

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 681.136.

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ
ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ЭНЕРГОБЛОКОВ ТИПОВЫМ
ДЕЙСТВИЯМ***А.Н.Иванченко, Д.В.Гринченков*

Южно-Российский государственный технический университет (г. Новочеркасск)

В НАСТОЯЩЕЕ время активно развиваются средства компьютеризации обучения оперативного персонала энергоблоков, создаются новые типы тренажеров. Все многообразие существующих тренажеров по степени подобия рабочего места оперативного персонала и степени адекватности воспроизведения моделью тренажера реальных технологических процессов может быть разбито на следующие классы [1]:

1. Полномасштабные тренажеры, являющиеся копией блочного щита управления (БЩУ) энергоблока и точно воспроизводящие динамику энергоблока во всех возможных режимах его работы.

2. Специализированные тренажеры, содержащие точную копию всего БЩУ или его части, но не точно воспроизводящие динамику энергоблока.

3. Тренажеры, не содержащие полную копию БЩУ, но позволяющие точно воспроизводить динамику энергоблока в ряде специальных режимов, подробное моделирование которых на полномасштабных тренажерах не всегда возможно ввиду большой сложности их описания.

4. Тренажеры, не обеспечивающие полного подобия рабочего места (или отдельных их составных частей) и приблизительно, на уровне качественных представлений, воспроизводящие динамику изучаемого объекта.

Несмотря на ограниченные дидактические возможности тренажеров четвертого класса, они получили широкое распространение, благодаря универсальному характеру, небольшой стоимости и малым габаритам. Наиболее эффективно их применение на начальных стадиях подготовки, но они могут применяться и на более поздних этапах, т.к. установлено, что тренировку 80% оперативных навыков можно проводить на тренажерах, обладающих 30 % степенью подобия [1,2].

Тренажеры этого класса также можно разбить на группы по ряду признаков, основными из которых можно считать связанные с особенностью представления изучаемого материала и формами организации процесса обучения. Рассмотрим подробнее группу тренажеров, работа которых организована следующим образом:

на экране компьютера отображается принципиальная или функциональная схема технологического оборудования, соответствующая реальному, изучаемому энергетическому объекту;

на схеме выделяются элементы, с помощью которых можно оказывать на нее управляющие воздействия, обычно они соответствуют реальным элементам управления;

предусматриваются режимы: обучение и контроль оперативных навыков. В обоих режимах управление схемой приводит к изменению ее текущего состояния, и эти изменения динамически отображаются на экране.

Несмотря на различия и функциональные особенности, принципы построения и проведения тренировок на тренажерах рассматриваемой группы можно представить в виде некоторой обобщенной схемы (рис.1). Из анализа схемы становится очевидным и набор инструментальных и моделирующих средств, которые, как правило, используются в таком тренажере. Набор этот следующий:

- инструментальное средство для формирования схем;
- инструментальное средство для формирования сценариев;
- инструментальное средство для формирования и использования базы знаний;
- средство проведения обучения;
- средство проведения тренировки в любом из возможных режимов.

Анализируя множество реализованных на сегодняшний день тренажных средств, относящихся к рассматриваемой группе [3-5], можно сказать, что, несмотря на обилие различных вариантов решения задач, связанных с созданием вышеописанных средств, все они обладают одним общим недостатком – отсутствием универсальности. Каждый из них в отдельности позволяет эффективно проводить обучение конкретному набору оперативных действий. При этом схемы, используемые в тренировке, сценарии, базы знаний являются не гибкими и жестко привязанными к конкретной задаче (или к ограниченной

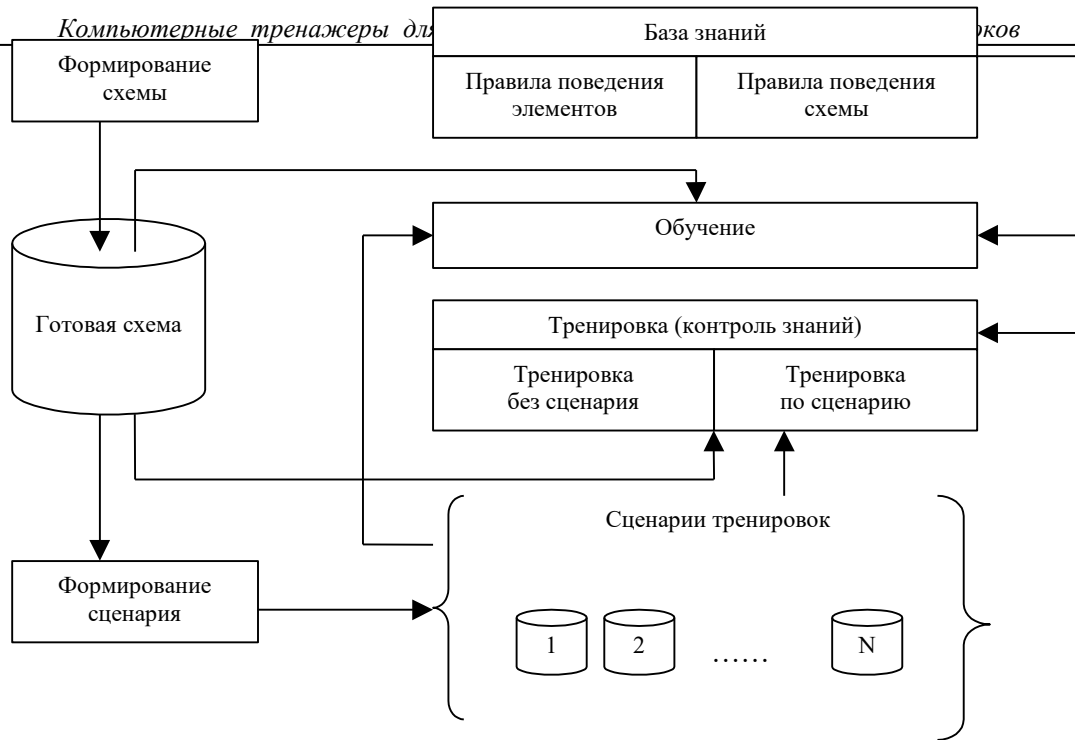


Рис. 1

группе задач). Учитывая это, актуальной становится задача разработки и реализации некоторых общих принципов построения тренажеров описываемой группы.

В этой работе мы рассмотрим один из возможных вариантов решения задачи “универсализации”.

В качестве инструментального *средства для построения схем* и их описания предлагается использовать редактор изображений, который обладает следующими функциональными качествами:

возможности формирования и редактирования изображений те же, что и у традиционных графических редакторов;

одновременно с построением изображения автоматически формируется описание взаимосвязей между элементами схемы, которое используется в процессе имитации работы объекта;

любое изображение строится на основе набора базовых элементов, образующих библиотек. Для каждого библиотечного элемента определены правила его прорисовки и функционирования;

результатом работы является текстовый файл, содержащий описание схемы на формальном языке, которое включает описание элементов схемы и взаимосвязей между ними.

Средство формирования сценариев позволяет по имеющейся схеме построить множество уроков, каждый из которых дает возможность обучить оператора определенному набору действий, выполняемых на заданной схеме (например, пуск или остановка турбины и т.п.). Каждый урок представляет формальное описание правильной последовательности действий. Действие всегда применяется к некоторому элементу схемы, оно может быть управляющим, т.е. состояние элемента в результате применения действия изменяется (например, открыть - закрыть вентиль), и информационным - не изменяющим состояние элемента (например, посмотреть показания прибора). Можно говорить об уроке, как об ориентированном графе,

вершинами которого являются выполняемые действия, а дугами - переходы от одного действия к другому. Тогда построение урока сводится к описанию ориентированного графа, в котором существует множество путей, ведущих от исходного состояния к результирующему. Каждый путь представляет собой правильную последовательность действий. Отметим, что, так как действия оператора строго регламентированы, то количество путей будет невелико и отличие между ними вызвано возможностью выполнения на некотором шаге действий над группой элементов в произвольном порядке (например, когда необходимо закрыть три вентиля, но порядок их закрытия произволен). Построенный сценарий может быть сохранен в виде текстового файла.

База знаний должна содержать описание правил поведения отдельных элементов и всей схемы в целом. Правила функционирования элементов определяются на основе конечно-автоматной модели. Известно, что автомат K однозначно можно описать пятеркой вида $K = (Q, A_{in}, A_{out}, \delta, \lambda)$, компоненты могут быть определены следующим образом:

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_r\}$ - множество функциональных состояний, в которых может находиться элемент. Различным состояниям обычно соответствуют различные правила прорисовки. Переход из состояния в состояние может произойти только в результате применения к объекту управляющего воздействия, которое формируется либо пользователем, либо логикой функционирования схемы;

$A_{in} = \{a_{in1}, a_{in2}, \dots, a_{inm}\}$ - множество входных векторов. Элементы $a_{ini} = (u_i, s_{1i}, s_{2i}, \dots, s_{mi})$, где u_i - управляющее воздействие, применяемое к элементу; $s_{1i}, s_{2i}, \dots, s_{mi}$ - сигналы, подаваемые на входы элемента в рассматриваемый момент времени (в качестве сигнала может приниматься среда: пар, газ, конденсат и т.п.);

$A_{out} = \{a_{out1}, a_{out2}, \dots, a_{outw}\}$ - множество выходных векторов, где $a_{out1}, a_{out2}, \dots, a_{outw}$ - векторы, соот-

ветствующие значениям сигнала на выходах элемента в некоторый момент времени.

Функции переходов и выходов задают отображения вида: $\delta: Q \times A_{in} \rightarrow Q$ и $\lambda: Q \times A_{in} \rightarrow A_{out}$, и описываются с помощью соответствующих таблиц.

Ввиду того, что число входных векторов резко возрастает при увеличении числа входов и возможных значений, имеет смысл описывать автомат как частично определенный. Действительно, для многих реальных объектов синтаксически допустимые векторы a_{ini} являются семантически невозможными, поэтому их исключают из описания, что позволяет значительно сократить текст, относящийся к правилам функционирования.

В тех случаях, когда объект имеет сложную внутреннюю структуру, он описывается как группа конечных автоматов.

Для моделирования работы схемы необходимо рассматривать процесс распространения сигнала от источников к выходам схемы. Всю схему можно рассматривать как ориентированный граф, в котором вершинами являются элементы схемы, а дугами – связывающие их коммуникации, ориентация на дугах задается естественным образом от выходов элемента ко входам. В основе алгоритма моделирования работы схемы лежит один из алгоритмов слепого поиска – поиск в ширину, который позволяет строить всевозможные пути в графе. Обращение к построению всех путей происходит каждый раз, после применения управляющего воздействия к какому-либо элементу, что позволяет оценить процесс распространения сред в схеме и наличие токов среды в различных трубопроводах.

Обучение проводится всегда по заданному сценарию. Фактически этот процесс сводится к тому, что обучаемому демонстрируются все возможные пути из графа урока. Каждый шаг сопровождается поясняющим текстом.

Проведение тренировки возможно по сценарию и в свободном режиме. В первом случае каждый шаг обучаемого сверяется с соответствующим шагом из эталонной последовательности, которая задана в уроке, т.е. самостоятельно формируется один из возможных путей, которые были ранее продемонстрированы в режиме обучения. Во втором случае происходит произвольное применение управляющих воздействий к элементам схемы, и могут рассматриваться различные варианты распространения сред в схеме, правильность действий может быть оценена только на основе нормального поведения элементов, т.е. ни один из них не должен перейти в аварийное состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. Охотин В. В., Хозиев В. Б. Современные тенденции тренажеростроения и компьютеризации подготовки персонала энергоблоков // Теплоэнергетика. 1994. № 10. С. 23-27.
2. Чачко А. Г. Подготовка операторов энергоблоков. М: Энергоатомиздат, 1986.
3. Баланчевадзе В., Царев В. Отраслевой фонд программных и методических средств для подготовки персонала энергетики // Вестник электроэнергетики. 1997. № 4. С. 40-48.
4. Тренажер персонала химцехов ТЭС и АЭС "Известкование и коагуляция воды в осветлителе"/ А.В. Очков, В.Ф. Очков, А.П. Пильщиков, Л.Н. Ткачева // Теплоэнергетика. 1997. №6. С.23-29.
5. Герасимов А. В. Методологические и методические аспекты учебно-тренировочной деятельности операторов-энергетиков // Электрические станции. 1996. № 2. С.16-22.

[24. 04. 2000 г.]