



Операторы пультов управления уже сегодня получают выгоду от применения электроники и вычислительной техники. Завтра роботы типа Odex смогут помочь персоналу АЭС в обслуживании, инспекциях оборудования и других работах.
(Источник: Atomic Industrial Forum, Inc. inset, Odetics, Inc.)



Ядерная энергетика и революция в электронике

От видеосистем к роботам: электронные системы, влияющие на эксплуатацию АЭС

Л. Константинов, Дж. Джустен, В. Небоян

Одним из преобладающих аспектов улучшения эксплуатации атомных электростанций в последние 20 лет является стремительное развитие и использование компьютерной технологии, которые приводят к быстрым изменениям в конструкциях контрольно-измерительных приборов и систем управления и защиты (КИП и СУЗ).

В настоящее время предъявляются все более жесткие требования к высокой надежности и улучшению экономических показателей оборудования КИП и СУЗ, используемого для достижения высокого уровня готовности и экономичности АЭС. Чтобы удовлетворить эти требования, большие усилия затрачиваются для использования в ядерных реакторах, в первую очередь в реакторах небольшого размера, новинок электроники, потребляющих мало энергии и хорошо защищенных от вредного воздействия окружающей среды АЭС.

Есть, например, микрокомпьютеры, которые могут работать от встроенных источников питания и не зависят от перебоев с электроэнергией, случающихся на АЭС. Они также исключительно надежны: время отказа в 10 – 100 раз меньше, чем у обычных компьютеров, и среднее время службы сравнимо со временем службы АЭС.

Растущее использование компьютеров нашло также свое отражение в деятельности по контролю и управлению эксплуатацией АЭС. Существенный прогресс был достигнут во вспомогательных системах реакторов. Главными целями этого развития в настоящее время являются анализ неисправностей и диагностика АЭС. Появление микропроцессоров в системах защиты облегчает применение на практике стратегии „защита в глубине”, которая обеспечивает принятие лучшего решения и предотвращает необязательные остановки реактора, увеличивая таким образом степень готовности станции.

Микрокомпьютеры и другая вычислительная техника, как, например, интегральные схемы, требуют введения нового элемента — математического обеспечения, — который тоже может выйти из строя, точно также, как и другие компоненты

системы. Это, в свою очередь, приводит к необходимости проведения проверки программ вычислительных машин, и эта проблема будет более сложной с усложнением систем.

В своем развитии системы управления на базе ЭВМ уже прошли три этапа развития, или, как говорят, сменились три поколения. Надежность предыдущих поколений, так называемых централизованных систем, оказалась в целом ниже, чем надежность самих реакторов и их главного технологического оборудования.

В начале 80-х годов появилось новое поколение систем управления АЭС. Эти системы являются рассредоточенными и благодаря своим важным преимуществам открывают новую эпоху в компьютеризации АЭС. Они разгружают центральный компьютер для более сложного и тонкого анализа технологических процессов, оставляя обслуживание всех вспомогательных функций периферийным микропроцессорам. Таким образом они распределяют нагрузку между центральными и периферийными процессорами в иерархической структуре, которая значительно увеличивает надежность всей системы.

Системы безопасности

До недавних пор ЭВМ не использовались в специальных системах безопасности. Новая технология управления не применялась в ядерной промышленности по целому ряду причин, которые включают вопросы стандартизации, длительный промежуток времени между первоначальной разработкой и изготовлением и сомнения в безопасности и надежности новых систем. Результатом накопленного опыта применения прямого управления на базе цифровой техники в системах регулирования реактора стало появление компьютеров для контроля за состоянием систем безопасности, для принятия решений, связанных с безопасностью, и появление полностью автоматизированных систем останова реактора.

Разработки в этих областях требуют значительных усилий в развитии стандартов для технических средств и математического обеспечения систем безопасности, для получения полного одобрения со

Проф. Л. Константинов — заместитель Генерального директора МАГАТЭ, директор Департамента ядерной энергии и безопасности, г-да Дж. Джустен и В. Небоян — сотрудники Департамента.

стороны лицензирующих органов. Внедрение вычислительной техники в системы, важные с точки зрения безопасности, происходит быстрыми темпами в нескольких странах.

К достоинствам систем, основанных на ЭВМ, относятся:

- Очень компактная конструкция
- Легкий обмен логических схем
- Простое применение различных методов самодиагностики
- Высокая надежность
- Возможность записи параметров после останова реактора
- Возможность проведения более сложных математических вычислений
- Возможность введения новых защитных функций в системы безопасности.

Благодаря применению вычислительной техники в системах, важных для безопасности, степень готовности и безопасность АЭС улучшаются, так как отклонения в режиме эксплуатации ликвидируются прежде, чем они приводят к активации систем безопасности, и таким образом помогают оператору избежать ошибок.

Анализ флуктуации мощности

Помимо сказанного, быстрое развитие микроэлектроники позволило сконструировать системы, в которых обследование компонентов АЭС может происходить в режиме on-line. В этой связи примером может служить техника анализа флуктуации мощности (шумов), которая применяется в системах контроля АЭС. Эта техника позволяет обнаружить возникновение дефектов на ранней стадии; тем самым повышаются безопасность и готовность станции. Большое количество экспериментов с нейтронами, температурой, давлением и акустическими шумовыми сигналами, проведенных в различных лабораториях, наряду с хорошей работой экспериментального оборудования для анализа шумов, объясняет тот факт, что некоторые страны уже начали, а другие близки к практическому применению систем контроля, основанных на аппаратуре анализа шумов.

Тренажеры

Достоинства дешевых и высокопроизводительных ЭВМ и быстрое развитие техники моделирования способствовали развитию тренажеров для АЭС. Со времени проведения МАГАТЭ в 1976 г. первого совещания специалистов по тренажерам для обучения операторов АЭС большое количество новых тренажеров вступило в строй и был накоплен значительный опыт в их эксплуатации. В настоящее время в мире уже действуют или сооружаются около 100 полномасштабных тренажеров АЭС, и их количество быстро растет. Используется также

большое количество тренажеров, неполностью имитирующих работу АЭС. Следует сказать, что применение тренажеров является важной частью обучения операторов в большинстве стран, имеющих или планирующих начать программы по ядерной энергетике.

Взаимодействие человека с машиной

Принимая во внимание растущую сложность АЭС в целом и, соответственно, возрастающую сложность процессов познания человеком вопросов контроля управления и диагностики станций, становится совершенно ясным, почему сейчас так много внимания уделяется проблеме взаимодействия человека с машиной как при нормальной работе станции, так и при возможных аварийных ситуациях.

Необходимость улучшения взаимодействия человека с машиной возникла недавно, так как ошибка человека оказалась одной из основных причин возможного возникновения аварий. Это было подтверждено исследованиями по анализу риска, также как и опытом, полученным в результате анализа аварии на Три Майл Айленд и других аномальных явлений на АЭС.

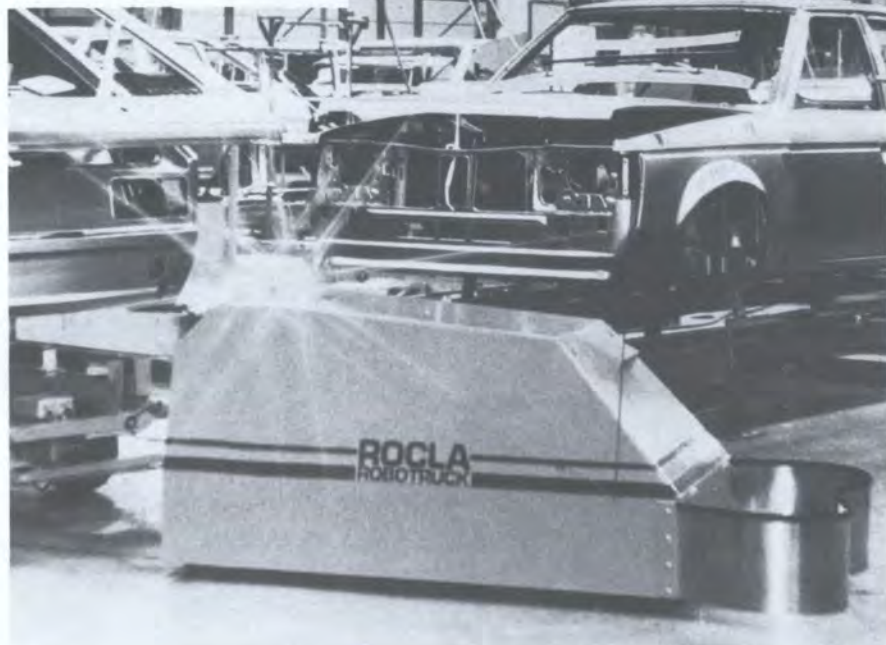
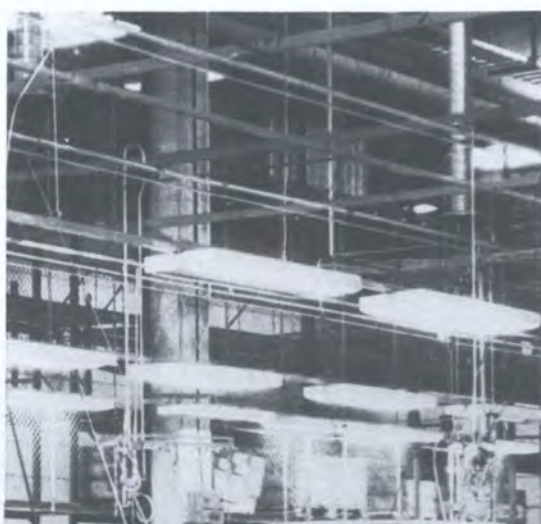
В то же время вопросы взаимодействия человека с машиной играют все более заметную роль при появлении новых систем КИП и СУЗ, полнее удовлетворяющих требования оператора. С помощью компьютеризованных вспомогательных систем оператор получает информацию о состоянии АЭС, принимает решения, производит действия по восстановлению режима станции и наблюдает результат.

Первые результаты, полученные в этой области, кажутся обнадеживающими для внедрения новой технологии и методов в очень важной сфере коммуникаций человека с машиной. Но нам еще не хватает опыта, чтобы ответить на вопрос, как пульт управления будет выглядеть в будущем.

Роботы и дистанционные системы

Значительные достижения в робототехнике также связаны с прогрессом в электронике. Еще недавно действия роботов ограничивались рамками научно-фантастической литературы. Индустрия изготовления роботов развивалась медленно из-за их ограниченного применения и высокой стоимости разработок. Теперь, однако, происходит быстрое развитие робототехники, по мере того как электроэнергетическая промышленность приступает к рассмотрению вопросов потенциального использования роботов на АЭС.

Одна из очевидных причин такого сдвига заключается в возможности роботов работать в опасных условиях на АЭС — средах с высокими температурой, влажностью и уровнем радиации. Человеку в таких условиях работать тяжело, качество его тру-



Примеры повышенного интереса к роботам в промышленности и ядерной энергетике: робот работает на линии по сбору автомобилей в Финляндии, испытания робота Odex в Институте энергетических исследований, США.

(Источник: Tech. Ops, Inc. inset, Odetics, Inc.)

да невысокое, и порой его деятельность невозможна или сильно затруднена из-за защитной одежды.

В некоторых случаях роботы могут делать такую работу, которую люди просто не в состоянии выполнить. В других случаях, благодаря роботам, можно уменьшить простой оборудования. Например, некоторые операции по наблюдению и обслуживанию в защитной оболочке реактора, которые обычно осуществляются при его останове, могут быть выполнены роботами в рабочем состоянии реактора. Другое преимущество роботов в том, что они не боятся усталости или в „плохом настроении” и могут работать непрерывно во время простоя реактора. В ядерной промышленности, где измерения по гарантии контроля качества важны, но часто очень дороги, они обеспечивают надежность, точность и многократность измерений.

Работы, проводимые во всем мире по оптимизации и уменьшению доз облучения до уровня „низкого в той мере, насколько это практически достижимо” (принцип ALARA), создают дополнительный стимул для развития робототехники. Для дезактивации АЭС TMI-2 уже используют или намереваются использовать 6 роботов. В ноябре прошлого года, например, инспекционный робот RRV был помещен в радиоактивное здание реактора. Со

времени аварии в 1979 г. здание практически не осматривалось, т.к. не было необходимых технических средств, за исключением небольших оптических зондов. В современных разработках в области применения роботов в ядерной индустрии можно выделить три направления: контроль, инспекции и техническое обслуживание. Большое количество прототипов роботов было разработано и испытывается на практике для целей контроля и инспекций. Типичным примером является робот, который может постоянно контролировать радиацию, температуру и относительную влажность. Робот может подниматься по лестницам, преодолевать низкие, тесные проходы, улавливать утечки пара с помощью акустических датчиков, читать замеры с помощью видеокамер и брать до 18 проб-мазков радиоактивного загрязнения.

Небольшие подвижные роботы также разрабатываются для охранных функций, таких как патрулирование по периметру здания. Хотя роботы уже используются для контроля сварки корпуса реактора, разрабатываются новые роботы для контроля других сварочных соединений, таких как заваренные части треснувших трубопроводов в реакторах с кипящей водой.

Применение робототехники для обслуживания ядерных установок — одна из наиболее обещающих областей будущих разработок. Роботы, оборудованные брандспойтами высокого давления, уже использовались в 1983 г. для дезактивации стен и пола на ТМІ-2, а сейчас подготавливается дистанционный скребковый механизм для применения в подвале защитной оболочки реактора. Недавно появились роботы для контроля и ремонта труб парогенератора, избавившие людей от необходимости проникать в зону с высокой радиацией. Исследования показывают, что в течение года цена работа для дезактивации реактора и обслуживания болтовых соединений упадет. Ожидается также, что применение роботов для контроля сварки перспективно с точки зрения уменьшения времени простоя.

Конечной целью развития робототехники будет скорее всего разработка машин с искусственным интеллектом, способных действовать полностью автономно, с возможностью самодиагностики. Следовательно, будущее робототехники лежит в укреплении союза искусственного интеллекта с машиной. Хотя и ожидается, что к концу века будут широко использоваться роботы, управляемые оператором,

практическое применение автономных роботов произойдет на десять или двадцать лет позже.

Все эти новинки, конечно, очень дорогие и при разработках требуют значительного применения рабочей силы, что является обременительным даже для развитых стран. В такой ситуации для всех стран, особенно для развивающихся, могло бы быть выгодным присоединение к политике МАГАТЭ по расширению международного сотрудничества и обмену опытом в этой области.

С начала 70-х годов МАГАТЭ провело серию совещаний специалистов и симпозиумов по КИП и СУЗ с целью обмена технической информацией. Так как наблюдается быстрое развитие электронных компонентов и программируемых процессоров, во всем мире растет интерес к применению роботов как в ядерной индустрии, так и в других сферах. Агентство планирует провести в 1987 г. международную конференцию на тему: „Взаимодействие человека с машиной в ядерной индустрии; КИП и СУЗ, роботы и искусственный интеллект”. Статьи, опубликованные в этом выпуске *Бюллетеня МАГАТЭ*, могут рассматриваться как базис для обсуждения многих вопросов на предстоящей конференции.

