

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

УДК 621.317.7

С. Д. АМРОМИН, Л. П. НЕКРАСОВ

(Новосибирск)

МЕТОД ЧАСТОТНОГО СКАНИРОВАНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА (Обзор)

Принципы сканирования находят применение в информационно-измерительной технике. Однако обычно используется сканирование измеряемых величин по уровню. Между тем сканирование можно осуществлять и по частоте. При этом напряжение «качающейся» частоты воздействует на частотно-зависимые цепи, отклики которых используются для измерения, контроля и других целей.

Частотное сканирование (ЧС) широко используется лишь при анализе спектра сигналов и определении частотных характеристик радиоустройств. Вопросам построения анализаторов и характеристографов посвящен ряд работ [1—6]. Но возможности метода ЧС этим не исчерпываются. Он может стать мощным средством автоматизации процесса получения информации, особенно при многоточечных измерениях и контроле.

Использование ЧС для многоточечного контроля было предложено одним из авторов еще в 1960 году. Но эта идея не получила должного развития, хотя появляются иногда работы, посвященные частным случаям использования ЧС [7—17]. Даже поверхностный обзор этих исследований позволяет сделать вывод о широких возможностях метода ЧС.

Цель данной статьи — дать обзор применений метода ЧС (исключая анализаторы и характеристографы) и наметить некоторые перспективы его развития.

Импульсные устройства управления. Распределители. Одним из первых устройств управления с ЧС был распределитель импульсов (рис. 1), предложенный в [7]. На выходе генератора качающейся частоты (ГКЧ) 1 включены резонаторы 2, настроенные на частоты из спектра ГКЧ. Напряжения с резонаторов выпрямляются выпрямителями 3 и управляют работой коммутатора. Быстродействие распределителя определяется управляющей частотой генератора, которая может выбираться равной десяткам килогерц.

Распределители с ЧС успешно применяются в уровнях с резонансными датчиками [8]. Диапазон ГКЧ в этом случае простирается от единиц до десятков мегагерц.

Авторами разработан распределитель импульсов, который может быть пригодным для самых различных целей [9]. Здесь перестройкой возбуждающихся от ГКЧ резонаторов можно получить любое группирование выходных импульсов. Закон изменения частоты генератора

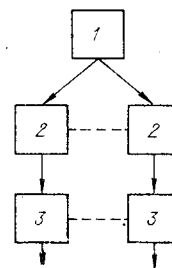


Рис. 1.

при этом может быть произвольным, так как любую нелинейность можно скорректировать настройкой резонаторов. В работе приводится зависимость числа возможных для размещения каналов в полосе ГКЧ от заданных параметров резонаторов и длительности цикла. Один из построенных распределителей имеет 16 каналов при частоте циклов качания 50 Гц и частотном диапазоне ГКЧ от 10 до 100 кГц.

Коммутаторы. При создании коммутаторов с ЧС можно использовать описанные распределители в сочетании с электронными ключами [7—10]. Достоинство таких коммутаторов — простота схемы управления. Их недостаток — необходимость широкого диапазона ЧС для получения большого числа каналов (до 100) вследствие сравнительно низкой добротности электрических резонаторов (порядка десятков).

Возможен другой путь построения коммутаторов — на основе частотно-зависимых ключей, например, механических контактов с избирательными свойствами. Узкая полоса пропускания таких контактов (до единиц герц) позволяет на частотах от 1 до 2 кГц обеспечить до 100—200 точек коммутации.

Формирователи последовательности импульсов. Используя ГКЧ и ряд резонаторов, настроенных на его частоты, возможно построение формирователя необходимой последовательности импульсов (рис. 2). В процессе ЧС напряжения на выходах контуров выпрямляются и подаются на

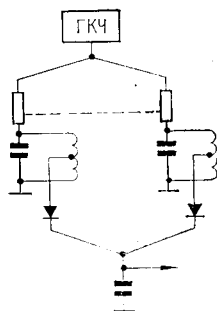


Рис. 2.

общий фильтр, где отфильтровывается несущая частота генератора. Достоинством такого формирователя является то, что «размещением» резонаторов на оси частот можно получить на выходе последовательность импульсов по любому желаемому закону. Такие формирователи могут найти применение в программных устройствах.

Логические устройства. Метод ЧС находит применение в элементах логики [11, 12, 18, 19]. В [11] описаны распознающие устройства, выполненные на основе фоточувствительных элементов, включенных в узкополосный фильтр так, что каждому образу соответствует своя частота фильтра. При подаче на фильтр «частотной пилы» получается фазоимпульсный сигнал, смещение которого во времени позволяет распознать образ. Достоинства таких устройств — простота схемы и возможность получения унифицированного сигнала на выходе.

В [12] предложено использовать частотное управление для индикаторов на пьезоэлектрических частотно-зависимых элементах с жидкокристаллическим покрытием. Подавая сигналы различных частот одновременно на группу сегментов, можно управлять их свечением для формирования необходимого знака. При этом существенно упрощается схема управления.

Использование многорезонансной цепи и генератора, управляемого по частоте, позволяет строить многоустойчивые элементы [18], состояния которых различаются значением выходного напряжения и частотой колебаний.

Частотные многоустойчивые элементы получили развитие в многофункциональных элементах на базе избирательной системы и генератора, управляемого от входных величин [19]. Достоинством таких элементов является слабая зависимость их сложности от вида и числа функций над входными величинами.

Устройства контроля и измерения. Среди одноканальных устройств контроля с ЧС известны сигнализаторы значений уровня [8]. В них ГКЧ возбуждает многопозиционный датчик уровня. Наиболее целесообразно использовать в качестве датчиков опорные резонаторы, что

упрощает устройство в целом. При совпадении импульса от датчика с одним из опорных сигнализируется достижение заданного уровня.

Принцип построения данного сигнализатора с фазоимпульсной модуляцией сигнала может быть пригодным и для многоканальных устройств.

Авторами разработано многоканальное контрольное устройство [13, 20] (рис. 3). Оно содержит ГКЧ, мосты постоянного тока и настроенные на частоты генератора резонаторы съема сигналов с вентилярных индикаторных диагоналей мостов. Если любое из контролируемых сопротивлений выходит за допуск, то в соответствующем мосте открывается вентиль индикаторной диагонали и напряжение ГКЧ проходит через усилитель на соответствующее избирательное исполнительное устройство (ИУ). Достоинством данного контрольного устройства является совмещение функций пороговых элементов, модуляторов и коммутатора в одном структурно неразделенном узле, что упрощает устройство в целом. Положительным качеством устройства является также отсутствие особых требований к линейности и стабильности закона изменения частоты генератора. Погрешность контроля не превышает 1%.

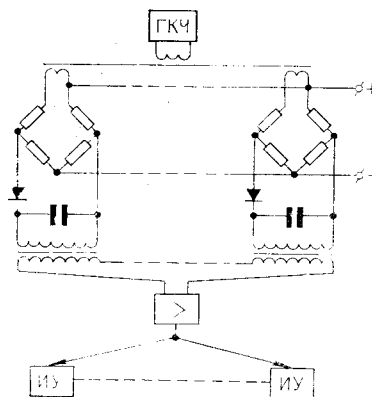


Рис. 3.

Принцип, заложенный в данном устройстве, предложен и для контроля физиологических параметров [10, 21].

В устройствах измерения метод ЧС позволяет сравнительно легко осуществлять преобразование измеряемых величин в унифицированный сигнал (время-импульсный или частотный) с последующим использованием цифровых устройств. Кроме того, ЧС¹ может служить вспомогательным средством упрощения измерительного процесса.

Один из способов одноканального измерения предложен в [14] для комплексного сопротивления, которое включают в мост, питающийся от ГКЧ. Регулировкой плеча сравнения по амплитуде и фазе выходного напряжения добиваются частотно-независимого баланса моста и по значениям элементов плеча сравнения отсчитывают составляющие исследуемого комплексного сопротивления.

Существует также метод измерения параметров диэлектриков в диапазоне частот [15]. Его особенностью является то, что диэлектрик включается непосредственно в ГКЧ, параметры которого сравниваются с образцовым ГКЧ. Частотный диапазон при этом может достигать 100—150 МГц.

В [8] описан ряд одноканальных резонансных уравнемеров. Здесь при линейном ЧС по сдвигу импульса датчика относительно опорного судят об измеряемом уровне. Основная погрешность измерения для уравнемера в цифровом виде не превышает 0,5%.

Во всех описанных устройствах с ЧС применяются резонансные цепи. Известен способ одноканального измерения, где в качестве измерительной могут использоваться и аperiodические цепи, т. е. любые частотно-зависимые цепи (ЧЦ) [16]. Входная величина, воздействуя через параметрический датчик на измерительную ЧЦ, определяет положение особой точки ее частотной характеристики. Если сканирующая частота совпадает с частотой особой точки цепи, то происходит отсчет частоты генератора, которая и определяет значение измеряемой величины в этот момент. При отсчете возможны режимы без остановки и с остановкой развертки ЧС. В первом случае (циклическое ЧС) время измерения ограничено временем прохождения через резонанс, а во вто-

ром (ациклическое ЧС), требующем специальных мер для остановки, — лишь дрейфом частоты.

Возможно построение и многоканальных измерительных устройств с ЧС. Как уже отмечалось, в 1960 году было предложено устройство контроля за несколькими напряжениями. Суть его в следующем.

Некоторые усилительные элементы питаются от ГКЧ через резонаторы, настроенные на частоты из спектра ГКЧ. На входы усилителей подаются исследуемые сигналы. Выходы усилителей объединяются. При ЧС на резонаторах возникают радиоимпульсы, являющиеся питанием для соответствующих усилителей. Сигналы с усилителей оказываются смещенными во времени относительно друг друга и промодулированными по амплитуде. Здесь резонаторы играют роль распределителей, а усилители совмещают и функции ключей. Закон качания частоты может быть линейным или ступенчатым.

Известны также измерительные преобразователи поля величин, основанные на сканировании линейно меняющейся частотой резонаторов, включающих в себя преобразователи измеряемых величин [17]. При ЧС входные величины преобразуются в интервалы времени между откликами от опорного и измерительного резонаторов. Недосток таких устройств — зависимость точности измерения от стабильности и линейности изменения частоты генератора, что предъявляет жесткие требования к ГКЧ. Для устранения недостатка можно в моменты резонансов производить измерение сканирующей частоты, тем самым определять значение измеряемых величин. Кроме резонаторов, можно использовать и другие ЧЦ. Для выделения их особых точек применяются как амплитудно-частотные, так и фазочастотные соотношения ЧЦ.

Классификация устройств с ЧС. Авторами разработана классификационная таблица, включающая функциональные типы устройств с ЧС и классификационные признаки. Цифрой 1 обозначены известные устройства, а цифрой 2 — устройства, реализация которых, по мнению авторов, целесообразна. В столбцах с прочерками отмечены устройства, реализация которых нецелесообразна ввиду сложности их по сравнению с устройствами 1 и 2.

Типы устройств с ЧС раскрыты в проведенном обзоре. Классификацию их признаков начнем с характера используемых ЧЦ. Возможно построение устройств с применением как резонансных, так и апериодических цепей.

По рабочим характеристикам цепи во всех устройствах используется амплитудно-частотная характеристика. В измерительных устройствах возможно применение и фазочастотной характеристики [14, 16]. В отдельных случаях это обеспечивает повышение чувствительности за счет большей крутизны фазочастотной характеристики в особой точке.

Относительно модуляции выходного сигнала можно сказать, что во всех устройствах используется ФМ, в логических, измерительных и многоканальных контрольных — ФМ и АМ [12—14, 18], а в многоканальных контрольных и измерительных — ФМ, АМ и ЧМ. В первом случае ЧМ несет информацию о номере канала [13], а во втором — и об измеряемых величинах [15, 16].

Относительно стабильности закона ЧС необходимо отметить, что для импульсных устройств в зависимости от условий работы могут предъявляться повышенные требования. Требования к линейности частотно-временной характеристики ГКЧ для этих устройств не предъявляется, так как имеется возможность перестройки ЧЦ.

В логических устройствах стабильность и линейность закона ЧС определяются типом устройства и его функцией. Так, в распознающих устройствах с фазоимпульсным выходом [11] стабильность и линейность играют важную роль, так как они определяют положение рабочего импульса относительно опорного; в индикаторах на жидких кри-

Цель		Классификационные признаки										Включение элемента					
		Характеристика		Модуляция сигнала		Характеристика ЧС		Скорость		Периодичность				генераторное	турное		
		резонансная	апертурно-дифракционная	амплитудно-частотная	амплитудная	частотная	фазовая	стабильность	без особых требований	линейная	нелинейная					малая	большая
														зависимость	зависимость		
Устройства с частотным сканированием	1	—	1	—	—	1	1	1	—	1	1	2	1	2	—	1	
	2	—	2	—	—	2	2	2	—	2	2	2	2	2	—	2	
	2	2	2	—	—	2	2	2	—	2	2	2	2	2	—	2	
Импульсные устройства управления:	1	2	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	1	
	2	2	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	1	
Логические устройства	1	2	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	1	
	2	2	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	1	
Устройства контроля:	1	2	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	1	
	1	2	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	1	
Устройства измерений:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	

сталлах [12] и в устройствах контроля к закону ЧС жестких требований не предъявляется [8, 13].

Измерительные устройства с фазоимпульсным выходом должны иметь повышенную стабильность и линейность ЧС [17], а к устройствам, основанным на получении частотно-независимого баланса [14] или на отсчете частоты генератора [16], таких требований не предъявляется.

Существенным признаком является скорость ЧС. Как известно, при ЧС резонатора происходит искажение его частотной характеристики — смещение максимума по частоте и амплитуде, уменьшение эквивалентной добротности. Приходится пользоваться динамической частотной характеристикой. Этот вопрос исследован главным образом для линейного ЧС с малой скоростью, когда искажения характеристик резонаторов сравнительно малы [1—6, 17]. Но в ряде случаев, например при построении контрольных или импульсных устройств, можно допускать, очевидно, большие искажения (десятки процентов) характеристик резонаторов, соответствующие увеличенным скоростям ЧС. Эти вопросы подлежат более детальному анализу. Интересно поведение в таких условиях и аperiodических цепей.

Работа большинства устройств с ЧС предполагает периодическую развертку частоты — циклическое ЧС. Иногда возможна работа и в других режимах [12, 14, 16], например с остановкой развертки, по заданной программе и т. д.

Все устройства с ЧС предусматривают контурное включение указанных элементов. Лишь в измерительных устройствах [15] исследуемый элемент может включаться непосредственно в генератор.

В заключение хочется подчеркнуть, что путь развития метода ЧС в информационно-измерительной технике — это разработка устройств второго типа, отличающихся от устройств первого типа либо простотой, либо нестабильным ЧС, либо повышенной точностью и более высоким быстродействием.

Авторы благодарны д-ру техн. наук профессору М. П. Цапенко за внимание и помощь, оказанные при подготовке настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Свиланс. Осциллоскопическая настройка радиоприемника. Рига, «Зинатне», 1967.
2. В. А. Мартынов, Ю. Н. Селихов. Панорамные приемники и анализаторы спектра. М., «Советское радио», 1964.
3. С. Б. Стопский. Анализаторы спектра звуковых и инфразвуковых частот для акустической спектрометрии. М.—Л., Госэнергоиздат, 1962.
4. И. Т. Турбович. Метод близких систем и его применение для создания инженерных методов расчета линейных и нелинейных радиотехнических систем. М., Изд-во АН СССР, 1961.
5. В. Ф. Баумгарт. Автоматизация контроля радиоприемников. М., «Связь», 1970.
6. А. А. Харкевич. Спектры и анализ. М., Гостехиздат, 1957.
7. К. А. Семенов. Устройство для переключения поддиапазонов радиоприемника. Авторское свидетельство № 149136.— БИ, 1962, № 15.
8. В. А. Викторов. Резонансный метод измерения уровня. М., «Энергия», 1969.
9. С. Д. Амромин, В. Л. Полубинский. Многоканальный распределитель импульсов с частотным распределением каналов.— В сб. «Автоматическое управление. Вычислительная техника», вып. 1. Новосибирск, Западно-Сибирское книжное изд-во, 1969.
10. С. Д. Амромин, В. Л. Полубинский. Многоточечное устройство допускового контроля физиологических параметров на электронно-лучевой трубке.— В сб. «Развитие физиологического приборостроения для научных исследований в биологии и медицине». Труды II Всесоюзного традиционного научно-технического семинара. М., Профиздат, 1968.
11. Г. П. Катыс. Автоматическое сканирование. М., «Машиностроение», 1969.
12. Пьезокерамический цветовой индикатор частоты настройки.— Электроника, 1971, № 12.
13. С. Д. Амромин. Устройство автоматического контроля n параметров. Авторское свидетельство № 199989.— ИПОТЗ, 1967, № 16.

14. Б. Я. Красильщик, Ю. В. Фишер. Способ измерения комплексных сопротивлений. Авторское свидетельство № 158627.— БИ, 1963, № 22.
15. Э. И. Арш, А. А. Красин. Метод автоматизации измерений частотных характеристик параметров диэлектриков.— Автометрия, 1966, № 3.
16. П. В. Новицкий и др. Цифровые приборы с частотными датчиками. Л., «Энергия», 1970.
17. В. А. Строков. Сканирующее резонансное преобразование поля величин.— В сб. «Вопросы технической кибернетики». М., «Наука», 1966.
18. В. П. Сигорский и др. Схемы с многими состояниями. Новосибирск, РИО СО АН СССР, 1965.
19. А. П. Вишнеvский. Исследования вопроса построения полилогических элементов.— Автореферат канд. дисс. Новосибирск, 1971.
20. С. Д. Амромин. Многоканальный бесконтактный коммутатор с частотно-временным разделением каналов.— ПНТ и ПО, № 4-67-1436/78. М., ГОСИНТИ, 1967.
21. С. Д. Амромин, В. Л. Полубинский. Частотное сканирование при многоточечном автоконтроле биологических объектов.— Материалы к итоговой научной конференции за 1966—1967 гг. по вопросам гигиены. Новосибирск, 1967.

Поступила в редакцию 23 августа 1972 г.

УДК 621.317.311

Ю. А. БОЛВАНОВ, Э. А. КУПЕР, В. И. НИФОНТОВ, А. Д. ОРЕШКОВ

(Новосибирск)

МНОГОКАНАЛЬНАЯ ШИРОКОДИАПАЗОННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВВОДА ДАННЫХ В ЭВМ

В Институте ядерной физики СО АН СССР ведутся работы по автоматизации управления комплексом накопителей встречных электрон-позитронных пучков и других физических установок, содержащих элементы, рабочие параметры которых должны поддерживаться с большой точностью и быть взаимно согласованы, для чего необходимо контролировать большое количество аналоговых величин, мгновенных значений импульсных сигналов и интервалов времени. Выполнение задачи программного контроля и управления многими объектами за короткое время и с большой точностью создает необходимость применения ЭВМ с соответствующей системой ввода и вывода информации [1, 2]. Описываемая ниже многоканальная измерительная система для ввода данных в ЭВМ является частью общей системы управления комплексом накопителей [3].

Быстродействующий широкодиапазонный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) рассчитан на применение в тех случаях, когда в числе прочих аналоговых параметров нужно измерять следующие конкретные виды сигналов:

- 1) изменяющиеся напряжения в определенный момент времени, например напряжения на конденсаторных батареях в системе питания импульсных магнитов непосредственно перед моментом инжекции;
- 2) импульсные сигналы, значения которых запоминаются на конечное время с помощью буферных аналоговых запоминателей;
- 3) напряжения на отдельных элементах системы, когда требуется быстрый ввод в ЭВМ большого количества данных о таких элементах.

Система для ввода аналоговых параметров предназначена для работы в условиях сильных электромагнитных помех и наводок, создаваемых силовыми элементами комплекса, поэтому предпринимаются специальные меры для развязки и экранировки измерительных цепей. Особые требования предъявляются и к коммутатору аналоговых сигналов.