

Модернизация систем радиационного контроля АЭС на основе аппаратуры
радиационного контроля пятого поколения
Кислов О.В., Никитин П.В., Ртищев Д.Е.
ФГУП "ПСЗ", г. Трехгорный

Введение

Большинство российских АЭС вводилось в эксплуатацию в период с 1961 по 1993 год, в период с 1993 по 2001 не было введено в эксплуатацию ни одного нового энергоблока. Срок службы каждого без проведения мероприятий по продлению этого ресурса энергоблока составляет 30 лет и на сегодняшний день практически для всех энергоблоков АЭС этот срок выработан. Строительство энергоблоков-заместителей начато только в 2008 году.

Для поддержания объема выработки электрической энергии на атомных станциях ОАО "Концерн Росэнергоатом" разработана программа модернизации систем радиационного контроля действующих АЭС, предусматривающую модернизацию всех действующих СРК с выработанным ресурсом.

В эксплуатации на различных АЭС на сегодняшний день имеются СРК всех поколений (УСИ-Т, "Система-8004", АКРБ-01/03/06/08). Эти СРК представляют собой автоматизированные системы с централизованной структурой и минимальной автоматизацией процессов анализа и обработки информации.

Оборудование всех указанных систем разработано на элементной базе, выпускавшейся еще в СССР, и с применением технических решений 60-80-х годов XX века. Поддержание оборудования этих систем в эксплуатации затруднено, так как выпуск отдельных видов запасных частей и комплектующих изделий прекращен.

К настоящему времени разработаны и введены в действие новые нормативные документы (СП АС-03, серии РД ЭО, ГОСТ Р 50746-2000, ГОСТ 29075-91 и т.д.), требования которых являются новыми или существенно жестче ранее применяемых.

Большинство действующих СРК (кроме модернизированных в период с 2004 по настоящее время) не соответствуют требованиям современных НД по диапазонам измерения основных параметров, показателям надежности и помехоустойчивости, информативность действующих подсистем очень низкая — отсутствуют функции самодиагностики, расширенного тестирования, степень детализации представляемой информации крайне низкая.

Модернизированная СРК

Поставленная ОАО "Концерн Росэнергоатом" задача модернизации СРК действующих энергоблоков подразумевала разработку децентрализованной СРК с обособленными точками контроля, работоспособность которых не зависит от работоспособности других точек контроля. Оборудование новой СРК должно соответствовать всем требованиям современных нормативных документов к функциональному наполнению, устойчивости к воздействию внешних факторов, структуре и надежности.

Основную часть СРК, подвергаемой модернизации составляет оборудование АСРК. Процесс модернизации действующих АСРК имеет свои особенности, существенно усложняющие проведение замены оборудования и ввод новой АСРК в действие, а именно:

– замена кабельных трасс и пробоотборных линий не всегда оправдана и не всегда возможна;

– персонал располагает отработанными методиками эксплуатации, обслуживания и ремонта оборудования АСРК, существенное изменение которых приводит к необходимости переучивания персонала и, возможно, повлечет большое количество ошибок персонала в начальный период эксплуатации;

– персонал АЭС работает по утвержденным регламентам, изменение которых для одной службы (например, для отдела радиационной безопасности) повлечет изменение порядка работы персонала всей АЭС;

– сроки выполнения модернизации, сроки выполнения подготовительных работ для размещения оборудования и сроки выполнения монтажа не позволяют проводить длительную наладку оборудования СРК, т.к. весь процесс ограничивается длительностью выполнения процедур продления ресурса энергоблока (ППР или среднего ремонта).

Задача модернизации СРК действующих АЭС решалась путем разработки новой концепции построения АСРК и новой линейки оборудования, отличного от эксплуатирующегося в настоящее время и удовлетворяющего всем требованиям современных нормативных документов, в котором сохранена преемственность основных методов эксплуатации и обслуживания. Модернизированная АСРК (рис.1) была разработана на основе следующих базовых принципов:

- архитектура системы должна быть двухуровневой (нижний и верхний уровни).
- базовым элементом нижнего уровня СРК должны быть “интеллектуальные” датчики;
- связь верхнего уровня с нижним должна обеспечиваться без дополнительного оборудования обработки информации;
- каждая точка контроля должна содержать минимальное количество оборудования и нести максимальную функциональную нагрузку;
- оборудование должно обладать высокими надежностными характеристиками;
- оборудование должно соответствовать требованиям современных нормативных документов;
- должна быть предусмотрена возможность выполнения сервисных работ с оборудованием удаленно с АРМ инженерного персонала;
- новое оборудование должно иметь возможность проведения значительного количества операций настройки на предприятии-изготовителе, т.к. длительность периодов ППР короткая.

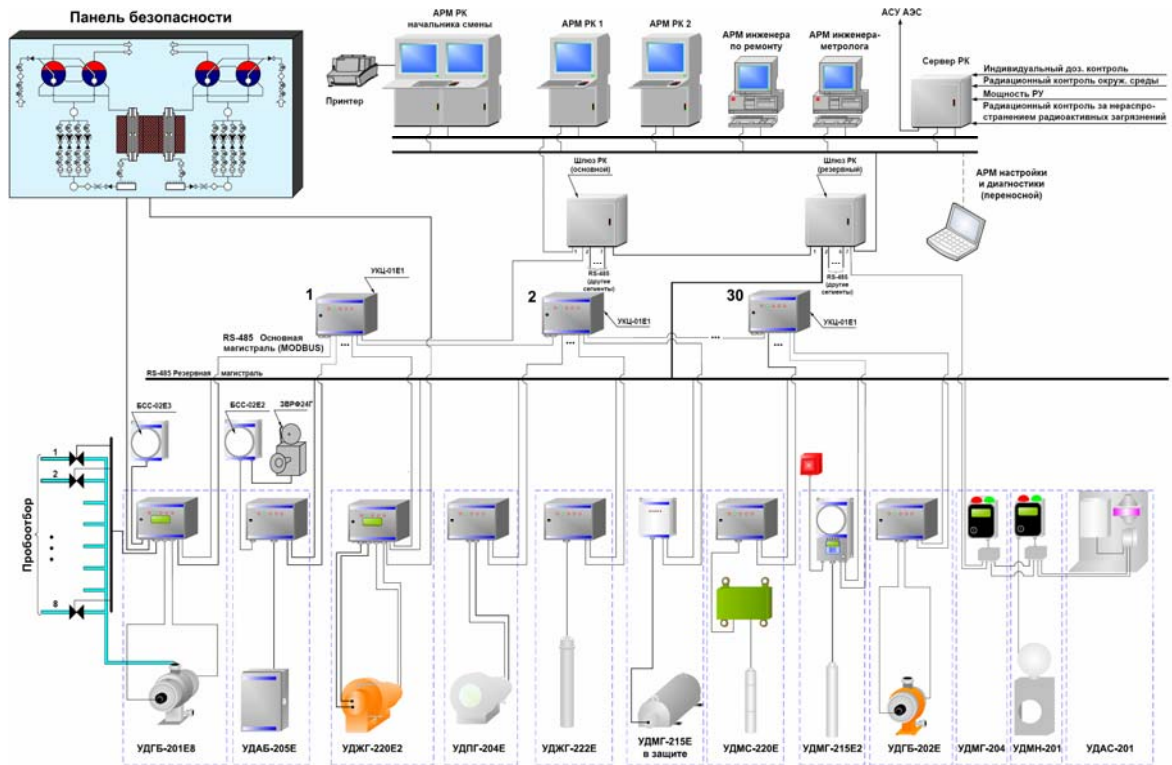


Рис. 1

При разработке оборудования существенно увеличена функциональность оборудования и программного обеспечения, повышена информативность процессов радиационного контроля и степень автоматизации отдельных функций (например, введены автоматическая проверка работоспособности от встроенных контрольных генераторов, процедуры автоматического управления электромагнитными клапанами в линиях газового пробоотбора и т.п.).

В результате разработки новой СРК создана линейка средств измерения с расширенными диапазонами измерения, что позволило сократить количество технических средств в отдельных точках контроля, применить новые технические средства и в составе подсистем нормальной эксплуатации и в составе подсистем безопасности. Новые средства измерения представляют собой программно-технические средства, большинство настроечных параметров которых определяется проектной документацией и не изменяется в процессе эксплуатации. Это позволяет провести значительный объем работ по настройке оборудования при его изготовлении на заводе.

Разработанная СРК имеет два иерархических уровня:

- нижний уровень, на котором осуществляется измерение контролируемых параметров, первичная обработка измеренных значений, представление информации по месту размещения оборудования, световая и звуковая сигнализация о превышении контролируемыми параметрами уставок сигнализации, управление связанным с точкой контроля оборудованием для пробоотбора;

- верхний уровень, на котором осуществляется обработка информации, ее представление, генерация событий об изменениях в СРК, архивное хранение информации, регистрация действий оперативного персонала по управлению работой СРК.

Нижний уровень СРК. "Интеллектуальные" датчики

Нижний уровень СРК строится на основе двух типов подсистем:

- одной подсистемы нормальной эксплуатации;
- одной или нескольких (в зависимости от типа объекта) подсистем безопасности.

Верхний уровень СРК является общим для всех подсистем.

Подсистема нормальной эксплуатации содержит всю АС РКЗ (установки контроля загрязнения кожных покровов и спецодежды персонала, установки контроля за нераспространением радиоактивных веществ за пределы энергоблока и АЭС), основную часть измерительных каналов АС РКП и значительную часть измерительных каналов АС РТК.

Каждая подсистема безопасности содержит особо важные измерительные каналы АС РТК и АС РКП. Подсистемы безопасности дублируют друг друга.

Архитектура разработанной СРК позволяет полностью разделить информационные потоки в подсистеме нормальной эксплуатации от информационных потоков в подсистемах безопасности, а также информационные потоки в разных подсистемах безопасности за счет применения оптически изолированных интерфейсов передачи данных.

Каждая подсистема безопасности содержит в своем составе оборудование для обеспечения централизованного электропитания измерительных каналов с возможностью автономной работы при отключении основного электропитания, которое обеспечивает бесперебойную работу этой подсистемы безопасности.

Подсистема нормальной эксплуатации имеет распределенное электропитание, т.е. оборудование отдельных групп измерительных каналов может быть запитано от отдельных вводов электропитания.

В составе перечисленных подсистем используется однотипное измерительное и вспомогательное оборудование, что повышает степень унификации и сокращает размер необходимого для поддержания эксплуатации оборудования комплекта ЗИП.

В каждой точке контроля используется одно техническое средство – устройство детектирования. При необходимости к устройству детектирования могут быть добавлены блоки световой и звуковой сигнализации, а также оборудование для управления пробоотбором.

Оборудование разных точек контроля не зависит друг от друга, что достигается концентрацией функций в оборудовании каждой точки контроля и высокой степенью помехозащищенности оборудования. Архитектура СРК позволяет подключить оборудование точек контроля таким образом, чтобы исключить их любое взаимное влияние. Таким образом, отказ одного технического средства, входящего в состав одной точки контроля, никак не влияет на работоспособность оборудования другой точки контроля.

Средства измерения, разработанные для новой СРК, не содержат в своем составе радиоактивных веществ (бленкеров), что исключает необходимость контроля активности бленкеров, необходимость замены бленкеров и позволяет измерять значения контролируемых параметров в более широких диапазонах. Контроль исправности средств измерения выполняется от контрольных генераторов (например, интегрированных светодиодов) и по скорости счета в автоматическом режиме.

Верхний уровень СРК. Удобство для персонала

Подсистема верхнего уровня СРК представляет собой набор связанных между собой программно-технических комплексов (ПТК), выполняющих функции сбора, обработки информации, ее визуального представления, архивирования и удаленного управления работой СРК. Базовый набор включает в себя АРМ, выполненные на базе одно- и двухмониторных пультов, шлюзов, серверов и панелей индикации. В состав подсистемы верхнего уровня СРК входит специализированный АРМ для выполнения диагностических работ и удаленного конфигурирования оборудования СРК (структура ПТК верхнего уровня приведена на рис. 2). Кроме того, СРК комплектуется переносной ЭВМ для выполнения вышеуказанных операций по месту размещения оборудования.

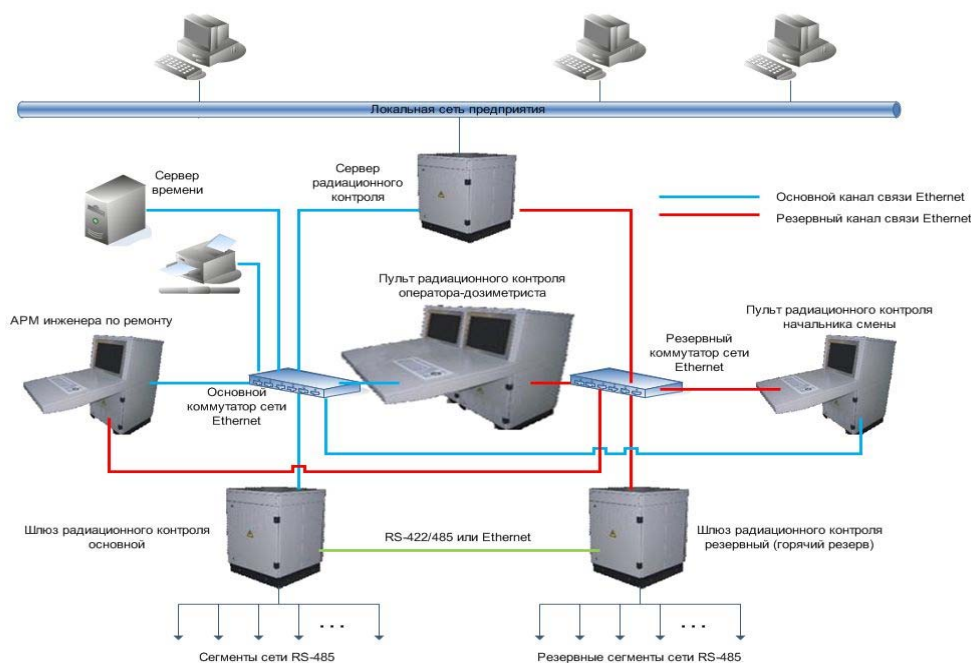


Рис. 2

В состав ПТК ВУ СРК входят ПТС, обеспечивающие:

- непрерывное отображение радиационного состояния контролируемого объекта;
- проведение расширенного тестирования;

- сопровождение операций поверки и калибровки;
- выполнение диагностических работ по удаленному определению типов неисправностей;
- проведение удаленного конфигурирования оборудования точек контроля.

Программное обеспечение обеспечивает охват всех категорий персонала, связанного с эксплуатацией оборудования СРК.

Программное обеспечение СРК выполнено на единой программной платформе, функционирующей под управлением ОС семейства Linux, аттестованное на применение в оборудовании классов 3 и 4 по ОПБ-88/97. Программное обеспечение построено по модульному принципу, что позволяет адаптировать ее к различным структурам СРК и задачам эксплуатирующих СРК служб. В качестве систем управления базами данных могут быть использованы, по желанию персонала АЭС, коммерческая СУБД Oracle или свободно распространяемая СУБД MySQL.

Основные характеристики прикладного программного обеспечения верхнего уровня:

- операционная система на базе ОС Linux с ядром 2.4.x;
- СУБД для ведения архивов Oracle (коммерческая) или MySQL (свободно распространяемая);
- развитые средства визуального представления данных (технологические видеокadres, планировки помещений, видеокadres диагностики оборудования, графики и гистограммы контролируемых параметров, окна контроля и управления);
- отслеживание происходящих в системе событий с механизмом квитирования особо важных для регистрации их в журнале событий;
- поддержка функций управления пробоотбором, диагностикой и конфигурацией оборудования;
- ведение архива;
- формирование отчетов по заданным шаблонам;
- авторизованный доступ, разграничение полномочий управления и защиты от несанкционированного доступа к программному обеспечению.

Обеспечение живучести СРК

Живучесть системы на нижнем уровне обеспечивается за счет:

- применения высоконадежной элементной базы в оборудовании точек контроля;
- дублирования критически важных точек контроля;
- дублирования подсистем, осуществляющих контроль особо важных радиационных параметров;
- дублирования сетей передачи данных;
- дублирования сетей питания.

Живучесть системы на верхнем уровне обеспечивается за счет:

- единства информационного пространства всех программно-технических средств верхнего уровня;
- независимого распределенного хранения архивной информации (в датчиках, на пультах и на сервере);
- резервирования ПТС (шлюзов, пультов и серверов);
- применение RAID-массива для хранения архива сервера;
- непрерывного слежения за работоспособностью каналов сбора информации и автоматического перехода на резервные каналы при обнаружении неисправности;
- автономного питания ПТС в течение 20 мин.

СРК как часть единой АСУ АЭС

СРК является частью информационного пространства АЭС, поэтому подсистема верхнего уровня обеспечивает сопряжение со смежными подсистемами АСУ ТП и АСУП АЭС.

Взаимодействие СРК с АСУ ТП осуществляется путем обмена информацией (сигналами, группами сигналов). В смежные подсистемы АСУ ТП поступают сигналы о превышении контрольных уровней по отдельным точкам контроля, а из смежных систем АСУ ТП принимается информация, необходимая для выполнения расчетов косвенных параметров (например, значения технологических параметров РУ, необходимых для выполнения расчета объема течи теплоносителя первого контура во второй через парогенератор).

Для обеспечения управления технологическим оборудованием передача информации в смежные системы АСУ ТП осуществляется с использованием цепей коммутации типа "сухой контакт", интегрированных в промблоки устройств детектирования. Информация в этом случае выдается в виде дискретных сигналов, соответствующих состоянию радиационных параметров. Информация о значениях контролируемых параметров, сигналы состояния оборудования и контролируемых параметров передается от шлюзов на вычислительное оборудование смежных подсистем. В качестве интерфейсов для сопряжения могут быть использованы применяемые в СРК интерфейсы RS-422/485 и Ethernet.

Обмен информацией СРК и подсистем АСУП осуществляется для контроля и планирования доз облучения персонала, регистрации дефектов и оповещения администрации АЭС о ее радиационном состоянии. Для выполнения этих задач, как правило, не требуется специальное программное обеспечение, т.к. выполнение задач оповещения администрации, регистрации дефектов, учета и планирования индивидуальных доз облучения осуществляется программным обеспечением, поставляемым совместно с операционной системой офисных ЭВМ. В качестве интерфейса для сопряжения используется применяемый в СРК интерфейс Ethernet.

Результаты

В результате решения задачи по разработке новой СРК для нужд модернизации действующих систем радиационного контроля разработан комплекс оборудования, позволяющий эффективно решать различные задачи радиационного контроля для всех используемых в настоящее время типов реакторных установок. Обеспечен высокий уровень отказоустойчивости СРК за счет дублирования оборудования отдельных точек, подсистем, линий связи и электропитания, а также дублирования функций СРК разным оборудованием из ее состава. Кроме того, для оборудования резервной сетей сбора информации постоянно осуществляется оценка его готовности к включению в работу вместо основной сети.

Оборудование СРК соответствует всем современным стандартам в области атомного приборостроения. Соответствие характеристик оборудования подтверждено в ходе приемочных испытаний, проводимых межведомственной комиссией, в состав которой входили инспекторы ФСЭТАН, представители атомных станций и ОАО "Концерн Росэнергоатом".

В результате тесного взаимодействия с персоналом атомных станций, на которых осуществлялась модернизация оборудования, и выбранного подхода к проектированию, оборудование и программное обеспечение получило ряд дополнительных возможностей, изначально не заложенных в требования:

- модульный принцип построения прикладного программного обеспечения;
- автоматическое управление переключением на резервное оборудование (режим горячего резерва);
- подсистема поддержки принятия решений для операторов СРК;
- механизм нарядов выполнения работ в ЗКД;
- ввод и хранение данных периодического радиационного контроля;
- использование объектной модели описания конфигурации системы;
- удаленное управление конфигурацией оборудования нижнего уровня с ПТС;
- планирование задач и выполнение периодических (по времени) задач.