

ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ С КАНАЛЬНЫМИ РЕАКТОРАМИ

Атомная энергетика играет важную роль в современном энергопроизводстве – доля энерговыработки на АЭС в мире достигает 16%. Однако развитие атомной энергетике в последние годы существенно замедлилось. Частично это замедление темпов роста связано с общей тенденцией к стабилизации энергопотребностей, с успехами энергосберегающих технологий. Но главной причиной явились широко распространившиеся убеждения во «вредности» атомной энергетике, сомнения в возможностях достижения приемлемого уровня безопасности АЭС на базе современной технологии.

Большое влияние на отношение широкой публики к атомной энергетике оказали аварии на АЭС. Особенно авария на АЭС ТМІ-2 недалеко от Гарринсбурга (США), произошедшая 28 марта 1979 г., и авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС, случившаяся 26 апреля 1986 г.

Под влиянием этих аварий в ряде стран поднялась широкая волна общественного сопротивления против использования АЭС, возбуждаемая страхами об опасностях воздействия атомной радиации на население и окружающую среду. Эти и другие аварии породили сомнения в зрелости концепций безопасности, заложенных в основы проекта АЭС, достаточности принимаемых мер безопасности.

После этих аварий резко возросла интенсивность научных исследований в области обеспечения безопасности объектов атомной энергетике. Хотя были выявлены недостатки, упущения и даже ошибки в мерах обеспечения безопасности АЭС, но специалисты убедились лишь в том, что разумновысокая степень безопасности АЭС может быть достигнута на основе современных знаний и технологий. Уроки аварий указали на необходимость пересмотра концепций обеспечения безопасности, потребовали повышения свойств самозащитенности реакторов, обеспечения более высокого уровня безопасности благодаря модернизации на действующих в РФ энергоблоках АЭС систем важных для безопасности.

На всех энергоблоках АЭС с реакторами РБМК-1000 эксплуатируется информационно-вычислительная система (ИВС) «Скала», созданная НПП ВНИИЭМ. Эта система является системой нормальной эксплуатации важной для безопасности и обеспечивает

контроль технологического процесса во всех режимах работы энергоблока, включая аварийные. Специфика реактора РБМК поставила особые требования к ИВС, поскольку контроль энергораспределения по каналам реактора требует проведения сложных нейтронно-физических расчетов в оперативном режиме. При модернизации системы «Скала» решалась задача не просто замены физически и морально устаревшего оборудования, а обеспечения безопасности энергоблока АЭС на новом качественном уровне. Третье поколение ИВС – система «Скала-микро» – позволяет существенно повысить безопасность энергоблоков АЭС с РБМК-1000 на базе следующих основных решений:

- объединение устройств системы в единую локальную вычислительную сеть и интеграция с другими системами энергоблока цифровыми интерфейсами;
- создание распределенной вычислительной среды достаточной производительности для обеспечения оперативных расчетов и логической обработки информации;
- повышение оперативности контроля основных параметров энергоблока;
- создание развитой системы информационной поддержки операторов энергоблока;
- повышение оперативности и глубины архивирования диагностической информации;
- дублирование каждого узла локальной вычислительной сети и сегментирования сети для обеспечения надежности системы при единичном отказе;
- совершенствование расчетов энергораспределения по реактору;
- оперативный контроль достоверности информации;
- оперативный контроль системы в процессе ее функционирования и обеспечения информационной поддержки оператора системы;
- обеспечение возможности поэтапной модернизации системы «Скала» с сохранением существующих кабельных связей с датчиками и сигнальными элементами;
- реализация автоматизированной метрологической поверки измерительных трактов;
- оперативная передача информации в отдел ядерной безопасности АЭС и в Кризисный центр для обеспечения мониторинга технологического процесса энергоблока;
- создание и реализация методик верификации системы и валидации расчетов энергораспределения;
- наличие полномасштабного стенда системы в НПП ВНИИЭМ;
- обеспечение рабочего места для отладки новых алгоритмов на

действующем энергоблоке без выдачи несанкционированной информации оперативному персоналу.

Следует отметить, что программа обеспечения качества на стадии производства, действующая в НПП ВНИИЭМ вносит существенный вклад в повышение безопасности энергоблоков. Весь технологический процесс испытаний оборудования на стадии производства (входной контроль комплектующих изделий, ужесточенные приемочные испытания головных образцов, термоэлектротренировка и т.п.) гарантирует надежную работу оборудования на АЭС.

Для устойчивого функционирования системы «Скала-микро» важную роль играет подготовка помещений – обеспечение кондиционирования, антистатического покрытия, экранирование помещений, правильная реализация кабельных прокладок, организация спецконтура заземления, отсутствие источников электромагнитных полей вблизи оборудования системы и т.п.

Для повышения безопасности энергоблока были решены следующие задачи.

Комплексование устройств системы в единую локальную вычислительную сеть и интеграция со смежными системами автоматизации (система управления и защиты СУЗ, защита по технологическим параметрам АЗ-РТ, защита по снижению расхода воды в групповых коллекторах АЗРГК, управляющая система безопасности УСБ-Т) цифровыми интерфейсами позволило реализовать единую базу данных. Источниками информации являются устройства ввода информации и расчетные станции системы «Скала-микро», приемниками информации – рабочие станции отображения, экран коллективного пользования и устройства сигнализации параметров, контролируемых на верхнем уровне системы. Интеграция с системами защиты и управления позволила исключить противоречия, возникавшие ранее из-за использования в системе «Скала» и системах защит и управления разных датчиков для контроля одних и тех же параметров.

Локальная сеть позволила создать распределенную высокопроизводительную среду, позволяющую децентрализовать отдельные алгоритмы обработки информации, и тем самым существенно повысить производительность и оперативность контроля и представления информации.

Соответственно контроль достоверности принимаемой информации и ее первичная обработка реализована в контроллерах устройств связи с объектом, алгоритмы представления информации и интерактивного взаимодействия с операторами реализованы в рабочих станциях отображения, алгоритмы сигнализации индивиду-

альных параметров - в контроллерах устройств автономной сигнализации, алгоритмы расчетов энергораспределения – в рабочих станциях вычисления, алгоритмы контроля и сигнализации поканальных параметров (расход воды, температура газа, коэффициенты запаса до кризиса теплосъема, по линейной нагрузке на ТВС, по температуре графита по мощности канала) – в контроллерах устройства вывода сигналов отклонения, алгоритмы диагностического архивирования – в устройствах диагностической регистрации.

В системе «Скала-микро» реализованы алгоритмы трехмерного расчета энергораспределения (методика 17-767 НИКИЭТ) взамен ранее использовавшихся алгоритмов двумерного расчета. В системе «Скала» трехмерные расчеты не могли быть реализованы из-за ограниченных вычислительных возможностей.

При этом расчет энергораспределения дополнен расчетами важных параметров, требующих знания трехмерного энергораспределения – линейной нагрузки на тепловыделяющих сборках ТВС, выгорания топлива по высоте активной зоны и др.

Результаты модернизации системы «Скала» привели к резкому повышению оперативности и объема контроля информации:

- период контроля расхода воды по каналам реактора и положения стержней СУЗ снижен с 60 до 2 с;
- период контроля индивидуальных параметров – с 10 до 2 с;
- период контроля температурных параметров с 60 до 5 с;
- период оперативного расчета энергораспределения – с 5 мин до 5 с при существенном усложнении расчетов;
- в базе данных представлена информация о дискретных параметрах (положение арматуры и агрегатов, действия операторов и систем защит и управления, индивидуальные сигналы отклонения), которая ранее отсутствовала, с периодом обновления 1 с.

Существенно расширен объем контроля и глубина архивирования диагностической информации.

Объем контроля увеличен в 2-3 раза, глубина архивирования – 30 суток против предусмотренных ранее 30 мин.

Расширение объема контроля, увеличения оперативности обновления базы данных и применение современных средств и алгоритмов представления информации позволило создать развитую систему информационной поддержки операторов на мониторах рабочих станций отображения и экране коллективного пользования. Достигнутая скорость обновления информации обеспечила быструю реакцию системы информационной поддержки на действие операторов и систем управления и регулирования.

Повышена эксплуатационная надежность системы «Скала-микро» по сравнению с системой «Скала». Если в системе «Скала»

отказ отдельного оборудования мог привести к исключению отдельных функций системы на время восстановления этого оборудования, то в системе «Скала-микро» полностью реализован принцип единичного отказа и отказ любого активного или пассивного элемента оборудования, не приводит к ухудшению функционирования системы. Все источники информации дублированы и распределены по двум сегментам сети, предусмотрено два ввода первичного электропитания, рабочие станции отображения распределены также по двум сегментам сети и взаимно резервируют друг друга.

Реализованная еще в системе «Скала» функция контроля системы в процессе ее функционирования развита до уровня информационной поддержки оператора системы, обеспечивая мониторинг состояния системы с рабочего места оператора.

В системе «Скала-микро» реализована функция автоматизированной метрологической поверки измерительных трактов, что позволило существенно сократить трудозатраты на их периодическую поверку.

Локальная сеть системы «Скала-микро» предусматривает доступ к базе данных с рабочих станций станционной сети с защитой от несанкционированной записи информации. Это позволило в отделе ядерной безопасности станции и в Кризисном центре концерна «Росэнергоатом» оперативно получать информацию о ходе технологического процесса и осуществлять мониторинг работы энергоблока. Кроме того, связь с общестанционной сетью обеспечивает возможность валидации расчетов энергораспределения с использованием независимо реализованных алгоритмов расчета и отладку новых алгоритмов на действующем энергоблоке.

Система «Скала-микро» разработана исходя из возможности поэтапного внедрения отдельных ее элементов при отсутствии средств на полную реконструкцию системы «Скала». Наиболее существенной является возможность внедрения локальной вычислительной сети верхнего уровня на действующих системах «Скала» с реализацией трехмерных расчетов энергораспределения и развитой информационной поддержки операторов на дисплейных средствах.

Кроме того, все устройства связи с объектом разработаны исходя из возможности сохранения существующих кабельных присоединений, что резко сокращает время, необходимое на замену оборудования.

В НПП ВНИИЭМ создан полномасштабный стенд системы «Скала-микро». На стенде обрабатываются все новые программно-технические решения, а также исследуются различные коллизии, возникающие в процессе функционирования системы на действующих энергоблоках. В процессе опытно-промышленной экс-

платации системы «Скала-микро» на первом энергоблоке Курской АЭС стенд НПП ВНИИЭМ обеспечил оперативную отработку откорректированных алгоритмов системы.

Система «Скала-микро» успешно прошла опытно-промышленную эксплуатацию на первом энергоблоке Курской АЭС и с декабря 2003 г. находится в промышленной эксплуатации.

Концерном «Росэнергоатом» запланирована реконструкция всех систем «Скала», в том числе – в июне 2004 г. внедряется система «Скала-микро» на 2-м энергоблоке Курской АЭС, а в 2005 г. – на первых двух энергоблоках Ленинградской АЭС.