

СРЕДСТВА ВИЗУАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Д.Н. Баранов, А.В. Сидоров, В.В. Третьяков (Москва)

Введение

Физико-энергетическая установка (ФЭУ) является сложной технической системой и представляет собой совокупность приборов, соединенных между собой значительным количеством функциональных связей. В целях обеспечения безопасности при работе с ФЭУ предъявляются жесткие требования по контролю значений параметров составных частей и ФЭУ в целом. Контроль значений параметров ФЭУ осуществляется с помощью комплекса специализированной контрольно-измерительной аппаратуры (СКИА), управляемой программами контроля. Такие программы разрабатываются на специальном языке и описывают последовательность операций по:

- выдаче стимулирующих воздействий на ФЭУ;
- измерению, математической обработке результатов измерений и оценке отклика на выданные воздействия.

Разработка программ контроля предусматривает их отладку с применением имитационного моделирования. Симуляция процесса выполнения программ контроля осуществляется в разработанной авторами системе имитационного моделирования «СКИА–ФЭУ».

Несмотря на то, что в настоящее время сформирована библиотека имитационных моделей компонентов ФЭУ, скорость создания имитационных моделей ФЭУ в целом остается недостаточной для обеспечения отладки всех разрабатываемых программ контроля, поэтому актуальной является задача по сокращению затрат на подготовку к имитационному исследованию.

Система моделирования «СКИА-ФЭУ»

Система моделирования «СКИА–ФЭУ» предназначена для обеспечения динамической отладки и оценки диагностических свойств программ контроля с использованием математических моделей СКИА и ФЭУ. Таким образом, исключается необходимость изготовления образцов СКИА и ФЭУ на ранних этапах разработки программ контроля ФЭУ.

Структурная схема системы моделирования «СКИА – ФЭУ» представлена на рисунке 1. Система моделирования состоит из:

- платформы моделирования (библиотека моделирования *Sim#*);
- модели исполнения программ контроля ФЭУ комплексом СКИА;
- модели ФЭУ.

Sim# является библиотекой дискретно-событийного моделирования и используется в качестве платформы системы имитационного моделирования «СКИА–ФЭУ». *Sim#* обеспечивает процесс имитационного моделирования и реализует механизм продвижения модельного времени от события к событию, при наступлении которых происходит переход моделируемых объектов в новые состояния.

Модель исполнения программ контроля обеспечивает пооперационное выполнение программы контроля с требуемым уровнем детализации происходящих при этом физических процессов в СКИА и ФЭУ.

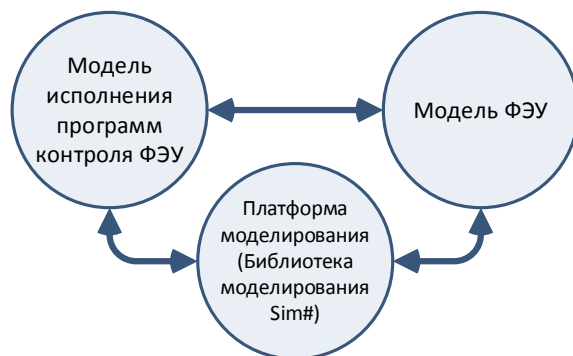


Рисунок 1 – Структура системы моделирования «СКИА – ФЭУ»

Процесс моделирования осуществляется под управлением программ контроля, исполняемых впоследствии на реальном оборудовании, что обеспечивает локализацию и поиск дефектов в разрабатываемом программном обеспечении.

Модель ФЭУ требуется для симуляции откликов на инициируемые программой контроля воздействия и представляет собой программную реализацию многоуровневой агрегативной математической схемы. Модель ФЭУ состоит из:

- агрегативных моделей составных частей ФЭУ – приборов ;
- интерфейсных агрегатов, моделирующих функциональную связь приборов.

Указанные агрегаты объединяются в систему функциональными направленными связями.

Программная реализация имитационной модели ФЭУ проводится на языке общего назначения (ЯОН) *C#* с помощью среды разработки *Microsoft Visual Studio* и основывается на базовых классах библиотеки дискретно-событийного моделирования *Sim#*.

В результате программной реализации имитационной модели ФЭУ создается файл динамически компонуемой библиотеки **.dll*. Созданная *dll*-библиотека содержит исполняемый код и используется как исходные данные для проведения имитационных исследований программы контроля ФЭУ в системе моделирования «СКИА – ФЭУ». В то время как платформа моделирования и модель исполнения программы контроля ФЭУ комплексом СКИА являются неизменными составляющими системы имитационного моделирования «СКИА–ФЭУ», имитационную модель ФЭУ требуется создавать для каждой разрабатываемой программы контроля.

Представленный подход требует специальных знаний от разработчика имитационных моделей, в роли которого обычно выступает программист СКИА, и удобен при единичном использовании системы имитационного моделирования «СКИА–ФЭУ», но, учитывая большое количество программ контроля ФЭУ и квалификацию среднего пользователя системы, описание моделей ФЭУ с помощью программного кода становится проблематичным и является существенным недостатком ее применения.

Устранить такой недостаток возможно различными способами:

- увеличить количество разработчиков имитационных моделей;
- повысить квалификацию разработчика программ контроля ФЭУ в области

имитационного моделирования;

– использовать средства автоматизации в процессе разработки имитационных моделей ФЭУ, как показано в работах [2,3].

В силу значительных временных и экономических затрат, необходимых для привлечения и повышения квалификации персонала, авторы считают целесообразным выбрать способ с применением средств автоматизации.

Автоматизацию процесса разработки имитационных моделей в [2] предлагается обеспечить с помощью автоматизированной системы моделирования (АСМ), обеспечивающей при разработке имитационных моделей замену трудоемких ручных процедур машинными. АСМ реализуется в виде пакетов прикладных программ моделирования (ППМ). При использовании ППМ достигается быстрота и удобство решения задач моделирования конкретных классов систем путем сочетания в единой архитектуре программных модулей, покрывающих предметную область моделирования, и специализированных средств, обеспечивающих пользователя разнообразными сервисами при подготовке и проведении имитационных экспериментов [2].

Проведенный в [3] анализ показывает, что большинство систем имитационного моделирования имеют интегрированные графические редакторы. Как показывает мировая практика имитационного моделирования, системы имитационного моделирования такие как AnyLogic, расширенный редактор GPSS World, Simio, Arena содержат графические редакторы и обеспечивают комплексный подход к проведению имитационного исследования.

Использование сторонних средств автоматизации для разработки моделей ФЭУ и проведения имитационного исследования затруднено в связи с необходимостью привязки процесса моделирования к исходному тексту программы контроля с отображением состояний переменных и значений параметров ФЭУ, поэтому авторы считают целесообразным разработать специализированную АСМ с графическим способом реализации моделей ФЭУ.

Автоматизированная система моделирования «СКИА – ФЭУ»

Таким образом, АСМ «СКИА–ФЭУ» целесообразно разрабатывать на основе уже применяемой системе моделирования, дополнив ее системой визуальной разработки моделей (СВРМ) ФЭУ. Структура АСМ «СКИА-ФЭУ» представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Структура АСМ «СКИА-ФЭУ»

На основании специфики предметной области и приведенных в [3] рекомендаций к универсальной моделирующей среде авторами сформулированы требования к СВРМ ФЭУ. СВРМ ФЭУ должна обеспечивать:

– разработку имитационных моделей ФЭУ графическим способом на основе универсальной агрегативной модели прибора [1,4];

- поддержку библиотек имитационных моделей приборов и исполнительных устройств СКИА;
- автоматизированную реализацию имитационных моделей линий связи (интерфейсных агрегатов);
- возможность сохранения и загрузки имитационных моделей ФЭУ;
- компиляцию имитационной модели ФЭУ в файл *.dll для исполнения в системе моделирования «СКИА-ФЭУ».

С учетом приведенных требований разработана структура СВРМ ФЭУ. Структура СВРМ ФЭУ представлена на рисунке 3 и включает программные модули:

- модуль библиотеки имитационных моделей приборов и исполнительных устройств СКИА;
- модуль имитационных моделей интерфейсных агрегатов;
- рабочее поле графического редактора;
- модуль компоновки имитационных моделей ФЭУ;
- модуль сохранения и загрузки имитационных моделей ФЭУ.

Программный модуль библиотеки имитационных моделей приборов и исполнительных устройств СКИА позволяет разработчику программ контроля повторно использовать разработанные ранее модели, сокращая при этом время разработки. В случае отсутствия в библиотеке модели прибора разработчику имитационных моделей требуется выполнить реализацию имитационной модели с помощью ЯОН С# и дополнить библиотеку.

Организация связей между приборами осуществляется с использованием интерфейсных агрегатов. Интерфейсный агрегат представляет собой модель виртуального устройства, реализующего логическую функцию состояний контактов прибора и обеспечивающего передачу сигнала на вход другого прибора и/или исполнительного устройства СКИА. Модуль интерфейсных агрегатов обеспечивает автоматизацию формирования логической функции, используя для этого графическое изображение участка цепи.

Рабочее поле графического редактора обеспечивает отображение структурной схемы имитационной модели ФЭУ. В соответствии с требованиями программы контроля пользователь АСМ «СКИА–ФЭУ» определяет состав моделей приборов и исполнительных устройств СКИА и размещает их экземпляры в рабочем поле графического редактора.

Модуль компоновки имитационных моделей ФЭУ необходим для хранения данных о модели и компиляции структурной схемы имитационной модели в исполняемый код для проведения имитационных исследований. Пользователю АСМ «СКИА–ФЭУ» доступны средства ввода параметров экземпляров моделей приборов, которые обеспечивают выполнение предъявляемых к программе контроля ФЭУ требований.

Модуль сохранения и загрузки имитационных моделей ФЭУ обеспечивает их повторное применение, используя для хранения информации о модели ФЭУ спецификацию *XML*.

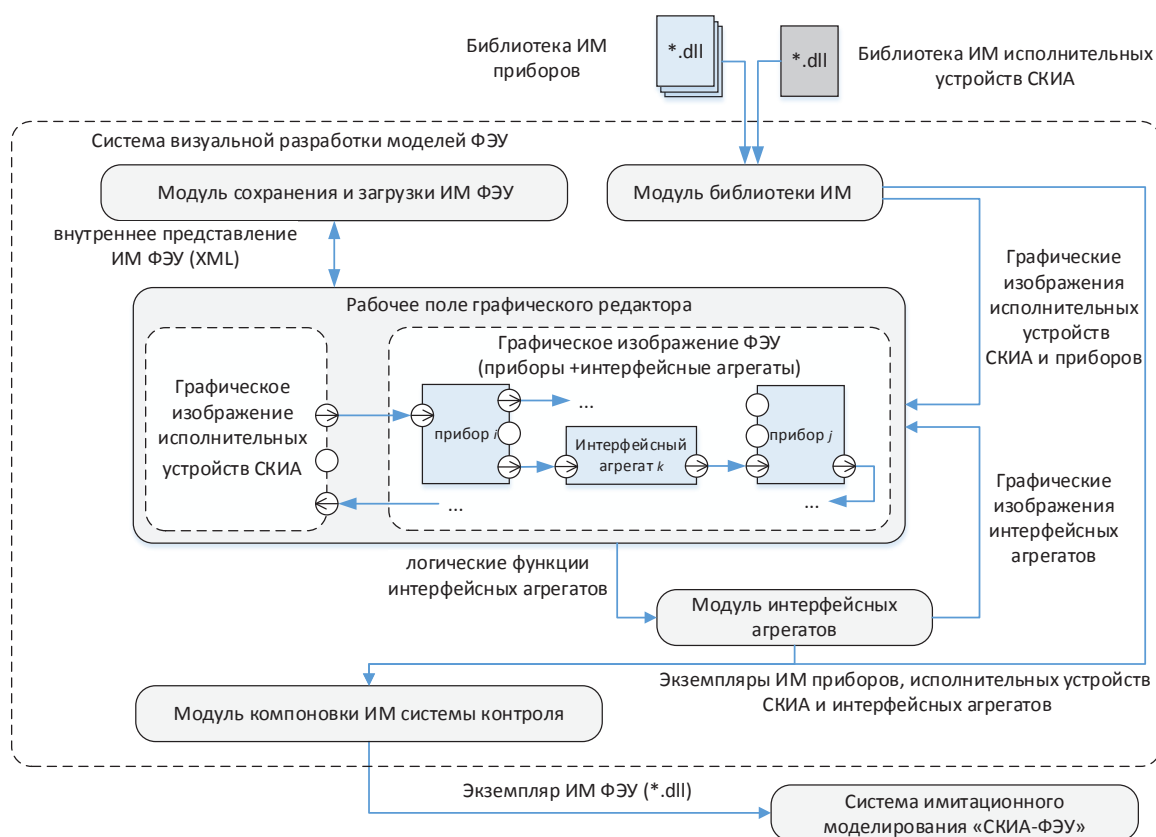


Рисунок 3 – Структура СВРМ

Применение АСМ «СКИА–ФЭУ»

Рассмотрим применение АСМ «СКИА–ФЭУ» на фрагменте схемы ФЭУ, изображенного на рисунке 4. Приведенный фрагмент схемы ФЭУ реализует четырехразрядный счетчик импульсов и состоит из двух реле (K1, K2) и четырех переключателей (S1, S2, S3, S4).

Входными и выходными цепями для фрагмента схемы ФЭУ являются:

- 1-2 – цепь питания;
- 3-4 – входная цепь, на которую подаются подсчитываемые импульсы;
- 7-8 – цепь приведения счетчика в исходное состояние;
- 2-5 – входная цепь подачи на счетчик напряжения опроса;
- 2-6 – выходная цепь для измерения коммутируемого напряжения цепи 2-5;
- 9-10 – цепь для контроля исходного состояния.

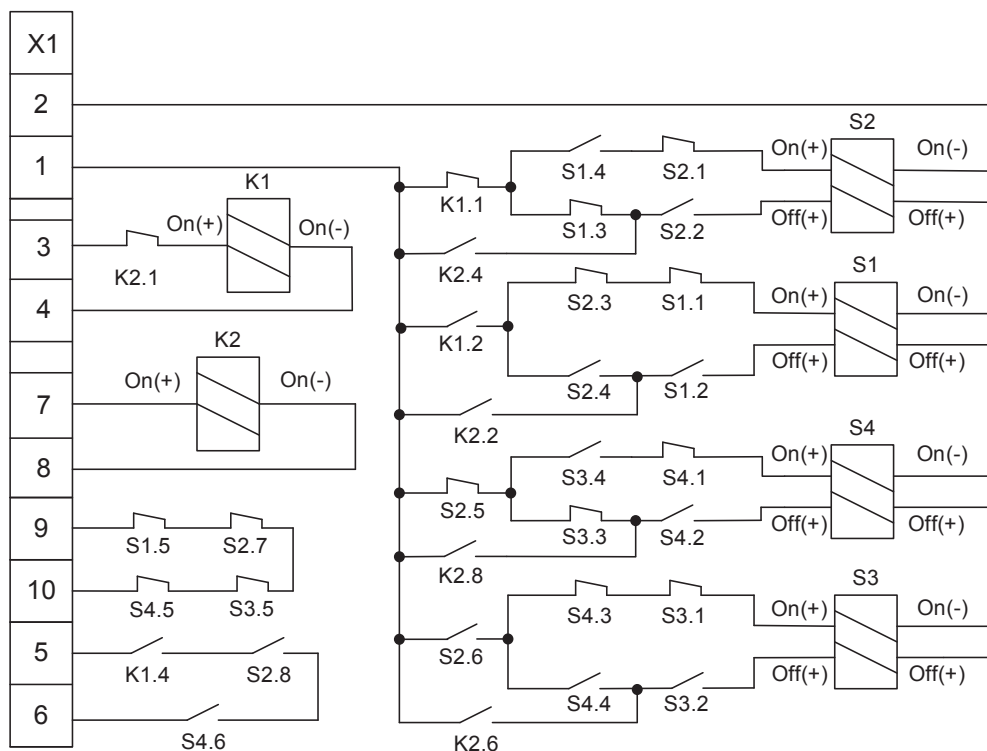


Рисунок 4 – Схема фрагмента ФЭУ

В соответствии с программой контроля для реализации имитационной модели ФЭУ в СВРМ из библиотеки моделей приборов и исполнительных устройств СКИА используются модели:

- реле (K1, K2);
- переключателей (S1, S2, S3, S4);
- интерфейсных агрегатов;
- источников напряжения СКИА;
- измерителей напряжения СКИА.

На рисунке 5 изображен графический интерфейс пользователя СВРМ с реализованной моделью фрагмента схемы ФЭУ.

В результате компоновки имитационной модели фрагмента схемы ФЭУ создается файл с расширением *.dll для проведения имитационных исследований программы контроля в системе моделирования «СКИА–ФЭУ».

Заключение

Внедрение в практику предложенного способа автоматизации разработки имитационных моделей ФЭУ позволяет:

- отказаться от рутинного и трудоемкого способа описания имитационных моделей ФЭУ программным кодом в пользу графического;
- снизить требования к квалификации пользователя в области имитационного моделирования;
- обеспечить разработку моделей и проведение имитационных исследований программ контроля ФЭУ в интегрированной системе.

По экспертным оценкам использование АСМ «СКИА–ФЭУ» позволяет сократить временные затраты на реализацию моделей ФЭУ в СВРМ на 40% и обеспечить отладку

всего объема разрабатываемых программ контроля ФЭУ с использованием имитационного моделирования.

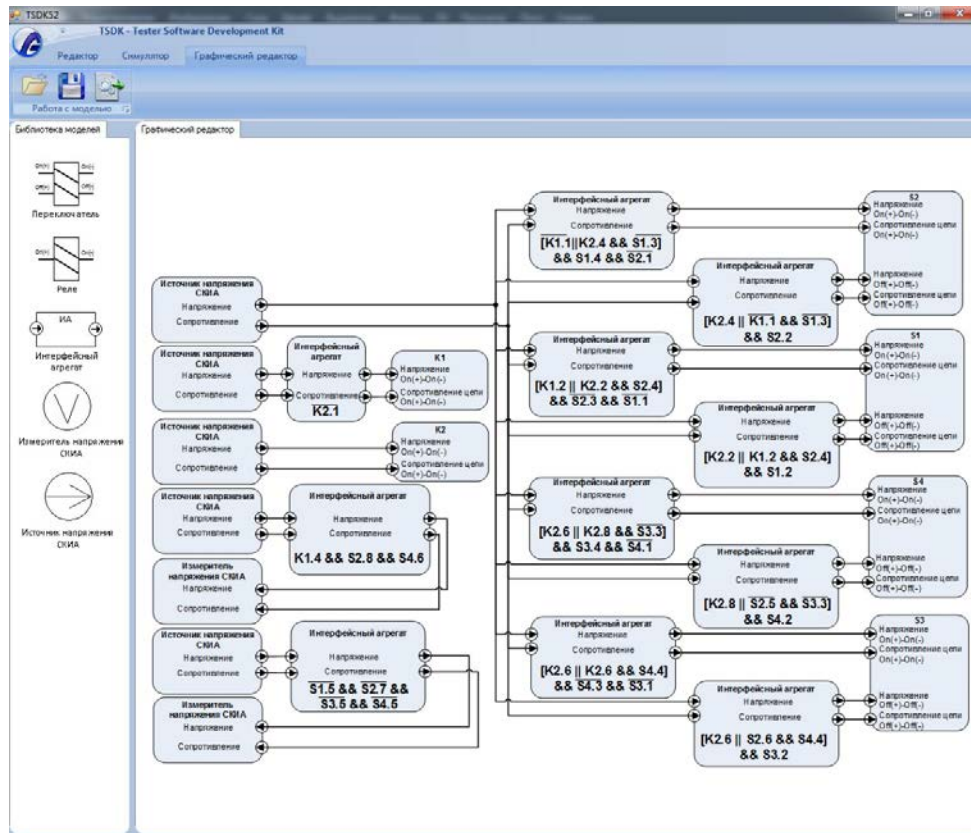


Рисунок 5. Графический интерфейс пользователя АСМ «СКИА–ФЭУ»

Литература

1. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М., Изд-во «Советское радио», 1973, 440с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Шк., 2001-343с.
3. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: Монография. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2014. – 448с.
4. Сидоров А.В., Третьяков В.В., Баранов Д.Н. Применение имитационного моделирования при разработке программ контроля сложных технических объектов // Автоматизация в промышленности, №7, 2014 – с. 3