

УДК 621.039.4

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СТАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ТПТС-ЕМ,51

Ю.В. КРАЮШКИН<sup>1</sup>, Е.В. МИНАЕВ<sup>1</sup>, В.А. ЧЕРНАКОВ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>НИЯУ «Московский инженерно-физический институт»  
Каширское шоссе, 31, Москва, 115409, Россия

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова  
Суцневская, 22, Москва, 127055, Россия

Поступила в редакцию 30 января 2015

Нижний уровень современных цифровых АСУ ТП АЭС российского дизайна (энергоблоки: Бушер-1; Куданкулам-1,2; Калинин-3,4; Ростов-2,3,4; Нововоронежская АЭС-2 блоки № 1, 2; Белоярская АЭС блок № 4) реализуется в основном на схожих по структуре средствах ТПТС-51 и ТПТС-ЕМ (далее – средства ТПТС) и характеризуется огромным количеством (десятки тысяч) алгоритмов управления и входных/выходных сигналов (более сотни тысяч).

Штатные средства сопровождения программно-технических комплексов на базе средств ТПТС (ПТК ТПТС), поставляемых ФГУП «ВНИИА» (инженерная ГЕТ-станция с САПР GET-R, предназначенная для проектирования прикладного ПО ПТК ТПТС в виде набора GET-планов, и программатор ТПТС для оперативного просмотра и анализа прикладного ПО модулей ТПТС) хотя и позволяют контролировать на низовом программном уровне состояние прикладного ПО ПТК ТПТС, но требуют очень большого количества трудоемких операций, производимых вручную, при анализе состояния алгоритмов управления, реализуемых в ПТК ТПТС. Это, с одной стороны, снижает качество анализа этих алгоритмов, а с другой стороны, ведет к очень высоким трудозатратам квалифицированного персонала на проведение сравнения и анализа многократно меняющихся в ходе проекта АСУ ТП версий прикладного ПО как самих ПТК ТПТС, так и связанной с ними системы верхнего блочного уровня (СВБУ) АСУ ТП.

Кроме того, программаторы ТПТС могут быть использованы лишь совместно с аппаратными средствами ТПТС и непригодны для тестирования загружаемых в ТПТС программных модулей в отсутствие этих средств, что не позволяет использовать их для тестирования прикладного ПО ПТК ТПТС на ранних стадиях проекта АСУ ТП, когда аппаратные средства ПТК ТПТС еще не изготовлены. В инженерной ГЕТ-станции отсутствуют средства генерации модели по GET-проекту, которая необходима для его эффективного анализа, и средства автоматизированного сравнения различных версий прикладного ПО ПТК ТПТС.

В связи с вышеизложенным, для эффективного тестирования прикладного ПО ПТК ТПТС в НИЯУ МИФИ был разработан и постоянно совершенствуется Программный Комплекс для Статического Тестирования прикладного ПО ПТК ТПТС (ПКСТ). ПКСТ разработан на базе интегрированной системы (ИС) ENICAD [1], созданной для разработки полномасштабных моделей АЭС и ТЭС фирмой ЭНИКО ТСО, входящей в Технопарк при МИФИ. Он предоставляет следующие возможности:

– автоматизировать архивацию и сравнение различных версий ПО ПТК ТПТС на стандартном ПК с выдачей списка GET-планов, в которых имеются различия, и визуализацией этих отличий как на самих GET-планах, так и в виде протоколов;

- полностью динамизировать («оживлять») GET-планы по значениям, рассчитываемым моделью ПТК ТПТС, на экране стандартного ПК (отображать значения всех сигналов GET-плана в наглядной форме непосредственно на GET-плане);
- полностью динамизировать GET-планы по сигналам реальной аппаратуры ПТК ТПТС; обеспечить быструю и эффективную навигацию для оперативного перехода к требуемым листам GET-планов при проведении тестирования;
- обеспечить печать динамизированных GET-планов;
- обеспечить на стандартном ПК с помощью динамизированных GET-планов эффективное тестирование и анализ прикладного ПО ПТК ТПТС как в отсутствии реальной аппаратуры ПТК ТПТС с помощью полностью адекватных моделей ПТК ТПТС, так и на реальной аппаратуре ПТК ТПТС, включая тестирование связей ПТК ТПТС с СВБУ и виртуальными блочным (БПУ) и резервным (РПУ) пультами управления АЭС.

Методика и результаты использования ПКСТ для статического тестирования прикладного ПО ПТК ТПТС в связке с моделью СВБУ, генерируемой по файлам прикладного ПО штатной СВБУ на базе платформы ПОРТАЛ автоматизированным способом, и виртуальными БПУ/РПУ подробно описаны в представленном на этой конференции докладе АО "ВНИИАЭС" «Развитие методов верификации прикладного программного обеспечения АСУ ТП АЭС на базе ТПТС» [2]. С использованием ПКСТ силами Главного конструктора АСУ ТП – АО «ВНИИАЭС» и наладочной организации АО «Атомтехэнерго» было успешно проведено статическое тестирование всех вышеперечисленных проектов на базе современных цифровых АСУ ТП АЭС российского дизайна.

Далее остановимся на основных возможностях и особенностях последней версии ПКСТ.

### **Моделирование ПТК ТПТС**

Исходными данными для создания модели ПТК ТПТС является резервная копия GET-проекта, создаваемая штатными средствами САПР GET-R. Модель генерируется автоматически на основе STEP-кодов, присутствующих в GET-проекте. Другие данные, присутствующие в резервной копии, используются для именованя переменных модели, но на работу сгенерированной модели они не влияют.

В состав сгенерированной модели входят собственно модели отдельных стоек ТПТС и простые модели исполнительных механизмов, управляемых этими стойками. В случае если генерируемая модель отдельного исполнительного механизма недостаточно адекватна, можно отключить ее генерацию и сделать более точную модель механизма другими средствами ИС ENICAD.

Сгенерированная модель совместима с ИС ENICAD и может использоваться для статического тестирования, для включения в состав тренажера и для других целей.

Моделируются не только работа базовых функций модулей ТПТС и выполнение команд языка STEP, но и связи между модулями ТПТС через EAS в одной стойке и обмен телеграммами между EAS разных стоек. Модель выдает полный набор данных телеграмм головных и канальных операторов, что позволяет подключить модель ПТК ТПТС через специализированный драйвер к модели СВБУ и виртуальным БПУ/РПУ. В составе ИС ENICAD имеются драйверы как для связи с СВБУ, разработанными АО "ВНИИАЭС" на базе платформы ПОРТАЛ версий 1.0 и 2.0, так для связи с произвольным верхом через шину EN.

ИС ENICAD использовался при разработке целого ряда полномасштабных тренажеров атомных и тепловых станций [1], в частности для самых совершенных в России полномасштабных тренажеров для энергоблоков № 3,4 Калининской АЭС (совместная разработка НИЯУ МИФИ и АО "ВНИИАЭС"). Интерфейс через шину EN, в частности, был использован в успешно реализованном проекте ЗАО "Интеравтоматика" и ЭНИКО ТСО по созданию полномасштабного тренажера Березовской ГРЭС.

Моделирование обмена телеграммами между стойками ТПТС сделано таким образом, что если модели двух стоек сделаны независимо, достаточно загрузить эти модели одновременно в ИС ENICAD, чтобы они смогли обмениваться телеграммами.

Модель обеспечивает быстрый доступ ENICAD к значению любого маркера смоделированных модулей ТПТС. Для тестирования алгоритмов на модели поддерживается

возможность задания значения на любом аппаратном входе смоделированного ПТК ТПТС, а также возможность фиксации значения любого промежуточного маркера.

### Визуализация GET-планов

ПКСТ дает возможность считывать из резервной копии и отображать GET-планы. При отображении GET-план снабжается дополнительными кнопками перехода, позволяющими перемещаться по GET-планам вдоль путей распространения сигналов. Кроме того, соединительные линии GET-плана могут быть окрашены в соответствии с текущим значением маркера. Текущее значение маркера ПКСТ может получать либо от модели ПТК ТПТС, либо непосредственно от аппаратуры ПТК ТПТС. Возможен также вывод значений маркеров на графики и вызов собственных информационных или управляющих окон, реализованных средствами ИС ENICAD для канальных операторов. Фрагмент GET-плана с кнопками перехода, окраской соединительных линий по значениям сигналов и «ярлыками» для отображения значений в символьной форме, приведен на рис. 1. Также видны окно для задания вводимого сигнала датчика и кнопка ВВ для задания его недостоверности (фрагмент сделан при работе с моделью).

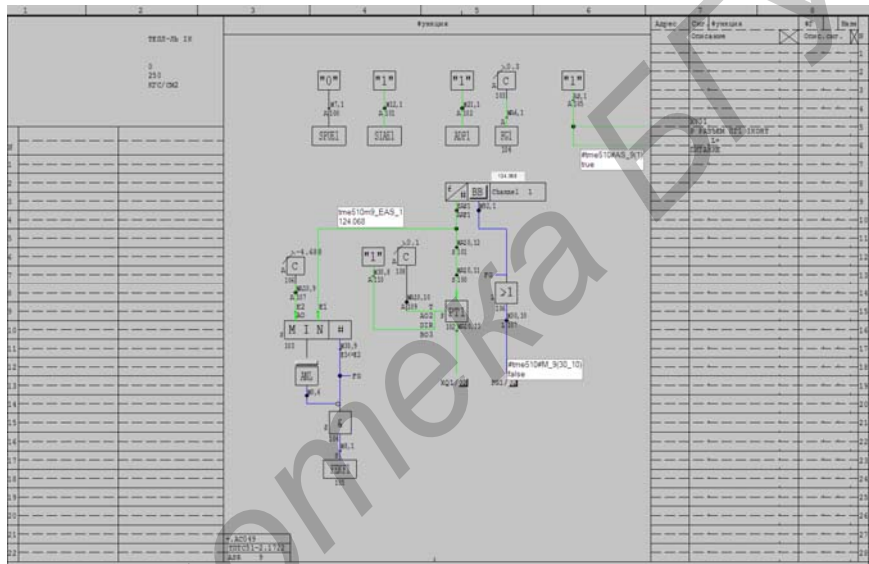


Рис. 1. Фрагмент GET-плана с анимацией

### Сравнение версий GET-проектов

Обычно в GET-проект блока АЭС с ВВЭР-100 входят десятки тысяч листов со схемами алгоритмов (GET-планов). Поддержка проекта такого объема требует возможности автоматического сравнения версий проекта. В ПКСТ есть возможность сравнить различные версии GET-проекта одной стойки и показать, в каких GET-планах имеются различия и в чем они состоят. В настройках сравнения можно указать, какие данные GET-планов подлежат учету, а какие следует игнорировать. К таким данным относятся адреса маркеров, порядок счета, номера телеграмм, описания сигналов.

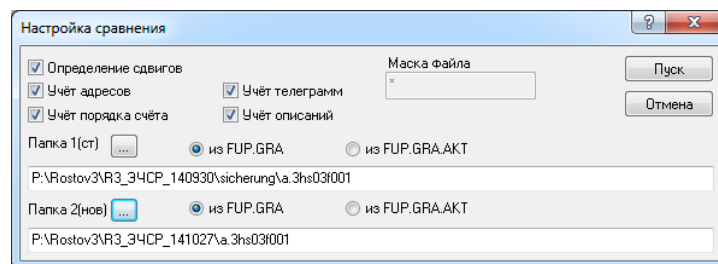


Рис. 2. Настройка сравнения

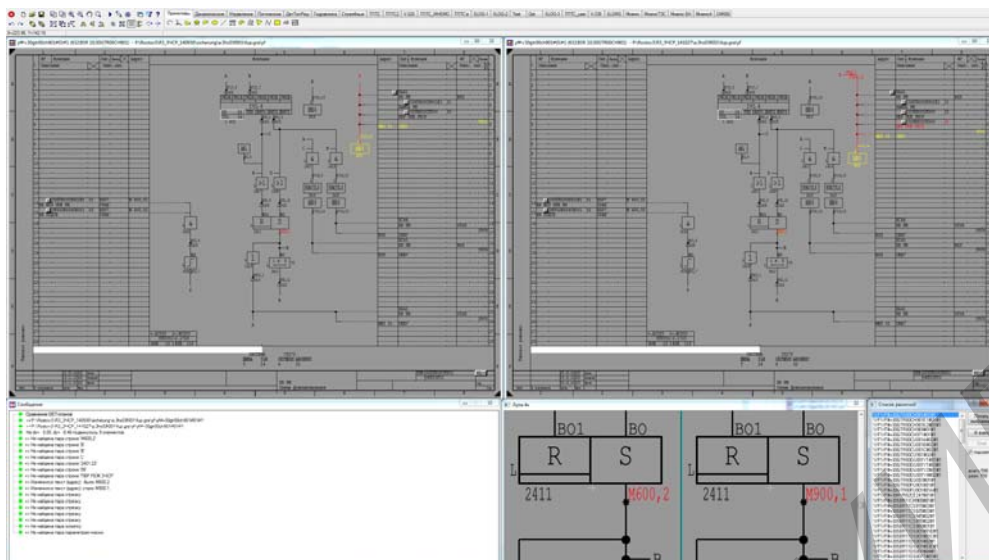


Рис. 3. Результат сравнения.

Как показала практика использования ПКСТ, сравнение версий значительно снижает трудозатраты высококвалифицированного персонала при анализе изменений GET-проекта и при наладке цифровых АСУ ТП на базе средств ТПТС.

### Работа с аппаратурой ТПТС

Для поддержки тестирования прикладного ПО, загруженного в аппаратуру ПТК ТПТС, ПКСТ обеспечивает следующие возможности:

- считывание реальных и имитируемых значений маркеров;
- построение полного списка имитируемых в данный момент маркеров;
- считывание данных канальных операторов при помощи PL-запросов;
- считывание истории EAS в файл (с поддержкой плавного обновления файла при периодическом считывании);
- задание имитации маркера вручную или по внешнему файлу с перечнем маркеров и значений для имитации;
- снятие имитации по файлу (аналогичному использованному для ее установки);
- запись значения в маркер;
- передачу команды или уставки в канальный оператор при помощи PS-запросов;
- выполнение сценария, способного управлять имитацией маркеров, выдавать команды канальным операторам и проверять значения сигналов, с регистрацией хода выполнения и остановкой при несоответствии значения сигнала указанному в сценарии условию.

Все воздействия на аппаратуру ПТК ТПТС производятся с контролем доступа при помощи электронного ключа и с протоколированием. Перечисленные возможности по работе с аппаратурой реализуются при помощи специализированных модулей связи с шиной (N-AT или N-PCI для шины CS-275, EN-PCI для шины EN). Кроме того, для шины EN в ПКСТ обеспечена возможность работы через стандартный контроллер типа Ethernet.

### Заключение

ПКСТ является эффективным средством поддержки разработки, тестирования и эксплуатации SKU на базе ТПТС-51 и ТПТС-ЕМ. Аналогичные средства для ТПТС-НТ и ТПТС-СБ разрабатываются.

### Список литературы

1. Чернаков В.А., Королев С.А., Выговский С.Б. и др. // Ядерные измерительно-информационные технологии. 2009. № 2.
2. Зятников А.Н., Rogov В.М. // I Междунар. науч.-технич. конф. «Автоматизированные системы управления технологическими процессами АЭС и ТЭС». Минск, 25–27 февраля 2015 г.