

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ СВРК АЭС С ВВЭР В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Саунин Ю.В., Добротворский А.Н., Семенихин А.В.

ОАО "Атомтехэнерго", Нововоронежский филиал "Нововоронежатомтехэнерго",

г. Нововоронеж, Россия

Мусихин А.М.

НИЦ "Курчатовский институт",

г. Москва, Россия

Введение

Характерной особенностью системы внутриреакторного контроля (СВРК) является то, что ее функционирование влияет непосредственно, как на безопасность, так и на экономичность эксплуатации энергоблока АЭС. В современной СВРК-М появилась функция по формированию сигналов предупредительной и аварийной защиты по внутриреакторным локальным параметрам энерговыделения. Кроме этого, именно в СВРК определяется средневзвешенная тепловая мощность реактора, которая влияет на расчет технико-экономических показателей работы энергоблока. В связи с вышеуказанным, необходимым условием эксплуатации становится своевременное диагностирование отказов информационно-измерительных каналов СВРК.

Для автоматизации и оперативности контроля достоверности выходной информации СВРК предлагается внедрение системы диагностики состояния информационно-измерительных каналов в режиме реального времени. В настоящем докладе представлено описание создаваемой системы.

В разработке данной системы помимо персонала ОАО "Атомтехэнерго" (АТЭ) предполагается участие персонала НИЦ "Курчатовский институт" (разработчика СВРК).

Уже на текущий момент непосредственную заинтересованность в данной системе показали специалисты НВАЭС-2. При решении организационных вопросов первый образец системы будет установлен на блоке №1 НВАЭС-2.

Задачи, возникающие при разработке системы диагностики.

Основной задачей при разработке системы диагностики является создание автоматической системы, функционирующей в режиме реального времени. Необходимо разработать алгоритмы, позволяющие заменить специалиста - человека при проведении проверок на достоверность. При этом действия специалиста можно формализовать следующим образом:

1. Необходимо определить режим, в котором находится РУ.
 2. Найти состояние, когда можно проводить проверку на достоверность.
 3. Провести проверку на достоверность показаний тех параметров, которые возможно проверять в данном режиме работы РУ.
 4. Выявить недостоверные показания и сообщить о них обслуживающему персоналу.
 5. Сохранить в архив (лог) сообщение об обнаруженных недостоверных параметрах.
- Сохранить текущие результаты проверки на достоверность в архив.

Проводить проверку на достоверность показаний система должна начинать с режима "горячее состояние" или "МКУ", когда можно провести проверку температурного контроля с расчетом аддитивных поправок. Также, в этом режиме работы РУ можно провести проверку на достоверность общетехнологических параметров, например, таких как перепад давления на ГЦНА, частота питания ГЦНА, мощность потребляемая ГЦНА и др. При работе на мощности выше 10% от номинальной мощности уже возможно провести проверку на достоверность токов ДПЗ и параметров, участвующих в расчете средневзвешенной мощности РУ.

Все проверки на достоверность показаний информационно-измерительных каналов необходимо проводить в стабильном состоянии исходя из применяемой статистической обработки. Стабильное состояние можно определить по стабильности характерных параметров для каждого режима работы РУ.

Методики определения достоверности показаний СВРК неоднократно применялись персоналом АТЭ при испытаниях во время ввода в эксплуатацию энергоблоков с ВВЭР-1000[1]. Данные методики используются при разработке рабочих программ и методик физических испытаний СВРК, которые проходят согласование в ОКБ "Гидропресс", НИЦ "Курчатовский институт" и ВНИИАЭС. Для обработки результатов этих испытаний используется специальное программное обеспечение, которое было разработано и опробовано на нескольких энергоблоках разных проектов и с разной конфигурацией программно-технических средств СВРК [2, 3]. В представляемой системе диагностики для определения достоверности используются те же самые алгоритмы, но модифицированные для применения в режиме реального времени.

Сообщения об обнаруженных недостоверных показаниях будут выводиться на обобщенном формате с цветной индикацией, что позволит легко воспринимать результаты анализа информации. Кроме того, для глубокого изучения причин дефекта предполагается создать формат с подробной информацией по результатам расчета.

Структура системы диагностики

Система диагностики информации СВРК состоит из отдельного компьютера (ноутбука) подключенного через локальную сеть к СВРК. На компьютере установлена операционная система Windows 7 и специальное программное обеспечение "Диагностика СВРК", которое является определяющим элементом системы. Специальное программное обеспечение разработано специалистами участка внутриреакторного контроля цеха физических и динамических испытаний Нововоронежского филиала ОАО "Нововоронежтомтехэнерго".

Программное обеспечение "Диагностика СВРК" состоит из:

- исполняемого файла Diagnose.exe;
- базы данных BD_SVRK.accdb с информацией по параметрам и настройкам по обработке;
- настроечных файлов в формате ini и txt, в которых хранится информация по определению режима работы РУ и по определению подходящего интервала времени для проведения расчета;
- шаблоны графиков для быстрого построения зависимостей, необходимых для контроля параметров СВРК;
- текстовых файлов со сохраненной информацией по результатам обработки;
- бинарных файлов - архива полученных значений от СВРК.

Структурная схема (см. рисунок 1.) дает наглядное представление о системе.

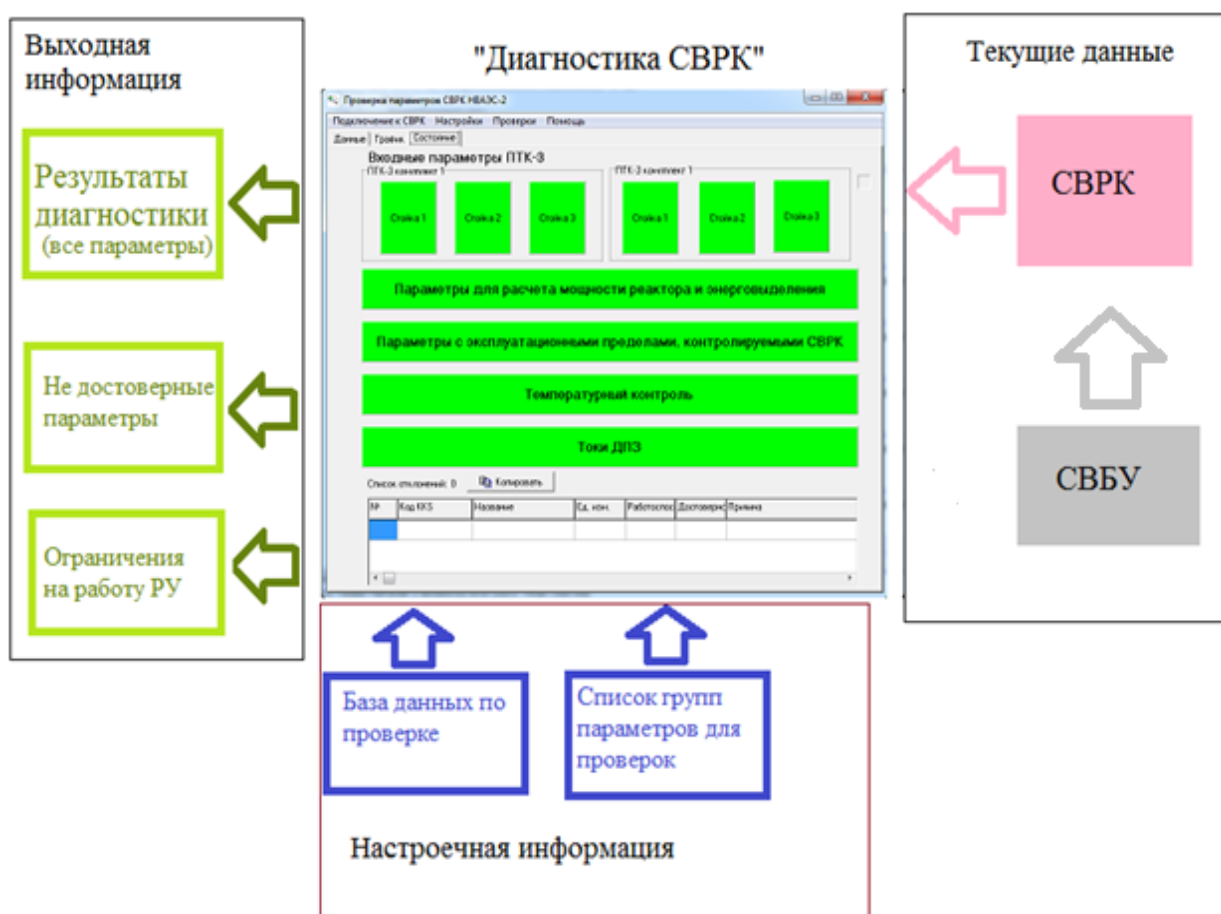


Рисунок 1. Структура системы диагностики СВРК.

Функционирование системы диагностики

Получив посылку данных от СВРК, система диагностики заносит ее в буфер. Буфер организован по типу "Первый зашел - первый вышел" (FIFO). Размер буфера составляет 180 посылок, что соответствует длительности сохранения полученных данных за 3 минуты. Эта величина может быть изменена по результатам пусконаладочных работ.

Размещение данных в буфере необходимо для проведения проверок на множестве значений, а не на точечных данных.

По данным, хранящимся в буфере, система диагностики определяет режим работы реакторной установки. Определение режима работы РУ необходимо для запуска подходящих методик проверки параметров.

Режимы работы выделяются следующие:

- не определен;
- холодное состояние;
- горячее состояние / МКУ;
- мощность реакторной установки до 10% $N_{ном}$;
- мощность реакторной установки выше 10% $N_{ном}$.

Если режим работы РУ - "холодное состояние" или "не определен", то система диагностики не запускает ни одной методики для определения состояния параметров. В режиме "мощность реакторной установки до 10% $N_{ном}$ " запускаются методики определения достоверности показаний температурного контроля, перепадов давления на ГЦНА, частоты питания ГЦНА, мощности, потребляемой ГЦНА и других общетехнологических параметров. В режиме "мощность РУ выше 10% $N_{ном}$ " дополнительно к вышеперечисленным методикам добавляются проверки токов ДПЗ и параметров для расчета средневзвешенной мощности РУ.

В режиме "горячее состояние / МКУ" проводится проверка температурного контроля с расчетом аддитивных поправок. Так же в этом режиме проводятся проверки аналогичные режиму "мощность реакторной установки до 10% $N_{ном}$ ".

Для определения режима работы РУ используются показания датчиков температур в холодных и горячих нитках, показания нейтронной мощности в каналах контроля АКНП, значения мощности по параметрам первого и второго контура, рассчитываемые в СВРК.

Проверка на достоверность показаний измерительных каналов производится системой "Диагностика СВРК" в стационарном режиме работы РУ. Подходящий стационарный режим "Диагностика СВРК" определяет следующим образом: контролируется набор определенных параметров на стабильность показаний. Для каждого режима существует свой набор параметров. Стабильность показаний параметров определяется по данным, хранящимся в буфере.

Условие стабильности показаний различно для дискретных параметров и для аналоговых. Если на рассматриваемом временном интервале было изменение показания дискретного параметра, то он считается нестабильным. Для аналогового параметра условие стабильности следующие: на рассматриваемом интервале времени скорость изменения аппроксимирующей прямой меньше определенной величины и одновременно среднеквадратичное отклонение параметра меньше допустимого. На рис. 2 приведено соответствующее окно из интерфейса системы.

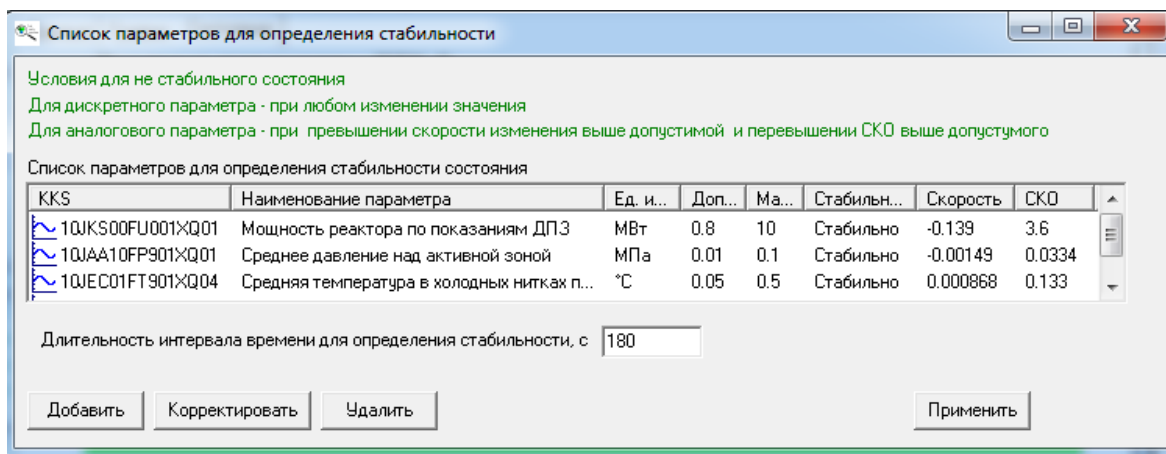


Рисунок 2 Окно "Список параметров для определения стабильности"

При выполнении условий стабильности текущего состояния РУ является, запускаются расчеты на достоверность информационно-измерительных каналов. При выявлении признаков недостоверности на обобщенном формате красным цветом показывается группа, где обнаружен канал с недостоверной информацией (см. рисунок 3).

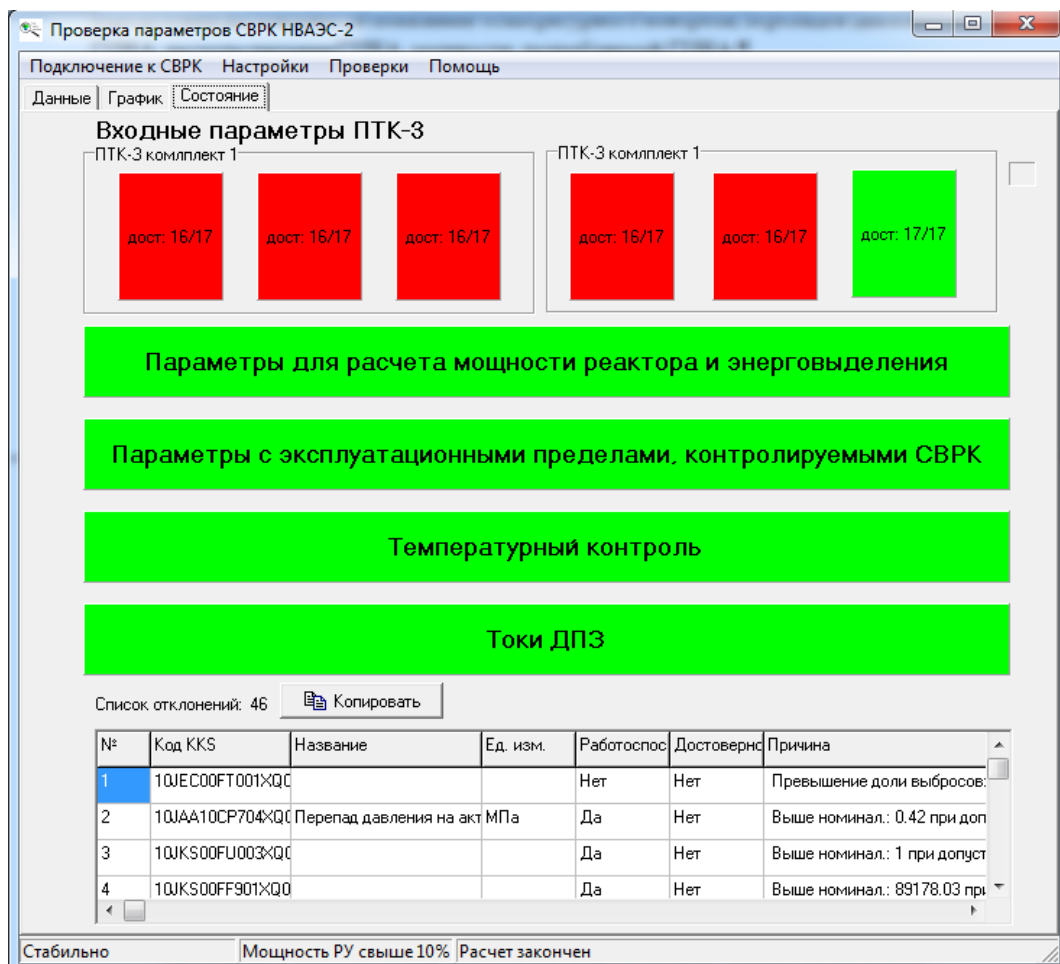
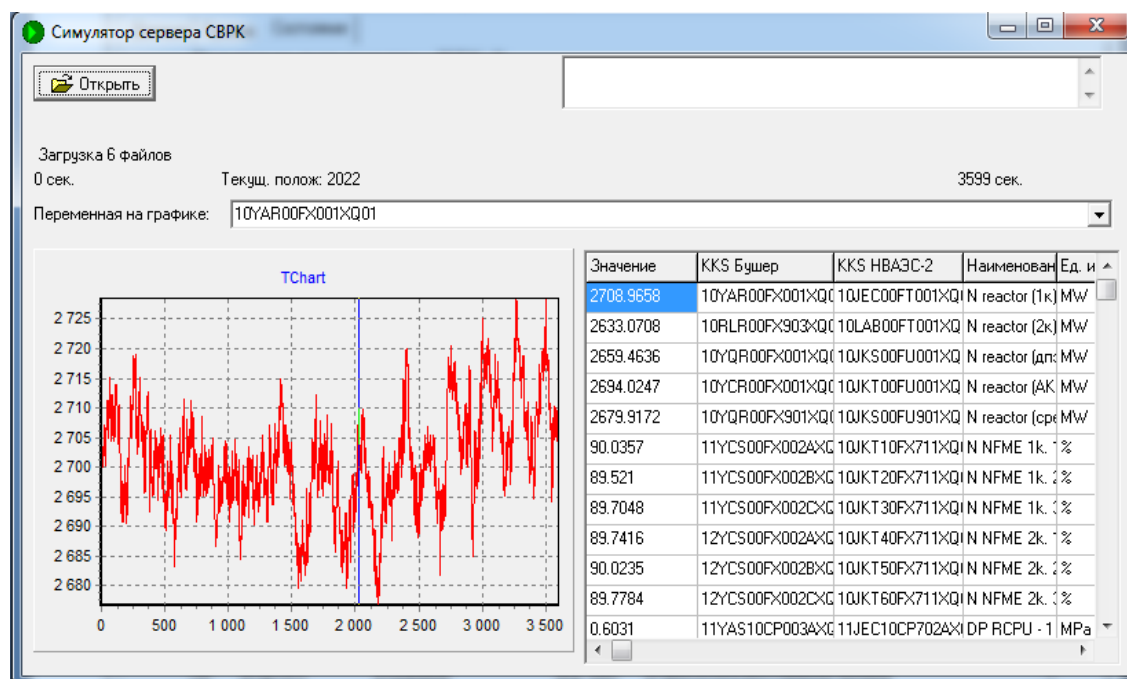


Рисунок 3 Обобщенный формат "Диагностика СВРК" с указанием групп с недостоверными показаниями

Тестирование

На текущий момент времени СВРК на НВАЭС-2 только готовится к вводу в эксплуатацию. Потому отсутствует возможность подключения системы диагностики к

реальным текущим данным СВРК на НВАЭС-2. С целью отладки алгоритмов функционирования системы диагностики используется симулятор сервера СВРК (см. рис. 4). Этот симулятор позволяет загрузить файлы с данными параметров СВРК с другого энергоблока, например с АЭС "Бушер". Симулятор передает данные в режиме реального времени. Использование симулятора позволяет тестировать работу "Диагностики СВРК" на данных различных состояний РУ: стационарных, динамических, переходных.



Заключение

Опыт проведения ПНР и эксплуатации СВРК показывает, что данная система необходима для пусконаладочного и эксплуатационного персонала как вспомогательное сервисное программно-техническое оборудование. В дальнейшем, после успешной опытно-промышленной эксплуатации, можно будет ставить вопросы о включении в состав штатного оборудования и решении необходимых для этого организационно-технических процедур.

Использованная литература

1. Саунин Ю.В. Разработка методик комплексных испытаний систем внутриреакторного контроля ВВЭР: Автореф. дис. канд. техн наук. – ОАО ОКБ "Гидропресс", Подольск, 2010..
2. Саунин Ю.В., Добротворский А.Н., Семенихин А.В. Разработка и применение специализированного программного обеспечения при проведении комплексных испытаний системы внутриреакторного контроля реакторов ВВЭР // Тяжелое машиностроение. – 2008. – ноябрь 11
3. Саунин Ю.В., Добротворский А.Н., Семенихин А.В. Специализированное программное обеспечение для проведения комплексных испытаний системы внутриреакторного контроля реакторов ВВЭР // Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: Сб.тр. 6-й междунар. научн.-технич. конф., Подольск, 26 мая – 29 мая 2009 г. – Подольск, ОАО ОКБ "Гидропресс"