

Новая технология построения информационно-управляющих ПТК для верхнего уровня АСУТП АЭС

А.Г. Полетыкин (ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН)

Представлена новая информационная технология построения ПТК для верхнего уровня АСУТП АЭС, которая была разработана в Институте проблем управления РАН и успешно внедряется на отечественных и зарубежных АЭС. Формулируются и обосновываются требования, предъявляемые к подобным комплексам. Приводятся описания архитектуры и основных алгоритмов функционирования системы.

Введение

Россия является производителем атомных электростанций, которые размещаются на территории страны и поставляются за рубеж. При этом идет постоянное совершенствование технологии в области создания ядерных реакторов и других компонентов АЭС. В частности, производится модернизация АСУТП. Совершенствование происходит либо эволюционным путем, либо носит характер технических революций. Примером революции является создание принципиально новой АСУТП для энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000. Ее разработка началась около 10 лет назад и в настоящее время первый пилотный проект работает на третьем блоке Калининской АЭС.

Новая АСУТП имеет существенные отличия, среди которых применение программируемой техники и централизованной архитектуры, которая является новой технологией, созданной в России в ИПУ им. В.А. Трапезникова в лаборатории № 31.

Традиционная архитектура АСУТП основана на применении большого числа каналов контроля и управления, которые функционируют параллельно и почти независимо друг от друга. Измеренная информация поступает либо на входы регуляторов, электронных схем технологических защит, блокировок, либо выводится на индивидуальные устройства отображения — стрелочные приборы, самописцы и т. п.

Концентрация информации происходит только в информационно-вычислительных системах (ИВС). При этом ИВС выполняют исключительно информационные задачи (обработку информации и отображение ее на экранах дисплеев для операторов энергоблоков), а с учетом того, что вся информация в объеме, необходимом для управления, представлена также на индивидуальных приборах, задачи эти можно назвать вспомогательными.

Особенности современной программируемой автоматики

Программируемая автоматика имеет массу преимуществ перед автоматикой, основанной на "жестких" логических схемах. Выделим только одно: глубина диагностики, реализованная в современных контроллерах, разработанных для применения на АЭС, позволяет детально идентифицировать неисправности в кана-

лах контроля и управления. Это бесспорное достоинство имеет побочный эффект: глубокая и точная диагностика приводит к увеличению количества информации (сигналов), циркулирующих в АСУТП.

Анализ числа сигналов, выполненный на этапе технического проекта новой АСУТП, показал, что суммарное число сигналов может измениться с 8000 ед. в традиционных АСУТП до 250 тыс. ед. и более в системах с программируемой автоматикой.

Вклад вносят, в частности, следующие сигналы: дополнительные диагностические о состоянии объектов управления и точек технологического контроля; диагностики самой АСУТП; от новых и обновленных подсистем АСУТП (новой системы контроля, управления и диагностики реакторной установки (СКУД), обновленной системы радиационного контроля, новой системы диагностики главных циркуляционных насосов и др.); контроля состояния и отказов вычислительной техники, оборудования вычислительных сетей, устройств архивирования и т.п.; о состоянии и отказах ПО.

Новые функции ИВС

Увеличение на два порядка числа сигналов, циркулирующих в АСУТП, делает невозможным построение пультов управления, в которых традиционные средства регистрации и отображения (самописцы, цифровые приборы, световые индикаторы) выполняют основные функции в обеспечении оперативного персонала информацией. Эти функции должны взять на себя ИВС, которые превращаются в главные средства отображения информации, без которых нормальная эксплуатация АЭС невозможна.

Необходимо, чтобы средства отображения информации ИВС постоянно находились в зоне видимости операторов. Это требование не согласуется с традиционной компоновкой пультов управления АЭС, в которых дисплеи ИВС и органы управления оборудованием (кнопки, тумблеры и т. п.) пространственно разделены.

С учетом того, что органы индивидуального управления отдельными механизмами на традиционных пультах управления АЭС занимают десятки квадратных метров, совместить их в единой зоне видимости с дисплеями ИВС не представляется возможным.

Из этого следует новое требование к ИВС — они должны не только обеспечивать средства отображения информации, но и позволять вводить команды управления.

Таким образом, ИВС трансформируются из информационных в информационно-управляющие вычислительные системы (ИУВС), при этом ужесточаются требования, предъявляемые к ним.

Основные группы требований в ИУВС предъявляются: к надежности; к безостановочной работе в течение 30 и более лет; к гарантированной задержке при передаче информации; к человеко-машинному интерфейсу; к сохранению работоспособности при единичном отказе; к защите от несанкционированного доступа.

Указанные требования носят системный характер, и их можно удовлетворить, только построив систему, которая не только выполняет возложенные на нее задачи по контролю и управлению АЭС, но и обладает также средствами внутренней диагностики, перестраиваемости при отказах, специализированными средствами контроля и управления со стороны эксплуатирующего персонала, собственными средствами защиты оборудования и информации.

Таким образом, ИУВС сама становится не только субъектом управления, но и объектом управления и защиты.

Типовая структура ИУВС

Для решения задачи построения ИУВС, удовлетворяющей всем необходимым требованиям, была предложена следующая типовая структура (рисунок), включающая две локальные вычислительные сети (ЛВС): основную (ЛВС^О) и резервную (ЛВС^Р), при помощи которых элементы ИУВС обмениваются информацией между собой. В состав ИУВС входят два сервера (С^О и С^Р), N рабочих станций (РС₁, ..., РС_N), предназначенных для контроля и управления АЭС; M дублированных шлюзовых компьютеров (Ш₁^О, Ш₁^Р, ..., Ш_M^О, Ш_M^Р), при помощи которых ИУВС присоединяется к другим подсистемам АСУТП и рабочим станциям администрирования программных и технических средств (АТПС) основной (РС^О_{АТПС}) и резервной (РС^Р_{АТПС}).

Общий упрощенный алгоритм функционирования ИУВС состоит из четырех потоков: сигналов контроля состояния АЭС, команд управления оборудованием АЭС, сигналов диагностики ИУВС и команд управления ИУВС.

Поток сигналов контроля формируется в низовой автоматике, которая в АСУТП АЭС разбита на подсистемы, каждая из которых связана с управлением определенными технологическими подсистемами. На рисунке эти подсистемы АСУТП пронумерованы 1...M.

Структура потока от каждой подсистемы АСУТП содержит значения аналоговых и дискретных сигналов, которые циклически передаются в шлюзовые компьютеры. С учетом большого числа сигналов, эти потоки суммарно могут составлять большую величину — до нескольких тысяч в секунду.

Функция шлюзовых компьютеров (шлюзов) состоит в первичном сжатии этих потоков. Для этого применяется алгоритм апертурной фильтрации. Он состоит в том, что каждое последующее значение сигнала сравнивается с предыдущим и проходит через фильтр только в том случае, если новое значение расходитсся с предыдущим более чем на определенную величину (аперттуру).

Расчеты и экспериментальные данные показали, что первичное сжатие способно не менее чем на 70% сократить поток аналоговых сигналов; в 100 раз сократить поток дискретных сигналов, которые формируются на основе данных теплотехнического контроля; и более чем в миллион раз сократить поток сигналов диагностики оборудования АСУТП.

Далее сжатый поток от шлюзов поступает в дублированную пару серверов, которые выполняют функции архивирования и сортировки информации по ее назначению. Информация сортируется на аналоговые параметры, параметры, характеризующие состояние технологического оборудования, на сигнализацию и на вспомогательные информационные сигналы. В частности, на основе значений троированных датчиков формируется одно значение аналогового параметра; на основе нескольких десятков дискретных параметров, характеризующих состояние механизмов, формируются специальные сообщения о состоянии механизма; из полного списка дискретных сигналов, формируемых алгоритмами АСУТП, вычлняются те, которые имеют статус сигнализации и т.д. В результате в серверах происходит значительное уплотнение информации, которая далее поступает на рабочие станции.

Рабочие станции отображают поступающую информацию в сжатой проблемно-ориентированной форме, которая зависит от решаемых операторами АЭС задач и той роли, которую они назначают каждой из рабочих станций, каждому дисплею и каждому компьютерному окну. Таким образом, на заключительной стадии задача сжатия информации решается полуавтоматически, с участием человека. Для решения этой задачи в его распоряжение представляются разнообразные способы представления информации, среди которых выделим следующие:

- функционально-ориентированные мнемосхемы, содержащие тщательно отобранную информацию, необходимую для выполнения технологических инструкций;
- обобщенные мнемосхемы, содержащие основные параметры АЭС, групповую и обобщенную сигнализацию, при помощи которых операторы имеют возможность оценивать общее состояние АЭС;
- протокол текущих событий, в котором представлена сигнализация, с возможностью селекции сообщений по многим признакам: по времени, важности, оборудованию, техническим подсистемам и др.

Человеко-машинный интерфейс включает и прочие способы отображения детальной информации: графики, гистограммы, цифровые индикаторы, табло и т.п.

Обратный поток команд управления оборудованием АЭС начинается на рабочих станциях. Затем ко-

манды поступают в серверы и далее через шлюзы передаются для исполнения в соответствующие подсистемы АСУТП.

Поток сигналов о состоянии типовой ИУВС формируется во всех элементах, представленных на рисунке. В него входят сигналы о состоянии средств вычислительной техники и ПО, в частности: размер свободной памяти, сетевая загрузка, точность синхронизации времени, сигналы о старте/останове программ и др. Кроме того, в поток входит сигнализация о неисправностях технических средств и несанкционированных нарушениях целостности технических и программных средств. Поток поступает в пару резервированных компьютеров $PC_{АТПС}^O$ и $PC_{АТПС}^P$, где информация структурируется и отображается для использования эксплуатационным персоналом.

Поток сигналов управления типовой ИУВС формируется в $PC_{АТПС}^O$ и $PC_{АТПС}^P$ и состоит из двух составляющих. Первая представляет собой сигналы синхронизации единого времени для всех элементов вычислительной техники, изображенных на рисунке. При этом используется механизм синхронизации по протоколу NTP. Вторая составляющая потока содержит команды эксплуатационного персонала по управлению элементами ИУВС. К ним, в частности, относятся команды на старт/останов программ, переключение на работу с основными/резервирующими элементами и др.

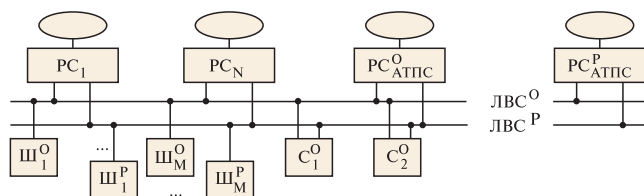
Анализ ИУВС на соответствие требованиям

Рассмотрим вопрос о том, каким образом ИУВС удовлетворяет перечисленным требованиям.

Надежность и сохранение работоспособности объекта при единичном отказе обеспечивается дублированием средств приема/передачи информации в смежных системах АСУТП (шлюзы), дублированием центров обработки информации о состоянии АЭС (серверов), использованием однородной структуры рабочих станций, каждая из которых способна выполнять функции другой, а также дублированием ЛВС.

Способ резервирования элементов ИУВС и независимость резервирующих элементов друг от друга делают возможным выводить любой из резервированных элементов (шлюз, сервер, рабочую станцию, ЛВС) из работы без потери функциональности. Это позволяет осуществлять плановый и аварийный ремонт и замену оборудования без вывода из эксплуатации.

Наличие специализированных средств контроля и управления ($PC_{АТПС}^O$, $PC_{АТПС}^P$) дает возможность вовремя, (с задержкой ≤ 1 мин.) обнаруживать неис-



правности и вовремя производить ремонт. Это обеспечивает теоретически бесконечный срок безостановочной работы системы.

Схема прохождения потоков информации в ИУВС такова, что используются либо основные элементы (шлюзы, серверы), либо резервные. Поэтому выход из строя одного из резервирующих элементов не приводит к деградации используемых вычислительных мощностей и ухудшению временных характеристик системы.

Требования к человеко-машинному интерфейсу удовлетворяются, во-первых, за счет возможности использования нескольких рабочих станций одновременно, а во-вторых, за счет многообразия средств представления информации, настройка которых под ситуацию и решаемую задачу производится с участием оператора.

Требования к защите от несанкционированного доступа обеспечиваются конструкцией технических средств (наличие замков с датчиками, спецпрограмм слежения и охраны данных) и наличием специализированных средств оперативного контроля ($PC_{АТПС}^O$, $PC_{АТПС}^P$), на которые с минимальной задержкой (несколько секунд) выводится сигнализация о несанкционированных проникновениях, что позволяет оперативно принимать необходимые меры.

Заключение

Предложенная типовая ИУВС является новой информационной технологией, которая была применена при проектировании систем верхнего блочного уровня (СВБУ) АСУТП АЭС "Бушер" (Иран) [1 – 6], "Куданкулам" (Индия), блок 3 Калининской АЭС, а также перспективной АЭС-2006.

В настоящее время СВБУ третьего блока Калининской АЭС построена силами НИИИС (г. Нижний Новгород) и ВНИИАЭС (Москва) и введена в эксплуатацию. В 2006 г. силами НИИИС и ИПУ РАН завершается разработка и поставка СВБУ на первый блок АЭС "Бушер". В 2007 г. эти же организации планируют поставить СВБУ на первый и второй блоки АЭС "Куданкулам".

Алексей Григорьевич Поляткин – канд. техн. наук, и.о. зав. лаб. 31 ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН.

Контактный телефон (495) 334-75-71.

E-mail: poletik@ipu.rssi.ru http://www31.ipu.rssi.ru

Уважаемые читатели! Продолжается подписка на журнал "Автоматизация в промышленности" на 2007 г.

Оформить подписку Вы можете:

В любом почтовом отделении

Индексы в каталоге "Роспечать" – 81874,

в Объединенном каталоге "Пресса России" – 39206

В редакции и

Сети Интернет по адресу: www.avtprom.ru