

выше, чем меньше время измерения по отношению к длительности переходного процесса.

Повышение чувствительности преобразования в методах первой производной и мгновенных значений присуще параметрическим способам возбуждения переходных процессов, связанных с рассеянием предварительно накопленной энергии. В методе интегрального преобразования повышение чувствительности достигается за счет увеличения времени интегрирования или за счет суммирования результатов многократного интегрирования реакции.

Все методы преобразования при воздействиях $\epsilon = \epsilon_{\min} + \Delta\epsilon \cdot I(t)$ и $r = r_{\max} - \Delta r \cdot I(t)$ обеспечивают пониженное энергопотребление, так как воздействие после получения результата измерения снимается до следующего опроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агейкин Д. И. Частотные и время-импульсные датчики для систем обогачающего контроля. Приборы и средства автоматизации, № 11, 1962.
2. Болтянский А. А., Райков Б. К., Скобелев О. П., Старобинский Н. М. Построение преобразователей при использовании свойств переходных процессов. Измерительная техника, № 4, 1969.
3. Гарднер М. Ф., Бернс Дж. Л. Переходные процессы в линейных системах. М, 1961.
4. Мирский Г. Я. Радиоэлектронные измерения. М. Л., 1963.
5. Шляндин В. М., Рыжевский А. Г., Чернецов К. Т., Тощев А. В. Время-импульсные преобразования электрических параметров. «Электронизаторская техника», вып. 3. Приволжское книжное издательство, 1966.
6. Петров Б. К. и др. Время-импульсный логарифмический преобразователь, на транзисторах. Измерительная техника, № 9, 1963.
7. Болтянский А. А., Райков Б. К., Скобелев О. П., Старобинский Н. М. Многоканальная измерительная система с дифференциальными параметрическими первичными преобразователями. Измерительная техника, № 11, 1970.
8. Новиков А. И. Экспоненциальные время-импульсные преобразователи. Автоматика и телемеханика, т. XVIII, № 8, 1957.
9. Болтянский А. А., Иоффе В. Г., Секисов Ю. Н., Старобинский Н. М. Способ преобразования разности двух параметров. Авторское свидетельство № 227134. Бюллетень изобретений, № 29, 1968.
10. Маханов В. Д., Милохин Н. Г. Устройство частотного и время-импульсного преобразования, М. 1970.

А. А. Болтянский, Н. Н. Васин, В. К. Компанец,
А. А. Кондоров, Б. К. Райков, Ю. Н. Секисов, О. П. Скобелев

СТРУКТУРА МНОГОКАНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕСТОВЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Большинство существующих многоканальных преобразователей строится по принципу разделения каналов во времени

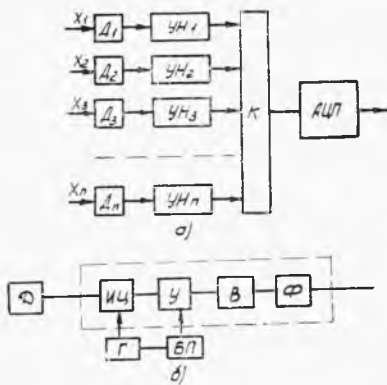


Рис. 1. Структура существующих многоканальных преобразователей (а) и нормализующих устройств (б).

На рис. 1б представлена структура $УН$ с индуктивным (или емкостным) датчиком [1, 2]. Датчик включен в измерительную мостовую цепь $ИЦ$, питаемую синусоидальным напряжением от генератора несущей частоты Γ . Выходное напряжение моста усиливается усилителем $У$ и демодулируется с помощью выпрямителя $В$ и фильтра Φ . Элементы $УН$ потребляют энергию от источника питания $БП$.

Большое число элементов снижает точность и надежность преобразователя, а инерционные звенья ($У, \Phi$) — быстродействие. Энергия потребляется непрерывно, несмотря на то, что измерение производится в течение времени, когда канал подключен к АЦП. Это увеличивает потребление энергии по всей системе в целом. Стремление получить максимальную чувствительность при непрерывном питании измерительной цепи создает тяжелый тепловой режим датчика, что накладывает определенные ограничения при создании миниатюрных конструкций.

Проблема миниатюризации датчиков между тем чрезвычайно актуальна именно теперь, когда прогресс в области малогабаритной преобразующей аппаратуры на интегральной электронике

(рис. 1а). Кроме коммутатора K и группы датчиков D преобразователь содержит устройства нормализации $УН$, а также аналого-цифровой преобразователь АЦП. Устройства нормализации унифицируют сигналы с датчиков в виде постоянного тока или напряжения, удобных для коммутации и последующего преобразования в АЦП. Вместе с тем, в существующих преобразователях $УН$, как правило, не отвечают современным требованиям по точности, быстродействию, надежности и энергопотреблению. Наиболее показательны в этом отношении каналы с параметрическими датчиками на переменном токе.

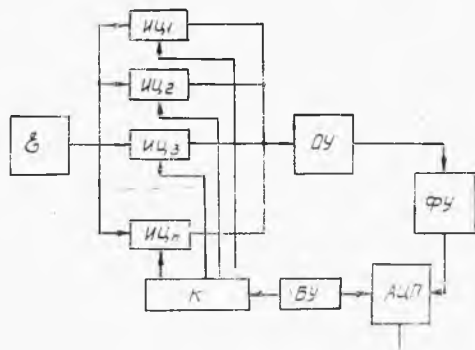


Рис. 2. Структура преобразователей с параметрическими датчиками.

тенсивнее, чем в области разработки малогабаритных датчиков. Отмеченные недостатки в большей или меньшей степени относятся к *УН* с другими видами датчиков. Единственным исключением из общего правила являются преобразователи с потенциометрическими датчиками, обладающими общеизвестными недостатками, и генераторные датчики высокого уровня выходного напряжения, которые имеют ограниченное применение.

Структура преобразователя была бы значительно проще, если бы коммутация осуществлялась возможно ближе к датчику, например, на уровне измерительной цепи. Однако реализация таких устройств с помощью современных коммутирующих элементов на базе существующих методов преобразования не обеспечивает необходимых метрологических качеств. Поиски более рациональной структуры связаны с необходимостью использования новых методов преобразования на этапе датчик-АЦП, обеспечивающих достоверность информации при достаточно простых технических средствах реализации. С этой точки зрения представляется перспективным разработка многоканальных преобразователей на основе переходных режимов в измерительных цепях [3, 4]. Структура таких преобразователей зависит от того, какие виды датчиков обслуживаются устройством — параметрические или генераторные. И те и другие преобразователи строятся по принципу временного разделения каналов (рис. 2, 5). В преобразователе с параметрическими датчиками (рис. 2) от источника энергии ϵ питание подается к измерительным цепям (*ИЦ*). Каждая *ИЦ* содержит инерционный элемент (индуктивность или емкость), а также элемент, рассеивающий энергию (сопротивление или проводимость). Элементы *ИЦ* выполняют функции датчиков или параметрических воздействий переходного процесса. Блок управления (*БУ*) запускает коммутатор (*К*), который поочередно или выборочно управляет возбудителями в каждой *ИЦ*. Реакция *ИЦ* на воздействие поступает в операционное устройство *ОУ*, в котором в соответствии с принятым методом осуществляется тот или иной алгоритм преобразования.

Результаты операции фиксируются формирующим устройством *ФУ* и далее преобразуются в цифровой эквивалент с помощью АЦП. При реализации метода постоянной времени (МПВ) [4] *ОУ* производит операцию сравнения напряжения или тока *ИЦ* с заданным опорным уровнем, *ФУ* формирует временной интервал, пропорциональный параметрам датчика. Если реализуется метод мгновенных значений (ММЗ), то *ОУ* задает время отсчета реакции, в случае метода первой производной (МПП) *ОУ* производит операцию дифференцирования реакции и, наконец, при реализации метода интегрального преобразования (МИП) *ОУ* выполняет интегрирование и задает время отсчета. При реализации ММЗ, МПП, МИП *ФУ* производит запоминание мгновенного или максимального значения

сигнала, формируя импульс с плоской вершиной, амплитуда которого определяется измеряемым параметром.

Схемное решение измерительных цепей видоизменяется в зависимости от конструкции датчика. Возможны два варианта ИЦ — для недифференциальных и дифференциальных датчиков.

Для примера на рис. 3а представлены ИЦ с индуктивными недифференциальными датчиками. Возбуждение переходного процесса производится ключами $K_{л1}, K_{л2}, \dots$, в качестве которых обычно используются бесконтактные переключатели на транзисторах, обладающие большим перепадом сопротивлений и малыми остаточными параметрами.

Временные диаграммы токов и напряжений при циклическом опросе датчиков представлены на рис. 3б. Временные диаграммы построены в предположении, что ОУ и ФУ реализуют все четыре возможных метода.

При построении многоканальных преобразователей с дифференциальными датчиками можно использовать принцип поочередного или одновременного опроса плеч датчика.

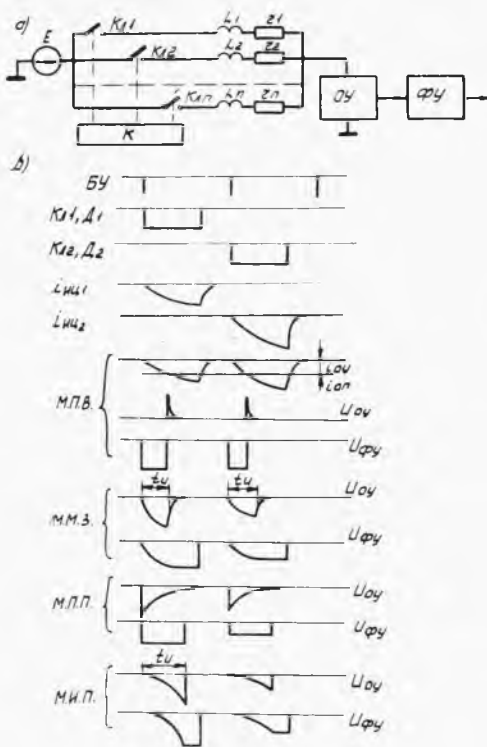


Рис. 3. а — измерительные цепи преобразователей с недифференциальными датчиками; б — временные диаграммы токов и напряжений.

При поочередном опросе в нечетные ИЦ (рис. 3а) включаются левые плечи, а в четные — правые. Режим работы предполагает запоминание результата преобразования в нечетной ИЦ с последующим вычитанием результата в четной ИЦ. Разность двух отсчетов соответствует контролируемому параметру. Эти операции производятся ЭВМ или АЦП. Недостаток — уменьшение числа каналов и снижение быстродействия.

При одновременном опросе ИЦ каждого датчика содержат два синхронных ключа, которые возбуждают переходный процесс одновременно в обоих плечах (рис. 4). В преобразователе работают два ОУ и общее ФУ. Чтобы сигнал на входе

ΦU соответствовал разности параметров плеч датчиков удобно разнополярное питание обеих групп ИЦ. При реализации МПВ достаточно применение одного источника. Достоинства схемы — повышение быстродействия, уменьшение разрядности АЦП.

Структура многоканального преобразователя с генераторными датчиками представлена на рис. 5. Она отличается от структуры преобразователя с параметрическими датчиками (рис. 2) тем, что источником энергии ИЦ служит сам генераторный датчик, а основным элементом измерительной цепи является параметрический возбудитель переходного процесса. С точки зрения повышения чувствительности при сравнительно простой реализации наиболее целесообразно применение МПП (рис. 6а). В момент t_1 датчик подключается к катушке индуктивности, в которой накапливается энергия (рис. 6 б). В момент t_2 ключ размыкается и в цепь вводится эталонное сопротивление R_0 . На дифференцирующей обмотке катушки (ОУ) максимум импульса напряжения соответствует э. д. с. датчика ($U_m = e \frac{R_{эн}}{R_n}$) [4].

При проектировании многоканальных преобразователей, основанных на переходных процессах в ИЦ удобен модульный принцип построения.

Как и в любом существующем многоканальном преобразователе в рассматриваемых устройствах содержатся типовые блоки коммутации, ключей, АЦП «напряжение—код», «время—код». К числу оригинальных узлов относятся операционные и формирующие устройства, в качестве которых в зависимости от принятого метода преобразования применяются компараторы напряжения и тока, устройства точной временной задержки, дифференциаторы и интеграторы, а также устройства запоминания амплитуды импульсов [5, 6].

Все перечисленные элементы структуры преобразователей должны использовать современную элементную базу и унифицироваться конструктивно, а также по входным и выходным параметрам. Модульный принцип особенно целесообразен в том случае, когда к системе измерения предъявляются такие требования, удовлетворение которых возможно только применением всего арсенала предлагаемых методов. При этом в зависимости от конкретных условий не исключаются и традиционные методы преобразования. На рис. 7 представлена комбинированная система измерения, в которой за счет модульного принципа построения возможно существенное упрощение структуры системы в целом. В системе ОУ_{мпв} работает по методу постоянной времени. В измерительные цепи включены только параметрические датчики D_n, D_{n+1}, \dots . Операционные блоки ОУ_{мпв}, ОУ_{мпц} ОУ_{мпц} ведут отсчет мгновенных значений, производных и интегралов реакций измерительных цепей. Единая форма выходного сигнала операционных блоков позволяет использовать об-

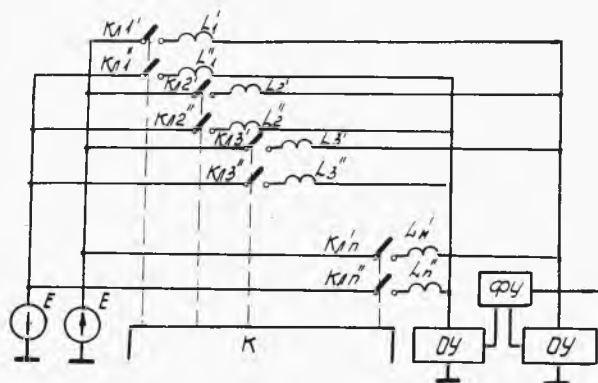


Рис. 4. ИЦ преобразователя с дифференциальными датчиками

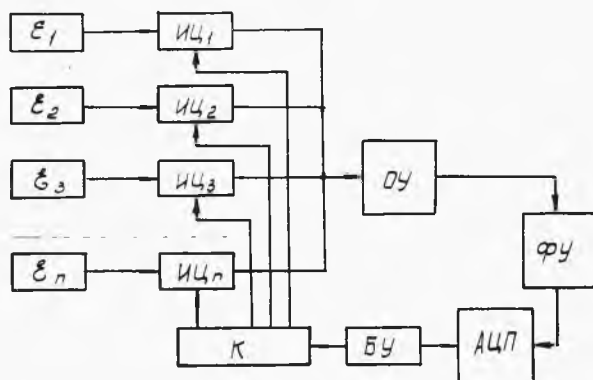


Рис. 5. Структурная схема преобразователя с генераторными датчиками

щее формулирующее устройство $\Phi У_0$. Предполагается, что в измерительных цепях, объединенных в группу, используются однотипные или нормализованные к одному параметру параметрические или генераторные датчики. АЦП преобразует в цифровой код напряжения $\Phi У_0$ или временной интервал с блока $\Phi_{\text{инт}}$. Модульный принцип обеспечивает удобное сопряжение

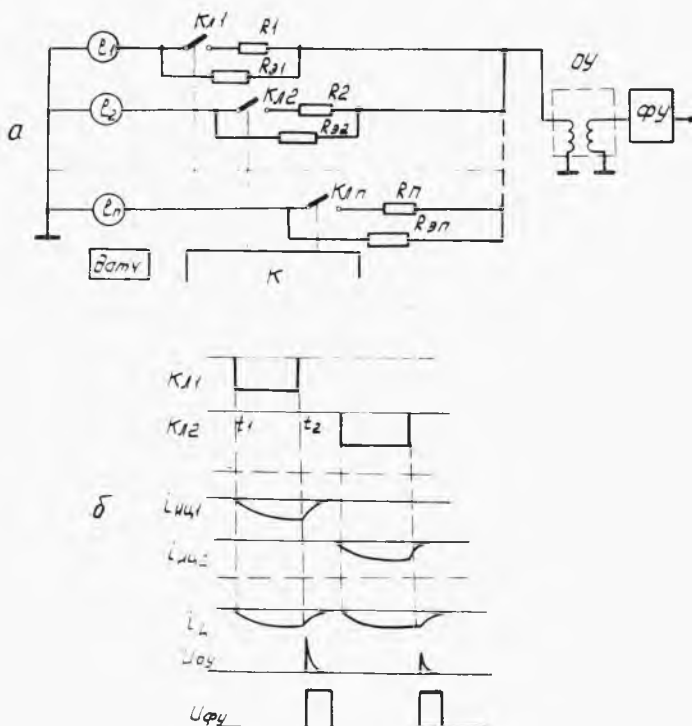


Рис. 6. ИЦ преобразователей с генераторными датчиками (а) и временные диаграммы токов и напряжений (б)

нормализующих устройств $УН_1, УН_2, \dots$ обычного типа, объединенных в одну группу с общим АЦП.

Следовательно, рациональная структура рассмотренных преобразователей в сочетании с широкими возможностями методов преобразования на основе переходных процессов обеспечивает построение достаточно универсальной системы измерения, способной решать большой круг измерительных задач при экспериментальных исследованиях.

К преимуществам преобразователей по сравнению с существующими следует отнести также простоту, малое энергопотребление, и, как следствие, улучшение метрологических характе-

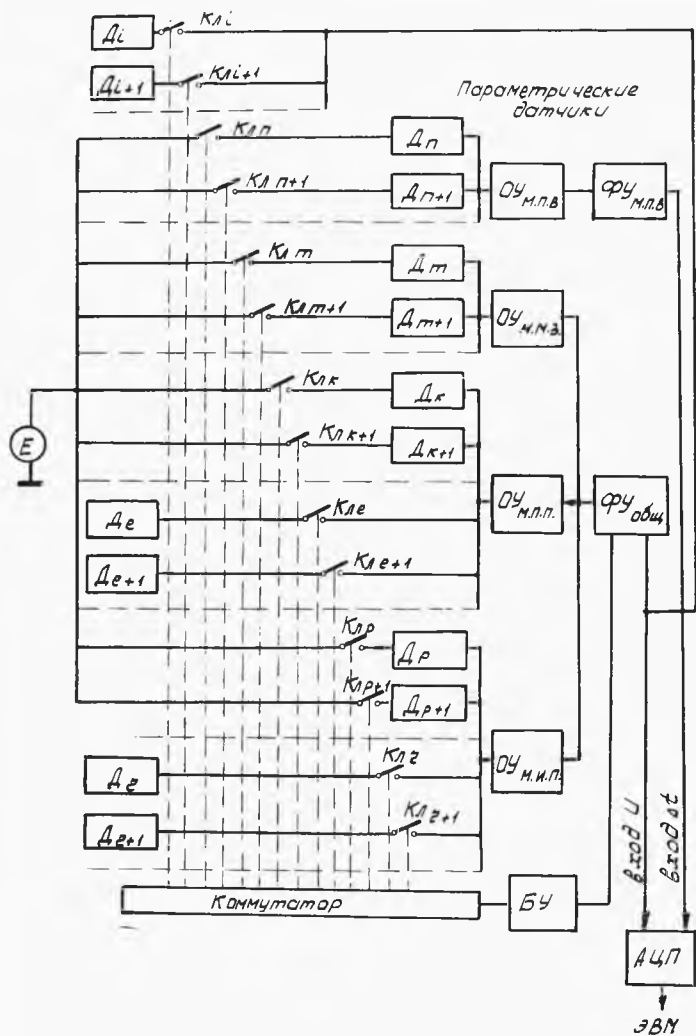


Рис. 7. Универсальная система с параметрическими и генераторными датчиками

ристик. Действительно, в преобразователях отсутствуют повторяющиеся в каждом канале громоздкие нормализующие устройства, снижающие точность и быстродействие, ухудшающие надежность. Схемы предлагаемых преобразователей фактически приближаются к некоторому простейшему и наиболее привлекательному варианту, в котором коммутация ведется на уровне датчиков без каких-либо промежуточных устройств.

Импульсное возмущение наиболее органично сочетается с условием коммутации отдельных каналов. При этом все датчики, кроме опрашиваемого обесточены. Поскольку питание подается только в момент опроса, то потребление энергии не возрастает при увеличении числа каналов. Благодаря импульсному питанию тепловой режим работы датчиков облегчается и создаются предпосылки для его дальнейшего конструктивного совершенствования в направлении миниатюризации.

Применение методов измерения, основанных на переходных процессах, позволяет освободиться от вредного влияния некоторых мешающих факторов. К ним относятся, в частности, изменения параметров рассеяния энергии в датчиках при измерениях инерционных параметров и, наоборот, изменения инерционных параметров при измерениях параметров, характеризующих рассеяние энергии. Подобные возможности преобразователей свидетельствуют о дополнительных резервах точности за счет обработки информации на уровне измерительных преобразователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хризман С. С. Цифровые измерительные приборы и системы. Киев, 1970.
2. Бойков Н. А. Измерение давлений при быстропотекающих процессах, Москва, 1970.
3. Болтянский А. А., Райков Б. К., Скобелев О. П., Старобинский Н. М. Построение преобразователей при использовании свойств переходных процессов. Измерительная техника № 4, 1969.
4. Болтянский А. А., Секисов Ю. И., Скобелев О. П. Методы преобразования, основанные на тестовых переходных процессах. Статья в настоящем сборнике.
5. Тищенко А. М. и др. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах. М, 1964.
6. Грязнов М. М., Маграчев З. В., Гуревич Л. И. Измерение импульсных напряжений. М, 1969.