

Н. Я. ФЕСТА
(Москва)

**ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ТОЧНОСТИ
СРЕДСТВ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ***

Достигнутый в настоящее время уровень надежности и точности измерительных средств во многом тормозит дальнейшую автоматизацию химической промышленности.

Приводятся экспериментальные данные по надежности средств сбора информации. Показывается, что наиболее реальным и целесообразным путем повышения надежности является резервирование элементов замещением с восстановлением отказавших элементов. Рассматриваются требования к точности средств информации и некоторые пути ее повышения. Обсуждается целесообразность перехода от измерительных приборов к измерительным системам, которые не только измеряют параметры технологического процесса, но и производят первичную обработку информации.

Развитие систем управления химическими производствами выдвигает ряд важных научных и инженерных проблем в области приборостроения.

Наиболее острой в настоящее время, пожалуй, является проблема надежности систем управления. Дело в том, что в развитии химических производств имеют место две противоречивые тенденции. С одной стороны, непрерывно повышаются требования к надежности систем управления в связи с увеличением мощности отдельных технологических объектов и переходом к непрерывным производствам и агрегатным схемам. При этом отказ систем управления влечет за собой все более существенные экономические последствия. С другой стороны, снижается фактически достигаемая надежность систем управления, так как круг функций, выполняемых системами управления, непрерывно расширяется, растет число элементов систем, причем главным образом за счет все более сложных элементов, таких как анализаторы качества, вычислительные устройства. Эта ситуация вызывает обоснованную тревогу.

Важный аспект этой проблемы — наличие прямой связи между целесообразным уровнем автоматизации производственных процессов и достигнутым уровнем надежности средств автоматизации.

Рост автоматизации повышает эффективность производства, но в то же время сопровождается увеличением издержек производства, вы-

* Материал доложен на VI Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений в сентябре 1964 г. в Новосибирске.

званных потерями при отказе автоматических устройств и затратами на их эксплуатацию. Таким образом, каждому достигнутому уровню надежности соответствует определенный оптимальный уровень автоматизации, превышение которого приводит к снижению эффективности производства. В ряде высокоавтоматизированных химических производств современный уровень надежности систем управления сдерживает дальнейшее повышение уровня автоматизации.

Исследование экономической эффективности автоматизации и потерь в производстве, вызванных отказами систем управления, показывает, что для создания высокоавтоматизированных производств необходимы элементы (датчики, регуляторы и др.) с показателем надежности порядка 3—5 тыс. суток средней наработки на отказ.

Результаты годичной подконтрольной эксплуатации 5 тыс. приборов на нескольких химических заводах показали, что фактически достигнутый сейчас показатель надежности составляет в среднем 150—250 суток наработки на отказ, т. е. более чем на порядок ниже требуемого. Особенно неблагоприятно положение с измерительными приборами и главным образом с датчиками состава веществ.

Приведенные цифры о средней наработке на отказ относятся лишь к отказам типа поломок и не учитывают отказов типа выхода показаний приборов за пределы установленного класса точности.

Специальные стендовые испытания четырех типов приборов (регулятора перепада давления, регулятора уровня и двух газоанализаторов) с общей наработкой около 70 тыс. приборочасов, показали, что более 95% отказов составляют отказы типа выхода из класса, а отказы типа поломок не превышают 3—5%.

Это означает, что истинная надежность измерительных приборов примерно еще на порядок ниже надежности, приведенной по результатам подконтрольной эксплуатации, а также свидетельствует о ничтожных запасах точности в имеющихся измерительных приборах. Вывод один — необходимо принимать энергичные меры для повышения надежности элементов систем управления.

Исследуя надежность находящихся в эксплуатации приборов, можно увидеть, что показатель надежности для одних и тех же приборов на разных заводах различен. Это свидетельствует о значительном влиянии на надежность условий эксплуатации приборов и качества ухода за ними.

Для повышения надежности приборов большую роль могло бы сыграть создание благоприятных условий эксплуатации путем размещения приборов в специальных, хорошо вентилируемых и термостатированных помещениях. Однако в настоящее время при проектировании систем для управления химическими производствами это не учитывается.

В связи с выносом большей части технологического оборудования новых заводов на открытые площадки (что дает большой экономический эффект и, вообще говоря, возможно только при условии надежной действующей автоматизации) многие приборы устанавливаются на открытом воздухе. При этом, во-первых, они подвергаются сильным климатическим воздействиям, а во-вторых, эксплуатация их (проверка, уход, профилактический и текущий ремонт на месте) затрудняется. Установка приборов совместно с аппаратурой не в специальных помещениях для большинства химических производств требует взрывозащищенного исполнения. Разумеется, сроки и стоимость разработки таких приборов резко возрастают. В 5—10 раз увеличивается вес приборов. Стоимость электрических взрывозащищенных приборов в среднем в два раза выше тех же приборов в нормальном исполнении. А поскольку дос-

туп к таким приборам для их обслуживания практически исключен, надежность их значительно снижается.

Уделяя большое внимание разработке и производству систем управления, мы не занимаемся сколько-нибудь планомерно исследованием наиболее рациональных методов эксплуатации этих систем, в результате чего технический уровень эксплуатации практически уже многие годы не повышается и не соответствует новым задачам в области управления производством.

Итак, для обеспечения требуемой надежности систем управления необходимо повысить надежность элементов на один-три порядка, чего в ближайшие годы вряд ли удастся достигнуть. Поэтому очень важно для повышения надежности систем управления использовать возможности структурного характера, заключающиеся в основном в резервировании малонадежных элементов.

Для химических производств наиболее целесообразным является как прямое, так и косвенное резервирование способом замещения с восстановлением отказавших элементов. При таком способе резервирования степень повышения надежности однократно резервированного элемента примерно равна отношению средней наработки на отказ нерезервированного элемента к среднему времени восстановления отказавшего элемента. Это означает, что на повышение надежности резервированных систем совершенно одинаково влияет как увеличение средней наработки на отказ элементов, так и уменьшение среднего времени, необходимого для их восстановления.

Исследования ремонтпригодности около 5 тыс. приборов показали, что время восстановления отказавших элементов колеблется в пределах от 0,5 до 10 час в зависимости от типа прибора, причины отказа, места установки прибора и квалификации обслуживающего персонала. Эти цифры свидетельствуют о возможности большого повышения надежности систем управления посредством резервирования. Так, например, при однократном резервировании элемента или системы со средней наработкой 100 суток на отказ и временем восстановления порядка 2,5 час надежность резервированного элемента или системы может возрасти в 1000 раз, т. е. составит 100 000 суток.

В настоящее время ведутся исследования экономической целесообразности такого способа повышения надежности, связанного, естественно, с определенным удорожанием систем управления. Результаты сбора статистических данных по ряду производств показывают, что потери в производстве, вызванные отказами систем управления, колеблются в широких пределах, например для аммиачного производства — от 20 до 3700 руб. на один отказ.

Принимая среднюю наработку на отказ системы управления, состоящей из четырех элементов, равной примерно 50 суткам и среднюю стоимость такой системы в 1000 руб., приходим к выводу, что экономически целесообразно использовать резервирование на объектах, для которых математическое ожидание средней стоимости отказа системы управления превышает 50—100 руб.

Этот весьма эффективный путь решения проблемы надежности выдвигает ряд новых требований к приборам. Основным является требование автоматической подачи сигнала отказа, а для сложных устройств — и индикации неисправности. По нашему мнению, практические результаты работ в области прогнозирования и индикации отказов еще очень незначительны. При разработке новых приборов следует обратить особое внимание на повышение их ремонтпригодности путем широкого использования модульного принципа конструирования с возможностью

быстрой замены отказавшего модуля. И наконец, для использования резервирования надо разработать надежные переключающие устройства. Следовательно, для осуществления резервирования необходимо наличие информации о состоянии систем и реализация некоторого алгоритма переключения основных и резервных элементов.

Заслуживает особого внимания проблема точности измерения. Расчеты показывают, что снижение себестоимости продукции крупнотоннажного химического производства на один процент, достигнутое в результате применения систем оптимального управления, окупает затраты на создание подобных систем примерно за 1—2 года. Казалось бы, это открывает широкие возможности применения оптимального управления в химической промышленности, но использовать их, к сожалению, мы не всегда можем. Практически снижение себестоимости продукции химических производств может быть достигнуто только в результате лучшего использования сырья и энергии, так как материальные затраты в себестоимости продукции составляют в среднем 80—90%. Поэтому определение себестоимости продукции сводится к измерению отношения стоимости затраченного сырья и энергии к стоимости полученного продукта. Погрешность измерения этого отношения представляется собой сумму погрешностей нескольких измерительных приборов, контролирующих количественные и качественные показатели потоков. Погрешность измерителей расхода жидкостей и газов, применяемых в химической промышленности, составляет 2—5%, а приборов для контроля состава веществ — 3—10 и более процентов.

Оценка себестоимости продукции по показаниям измерительных приборов имеет сейчас погрешность порядка пяти и более процентов. Поэтому системы оптимального управления используются только в тех случаях, когда резервы снижения себестоимости очень велики. Там же, где фактически достигнутые расходные коэффициенты близки к теоретическим или колеблются в пределах нескольких процентов, оптимальное управление неприменимо, так как оптимум режима невозможно выделить на фоне погрешностей измерительных приборов. Для создания эффективных систем оптимального управления необходимы приборы с погрешностью измерения на один-два порядка точнее существующих.

Повышение точности измерительных приборов является сейчас исключительно актуальной и сложной проблемой. Для ее решения необходимо прежде всего внести ясность в некоторые вопросы метрологии.

Выдаваемая приборами информация не всегда соответствует измеряемым величинам. Так, прибор для измерения расхода газа в действительности измеряет перепад давления на диафрагме, пьезометрический уровень — давление столба жидкости, а не уровень. Большинство приборов для измерения состава жидкостей и газов измеряет не состав, а какое-либо свойство вещества. Измеритель электропроводности мы называем концентратомером, измеритель теплопроводности — газоанализатором, измеритель скорости распространения ультразвука — измерителем степени полимеризации и т. д.

В основе всех этих измерений лежит предположение о наличии однозначной зависимости между указываемой и фактически измеряемой прибором величинами. Но эта однозначность условна. В действительности ее нет, а границы условности, как правило, четко не определены. Следовательно, принимая такие измерения, мы заранее вводим в них методические систематические погрешности, величина которых чаще всего нам неизвестна. Эта метрологическая путаница чревата многочисленными последствиями и в первую очередь тормозит решение проблемы повышения точности измерений.

Какие же пути повышения точности представляются наиболее эффективными? Основную долю (70—90%) погрешности определения оценок оптимальности протекания технологических процессов составляют систематические погрешности и дрейф характеристик измерительных приборов, остальные 10—30% — случайные погрешности, шум. Выражая критерии оптимальности процессов через непосредственно измеряемые физические величины, получая по ним информацию и производя соответствующие вычислительные операции, можно в несколько раз снизить систематические погрешности определения. Применяя устройства автоматической проверки и периодической коррекции характеристик измерительных приборов, можно устранить влияние дрейфа. После этого приобретает смысл и может дать значительный эффект фильтрация случайных погрешностей путем соответствующей статистической обработки информации.

Кроме того, для снижения погрешности многих измерений существенную роль, как известно, может сыграть сужение диапазонов измерения путем повышения чувствительности измерительных устройств. Эта мера не получила распространения, так как при отклонениях измеряемой величины за пределы узкого диапазона информация о ходе процесса исчезает. Однако использовать сужение диапазона измерения возможно, если придать приборам свойство адаптации. Диапазон измерения прибора должен в этом случае автоматически изменяться соответственно диапазону изменений измеряемой величины. Работы в этом направлении уже ведутся.

Таким образом, складывается представление о необходимости перехода от измерительных приборов (в том виде, в каком они сейчас выпускаются) к измерительным системам, состоящим из датчиков первичной информации, преобразователей и устройств переработки этой информации на основе элементов вычислительной техники. Структура таких систем и алгоритмов переработки первичной информации должна определяться алгоритмом управления и динамическими характеристиками контролируемого процесса. При этом избыток информации, необходимый для повышения точности измерения, должен быть одновременно использован и для повышения надежности измерительных систем.

Такой подход к проектированию измерительных систем предъявляет к приборам новые требования. Они должны из современных измерительных приборов с законченным циклом измерения превратиться в типовые элементы — модули измерительных систем с нормализованными параметрами входов и выходов, с четко определенными характеристиками точности, надежности, динамики.

Важнейшей для развития автоматизации является задача снижения стоимости систем управления. В проектируемых сейчас химических производствах затраты на автоматизацию составляют 15—25% от стоимости технологического оборудования и имеют тенденцию дальнейшего роста. Высокая стоимость средств автоматизации ограничивает внедрение автоматизации, особенно в малотоннажных производствах.

Существующий в настоящее время подход к созданию измерительных устройств (кстати, составляющих львиную долю в стоимости систем управления) стимулирует непрерывный рост номенклатуры измерительных приборов. Особенно это относится к приборам для контроля состава веществ. Поскольку конструкция или параметры прибора для измерения содержания какого-либо компонента в смеси зависят от физической природы этого компонента, его содержания в смеси, а также от состава самой смеси (состава неизмеряемых компонентов), то, по существу, для каждой точки контроля состава сейчас создается специаль-

ный прибор. Стоимость разработки и изготовления таких уникальных или мелкосерийных приборов чрезвычайно велика. Сложна организация их разработки и изготовления. Весьма затруднена эксплуатация их на химических заводах.

Назрела настоятельная необходимость максимально унифицировать измерительные устройства и на этой основе резко повысить серийность и снизить себестоимость их производства.

Переход к измерительным системам на основе датчиков измеряемых физических параметров веществ открывает возможности для широкой унификации элементов систем управления и существенного снижения их стоимости.

В заключение позволю привести еще один довод, говорящий в пользу создания таких систем. В настоящее время при проектировании систем управления химическими производствами (в результате того, что первичная информация выдается отдельно по каждому контролируемому параметру и в виде, почти не переработанном для целей управления) предусматривается переработка почти всей первичной информации в центральных управляющих устройствах. Это усложняет центральные устройства, снижает надежность систем управления и т. д. Измерительные системы, осуществляя переработку большей части первичной информации на месте, могут выдавать в центральные управляющие устройства концентрированную информацию о ходе технологических процессов. Работы по созданию таких систем находятся в настоящее время еще в самой начальной стадии.

Наряду с поисками конструктивных решений для элементов таких систем начаты исследовательские работы по созданию теории синтеза структур измерительных систем.

Таким образом, развитие измерительных систем для управления технологическими процессами химической промышленности, представляющей самые разнообразные и наиболее сложные в промышленности производства, выдвинуло на первый план требования коренного повышения надежности и точности средств получения информации. Пути решения этой проблемы, по нашему мнению, лежат в кибернетическом подходе к проблеме измерения и комплексном решении вопросов надежности, точности и стоимости информационных систем.