ЭВМ — надежное средство контроля за эксплуатацией АЭС

Г. Ситников*

В последние годы вследствие возросших требований к безопасности реакторов, их готовности и надежности наблюдалось быстрое и существенное совершенствование контрольно-измерительной аппаратуры атомных электростанций. Разработка и проектирование современных высокоавтоматизированных систем стали возможными после внедрения новых методов измерения и контроля одновременно с новыми методами обработки данных, основанными на последних достижениях в области электронных компонентов, преобразователей и вычислительной техники.

В настоящее время появилось новое поколение систем контроля атомной электростанции с использованием ЭВМ, которые удовлетворяют высоким требованиям, предъявляемым к безопасности реакторов, и снижают риск аварий.

Два симпозиума МАГАТЭ по контрольно-измерительной аппаратуре атомных электростанций, состоявшиеся в 1973 и 1978 гг., предоставили широкую возможность для международного обмена информацией в этой области. Третий симпозиум**, посвященный этому же вопросу, проведенный в Мюнхене, также вызвал большой интерес, что нашло свое отражение в количестве и качестве представленных докладов.

Технические заседания показали, что в области техники взаимодействия человека с машиной накоплен полезный опыт. В новых проектах пультов управления широко используются методы числового анализа и учитываются достижения эргономики. Одним из результатов таких исследований стал пересмотр методов эксплуатации. В настоящее время считается важным, чтобы операторы активно участвовали в проектировании пультов управления не только для повышения безопасности и надежности атомных электростанций, но также и для улучшения рабочих условий операторов. Пульты управления настолько сложны, что оправдано создание моделей пультов, несмотря на их высокую стоимость. Большие успехи, достигнутые в настоящее время в проектировании пультов управления, свидетельствуют о том, что прежние пульты во многих случаях следовало бы модернизировать и, возможно, полностью переоборудовать.

*Г. Ситников — сотрудник Секции реакторной техники Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ.

**Международный симпозиум по контрольно-измерительной аппаратуре атомных электростанций был проведен МАГАТЭ в Мюнхене, Федеративная Республика Германии, с 11 по 15 октября 1982 г.

Это только один аспект проблемы старения контрольно-измерительного оборудования атомных электростанций, сооруженных 10–15 лет тому назад. Во многих случаях на этих станциях потребуются весьма обширная модернизация систем управления и контрольно-измерительного оборудования. Такая модернизация практически возможна, так как замена электрического оборудования относительно проста. Однако в некоторых случаях стоимость модернизации может быть чрезвычайно высокой, но получаемое в результате этого повышение безопасности оправдывает такие расходы.

В настоящее время общепризнано, что за время работы атомной электростанции ее контрольно-измерительное оборудование может неоднократно подвергаться переделкам и усовершенствованию. В новых проектах систем управления постоянно учитываются новые технические достижения.

В развивающихся странах возникают некоторые специфические проблемы в связи со строительством атомных электростанций „под ключ”. Техническое обслуживание иногда оказывалось неудовлетворительным из-за слабости вспомогательных служб. Для улучшения рабочих характеристик станции требовались большие капиталовложения, хотя для этого не имелось значительных средств.

Во многих странах проводятся крупномасштабные исследования в области совершенствования систем, помогающих оператору как при нормальных, так и необычных условиях работы станции. Почти все исследования находятся на стадии планирования, проектирования или модельных испытаний, что свидетельствует не только об очень быстром прогрессе в этой области, но также и о том, что еще существует обширная область, где требуются новые идеи или методы. В представленных на симпозиуме докладах описывались некоторые специальные системы, предназначенные для помощи оператору, главным образом для анализа возмущений, индикации параметров безопасности, выработки указаний операторам станции и диагностики состояния станции. Конкретное применение таких систем в различных странах определяется типом реактора, а также нормами безопасности и правилами, существующими в области ядерной техники.

Разнообразие вспомогательных систем для помощи оператору и различие подходов при проектировании свидетельствуют о том, что предстоит еще обширные исследования и что было бы полезным

дальнейшее расширение международного обмена информацией в этой области.

Японскими компаниями разрабатывается система всесторонней помощи оператору на базе ЭВМ (COSS) как для реакторов с водой под давлением, так и для кипящих реакторов. Система включает много улучшенных методов обработки и выдачи информации, широко используя электронно-лучевые трубки и моделирование работы станции. Значительные усилия направлены на разработку путей и средств обеспечения оператора полезной и точной информацией о состоянии станции. Дискуссия показала, что стоимость разработок составит за пять лет около 30 млн. долл. США. Каждый участник этих разработок проектирует свою собственную систему, но придерживается общих целей, заданных в проекте.

Система анализа возмущений STAR, разработанная в Федеративной Республике Германии, является еще одним примером практического внедрения систем, помогающих оператору. Она представляет собой систему автономной обработки базовых данных и разработана в рамках проекта станции с реактором с водой под давлением в Графенрайнфельде. Она может выполнять функции сигнальной системы, анализировать ситуацию после остановки и т.п. В будущем система STAR могла бы применяться для помощи оператору при решении ряда задач. Одной из них может быть система индикации параметров безопасности (SPDS).

Видимо, конструкторы при разработке защитных систем придерживаются общих решений из-за схожести задач, а также потому, что все они располагают одним и тем же набором электронных компонентов и вычислительных машин.

На симпозиуме многие докладчики высказывали некоторую озабоченность в связи с внедрением вычислительных машин и микропроцессоров в защитные системы. Подчеркивалась необходимость как сохранения простоты и тестируемости вычислительных машин и их программного обеспечения, так и необходимость обеспечения функциональных средств и программного обеспечения, обладающих достаточной резервируемостью.

Интересная концепция управляющей системы Zeittechnik (термин, объединяющий все оборудование, необходимое для защиты, управления и наблюдения) для АЭС была разработана фирмой KWU. Эта концепция предусматривает эксплуатационные системы, защитные системы, которые, в свою очередь, подразделяются на ограничивающие системы и защитные системы в более узком смысле этого слова.

Требования безопасности, предъявляемые к этим категориям систем, отличаются на порядки. При такой систематической классификации стало воз-

можным вводить ЭВМ в те системы, которые менее важны для обеспечения безопасности реактора. В ходе симпозиума отмечалось, что ограничивающие системы повышают как работоспособность, так и безопасность станции, так как они реагируют на возмущения прежде, чем последние потребуют осуществления защитных действий, и тем самым помогают операторам избегать ошибок.

Лицензирующие органы находятся лишь на начальной стадии в том, что касается согласия на использование вычислительных машин и программного обеспечения систем на базе ЭВМ. На симпозиуме предлагалось постепенно внедрять ЭВМ, чтобы лицензирующие органы могли привыкнуть к этой практике.

Опыт, накопленный канадскими специалистами при использовании ЭВМ в системах управления реактором и при контроле состояния систем безопасности, показал определенные выгоды, которые можно получить, если поручить ЭВМ задачу управления системами останова реактора. Они надежны, легки при проектировании и обеспечивают лучшее взаимодействие человека с машиной.

Подобные системы с ЭВМ разрабатываются и для быстрых реакторов-размножителей. В будущих системах будут преобладать микро-ЭВМ с соответствующим программным обеспечением. ЭВМ и их периферийные устройства, например, графические цветные электронно-лучевые трубки, станут основным источником информации для операторов этого типа реакторов.

В Японии была разработана усовершенствованная система Nusamp-80 для контроля и управления станцией. В ней предусмотрены системы автоматического пуска и остановки, позволяющие уменьшить риск возможных ошибок и улучшить организацию эксплуатации. Применяемые методы управления главным образом заключаются в слежении с помощью ЭВМ и в прямом числовом контроле. При управлении по методу „точек прерывания” оператор во время пуска и остановки реактора несколько раз информируется о результатах автоматических действий. Затем последующие действия инициируются оператором вручную нажатием кнопок на панели управления. Но наиболее важные операции управления станцией осуществляются автоматическими системами.

Получены новые результаты в технике и в методах измерений, включая различные методы измерения энергораспределения в активной зоне реактора. Интересные результаты в этой области были представлены на симпозиуме канадскими специалистами. Они рассказали о своей экспериментальной и теоретической работе с ванадиевыми, платиновыми и относительно новыми инконелевыми детектора-

ми, которые, по-видимому, имеют 100 %-ное быстрое действие с вполне предсказуемыми характеристиками выгорания. Они предложили особую форму инконелевых детекторов в платиновой оболочке, которые должны обладать динамическими характеристиками, хорошо совпадающими с динамикой изменения мощности в топливных элементах.

В Германской Демократической Республике на реакторах с водой под давлением типа ВВЭР-440 использовались натриевые детекторы, обеспечивающие сами себе энергопитание. Вместе с располагаемыми над активной зоной термодарами они дают хорошую картину энергораспределения.

Выполненные в Венгрии эксперименты показали возможность использования активации ^{16}N для измерения расхода теплоносителя в водоохлаждаемом реакторе. Эксперименты на исследовательском реакторе дали точность около 2 % при времени измерения 60 с.

Дискуссии на симпозиуме по вопросам надежности, аттестации и ремонтпригодности выявили опасения главным образом по поводу аттестации, однако по-прежнему остается проблема применения анализа надежности в области контрольно-измерительных систем.

Во Франции разработана новая система защиты реактора Sp1n, предназначенная для применения на всех новых французских атомных станциях мощностью 1300 МВт с реакторами с водой под давлением. Эта система состоит из четырех резер-

вируемых логических блоков. Каждый блок содержит один микропроцессор и два резервируемых устройства для приведения в действие двухканальных систем безопасности. Процесс аттестации, осуществляемый одновременно с разработкой системы, в настоящее время достиг стадии проверки функциональных характеристик для первой серии. Сейчас система готова для работы в неавтономном режиме на первых блоках мощностью 1300 МВт, на нее получена лицензия Центральной службы безопасности ядерных установок.

Канадский опыт с распределительными системами на базе ЭВМ в будущем будет использован при модернизации систем управления канадского тяжеловодного уранового реактора Канду. Первым шагом является применение для сбора данных на более старом исследовательском реакторе распределительной сети из шести процессоров. В дальнейшем в этой системе будет усовершенствовано выявление отказов и повышены возможности восстановления.

На симпозиумах острую дискуссию вызвали проблемы, связанные с лицензированием и разработкой методов поверочных испытаний, анализом влияния отказов и способов обслуживания. Эти проблемы кажутся серьезными, но считаются разрешимыми. В настоящее время ожидается, что системы управления на базе ЭВМ найдут практическое применение в ближайшем будущем, как только будут разрешены проблемы лицензирования, взаимодействия человека с машиной, включая планировку новых пультов управления и подготовку операторов.