

ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ КОТЛА БКЗ 160–100ГМ И ТУРБОАГРЕГАТА ПР–25–90/10/0,9 КТЦ УФИМСКОЙ ТЭЦ–1

Р.В. МОЛЯНОВ (НПФ “КРУГ”),

А.К. АЛИМЖАНОВ (Башкирская генерирующая компания)



Рассматривается внедрение тренажёра для операторов котлотурбинного цеха Уфимской ТЭЦ-1, созданного на базе компьютерного тренажёрного комплекса “ТРОПА”. Приведено описание его структуры, преимуществ и особенностей.

Ключевые слова: компьютерный тренажёрный комплекс; тренажёры для операторов котлов и турбин; АСУ ТП, программно-технический комплекс; SCADA; SCADA-система; Башкирская генерирующая компания; Уфимская ТЭЦ-1.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы тема разработки компьютерных тренажёров приобрела особую актуальность. Это связано со стремительным развитием вычислительной техники и программного обеспечения, позволяющего моделировать как технологические процессы, так и системы управления ими.

Использование компьютерных тренажёрных комплексов на базе цифровых двойников технологических объектов [1] в профессиональной подготовке обеспечивает повышение общей квалификации оперативного персонала, а также его психологической устойчивости при действиях в нестандартных ситуациях. В конечном итоге всё это благоприятно сказывается на стабильности ведения технологического процесса. На снижение количества технологических нарушений.

Башкирская генерирующая компания (входит в группу “Интер РАО”) – одна из крупнейших региональных энергетических компаний России, владеет значительной базой активов: одной ГРЭС, десятью ТЭЦ, двумя крупными ГЭС, а также объектами малой энергетики. Установленная электрическая мощность энергообъектов компании – 4127 МВт. Руководство компании давно осознало важность и необходимость внедрения тренажёрных комплексов для операторов технологического оборудования на своих предприятиях. Была разработана программа оснащения этих предприятий тренажёрными комплексами, которая успешно реализуется.

На Уфимской ТЭЦ-1 был введён в эксплуатацию тренажёрный комплекс, цифровой

моделью которого охвачено всё автоматизированное оборудование, а также существующая неэлектрифицированная арматура парового котлоагрегата БКЗ 160-100ГМ, турбоагрегата ПР-25-90/10/0,9 и общестанционного оборудования. Существующая АСУ ТП данного оборудования выполнена на базе программно-технического комплекса КРУГ-2000® [2].

Уфимская ТЭЦ-1 – старейшая теплоэлектроцентраль города Уфы Республики Башкортостан, служит производственной площадкой Уфимской ТЭЦ-4. С 2006-го года теплоцентраль входит в состав Башкирской генерирующей компании. Установленная электрическая мощность составляет 69 МВт, тепловая – 572 Гкал/ч.

Цифровой двойник реальной АСУ ТП предоставляет интерфейс взаимодействия оперативного персонала с объектом управления (рис. 1) и моделирует работу средств автоматизации и их алгоритмов на основе математической модели.

НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ

- Тренажёр предназначен для:
- Проведения как совместных, так и раздельных тренировок операторов котла и турбины.
 - Проведения экзаменов с выставлением оценки и формированием экзаменационного протокола.
- Основные цели создания тренажёра:
- Проведение подготовки оперативного персонала в различных формах:
 - начальное обучение;

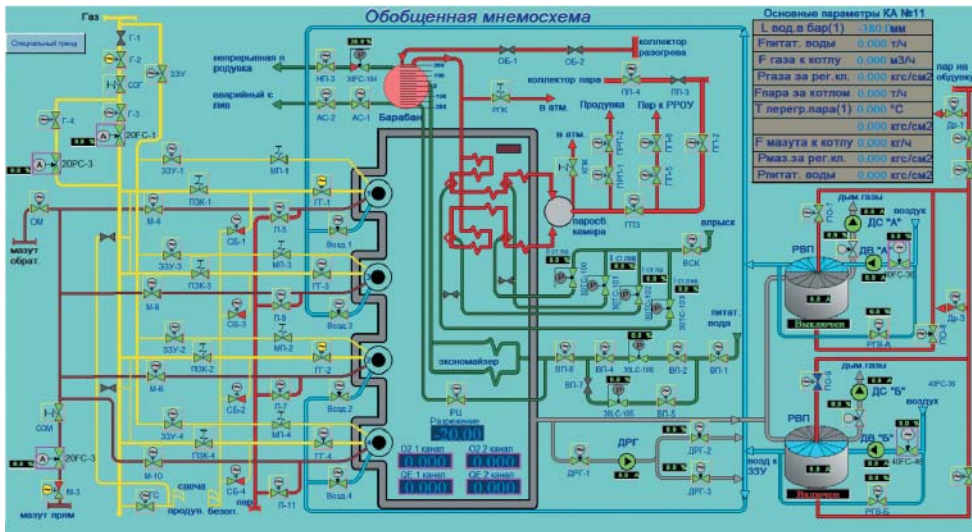


Рис. 1. Общий вид типовой трансформаторной подстанции предприятия ТЭК

- поддержание навыков управления технологическим процессом;
- повышение квалификации персонала.
- Выработка навыков безопасного и экономичного управления оборудованием, в том числе в сложных переходных режимах.
- Повышение психологической устойчивости оперативного персонала при действиях в нестандартных ситуациях.
- Сокращение числа технологических нарушений, связанных с ошибками персонала.
- Повышение уровня безопасности, надежности, безотказности работы оборудования, сохранности имущества, здоровья и жизни персонала.
- Проверка (тестирование) профессиональной квалификации оперативного персонала, в том числе его умения управлять оборудованием в сложных режимах в соответствии с требованиями ПТЭ и производственных инструкций.

АРХИТЕКТУРА

Компьютерный тренажер выполнен с использованием КТК ТРОПА® [2] и представляет собой одну из возможных структур, в которой цифровое моделирование работы технологического оборудования осуществляется с использованием ПО сторонних производителей.

Тренажер имеет трехуровневую архитектуру (рис. 2).

1-й (нижний) уровень системы представлен математической моделью объектов управления, включающей в себя:

- модели технологических агрегатов (паровой котёл БКЗ 160-100ГМ, турбоагрегат ПР-25-90/10/0,9 и общестанционное оборудование);
- модели запорно-регулирующей арматуры;
- модели насосов, вентиляторов и других механизмов.

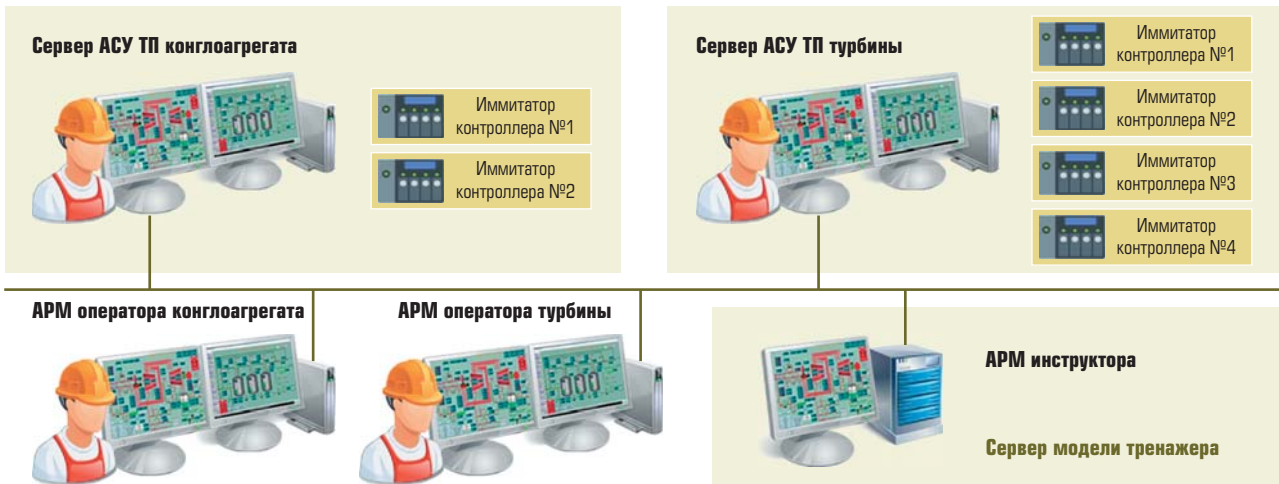


Рис. 2. Структурная схема компьютерного тренажерного комплекса

Данные модели выполнены с использованием программного обеспечения, разработанного ФГБОУ ВО «ИГЭУ», и установлены на АРМ инструктора.

Во 2-й (средний) уровень системы входят модели информационных и управляющих контроллеров АСУ ТП:

- виртуальные имитаторы контроллеров, работающих в существующих АСУ ТП, включая контроллеры подсистем технологических защит, блокировок и регулирования;
- вспомогательные виртуальные контроллеры, имитирующие ввод-вывод сигналов от оборудования, не охваченного существующими АСУ ТП, а также алгоритмы технологических защит, блокировок и регулирования, реализованные в существующих системах на традиционных средствах (релейные схемы, интеллектуальные приборы и т.д.);
- устройства и линии связи, обеспечивающие обмен информацией в цифровом виде.

Имитаторы контроллеров выполнены на базе КТК «ТРОПА» и запускаются в виде «виртуальных машин» на компьютерах соответствующих серверов АСУ ТП тренажёров.

В 3-й (верхний) уровень системы входят модели серверов БД и графических клиентов АСУ ТП:

- АРМ инструктора, на котором установлены графический клиент и программное обеспечение «АРМ инструктора», выполняющее функции общего управления тренажёром.
- АРМ оператора-машиниста парового котла (2-мониторный).
- АРМ оператора-машиниста паровой турбины (2-мониторный).
- Сервер АСУ ТП парового котла (2-мониторный).
- Сервер АСУ ТП паровой турбины (2-мониторный).

Таким образом, каждое место обучаемого (АРМ машиниста котла и АРМ машиниста турбины) имеет 4 монитора. Модели серверов БД и АРМ машинистов выполнены с использованием КТК «ТРОПА».

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

В связи с тем, что АСУ ТП, действующие на агрегатах, разработаны на базе ПТК КРУГ-2000, при создании тренажёра были использованы графический проект, программы пользователя и настройки реальной АСУ ТП. Это обеспечило 100%-е совпадение функционала тренажёра и реальной АСУ ТП, т.е. совпадает

не только мнемосхема на экране, но и различные вспомогательные окна, приборы управления, протокол сообщений, принципы работы сигнализации, регистрация в системе и т.д.

Следует отметить, что такой подход имеет ряд преимуществ при обслуживании и модернизации тренажёра, так как среда разработки КТК «ТРОПА» аналогична среде разработки SCADA КРУГ-2000, с которой хорошо знакомы специалисты БГК. Таким образом, они могут самостоятельно вносить изменения в модель АСУ ТП тренажёра без привлечения специалистов разработчика.

В то же время тренажёр не только полностью повторяет существующую АСУ ТП, но и обладает специализированными функциями, такими как:

- Работа системы в темпе управляемого «модельного» времени с функциями:
 - приостановки и возобновления хода времени;
 - ускорения/замедления хода и «перемотки» времени в пределах имеющейся истории тренировки.
- Создание, сохранение и последующая загрузка требуемых для проведения тренировок «исходных состояний» модели.
- Создание, сохранение и последующая загрузка последовательности изменений параметров модели в виде «сценария тренировки».
- Расширенное ведение истории тренировки с возможностью:
 - просмотра хода тренировки в нормальном и (или) ускоренном темпе «модельного» времени с отображением данных непосредственно на мнемосхемах модели АСУ ТП;
 - возобновление тренировки из **любой промежуточной точки** имеющейся истории;
 - сохранение и загрузка истории тренировки для просмотра ее хода, анализа ошибочных действий и «работы над ошибками» (повторение тренировки из точки, предшествующей ошибочным действиям).

В ходе разработки тренажёра исходные проекты АСУ ТП дополнены технологическими параметрами и арматурой, не входящими в состав реальных АСУ ТП на базе ПТК КРУГ-2000, но участвующими в процессе управления котлом и турбиной (ручная арматура, местные показывающие приборы, релейные схемы защит и т.д.)

Тренажёр предполагает как общие, так и отдельные тренировки машинистов котла и турбины. Для обеспечения возможности проведения отдельных тренировок предусмотрены стартовые исходные состояния, запускающие тренажёр в режиме работы турбоагрегата от общестанци-

онного парового коллектора, а также состояния с работой парового котла на общий коллектор (режимы работы с перекрестными связями).

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

Специалистами НПФ “КРУГ” выполнены следующие работы:

- разработка модели АСУ ТП тренажёра;
- поставка программного обеспечения;
- инженеринговые работы по модели АСУ ТП тренажёра;
- пусконаладочные работы по модели АСУ ТП тренажёра.

Данный проект стал шестым в ряду введённых в эксплуатацию компанией “КРУГ” тренажёров для операторов теплоэнергетического оборудования БГК:

- Уфимская ТЭЦ-2 (котел БКЗ Е-320-140ГМ, турбина ПТ-65/75-130/13).
- Уфимская ТЭЦ-4 (котёл БКЗ-320-140 ГМ, турбина ПТ-65/75-130/13).
- Стерлитамакская ТЭЦ (котёл ТГМ-84 (Е420/140ГМ), турбина ПТ-60-130/13).
- Новостерлитамакская ТЭЦ (котёл БКЗ-420-140 НГМ, турбина ПТ-60-130/13).
- Зауральская ТЭЦ (электростанция ГТЭС-16ПА).
- Уфимская ТЭЦ-3 (котел Е-230-100ГМ, турбина ПТ-30-90/10).

Тренажеры для персонала цехов АСУ ТП успешно эксплуатируются с 2018 года на таких филиалах Башкирской генерирующей компании как: Приуфимская ТЭЦ, Стерлитамакская ТЭЦ, Салаватская ТЭЦ, Уфимских ТЭЦ-4, ТЭЦ-3 и ТЭЦ-2.

ВЫВОДЫ

Полученный практический опыт ввода тренажёра в эксплуатацию показал эффективность подхода, когда в качестве цифровой модели АСУ ТП используется тренажёрный комплекс, построенный на базе реального программно-технического комплекса, применяемого для создания реальной АСУ ТП. В отличие от варианта построения тренажера, при котором поведение АСУ ТП имитируется путём создания на языках программирования высокого уровня “цельнотянутых” приложений, моделирующих интерфейс технологических программ. Такой

вариант реализации тренажёра не в полной мере отражает поведение реальной АСУ ТП.

Подход, применяемый в КТК “ТРОПА” [3], позволяет на 100% повторить функционал системы управления, формируя, таким образом, правильные навыки операторов при работе с ней. Наличие среды разработки графического интерфейса, базы данных АСУ ТП и программ пользователя дают возможность заказчику самостоятельно вносить изменения в ПО тренажёра и не зависеть от поставщика тренажёрного комплекса. Возможность тренажера осуществлять сбор и просмотр оперативной информации о правильности действий оператора позволяет проводить как тестирование, так и полноценное обучение персонала.

КТК “ТРОПА” внесен в реестр российского ПО под № 8669 Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Список литературы

1. Гурьянов Л.В., Долгушев И.А. Цифровые двойники – эффективный инструмент подготовки персонала электростанций // Control Engineering Россия. 2020, №3, стр. 18-21. <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/e-lektroe-nergetika/cifrovye-elektrostantsij/>
2. Программно-технический комплекс КРУГ-2000 [электронный ресурс]. URL: <https://www.krug2000.ru/products/ptk.html>
3. Компьютерный тренажёрный комплекс “Тропа” [электронный ресурс]. URL: <https://www.krug2000.ru/products/ppr/trenajer-operativnogo-personala.html>
4. Прошин А.И., Молянов Р.В. КТК “ТРОПА” – универсальное средство разработки тренажеров для операторов технологических установок // Информатизация и Системы Управления в Промышленности. 2019, №2, стр. 19-21. URL: <https://isup.ru/articles/2/14077/>

НПФ “КРУГ”

440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 1.
Телефон (8412) 499-775.
E-mail: krug@krug2000.ru www.krug2000.ru

Молянов Роман Валентинович – главный инженер проекта Департамента АСУ ТП НПФ “КРУГ”, Алимжанов Аскар Кайратович – ведущий инженер Теплотехнического отдела Управления эксплуатации объектов энергетики Башкирской генерирующей компании, e-mail: alimzhanov_ak@bgkrb.ru