

С.М.Неолов, А.Ю.Рагулин

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

(г. Томск)

Развитие компьютерной техники стимулировало автоматизацию процессов на АЭС и операции, ранее выполняемые оператором. Эту тенденцию усилили различные аварии, которые выявили существенные недостатки традиционных технических средств представления и отображения информации на пульте управления АЭС. Существуют и разрабатываются системы, в которых за оператором сохранено решение задач, связанных с наблюдением и диагностированием /1/.

Назовем некоторые из них /2/:

система анализа аварийных сигналов (*Alarm analysis system*) оповещает персонал станции о состоянии узлов и оборудования АЭС, а также о выходе измеряемых параметров за допустимые границы;

система анализа возмущений (*Disturbance analysis system-DAS*) предназначена для оказания помощи оператору в определении отклонения от нормального режима работы. Система способна подсказывать оператору в нужный момент, как действовать в зависимости от предполагаемого хода событий;

система отображения параметров безопасности (*Safety parameter display system-SPDS*). Задача таких систем - помочь оператору быстро оценить текущее состояние энергоблока для определения степени безопасности. Для этого должна отображаться обобщенная информация, соотношенная по степени безопасности эксплуатации реактора: реактивность системы, состояние системы охлаждения и т.д. Важно отображать предельные значения параметров;

система наблюдений и анализа возмущений (*Disturbance analysis and surveillance system-DASS*). Совмещаются функции идентификации возмущений с наблюдением за состоянием важнейших параметров и подсказкой оператору выдается в виде последовательности действий на идентифицированную неисправность;

система контроля состояния систем безопасности (*Safety system status monitoring*). Безопасность АЭС непосредственно

зависит от работоспособности систем, призванных смягчить или предотвратить развитие аварийной ситуации. В конечном итоге это определяется своевременностью их включения, синхронизации отдельных элементов оборудования (клапанов, задвижек, насосов и т.д.). Система определяет оптимальное, с точки зрения безопасности, управление АЭС в зависимости от состояния различных систем безопасности.

Интенсивно развиваются компьютерные системы поддержки оператора, включающие экспертные системы. Экспертные системы позволяют существенно повысить эффективность работы персонала АЭС и, как следствие, увеличить безопасность, надежность и экономичность АЭС /3/. Особенно необходимо применение экспертных систем в аварийных ситуациях, когда для реальной помощи в принятии решений требуется учитывать не заранее разработанную модель технологического процесса, а модель, сложившаяся у оператора на основе опыта эксплуатации. Важной функцией экспертных систем является выбор необходимых действий по устранению нарушений, причем, используются не только правила, содержащиеся в инструкциях и применяемые при наличии всей необходимой информации, но и правила более высокого уровня, позволяющие принимать решения в условиях недостатка или противоречивости исходной информации.

Система контроля исследовательского теплового реактора (ИРТ) имеет назначение, отличающееся от описанных ранее систем, но основные функциональные задачи, решаемые подобными системами, она выполняет. К ним относятся: контроль технологических параметров ИРТ; вычисление запасов реактивности на органах управления ИРТ до допустимых проектных пределов; помощь оператору при решении эксплуатационных задач; визуализация контролируемых параметров; вывод инструкций по требованию оператора; самоконтроль.

Нормализованные сигналы от детекторов штатной аппаратуры СУЗ и КИП поступают на аналого-диффрецирующий преобразователь с оптической передачей МСВ201. АЦП имеет встроенный коммутатор аналоговых сигналов на 16 каналов. Запуск АЦП осуществляется при включении питания. К ЭВМ (ДВК-3) преобразователь подключен через входной регистр в стандарте КАМАК. Синхронизация АЦП и входного регистра осуществляется программно. При поступлении запроса на опрос АЦП анализируется код номера канала, и при появлении нулевого канала опрашиваются все 16 каналов АЦП. Время преобразования составляет 40 мкс.

Конструктивно аналого-цифровой преобразователь состоит из двух модулей: 1-й – аналого-цифровой преобразователь и передатчик оптических сигналов; 2-й – приемник оптических сигналов, на выходе которого появляется 19-разрядный код. Три разряда не используются, 4 разряда – код номера канала, $11 + 1$ разряд – код преобразованного числа (11 информационных и 1 знаковый). Эти два модуля соединены между собой оптической линией связи. Модуль 1 устанавливается в непосредственной близости от контролируемого объекта, а модуль 2, в связи с оптической передачей, в более безопасном месте. Модуль 2 конструктивно размещен в кювете КАМАК. 16 контролируемых детекторов, сигналы от которых заведены в систему аварийной защиты ИРТ, отображаются на мониторе. По достижении сигнала критического значения срабатывает предупредительная сигнализация. Сигналы, отображаемые на мониторе, сведены в удобную для восприятия таблицу. Смена значений контролируемых параметров происходит каждые 6 секунд.

В плане оказания помощи оператору разрабатывается алгоритмы – чeskое и программное обеспечение прогнозирования динамики реактора, которое позволит рассчитывать глубину йодной ямы, время кратковременной и длительной стоянки $/4/$. Эта задача важна для аппарата любого типа, и особенно исследовательского, в связи с исследовательским характером проводимых на ИРТ работ, приводящим к незапланированным изменениям уровня мощности и непредусмотренным остаткам.

Система контроля каждый час документирует значения контролируемых величин, которые в соответствии с регламентом заносятся в оперативный журнал.

Для своевременного выявления неисправностей в измерительной аппаратуре системы контроля предусмотрен ее самоконтроль. Через определенные промежутки времени входы измерительного тракта программно подключаются к опорному источнику напряжения, и эталонное напряжение сравнивается с измеренным. В зависимости от величины рассогласования принимается решение о корректировке масштабируемых коэффициентов или замене измерительного тракта. При необходимости оператор имеет возможность получить инструкции о работе системы на терминале.

Общение оператора с системой организовано в виде диалога. Оператор отвечает на вопросы системы (при уточнении каких-либо вели-

чин, например, предполагаемого времени остановки для расчета параметров йодной ямы) или отдает команды системе (начать работу, закончить и т.д.).

Расчеты, связанные с моделированием, требуют больших вычислительных мощностей, поэтому будут выполняться на удаленной ЭВМ в замедленном масштабе времени с тем, чтобы не снижать реакцию системы при контроле и отображении параметров безопасности ИРТ. В дальнейшем с целью оказания более полной информационной поддержки оперативного персонала ИРТ предполагается расширить интеллектуальные возможности системы.

Программное обеспечение системы написано в среде операционной системы РАФАС, языки программирования — Макро-11 и Фортран-4.

При контроле таких потенциально опасных объектов, как ядерные реакторы с целью своевременного обнаружения отклонения частота опроса детекторов должна быть максимально возможной. Смена информации на мониторе должна происходить с частотой, достаточной для ее однозначного восприятия оперативным персоналом. При обнаружении отклонения происходит немедленное отображение, включение визуальной и акустической сигнализации (подчеркивание на терминале значения детектора, величина сигнала которого превысила установленный диапазон).

Решение поставленных функциональных задач позволит повысить безопасность и экономичность эксплуатации ИРТ. Модульная организация технических и программных средств системы контроля делает систему открытой, позволяющей достаточно просто увеличивать число контролируемых параметров и наращивать интеллектуальные возможности системы.

Библиографический список

1. *Reitzen G., Marshall B. Evaluating operator support system in realistic conditions at HAMMCRAB // Nucl. Eng. International, 1980, v. 33, N 402, p. 39-41.*
2. Комаревский И.В. Экспертные системы для поддержки оператора в управлении ЯЭУ // Атомная техника за рубежом. М., 1988.
3. Егоров И.А., Чернин А.Э. Тенденции развития автоматизации атомных электростанций за рубежом. М.: Информтрибор. 1987.

4. Владимир В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1986.

УДК 378.681.3

Н.Т.Нечитайло, Б.А.Рыжков

РЕАЛИЗАЦИЯ АУИК НА ОСНОВЕ АНАЛОГОВЫХ
И ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

(г. Томск)

Автоматизированный учебно-исследовательский комплекс (АУИК) создается с целью повышения уровня подготовки специалистов в области автоматизации научных исследований. Комплекс строится на основе стандартных, аналоговых и цифровых средств вычислительной техники информационно-измерительных устройств и электронной аппаратуры различного функционального назначения. Комплекс должен обеспечить освоение типовых этапов выполнения научных исследований, ориентированных на вычислительный эксперимент. Вычислительный эксперимент обычно сопрягается с натурным экспериментом, что способствует более эффективному осуществлению цикла исследования. Выполнение натурального эксперимента связано с измерением, накоплением данных и их последующей обработкой.

Объектами исследования обычно являются сложные системы, математическое описание которых представляет обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных, интегральные и интегродифференциальные уравнения. Особенность таких задач в том, что их решение связано в основном с процессорной обработкой, а на работу периферийных устройств затрачивается мало процессорного времени. Другая особенность этих задач состоит в том, что они требуют решения в реальном времени.

При выборе средств вычислительной техники для моделирования сложных динамических систем обычно исходят из оптимального соотношения между стоимостью вычислений и быстродействием ЭВМ. Для этого рационально использовать аналого-цифровые машины. Преимуществом аналоговых машин является возможность непосредственного подключения реальной аппаратуры исследуемой системы в схему моделирования.