

Ю. А. АЛАБУЖЕВ

(Новосибирск)

**ЛОКАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
В ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ****ВВЕДЕНИЕ**

При рассмотрении проблем автоматизации научных исследований (АНИ) приходится сталкиваться с рядом противоречий, затрудняющих интеграцию методов и средств решения даже внешне родственных задач. Одно из них заключается в специфике работы экспериментатора, имеющего дело, как правило, с оригинальной конструкцией (схемой) установки и незнакомой информацией. Техническая незавершенность, неустановившиеся режимы опытов, элементы новизны и неопределенности препятствуют своевременному созданию системы автоматизации эксперимента (САЭ). Окончательная формализация алгоритма управления установкой может совпасть с завершением исследования, а сами требования оказаться настолько своеобразными, что предусмотреть их бывает затруднительно. Неоднозначна роль и значимость отдельных контролируемых величин, что также не способствует обобщению решений САЭ. В таких условиях ситуативные и основанные на личном опыте приемы фильтрации и оценки результатов измерения существенно отличают интересы и поведение исследователя от положения оператора, обязанности которого в основном состоят в наблюдении за исправным функционированием систем контроля и регулирования в условиях регламентированных испытаний или производства. Если тем не менее автоматизировать лабораторный объект необходимо, приходится учитывать, что суммарный экономический эффект отдельных контуров управления по стадиям процесса можно представить в виде ниспадающей экспоненты, в то время как суммарная стоимость разработок контроля и управления растет примерно пропорционально объему работ [1]. (Уместно заметить, что для механизации химического эксперимента нужны специальные технологические узлы, измерители и регуляторы неэлектрических величин с электрическими информационными и управляющими сигналами; это составляет отдельную проблему для установок лабораторного масштаба.) Подобные объективные обстоятельства и анализ практических запросов убеждают, что первоочередные потребности экспериментатора обращены на повышение производительности и метрологического уровня, прежде всего, измерительных процедур, а среди них — носящих познавательный характер. Полная автоматизация установки представляется целесообразной при неизбежности комплексного решения техники сложного эксперимента или при необходимости в длительном изучении конкретного процесса.

Исследовательские объекты, сопряженные с ЭВМ, представляют новое направление в АНИ. Накопленный опыт показывает, что наибольшая эффективность таких систем достигается там, где реализуются принципиальные достоинства вычислительной техники — быстродействие, объем и сложность обрабатываемой информации. В практике лабораторных работ значительную долю составляют относительно простые и типовые измерения, нуждающиеся в дополнительных и чаще всего несложных расчетах. Совокупность подобных объектов в случае их непосредственной связи с универсальной машиной может составить главным образом «объем». Помимо низкого коэффициента использования ЭВМ, при такой организации САЭ изменение программы отдель-

ного опыта требует обновления алгоритма взаимодействия с машиной; для исследователя это наиболее удобно в «диалоговом» режиме связи с вычислительной техникой. Необходимость в специальных узлах сопряжения вызывает коренную реорганизацию аппаратурных средств абонента. Если это достаточно ординарные объекты, то в соотношении к сложности и высокой стоимости такого способа АНИ это мероприятие может не оправдать надежд, в том числе и из соображений надежности, так как при случайном отказе системы работа на периферии приостанавливается из-за потери текущей информации, а всякое более или менее продолжительное отключение от ЭВМ возвращает эксперимент к самой примитивной форме его ручного проведения. К сожалению, подобные вопросы иногда остаются в стороне из-за недостаточно обоснованного выбора технических средств и игнорирования показателей рентабельности САЭ. По-видимому, в решение задачи о том, как измерить интересующие параметры не только точно, но и быстро, просто, экономично, определенный вклад могут внести такие локальные устройства, которые в состоянии избавить экспериментатора от рутинного труда и обеспечить представление информации в более совершенной форме, чем та, какой располагают эксплуатируемые приборы. При этом желательно, чтобы эти устройства были пригодны не только для вновь создаваемых САЭ, но и для модернизации измерительной части существующих исследовательских объектов.

За основное назначение локальных измерительных систем (ЛИС) можно принять обработку исходной аналитической информации на таком уровне, чтобы потребитель мог использовать экспресс-результаты на месте, а при необходимости в массовых или оперативных расчетах передать укрупненные данные в вычислительный центр. Такие устройства можно рассматривать в качестве нижней ступени в структурной иерархии систем АНИ. Вследствие этого дифференцированный подход к индивидуальным задачам должен сочетаться с их определенными системными решениями, в частности, с обеспечением унифицированной формы укрупненных данных и наличием нормированных информационных и управляющих сигналов в «критических» точках ЛИС. В целом САЭ и ее элементы должны удовлетворять условию агрегируемости со стандартными средствами автоматизации [2, 3].

Ряд измерений в химических исследованиях имеет близкий характер информационных зависимостей $U(t)$: гладкие, однополярные, относительно продолжительные сигналы; различное число индивидуальных сигналов (компонентов), образующих в одном цикле измерения спектр; большой полный диапазон выходных величин. Достаточно однообразны и определяемые параметры $U(t)$ — «площадь» под функцией, амплитудные значения сигналов. Для автоматизированной обработки данных одной из таких аналитических методик — газовой хроматографии — предлагается специализированный комплект технических средств. Основные узлы ЛИС испытаны в реальных лабораторных условиях и могут быть применены в измерительных системах с аналогичным характером информации.

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ХРОМАТОГРАММ

Наиболее типичные хроматографические спектры имеют следующие параметры: число компонентов от 1 до 10—15; продолжительность отдельного сигнала T_c (в терминологии аналитиков — «пика») от 2 до 20—30 с; протяженность анализа в пределах часа, диапазон выходного напряжения детектора (катарометра) от десятков мкВ до сотен мВ. Эта конкретизация не препятствует рассмотрению возможностей ло-

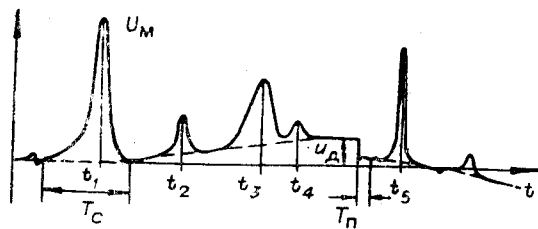


Рис. 1.

кальных ИС с несколько отличными з ту или другую сторону параметрами $U(t)$.

Регистрируемому спектру (рис. 1) свойственны помехи в виде монотонного смещения базовой («нулевой») линии u_d и относительно высокочастотного шума, а также настолько близкое расположение смежных

сигналов, что возможно образование между ними общей зоны. Искомыми величинами является одна из численных характеристик $U(t)$: а) интегральное значение отдельных пиков S_i ; б) амплитудные значения U_{m_i} ; в) амплитуда U_{m_i} и время t_i , отсчитываемое от некоторого условного момента t_0 ; амплитуда U_{m_i} и среднеквадратичная ширина пика σ_i (под величиной σ подразумевается полуширина пика на уровне U_m/\sqrt{e} или его ширина на уровне $0,882 U_m$). Эти данные являются отправными для окончательных расчетов.

Достоверность в получении любой из перечисленных величин с помощью локального устройства зависит от степени отклонения спектра от «идеальной» формы (отдельные хроматограммы могут быть настолько искажены, что их расшифровка под силу только ЭВМ). ЛИС не подменяет вычислительную технику, и ее возможности определены следующими ограничениями на характер информации:

дрейф выходной величины датчика мал, по крайней мере, в течение наиболее продолжительного сигнала спектра;

прочие помехи имеют отличительные признаки;

степень слияния смежных компонентов такова, что их раздельное интегрирование допустимо производить по перпендикуляру из общей точки $d/dt=0$.

Для большинства случаев эти условия вполне реальны (последнее может не выполняться при измерении амплитудных значений пиков). Анализы имеют тенденцию к убыстрению, и, следовательно, удельный вес дрейфов уменьшается; высокочастотные всплески и колебания (см. рис. 1) имеют место главным образом в отсутствие полезных сигналов, так как, кроме помех случайных, представляют собой отклики анализатора на различные операции подготовки к измерениям — переключение газовых потоков, чувствительности, ввод пробы и т. п. Можно также констатировать, что при соизмеримых амплитудных и скоростных параметрах продолжительность помех T_n , как правило, меньше наименьшей длительности полезного сигнала $T_{c \text{ мин}}$. Взаимосвязь между полезными и паразитными сигналами, их причинность и характер позволяют выбрать наиболее эффективный способ механизации измерений.

При соблюдении названных ограничений от системы автоматизации хроматографического анализа можно потребовать:

защиту вычислительного устройства от воздействия помех;

автоматизированный выбор чувствительности измерительного тракта с представлением искомых величин в приведенных (масштабированных) значениях;

визуализацию и документирование результатов измерения;

применение технических средств (из числа нестандартных), которые, учитывая их массовость, были бы достаточно просты и воспроизводимы.

К этим требованиям следует добавить еще одно, которое при всей своей тривиальности имеет большое значение: в аналоговой части ИС должна быть исключена ручная подстройка «нуля». Это составляет не только предмет удобства при работе с анализатором: если спектро-

грамма «упорядочена» привязкой к базовой линии, то вычислитель (измеритель) не нуждается в введении поправок и, следовательно, интегратор или вольтметр ЛИС может быть ориентирован на выполнение основной операции.

Система для предварительной обработки аналитических данных состоит из конструктивно и функционально автономных узлов. Поэтому рассмотрение ее содержания можно начать с блока автоматической настройки.

Автоматическая предустановка измерителя.

Обеспечение готовности анализатора к работе приведением его выходной величины к исходному значению характерно не только для газоанализаторов; требования к блоку автоматической настройки (БАН) достаточно общи:

устройство должно исключить традиционную форму ручной установки базовой линии в пределах, не меньших, чем несколько диапазонов наиболее чувствительных шкал измерителя;

процедура побуждения автоподстройки должна быть простой и удобной с возможностью внешнего запуска;

погрешность установки «нуля» во всем диапазоне действия БАН не должна превышать порога чувствительности измерительного устройства.

В основу способа автоподстройки, отвечающей этим требованиям, положен известный принцип вычитания из величины дрейфа u_d величины u_k , которая, в свою очередь, представляет собой усиленную разность $u_d - u'_k$. Структурная схема такого устройства показана на рис. 2, а. Помимо усилителя рассогласования и вычитающего звена, она содержит долговременное аналоговое ЗУ (ДАЗУ) и ключ между ДАЗУ и УПТ. На рис. 2, б изображена схема аналогичного назначения для восстановления равновесия измерительного моста с помощью управляемого элемента $Z = f[K(u_d - u'_k)]$ (полевой транзистор). Процесс автонастройки заключается в кратковременном ($T_{рв}$) замыкании цепи УПТ — ДАЗУ, что приводит к срабатыванию петли отрицательной обратной связи и уменьшению паразитного смещения выходной величины в $\sim K$ раз. После размыкания ключа корректирующее воздействие может сохраняться в течение десятков минут [4].

В каждом конкретном случае может быть использован любой способ установки «нуля», но первый вариант схемы упрощает подключение БАН к эксплуатируемым приборам и обслуживание одной ЛИС нескольких анализаторов. К тому же шунтирование преобразовательных элементов моста вызывает неконтрольное изменение параметрической чувствительности датчика [исключение составляют схемы, в которых подстроечные элементы возможно сосредоточить в пассивной ветви (см. рис. 2, б)]. Однако при использовании мостового детектора и автоподстройки с вычитанием u_d ограничиваются пределы действия БАН: катарометр обладает мультипликативной погрешностью, вследствие чего большие колебания начального разбаланса $u_0(u_d)$ нежелательны [5]. По этой причине, а также с точки зрения практически обнаруживаемой нестабильности приемлемой и достаточной можно считать коррекцию дрейфа в диапазоне ± 10 мВ. Как правило, это перекрывает 5—10 наиболее чувствительных шкал анализатора. В условиях, когда полезный сигнал заведомо не достигает границы линейного преобразования детектора, диапазон компенсации u_d может быть увеличен в несколько раз.

Селекция пиков. Основными критериями дискриминации полезных сигналов и помех обычно служат превышение напряжения U_c фикси-

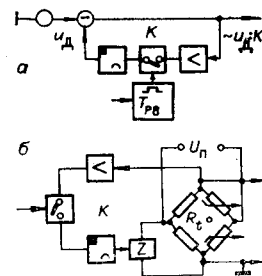


Рис. 2.

рованного уровня и скоростные данные $U(t)$. При известных способах обнаружения отклонения по производной сигнала, будь то определение du/dt [6], приращения dF/dt или dT/dt в частотных системах [7], измеряются и сопоставляются отстоящие на интервал t_k величины u_i и u_{i+1} . Техника этих различных методов имеет много общего. Так, при циклическом аналого-цифровом преобразовании $U(t)$ нужны оперативное ЗУ и устройство цифрового сравнения. Аналогичные блоки сопоставления и схема частотомера необходимы для оценки f_i и f_{i+1} ; соотношение смежных периодов $1/f_i$ и $1/f_{i+1}$ нуждается в измерителе интервалов. Как АЦП, так и частотный преобразователь с измерителем f_i или $1/f_i$ должны обладать высокими качествами, соответствующими требованию повышенного разрешения (выявляемые приращения по выходу детектора находятся на уровне долей мкВ/с).

Сложность и громоздкость средств измерения и сравнения ординат $U(t)$ представляют определенное противоречие в отношении конечной цели, так как требуется зафиксировать лишь факт изменения d/dt . Используя это обстоятельство, технику обнаружения пика возможно упростить за счет приемов, выявляющих только качественную сторону в поведении функции (экстрематоров). Для этого можно воспользоваться, например, узлами временной задержки (блоками запаздывания), которые широко применяются при моделировании на аналоговых ВМ и могут быть как непрерывного, так и дискретного действия. Свойства первых заключаются в возможности задержать сигнал на некоторое время τ с сохранением его основных параметров; имея исходную $U(t)$ и задержанную $U(t-\tau)$ функции, достаточно найти их разность, чтобы получить интересующую зависимость d/dt [8]. Ко второй группе таких устройств относятся схемы с запоминанием (в аналоговой форме) мгновенных значений $U(t)$. Способы построения с их помощью экстрематоров упоминаются в [7]; можно только добавить, что в отличие от цифровых такие экстрематоры не имеют погрешности квантования $U(t)$ по уровню. Здесь целесообразно показать модернизированный вариант подобного устройства.

Если ступенчатое преобразование $U(t)$ (рис. 3, а) получено с помощью емкостного ЗУ, конденсатор $C_{зн}$ которого с частотой F_k на время t_s подсоединяется к источнику сигнала, то при выполнении условия $1/F_k = t_s \gg t_k$ и после дифференцирования такой функции могут быть выделены собственно перепады Δ (см. рис. 3, б). Импульсы легко поддаются усилению — важное преимущество с точки зрения увеличения чувствительности метода, после чего появляется возможность сформировать интервалы t_1-t_2 и t_3-t_4 , которые соответствуют нарастающей и ниспадающей ветвям пика (см. рис. 3, в, г). Практически нет нужды воспроизводить сигнал в том виде, как он показан на рис. 3, а: схема дифференцирования с одновременным запоминанием

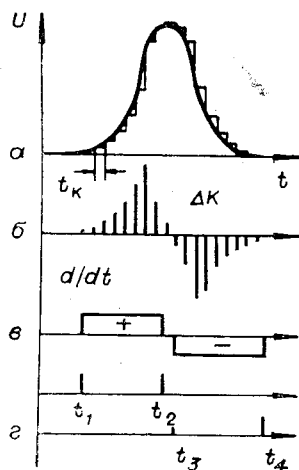


Рис. 3.

импульсы $\Delta = u_{i+1} - u_i$.

Независимо от типа экстрематора блок селекции должен быть защищен от ложных срабатываний. Один из способов увеличения помехоустойчивости заключается в контроле за абсолютным значением сигнала. Но селекция по уровню не спасает вычислительное устройство от ложной информации, если амплитуда помехи превысила установленный порог. Дополнительным признаком распознавания полезных сигналов и помех могут служить

их интегральные значения. Наибольшая эффективность селекции достигается в сочетании перечисленных мер с контролем за реальным ходом измерительного процесса по известному «расписанию» выхода пиков спектра [9]. Последнее, однако, неприемлемо для ЛИС.

Как уже упоминалось, подавляющее большинство импульсных возмущений отличается от полезных сигналов меньшей продолжительностью. Это позволяет использовать время в качестве еще одного критерия дискриминации. Тогда в условиях больших помех функционирование интегрирующей системы можно представить следующим образом:

интегратор начинает подсчет площади немедленно по отклонении входного напряжения от нулевого значения;

срабатывание экстрематора инициирует запуск реле времени, и, если до окончания выдержки $T_{\text{от}}$: а) производная $U(t)$ обратится в нуль, б) изменится знак приращения, в) напряжение упадет ниже установленной границы, — любой из этих признаков помехи вызывает сброс показаний интегратора. Если $T_c > T_{\text{от}}$, ни одно из условий а, б, в не выполняется и обработка сигнала будет продолжена.

Верхний предел диапазона блокирования помех приближается к продолжительности $T_{c \text{ min}}$. (Схемы обеспечения избирательного функционирования экстрематора не приводятся в силу их ясного построения; тем не менее нетрудно убедиться, что ни одно из звеньев селектора не отличается особыми метрологическими качествами.)

При такой селекции значение интеграла в начале пика не пропадает, поэтому основным источником погрешности в обработке спектра можно считать задержку фиксации экстрематором нижней точки в «седле» между неполно разделенными компонентами. Погрешность при такой индивидуализации интегралов определяется разрешающей способностью схемы по Δ и отношением периода квантования t_k к среднеквадратичной ширине пика σ [6]. В частных случаях согласовать частоту квантования F_k со значением σ не составляет труда. Гибкая адаптация F_k по отношению к текущему значению производной $U(t)$ вызывает усложнение ИС. Довольно просто вариация F_k может быть осуществлена в зависимости от напряжения сигнала. Конечно, это не адекватно ее изменению по скорости $U(t)$, но в диапазоне малых амплитуд, где в основном и требуется предельная чувствительность селектора, такое расширение возможностей экстрематора не будет излишним. (В ЛИС с измерением максимальных значений сигналов это даже способствует уменьшению запаздывания в обнаружении экстремума: в окрестностях U_m вторая производная $U(t)$, как правило, больше, чем у основания пика.)

Вместе с тем нет причин преувеличивать критичность выбора частоты квантования: при хорошо разделенных пиках задержка вывода информации на время $1/F_k$ ничему не грозит, а при искусственном расчленении перекрывающихся сигналов по перпендикуляру из их общей точки ошибку оценить трудно, так как экстремум «седла» не принадлежит ни одному из компонентов, а его положение зависит от многих факторов. Именно это обстоятельство составляет ограничение возможностей интегрирующих ЛИС без их существенного усложнения.

Автоматическое ослабление сигналов. Те немногие из автоматических аттенуаторов в составе аналитических приборов, что описаны,

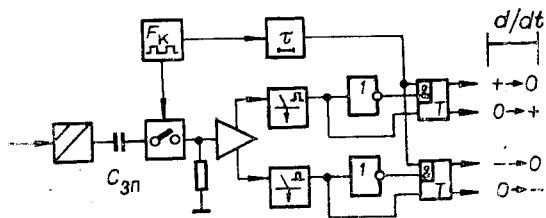


Рис. 4.

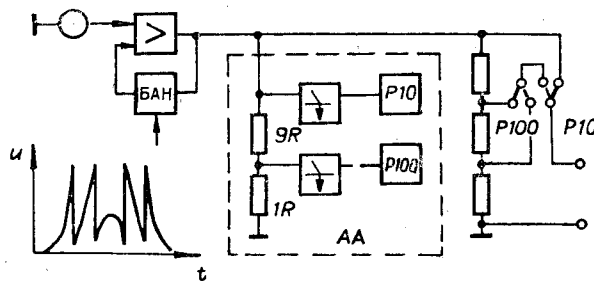


Рис. 5.

например, в [6, 10], действуют по одной схеме: переключение чувствительности с помощью впереди стоящего делителя побуждается электронной схемой на выходе основного усилителя или срабатыванием сигнализирующих контактных устройств, установленных в самописце.

На рис. 5 показан видоизмененный вариант автоматического attenuатора (АА). С заменой шкалы ослабления 2^k на ряд 10^{k*} резко сокращается число позиций делителя, и поэтому схема управления АА содержит всего два пороговых устройства (операционные усилители в режиме компаратора), которые последовательно срабатывают при напряжениях $1u_{шк}$ и $10u_{шк}$; $u_{шк}$ — предел диапазона наибольшей чувствительности по входу ИС. С переходом $U(t)$ через максимум контакты $P100$ и $P10$ отпускаются в обратном порядке, возвращая attenuатор в исходное состояние. Одновременно с изменением коэффициента ослабления выдаются сигналы для схемы масштабирования измеряемых величин.

К достоинствам «параллельного» метода контроля и нормирования текущего значения $U(t)$ следует отнести схемную простоту. Если реле $P10$ и $P100$ считать принадлежностью основного измерительного канала, где они могут переключаться вручную или от пропрограмматора, то схема автоматизированного управления делителем оказывается конструктивно автономной.

При рассмотрении селектора уже упоминалось о возможности использования сигналов экстрематора в качестве управляющих. Обращаясь к рис. 3, в, г, можно заключить, что интервалы t_1-t_2 , t_3-t_4 и импульсы на их границах позволяют осуществить программное управление такими операциями, как выбор чувствительности, запуск БАН, вывод в ОЗУ интегральных значений пиков, измерение U_m и некоторыми другими, подсказанными наличием данных о текущем характере $U(t)$. Для этого необходимы дополнительные устройства, назначение которых удобно выяснить из иллюстративного рассмотрения конкретных методов измерения.

Определение интегральных значений сигналов. Одна из реализаций этого метода подразумевает, что в ЛИС имеется возможность: с началом измерений (например, после пуска пробы) осуществить коррекцию «нуля» и установить нужную чувствительность;

по окончании пика его номер и интегральное значение вывести в запоминающее устройство;

после вывода информации сразу или через некоторое время вновь запустить автоподстройку и (или) изменить коэффициент ослабления.

Как следует из перечня операций, система с программированием должна быть оснащена счетчиком пиков СчП, несколькими простейшими реле времени и коммутаторным устройством, позволяющим связать органы управления с состоянием СчП. При использовании автоматической attenuации единственной программно-управляемой процедурой в такой системе остается автоподстройка.

Измерение амплитудных значений $U(t)$. Алгоритм работы ЛИС в режиме измерения U_m отличается тем, что по сигналу экстрематора

* Ослабление $1:2^k$ в хроматографии распространено наиболее широко.

на вершине пика запускается цифровой вольтметр, после чего показания СчП, измерителя и масштабирующий множитель аттенюатора выводятся на регистрацию.

Для исключения погрешности в измерении U_m за счет запаздывания запуска цифрового измерительного прибора (ЦИП) в систему уместно ввести простейшее «пиковое» АЗУ. Вершины хроматографических пиков отстоят друг от друга на время, большее 2—3 с, поэтому в оперативном цифровом ЗУ нет необходимости: этого интервала достаточно для самого медленного вида механического документирования — цифровой печати с помощью электроруляемой машинки или телетайпа.

Измерение временных параметров $U(t)$ также связано с сигналами экстрематора. Определение времени выхода компонентов спектра производится в интервале от момента пуска электронных часов (t_0) до смены знака производной на вершинах последовательности пиков t_i . Интервалы $t_{i1}—t_{i4}$ представляют величину T_{ci} .

Для одного из методов расчета хроматограмм измеряется амплитуда U_m и полуширина пика σ . На рис. 6 показана структура ЛИС, где по команде экстрематора запускается АЦП и напряжение U_m в аналоговой форме остается в ДАЗУ; одновременно включается секундомер. При уменьшении сигнала до значения U_m/\sqrt{e} компаратор останавливает измеритель времени, фиксируя на счетчике значение σ . На этом же рисунке приведена несколько упрощенная схема долговременного АЗУ. Ее отличие от применяемой в блоке автоподстройки заключается в наличии глубокой обратной связи, линеаризирующей передаточную характеристику АЗУ. Сохраняемое напряжение изменяется со скоростью не более 5 мВ/ч. Это, кстати, позволяет использовать такое ДАЗУ в сопоставительных измерениях величин, разнесенных во времени.

Закончить рассмотрение компонентов хроматографической ИС можно описанием интегратора — устройства, которое представляет интерес для многих методов количественных измерений.

Интегратор. Из электрических способов интегрирования главенствующее положение занимают устройства с АЦ-преобразованием и преобразованием параметра (напряжения) в частоту (ПНЧ). Для данного класса временных зависимостей преобразование $F \equiv U$ отличается меньшей аппаратной и информационной избыточностью. Несколько слов о требованиях к ПНЧ в составе интегратора.

Исходя из аппаратных и методических погрешностей хроматографических анализов, точность ПНЧ может не превышать 0,5% [7]. Сюда входят как аддитивная, так и мультипликативная составляющие погрешности преобразования. С аддитивной составляющей, в частности, связан вопрос о начальной частоте ПНЧ при $U_{вх} = 0$; ее наличие существенно усложняет интегратор. Принцип действия ПНЧ должен обеспечивать нужный коэффициент F/U и при необходимости легкое его изменение. Наконец, преобразователь должен быть автономен в такой мере, чтобы интегратор можно было использовать индивидуально. Это значит, что он должен быть рассчитан на входные сигналы в одном из рекомендованных диапазонов ГСП.

Из известных ПНЧ наилучшим образом отвечают поставленным требованиям интегрирующие преобразователи с импульсной обратной связью. Нет нужды описывать их работу, так как это сделано в обширной литературе. Можно лишь отметить, что в поисках средств линеаризации $F(U)$ в начале диапазона $U_{вх}$ было произведено специаль-

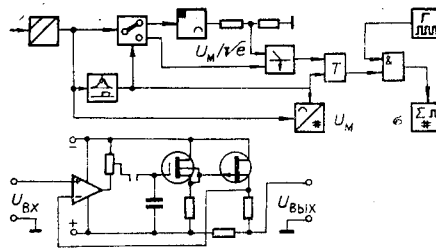


Рис. 6.

ное исследование и найден критерий улучшения этого параметра [11].

Для интегрирования временных зависимостей, аналогичных хроматографическим, предлагается преобразователь с такими данными [12]: входное напряжение 0—10 В; входное сопротивление более 10^5 Ом; крутизна преобразования 25 Гц/В (возможна перестройка); нелинейность преобразования γ в нижнем участке диапазона (0,02—0,05) U_n не более 0,2%; к его верхней границе и далее γ быстро уменьшается в десятки раз; стабильность преобразования не хуже 0,05%.

Кроме ПНЧ, в состав интегратора входит электронно-счетный прибор (практически любого типа). Интегратор может подключаться к реостатным устройствам для дистанционной передачи показаний (потенциометрическим датчикам) в самописцах, измерительным усилителям, а также к нормирующим преобразователям (НП), например, системы ЭАУС — У, которые характеризуются многообразием входных величин (ток, напряжение, сопротивление и др.). Таким образом, «ассортимент» интегрируемых зависимостей может быть весьма широк.

Перечисленные узлы могут составить различные варианты простейших лабораторных САЭ и удовлетворить потребности ряда измерений в научном экспериментировании. Их внедрение может отразиться на техническом уровне не только самых «представительных», но и таких аналитических методик, о которых при рассмотрении проблем АНИ обычно даже не упоминается: они оказываются второстепенными.

В описании ЛИС не говорится о ее цифровой части: она содержит стандартные устройства (ЦИП, счетчики, регистры, коммутаторы, преобразователи кодов и т. п.) из агрегатированного комплекса средств электроизмерительной техники ГСП (АСЭТ). В качестве средств расширения САЭ вплоть до подключения исследовательского объекта к УВМ могут быть использованы элементы магистрально-модульной системы САМАС.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Шерман. Общие вопросы разработки и внедрения автоматических приборов аналитического контроля.— В кн.: Контрольно-измерительные приборы. Под ред. Г. Н. Богачова и В. С. Шермана, УНИХИМ. Вып. XXI. Л., «Химия», 1973.
2. М. П. Цапенко. Измерительные информационные системы. Принципы построения. М., «Энергия», 1974.
3. В. А. Рухадзе, В. А. Царьков. Развитие ГСП на основе системных принципов.— «Приборы и сист. упр.», 1975, № 5.
4. Ю. А. Алабужев. Долговременное запоминающее устройство в схемах автоматизации.— В кн.: Электронная техника в автоматике. Под ред. Ю. И. Конева. М., «Сов. радио», Вып. 7, 1975.
5. Ю. А. Алабужев. Мультипликативная погрешность детекторов по теплопроводности.— В кн.: Автоматизация каталитических экспериментов. Новосибирск, Изд. ИК СО АН СССР. Вып. 3, 1974.
6. А. Л. Гуревич, Л. А. Коломыцев, Л. А. Русинов. Автоматизация обработки хроматографической информации.— Сер. «Физические и физико-химические методы контроля состава и свойств вещества». М., «Энергия», 1973.
7. Ю. А. Алабужев. Некоторые вопросы автоматизации хроматографических анализов.— В кн.: Автоматизация каталитических экспериментов. Новосибирск, Изд. ИК СО АН СССР. Вып. 3, 1974.
8. Ю. А. Алабужев. Дискриминатор неполно разделенных пиков (экстрематор).— В кн.: Автоматизация каталитических экспериментов. Новосибирск, Изд. ИК СО АН СССР. Вып. 3, 1974.
9. Ю. А. Алабужев, В. А. Кузин, В. Б. Скоморохов. Из опыта автоматизации каталитических экспериментов с применением ЭВМ.— II Всесоюзная конференция по кинетике каталитических реакций, «Кинетика-2». Том 3. Новосибирск, Изд. ИК СО АН СССР, 1975.
10. К. И. Сакодынский, В. В. Бражников, С. А. Волков, В. Ю. Зельвевский. Приборы для хроматографии. М., «Машиностроение», 1973.
11. Ю. А. Алабужев. Линеаризация преобразователей напряжение — частота с импульсной обратной связью.— «Автометрия», 1974, № 3.
12. Ю. А. Алабужев. Интегратор для хроматографии.— «Автоматизация и контрольно-измерительные приборы», 1974, № 1.

Поступила в редакцию 1 июля 1975 г.