http://mpei.ru)