

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТП И РАЗРАБОТКИ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

М.Б. Абросимов, Е.А. Гильман, А.А. Кривоносов (ЗАО "ИНИУС")

Рассматриваются разработанный специалистами ЗАО "ИНИУС" универсальный тренажерный комплекс (УТК) и его применение для моделирования ТП, в том числе при разработке полномасштабных тренажерных комплексов для персонала АСУТП.

Универсальный тренажерный комплекс (УТК) содержит набор программных средств и научно-технических решений, позволяющих создавать полномасштабные тренажерные комплексы для персонала систем контроля и управления, в том числе опасных производственных объектов. В данной статье мы рассмотрим процесс разработки моделей ТП с помощью инструментальных средств, имеющихся в УТК, а также последующее использование модели в составе полномасштабного тренажерного комплекса.

В УТК модель ТП строится как последовательность отдельных моделей M_1, M_2, \dots, M_n , (называемых далее технологическими кадрами, или сокращенно *Т-кадрами*). Т-кадры описывают состояние ТП в последовательно расположенных интервалах времени, длительность которых может определяться в процессе моделирования. Каждый Т-кадр привязан к определенной вершине графа учебного сценария (который строится с помощью редактора учебных сценариев, см. рис. 1), и при реализации этого сценария происходит последовательный переход от одного кадра к другому по определенной траектории. Правила перехода от одной вершины графа к другой задаются при построении графа в виде условий перехода, зависящих от значений моделируемых технологических параметров, действий оператора, инструктора, текущего времени и других доступных переменных. Если между временем начала очередного Т-кадра и временем окончания предыдущего Т-кадра расположен временной промежуток (это может быть, например, промежуток времени, не интересный для тренинга — длительные заполнения емкостей, разогрев аппаратов и т.д.), то значения технологических переменных, выводимых на визуализацию, сглаживаются между этими Т-кадрами по специальным формулам сглаживания, входящим в состав Т-кадра. Модель ТП может, конечно, состоять только из одного Т-кадра, но заложенные в УТК принципиальные возможности перехода от одной модели к другой (например, при радикальном изменении состояния ТП) могут быть применены при построении сложных моделей и являются одной из компонент

универсальности УТК как инструментального средства для разработки тренажерных комплексов и моделей ТП.

Основное содержание Т-кадра — формулы преобразований состояния системы $[S(t), U(t), W(t)] \rightarrow S(t + \Delta t)$, где Δt — шаг дискретизации.

Состояние системы $S(t)$ — это совокупность переменных величин следующего типа:

x_1, \dots, x_n — значения технологических параметров (температуры, давления, уровня, расхода, концентрации и т. д.), доступные оператору (отображаемые на щите, SCADA — системах операторских рабочих станций, расположенных по месту приборов и локальных пультах и т.п.);

g_1, \dots, g_r — состояния элементов аппаратуры (положения задвижек клапанов, состояния насосов и т.п.), расчетные параметры (не имеющие датчиков температуры, давления и т.д., производные некоторых параметров и их значения в необходимые предыдущие моменты времени, прочностные и другие расчетные характеристики элементов аппаратуры и т.п.).

y_1, \dots, y_m — управляющие воздействия на объект со стороны его системы управления (сигналы открывания — закрывания клапанов, включения — отключения насосов и т. п.);

z_1, \dots, z_k — состояния элементов системы управления (значения заданий регуляторов, состояния тумблеров и т.п.).

Среди этих переменных обязательно должны быть все величины, отображающиеся на щите управления, SCADA — системах операторских рабочих станций, расположенных по месту приборов и локальных пультах моделируемого участка или иным образом доступные оператору.

Для удобства организации хранения данных в состоянии системы $S(t)$ включаются и постоянные параметры (характеристики веществ, аппаратов и т.п.).

Действия оператора $U(t)$ — переменные u_1, \dots, u_p . Это команды и действия по изменению состояния элементов управления. Те действия оператора, которые не могут быть выполнены на щите или SCADA-системе (например, запрос в лабораторию на

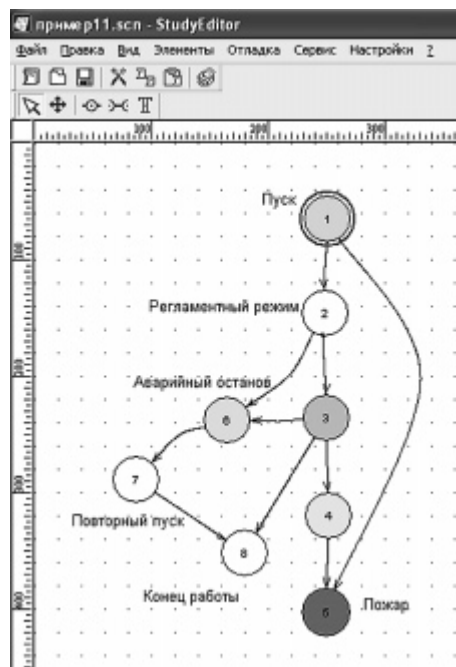


Рис. 1



Рис. 2

проверку концентрации реагентов, открытие ручной арматуры и т.п.), выбираются инструктором или оператором из специального текстового (или графического) меню.

Действия инструктора $W(t)$ – переменные w_1, \dots, w_n . Это команды и действия, предназначенные для управления ходом обучения. Действия инструктора могут содержать команды, инициирующие различные аварийные ситуации или вносящие изменения в ход ТП, команды, отвечающие на соответствующие действия оператора (например, результаты проверки концентрации реагентов).

Кроме состояния системы и формул преобразования в Т-кадр входят:

- предыстория (тренды) некоторых переменных, т.е. значения этих переменных на некотором предыдущем промежутке времени, сохраненные с заданным шагом;
- формулы сглаживания;
- формулы вычисления оценки действий оператора;
- перечень возможных действий оператора с указанием правильного порядка действий, штрафов за неверный выбор и описанием результата (таблица ВДО);
- перечень возможных действий инструктора (таблица ВДИ);
- перечень описаний результата и штрафов за некоторые последовательности действий оператора и инструктора (таблица НПД).

На рис. 1 представлен пример технологического сценария, состоящего из нескольких Т-кадров.

Формулы преобразований, по которым осуществляется расчет следующего состояния системы, описываются с помощью последовательности технблоков. Технблок представляет собой математическую модель, объединяющую некоторую группу взаимосвязанных параметров, например, параметры отдельного аппарата, его части или группы взаимосвязанных аппаратов (насоса, резервуара, теплообменника, тарелки колонны и т.д.). Алгоритм рабо-

ты технблока записывается на встроенном языке программирования. На данный момент поддерживаются языки VBScript и Lua. Могут подключаться внешние программы моделирования. Технблоки являются относительно изолированными элементами и могут использоваться в различных моделях. При подключении технблока в Т-кадр задается таблица связи переменных технблока с переменными Т-кадра. При выполнении Т-кадра технблоки выполняются в порядке следования, хотя этот порядок может быть в некоторых случаях изменен. Технблок получает из общей таблицы значения входных переменных, выполняет вычисления и передает в общую таблицу значения выходных переменных. Некоторые технблоки могут производить расчеты для группы других технблоков или согласовывать их действия (например, при расчете давлений, расходов и т.п.). На рис. 2 показан Т-кадр, состоящий из нескольких десятков технблоков.

Т-кадры и технблоки создаются соответствующими редакторами, входящими в состав УТК.

Программное обеспечение, входящее в состав УТК, содержит мощные средства контроля целостности и отладки моделей: анализ использования переменных технблоками и Т-кадрами, задание формул изменения требуемых переменных, отладка отдельных технблоков, временное включение/выключение технблока, изменение скорости выполнения расчетов и ряд других. Также для имитации внешних воздействий или анализа работы модели могут быть использованы внешние программные средства, поддерживающие технологию OPC (например, SCADA-система "КИРАС", которая входит в стандартную поставку УТК). Поддержка технологии OPC значительно расширяет область применения УТК. В частности, УТК может быть использован в системах поддержки принятия решений для персонала АСУТП¹.

Одним из важных аспектов универсальности инструментальных средств, входящих в состав УТК, является возможность построения на их базе *полномасштабных* тренажерных комплексов для широкого класса технологических объектов, в том числе особо опасных. Такие тренажерные комплексы удовлетворяют всем требованиям п. 2.12 Общих правил взрывобезопасности ПБ 09-540-03. Практически полностью имитируются рабочие места и интерфейс операторов как для щитовых старого типа, с отдельными приборами, так и для современных PCY (включая панели с приборами, операторские рабочие станции, функциональные клавиатуры, графические экранные формы и т.д.). Для этого разработаны аппаратные и программные средства моделирования щитов управления и приборов, а также программные средства для применения в качестве операторского интерфейса реальных SCADA-систем объекта управления или имитации их интерфейса SCADA-системой "КИРАС". Построение щитов реализовано по принципу конструктора с типовыми каркасными блоками, сменными панелями, приборами, надписями и с

¹ Абросимов М.Б., Гильман Е.А. Некоторые решения на основе SCADA-системы "КИРАС" // Автоматизация в промышленности. 2007. № 4.

единообразным интерфейсом подключения. Это позволяет в одном учебном классе создать полномасштабный тренажерный комплекс для всех цехов (установок) крупного предприятия, причем замена интерфейса системы управления одного цеха на другой не превышает нескольких часов даже для щитовых старого типа. Имитируются не только сами приборы, но и их взаимное расположение, что является необходимым для выработки моторных навыков действий операторов. Кроме полномасштабного тренажерного комплекса УТК позволяет создавать компьютерные тренажеры с "виртуальными" щитами, пультами и приборами, используемые для самоподготовки операторов или применяемые вместо полномасштабных (что, на наш взгляд, должно рассматриваться только в качестве первого этапа реализации полномасштабного тренажерного комплекса) в случае недостатка средств у заказчика. Для этого с помощью встроенного редактора системы визуализации SCADA "КИРАС" подготавливаются мнемосхемы и экраны, содержащие компьютерные модели всех приборов, установленных на объекте. На рис. 3 представлен экран системы визуализации, содержащий виртуальный фрагмент щита с двумя приборами.

На рис. 4 слева представлен вид рабочего места оператора на объекте, а справа – рабочее место оператора в учебном центре.

Эффективность применения УТК для построения полномасштабных тренажерных комплексов подтвердилась на крупном химическом предприятии ОАО "Саратоворгсинтез", где разработан единый тренажерный комплекс для обучения и аттестации персонала всех цехов, содержащих блоки первой и второй категорий взрывоопасности.

Важной особенностью УТК является то, что это не только эффективное средство для построения моделей ТП, но и законченная система для построения обучающих программ и организации процесса обучения и аттестации персонала. Обучающие программы в УТК реализуются в форме учебных сценариев. Построение учебных сценариев на базе произвольного графа позволяет создавать сценарии любой сложности. Кроме Т-кадров, учебные сценарии могут включать в себя и учебные кадры, содержащие учебную информацию (включая мультимедийные элементы –

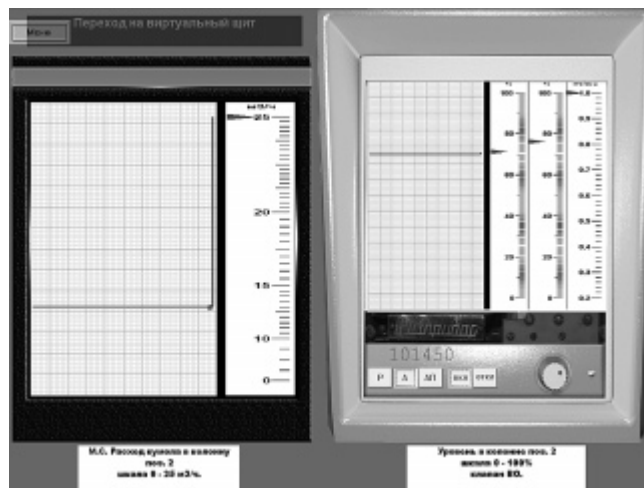


Рис. 3



Рис. 4

рисунки, звук, видеозапись, мультипликация и т.д.) и различные контрольные задания. Такие кадры создаются редактором учебных кадров, входящим в состав УТК. Среди контрольных заданий основное внимание уделяется выполнению требуемых действий в определенном порядке, причем пропуск нужных действий, выбор ненужных или неверных действий, различные нарушения правильного порядка можно штрафовать в зависимости от их опасности. При работе операторов с Т-кадрами также присутствует в качестве дополнительного (к качественному состоянию ТП) показателя автоматическая оценка правильности действий персонала, включая и порядок выполнения действий. Все действия операторов и инструктора, результаты сеансов обучения и аттестации документируются и сохраняются в специальной базе данных, настраиваемой по структуре предприятия.

Абросимов Михаил Борисович – канд. физ.-мат. наук, руководитель отдела программирования,

Гильман Евгений Абрамович – канд. физ.-мат. наук, ген. директор,

Кривонос Андрей Андреевич – зам. руководителя группы моделирования ЗАО "ИНИУС".

Контактный телефон/факс (8452) 45-95-97. E-mail: post@inius.ru

Master SCADA + MySQL = эффективное решение

Продолжается расширение списка совместимых с Master SCADA баз данных. Наряду с MS SQL, Oracle, Interbase (Firebird), Sybase, уже давно используемых в связке с Master SCADA, теперь доступна и работа с популярной СУБД MySQL. Начиная с версии 5, эта СУБД имеет практически всю необходимую для "серьезных" систем функциональность, а ее надежность и быстродей-

ствие апробированы в подавляющем большинстве Интернет-проектов.

Немаловажно и то, что MySQL распространяется абсолютно бесплатно. SQL-совместимые базы данных могут использоваться в Master SCADA в качестве внутреннего архива, либо через механизм хранимых процедур как внешнее хранилище данных.

[Http://www.insat.ru](http://www.insat.ru)