

Многофункциональные тренажерные комплексы на базе платформы ЭНИКАД для АЭС с цифровыми АСУТП

В.А. ЧЕРНАКОВ.

Филиал ОАО «ВНИИАЭС» АСУТП, Москва, Россия.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия.

На энергоблоке №3 Калининской АЭС впервые в России была внедрена современная цифровая АСУТП. Эта АСУТП представляет собой новый проект, опыт внедрения которого отсутствовал. Она имеет два принципиальных отличия от АСУТП атомных блоков предыдущего поколения:

1. Система верхнего блочного уровня АСУТП (СВБУ) разработана и внедрена главным конструктором АСУТП - ОАО «ВНИИАЭС» на базе оболочки RTA PLS, впервые примененной на российских АЭС. Основной способ управления принятый в СВБУ - компьютерный, через экранные форматы управляющих рабочих станций БПУ. Он принципиально отличается от способа управления с использованием ключей на АЭС предыдущего поколения. Органы индикации и управления на пультах и панелях БПУ 3-го энергоблока лишь “резервируют” основной компьютерный способ управления на случай сбоев в работе СВБУ. Навыки такого управления у персонала Калининской АЭС до пуска 3-го блока полностью отсутствовали, и их нужно было сформировать как можно быстрее. Эта задача решалась с помощью разработанных в МИФИ тренажерных комплексов и полномасштабного тренажера, внедренного совместно с генеральным конструктором АСУТП - ОАО «ВНИИАЭС».
2. Нижний уровень АСУТП систем нормальной эксплуатации построен на базе программно-технических комплексов ТПТС (ПТК ТПТС) – российского аналога средств Teleregm-ME фирмы Siemens. Эти средства - цифровые и так же впервые применялись на российских АЭС. Конфигурирование модулей ТПТС, т.е. разработка т.н. GET-проекта, производится на объектно-графическом языке высокого уровня GET в специализированной оболочке. По GET-проекту автоматически генерируется STER-код, непосредственно загружаемый в аппаратуру ТПТС. Объем GET-проекта 3-го энергоблока огромен - более 50 000 листов GET-планов. Проекты такого объема на средствах Teleregm ME даже самой фирмой Siemens ранее не внедрялись, поэтому и средства валидации и верификации проекта АСУТП на различных стадиях его жизненного цикла (ЖЦ) отсутствовали. Работы по созданию таких средств, к сожалению, удалось начать только на стадии пуско-наладочных работ (ПНР) АСУТП 3-го энергоблока Калининской АЭС. Поэтому в кратчайшие сроки нужно было создать средства валидации и верификации проекта АСУТП именно для этой стадии ЖЦ. Такие средства были разработаны и представляют собой снабженные рядом дополнительных сервисных функций моделирующие тренажерные комплексы. Эти комплексы адекватно воспроизводят работу как СВБУ, так и нижнего уровня АСУТП систем нормальной эксплуатации на базе ПТК ТПТС.

Все моделирующие комплексы разработаны на базе платформы ЭНИКАД, созданной возглавляемым автором коллективом сотрудников кафедры «Автоматика» НИЯУ «МИФИ», и активно используются организацией главным конструктором АСУТП. ЭНИКАД работает под ОС Windows на стандартных ПЭВМ и обеспечивает эффективную разработку различных моделирующих комплексов для АЭС и ТЭС, включая сложные многомашинные сетевые комплексы полномасштабных тренажеров. По составу средств ЭНИКАД аналогичен платформам ведущих зарубежных производителей тренажеров и содержит все необходимые средства для эффективной разработки, интеграции, отладки и функционирования полномасштабных моделей энергоблока на различных аппаратных комплексах.

Из-за объема и сложности нижнего уровня АСУТП 3-го блока Калининской АЭС на базе ПТК ТПТС создание их адекватных моделей с помощью средств ЭНИКАД, имевшихся к началу проекта, не представлялось возможным. Поэтому потребовалось разработка

специализированных средств платформы ЭНИКАД для создания моделей ПТК ТПТС. В итоге было разработано два варианта таких средств.

На первом этапе была создана система автоматического проектирования моделей ПТК ТПТС (САПР ПТК ТПТС), позволяющая генерировать модель по ее графическому образу, нарисованному в специализированном графическом редакторе ЭНИКАД. В процессе этой разработки уже имевшийся в ЭНИКАД САПР логико-динамических моделей АСУТП для энергоблоков предыдущего поколения был дополнен новой библиотекой элементов, адекватно воспроизводящих алгоритмы работы элементов ПТК ТПТС. Используя САПР ПТК ТПТС, была разработана модель ПТК СКУ РО энергоблока уже по первым версиям GET-проекта.

Однако сразу выяснилось, что первые версии GET-проекта имели очень большое число ошибок. Это привело к быстрой смене многочисленных версий GET-проекта непосредственно в ходе ПНР и сделало практически невозможным “отслеживание” версий GET-проекта с помощью САПР ПТК ТПТС из-за очень больших трудозатрат.

В ходе ПНР АСУТП, каждую новую версию GET-проекта необходимо было сравнить с предыдущей, чтобы выявить различия. Затем эти различия нужно было проанализировать и устранить ошибки, чтобы не допустить порчи оборудования из-за этих ошибок в GET-проекте. Из-за огромного объема GET-проекта даже сравнение двух его версий представляло собой практически невыполнимую задачу, т.к. это приходилось поначалу делать вручную, попарно сравнивая все листы GET-проекта. Большие сложности вызывал и анализ GET-проекта, т.к. его приходилось делать по “мертвым” GET-планам, в которых полностью отсутствовала какая-либо динамизация, т.е. визуализация прохождения сигналов. Поэтому для эффективного проведения ПНР было крайне необходимо создание программного комплекса, полностью автоматизирующего рутинный процесс сравнения версий GET-проекта и обеспечивающего проведение анализа этих версий с минимальными затратами времени.

В связи с этим на втором этапе работ были созданы средства полностью автоматической генерации моделей ПТК ТПТС по файлам стандартной резервной копии (back-up) GET-проекта. Эти средства позволили практически мгновенно, в течение нескольких часов генерировать абсолютно адекватные модели ПТК ТПТС по каждой новой версии GET-проекта и вошли в состав программно-инструментального комплекса для автоматизированного сравнения версий, тестирования и анализа ПО ТПТС (ПИК АСТАПО ТПТС), который обеспечил ряд функций, необходимых для эффективного анализа версий GET-проекта.

ПИК АСТАПО ТПТС позволяет не только автоматически генерировать модель ПТК ТПТС, но и полностью динамизировать GET-планы с помощью отображения значений всех логических сигналов цветом линий GET-плана, а также выборочного отображения значений любых аналоговых сигналов в специальных окнах прямо на GET-плане. Все это позволяет легко проследить “срабатывание” алгоритма технологу, не знающему особенностей работы аппаратуры ТПТС. Динамизировать GET-планы можно не только по сигналам модели, но и по сигналам реальной аппаратуры ТПТС. Такой способ динамизации GET-планов был внедрен в программный комплекс рабочего места ЦТАИ (ПК РМ ЦТАИ), созданный на базе ПИК АСТАПО ТПТС. В составе ПК РМ ЦТАИ используется 2 варианта ПО, отличающихся по источнику данных для динамизации алгоритмов. Первый вариант («Модель») - использует данные компьютерного моделирования ПТК ТПТС. Второй вариант («Связь») - использует «живые» данные ТПТС, поступающие от оборудования ТПТС по шине CS275 через плату N-PCI. Допускается одновременный запуск этих версий на одном рабочем месте.

В ходе ПНР АСУТП 3-го энергоблока Калининской АЭС осуществлялась наладка не только нижнего уровня АСУТП, но и, естественно, системы верхнего блочного уровня - СВБУ, а также их комплексная отладка. Проведение комплексной отладки традиционным способом – только на штатной аппаратуре оказалось крайне трудозатратным. Поэтому на

третьем этапе работ были созданы средства автоматизированной генерации модели штатной СВБУ на базе RTA PLS. В итоге была получена возможность проведения значительной части такой отладки на программных моделях в среде ЭНИКАД, а не на реальной аппаратуре энергоблока. Это позволило сократить трудозатраты на ее проведение на блоке. Для 2-го энергоблока Ростовской АЭС использовалась уже не модель СВБУ, а адаптированное штатное программное обеспечение СВБУ на базе платформы ПОРТАЛ, являющейся дальнейшим развитием RTA PLS. Это решение позволило обеспечить полную адекватность модели не только нижнего уровня АСУТП на базе средств ТПТС, но и комплексной модели всей АСУТП, включая СВБУ.

С помощью описанных выше средств, в ходе ПНР АСУТП 3-го энергоблока Калининской АЭС постоянно генерировались актуальные модели версий моделей СВБУ, интегрированные с моделями ПТК ТПТС систем нормальной эксплуатации и виртуальным БПУ. Эти модели устанавливались на компьютеры специалистов, задействованных в ПНР АСУТП, что позволило обеспечить сжатые сроки проведения ПНР и повысить их качество.

Описанные средства обеспечили и генерацию в темпе проекта адекватных моделей (СВБУ + нижний уровень АСУТП на базе ПТК ТПТС) тренажерных комплексов для подготовки персонала 3-го энергоблока Калининской АЭС, в состав которых вошли:

- тренажер оборудования и систем АСУТП (ТОС АСУТП);
- пусковой комплекс (ПсК) полномасштабного тренажера 3-го энергоблока (ПМТ-3), обеспечивший подготовку персонала до окончания изготовления реплики БПУ и подсистемы УСО ПМТ-3;
- полномасштабный тренажер (ПМТ-3);
- компьютерный тренажер по системе химводоочистки (КТ ХВО), не входящей в состав моделируемых в ПМТ-3 систем.

Работающий на стандартных ПК ТОС АСУТП, был разработан в связи с тем, что переход персонала АЭС от привычного способа управления с помощью ключей к компьютерному оказался сложным. Поэтому потребовалась начать опережающую подготовку персонала управления для работы с новой цифровой АСУТП как можно раньше. ТОС АСУТП обеспечил в массовом порядке:

- изучение структуры АСУТП и алгоритмов управления и индикации;
- выработку практических навыков работы с цифровой АСУТП (навигация по экранному формату СВБУ, изучение способов перехода между форматами и, расположенных на них интерактивных меню, приобретение навыков работы с трекболом и т.д.).

В рамках ПсК ПМТ-3, общий вид которого показан на рис.1, реализованы 11 рабочих станций штатной СВБУ, расположенных на БПУ и АРМ инструктора. Полномасштабные модели всех теплогидравлических и электрических систем АЭС, контролируемых с БПУ, были разработаны с помощью систем автоматизированного проектирования ЭНИКАД. Эти модели обеспечивают расчет в реальном времени показаний всех датчиков АСУТП и воспринимают воздействие всех органов управления энергоблока. Общее число моделируемых в ПсК ПМТ-3 датчиков – 6055 ед., управляемых элементов технологических схем (двигатели, задвижки и т.д.) – 2254 ед.

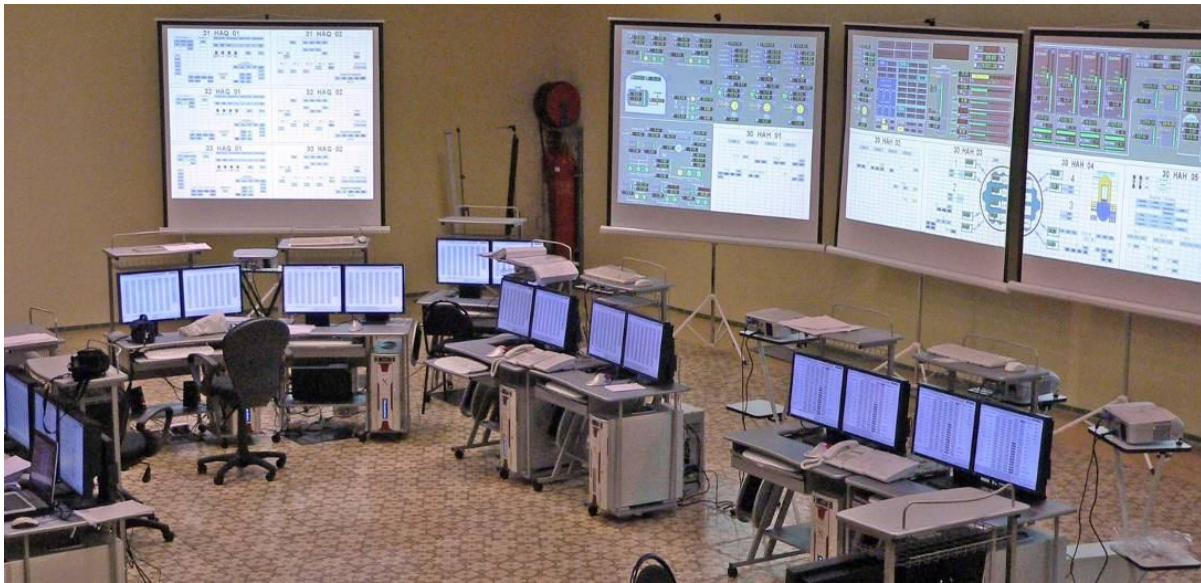


Рис.1. Общий вид пускового комплекса ПМТ-3.

На базе ПК ПМТ-3 путем подключения через устройства связи (УСО) точной реплики штатного БПУ была завершена разработка полномасштабного тренажера 3-го энергоблока Калининской АЭС (ПМТ-3). Общий вид ПМТ-3 и его основные характеристики представлены на рис.2. Следует отметить, что принятые при разработке ПМТ-3 технические решения, а именно: использование в тренажере штатного БПУ без каких-либо изменений и использование в качестве УСО аппаратуры ТПТС позволили осуществить интеграцию ПМТ и его отладку в кратчайшие сроки – всего за 6 недель.



Рис. 2. Общий вид полномасштабного тренажера блока №3 Калининской АЭС.

Компьютерный тренажер по системе химводоочистки (КТ ХВО) был разработан в связи с тем, что эта технологическая система имеет отдельный пульт управления и не входит в состав моделируемых в ПМТ-3 систем.

Таким образом, в ходе ПНР 3-го энергоблока Калининской АЭС, специалистами МИФИ и филиала АСУТП ОАО «ВНИИАЭС» в среде ЭНИКАД был разработан целый набор программных комплексов, обеспечивших как эффективную валидацию и верификацию проекта АСУТП стадии ПНР, так и создание полного набора тренажерных комплексов для подготовки персонала 3-го энергоблока Калининской АЭС.

Аналогичный подход был использован и при создании ТОС АСУТП 2-го энергоблока Ростовской АЭС, общий вид которого представлен на рис. 3.



Рис.3. ТОС АСУТП 2-го энергоблока Ростовской АЭС.

В заключение следует отметить, что разработанные в ходе проекта АСУТП 3-го энергоблока Калининской АЭС и прошедшие проверку в ходе проектов «Калинин-3», «Бушер-1», «Ростов-2» средства автоматической генерации адекватных моделей АСУТП на базе платформы ЭНИКАД, совместно с имеющимися в рамках ЭНИКАД средствами автоматизированной разработки моделей физических процессов в технологических системах энергоблока (САПР теплогидравлических моделей, САПР моделей электрических систем АЭС, легко перестраиваемая и аттестованная ГАН РФ модель активной зоны ВВЭР-1000), в настоящий момент широко используются на полигоне главного конструктора АСУТП, общий вид которого представлен на рис. 4.



Рис.4. Полигон главного конструктора АСУТП.