

Надежность системы «Человек-машина»

Развитие атомной энергетики, космической техники и сверхзвуковой авиации потребовало создания надежных систем «человек-машина».

В аварийной или просто оперативной ситуации существует вероятность ошибки, источником которой может стать человек. Поэтому значительного увеличения надежности можно добиться путем введения в систему не только конструктивных и схемных изменений, но и новых определенных принципов представления информации оператору на основе алгоритмов диагностирования, прогнозирования и локализации аварийных ситуаций.

Компьютерные технологии и графика, бесспорно, расширяют перечень возможных принципов отображения информации.

1. Принцип своевременности обуславливается быстродействием системы информационной поддержки, ее алгоритмами подачи данных, принятой глубиной прогнозирования и диагностирования технического состояния механизмов и систем. Управление на основе устаревшей информации может оказаться хуже, чем полное отсутствие управления.

2. Принцип доступности предусматривает выдачу на экраны изображений легко опознаваемой и запоминаемой формы в виде набора цифр, мнемознаков, графиков, пиктограмм. С системой поддержки могут работать специалисты различной квалификации. И если выданные рекомендации неясны оператору, то он должен иметь возможность через подсистему объяснений получить необходимую информацию.

3. Принцип достоверности достигается правильным выбором информативных параметров для диагностирования и прогнозирования технического состояния; применением классических законов теплотехники, физики, автоматики, механики при разработке различных алгоритмов; проверкой работы алгоритмов на имитационных моделях; проверкой показаний датчиков и каналов измерений.

Умение операторов быстро выявить неисправный датчик — одно из условий обеспечения ядерной безопасности.

Методы контроля датчиков и каналов измерений.

1) Сравнение значений телеизмерений с контрольными.

Данный метод контроля датчиков автоматизированной системы информационной поддержки операторов (АСИПО) может быть реализован тремя способами:

- снятие показаний со штатных приборов и доклад оператору энергетической установки;
- проверка контролируемых параметров при помощи переносных приборов;
- контроль за состоянием рабочей среды на основе дополнительного анализа в лабораториях.

2) Метод текст-сигналов для контроля каналов измерений.

В информационной цифровой системе «Ротор» такой метод называется *реперным контролем*.

Сигналы реперного контроля поступают на вторичный преобразователь датчиков (ВПД) всей группы параметров одного массива от системы «Ротор».

При получении сигнала реперного контроля ВПД отключается от первичного преобразователя. В полном объеме реперный контроль всех каналов проводится при неработающих технических средствах во время регламентного контроля. При работающих контролируются те ВПД, работа которых вызывает сомнения. Вторичные преобразователи, потеря информации с которых наиболее опасна, выводятся из группы реперного контроля. После отключения первичного преобразователя от измерительной схемы на выходе ВПД появляется сигнал, равный 50 процентам от максимального значения. Сигнализаторы проверяются на срабатывание на «1», если контролируемый параметр меньше установки, и на снятие сигнала на «0», если контролируемый параметр вышел за значение установки.

3) Обработка параметров телеизмерений при мгновенном достижении определенных предельных значений и отсутствии хотя бы небольших колебаний параметров. Такой метод определения дефектных датчиков возможен для целого ряда режимов. Действительно, быстро не может измениться температура, мгновенно увеличиться расход рабочей среды или давления.

Однако из практики известны случаи быстрого уменьшения информативных параметров, что для

многих операторов составляет непростую задачу. В дискуссиях о роли и месте информационных систем поддержки операторов всегда встает вопрос о юридической основе рекомендаций, выдаваемых для операторов на экраны. Обоснованность рекомендаций может решить специальная комиссия экспертов в процессе имитационного моделирования. В свою очередь рекомендации могут быть объективными только на основе достоверной информации. Для выполнения этих условий необходимо, чтобы в системе информационной поддержки была подпрограмма контроля каналов измерений, а также параметрическая избыточность.

4) Сравнение дублированных сигналов.

В том случае, когда сравниваются сигналы двух датчиков и один из сигналов отличается больше нормы, срабатывает сигнализация неисправности одновременно двух каналов. Оператору необходимо провести дополнительные мероприятия, чтобы определить неисправный канал. Такой метод используется в системе «Бриг».

5) Эталонные модели.

а) Уравнения ларных и множественных регрессий как эталонные модели для проверки датчиков.

Парные регрессии связывают показания датчиков друг с другом.

Проверка заключается в периодическом сравнении текущих показаний датчиков с их оценками по математическим моделям. Если показания какого-либо датчика недопустимо отклоняются от оценок, полученных по уравнениям регрессии, то он признается неисправным. Показания считаются ошибочными, и вместо них при контроле за работой энергоблоков используют оценки, полученные по уравнениям регрессии.

б) Статические характеристики первичных и вторичных преобразователей, графические зависимости парных регрессий.

В банке данных систем поддержки могут храниться статические характеристики устройств, а также графические зависимости парных регрессий как эталонные характеристики. Это дает возможность оператору в любой момент вызвать на экран необходимые эталонные характеристики и не только оценить исправность каналов измерений, но и определить величину погрешности.

4. Принцип полноты предполагает хранение такого количества информации в базах данных знаний, которая обеспечивала бы безаварийную эксплуатацию технических средств. Информация на экранах должна представляться в таком виде, количестве и последовательности, чтобы свести к минимуму диалоговый режим оператора с компьютером при изменении режима работы.

5. Принцип определенности предусматривает, во-первых, обеспечение однозначного восприятия подаваемой информации в виде пиктограмм, мнемосхем, гистограмм, графиков, таблиц с учетом привычных стереотипов и ассоциаций.

Это достигается применением известных символов и формул, а также соответствующей тренировки на понятийных тренажерах. Во-вторых, определенность выдаваемых рекомендаций должна обеспечиваться на основе многокритериальных оценок при принятии решений. Особенно это важно при распознавании различных ситуаций и прогнозировании дрейфа параметров и развитии событий. В-третьих, оператор должен иметь возможность при помощи подсистемы объяснений получить нужные разъяснения по выданной информации.

6. Принцип кратности предусматривает оптимизацию состава информационных элементов, выдаваемых на дисплей. Такой объем данных составляет семь-восемь блоков в виде набора знаков, графиков, гистограмм. Это свойство особенно важно в аварийных ситуациях. Следует избегать избыточности как при выдаче рекомендаций, так и при построении вспомогательного диалога.

7. Принцип декомпозиции нисходящей предполагает последовательное разбиение сложных структурных схем, систем и алгоритмов на автономные подсистемы и простейшие узлы с учетом причинно-следственных связей. Этот принцип необходим при локализации аварий, поиске дефектов, регламентном контроле, работе с базами данных и знаний, изучении комплексных систем управления.

8. Принцип синтеза предусматривает последовательное формирование сложных структур систем и механизмов на дисплее с учетом причинно-следственных, статических, кинематических связей, начиная с простейшего узла или устройства. Он может использоваться при изучении режимов работы комплексных систем управления, при их регламентном контроле, функциональной проверке локальных регуляторов комплексных систем, при изучении конструкции и взаимосвязи узлов сложных механизмов, используя технологию сборки.

9. Принцип пространственного соотношения элементов предполагает изображение объектов на картах, механизмов, датчиков, блоков систем, распределительных щитов на дисплее с учетом их функциональных связей и геометрического расположения в энергоблоках АЭС. Такой принцип представления информации повышает эффективность изучения метрологического обеспечения энергетической установки, ее режимов работы, обеспечивает быстрое принятие решений при организации борьбы за живучесть технических средств.

10. Принцип акцента предусматривает применение мигания мнемознаков, пиктограмм, информационных окон при появлении отклонений от установленного значения, изменения цвета мнемознаков и информационных окон на экранах. Все эти изменения возможны в сопровождении звукового сигнала различной тональности.

11. Принцип регулирования интенсивности потока сигналов позволяет изменять частоту кадров изображения информации на дисплее как в зависимости от исполнения команд операторами, так и с заданной скоростью. Однако заранее определить оптимальную скорость изменения информации на экране очень сложно. Для одного оператора заданная скорость будет оптимальной, а для другого нет. Поэтому на дисплеях АСИПО информация должна изменяться после исполнения оператором выданных рекомендаций. В свою очередь численные значения параметров на экране должны меняться в реальном масштабе времени согласно режиму работы.

12. Принцип наглядного отображения алгоритмов решения предусматривает такое представление информации, которое позволило бы без ошибок выполнять все необходимые операции в строгой последовательности для решения эксплуатационных задач. Представление алгоритма решения задачи должно быть двух видов.

Во-первых, отображается весь алгоритм решения задачи, начиная с причины. Далее, одна-две промежуточные наиболее важные операции и конечная цель в данном алгоритме. Блок-схема находится на экране до выполнения поставленной задачи.

Во-вторых, используя принципы декомпозиции, синтеза, акцента на экране отображаются все операции с использованием мнемосхем, пиктограмм, таблиц коммутационного состояния. При этом оператор должен выбрать режим работы АСИПО: режим «Подсказка» или режим «Самоконтроль». Режим «Самоконтроль» можно сделать основным, то есть на экран с определенной скоростью выдается информация согласно алгоритму автоматически. Причем этот алгоритм можно повторить два-три раза. В режиме «Подсказка» следующий блок информации на экране появится после команды оператора.

13. Принцип распределения информации во времени предполагает, что информация может разделяться на ретроспективную (протоколы параметров и событий прошлых суток, месяцев), текущую и прогнозирующую (прогнозирование дрейфа информативных параметров и событий). В свою очередь текущая информация к операторам может поступать порциями согласно алгоритмам решения задач.

14. Принцип разделения информации в пространстве предусматривает ее разделение между операторами технических средств и оператором технического диагностирования.

Дисплей целесообразно разделить на три части. Верхняя часть экрана (три-четыре строки) для директивных указаний и рекомендаций оператора технического диагностирования.

Средняя — для отображения текущего состояния и представления различных алгоритмов.

Нижняя часть экрана — для передачи данных в локальную сеть (две-три строки). В случае когда ди-

рективные указания отсутствуют, на их месте могут изображаться информационные параметрические окна для диагностирования систем.

Возможен другой принцип разбивки экрана, их может быть даже несколько в зависимости от режима работы. Но все эти принципы разбиения должны быть хорошо освоены операторами. Это очень важно для исключения ошибок при восприятии информации.

15. Принцип комбинирования детальных и интегральных информационных потоков подразумевает изображение информации по изменению комплекса параметров на основе графа причинно-следственных связей. Численные значения параметров могут быть представлены в виде таблицы, специальной матрицы или совместно с мнемосхемой объекта и иметь распределительный вид. Такое представление данных весьма информативно и позволяет оператору эффективно решать вопросы диагностирования технического состояния и прогнозирования событий.

В процессе эксплуатации технических средств автоматизированная система информационной поддержки операторов должна выдавать четыре типа информации:

- прогнозирующую;
- диагностическую;
- командно-информационную;
- справочную.

Все эти типы реализуются на основе изложенных принципов.

Прогнозирующая информация выдается на экраны всех операторов с целью спрогнозировать возникновение отдельных отказов и аварийных ситуаций, заранее определить возможные последствия этих аварий, вычислить дрейф информативных параметров.

Диагностическая информация поступает в первую очередь на экран оператора технического диагностирования. На экраны других операторов она выдается для оперативной диагностики.

Командно-информационные сообщения выдаются на экраны для всех операторов и должны помогать локализовать аварийные ситуации.

Справочная информация составляет основу базы данных автоматизированной системы информационной поддержки операторов. Чем полнее последняя, тем успешнее можно реализовать принципы доступности, достоверности, полноты и определенности.

*Николай ГРУНТОВИЧ,
доктор технических наук,
профессор кафедры электроснабжения Гомельского
государственного технического университета
имени П. О. Сухого,*

*Оксана ЧАУС,
инженер*