

инерционностей, должна иметь примерно следующий вид (см. рисунок). Здесь Y — устройство, позволяющее получить зеркальный к $u_1(t, x)$ сигнал, т. е. сигнал вида $u_1(T-t, x) = \pi(t, x)$.

Воспользуемся теперь разложением функции $u_1(t, x)$ в ряд, предложенный в [3]. Имеем

$$u_1(t, x) = 2\lambda e^{-(c+\lambda)t} \sum_{n=0}^{\infty} d_n(x) L_n(2\lambda t), \quad (9)$$

где $L_n(2\lambda t)$ — полином Лагерра. В этой же работе было показано, что коэффициенты ряда (9) вычисляются через обобщенные инерционности по правилу

$$d_n(x) = \sum_{i=0}^n (-1)^{i+1} C_n^i (2\lambda)^i S_{i+1}(x). \quad (10)$$

Из формулы (10) непосредственно следует возможность выбора структуры преобразователя для экспериментального определения столь необходимых коэффициентов $d_n(x)$. Зная теперь значения коэффициентов $d_n(x)$ и используя разложение (9), мы можем представлять функцию $u_1(t, x)$ с точностью, вполне достаточной для инженерной практики.

Установленная связь между обобщенными инерционностями сигнала и его коэффициентами Пуассона открывает дополнительные возможности аппаратного определения коэффициентов $d_n(x)$ и вместе с этим решает вопрос о приближении трансцендентной функции $u_1(t, x)$ с помощью полиномов Лагерра.

Данная статья появилась в итоге сопоставления автором результатов [3] и идеи [4].

Автор выражает глубокую благодарность Ф. Я. Гимельштейну за внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. У. Карплюс. Моделирующие устройства для решения задач теории поля. М., Изд-во иностр. лит., 1962.
2. Дж. Беки, У. Карплюс. Теория и применение гибридных вычислительных систем. М., «Мир», 1970.
3. Л. А. Айзенберг, Б. Н. Девятов, Е. Е. Солтан. К вопросу применения рядов Бурмана — Лагранжа для анализа переходных процессов в химико-технологических аппаратах. — Изв. СО АН СССР, серия техн. наук, 1971, вып. 1, № 3.
4. Р. Д. Баглай. Об экспериментальном определении моментов и их связи с обобщенным преобразованием Фурье. — Автометрия, 1970, № 4.

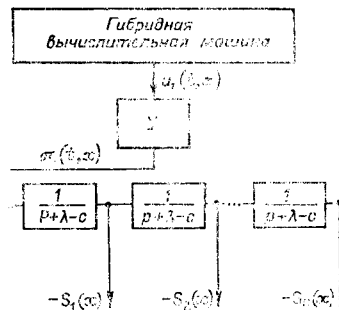
Поступило в редакцию
18 июня 1971 г.

УДК 621.317.776 : 621.317.795.3

Е. А. ОБИДЕНКО
(Москва)

ПРИБОР ДЛЯ ОЦЕНКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ПОТОКОВ

При разработке и эксплуатации стохастических вычислителей всегда имеется необходимость в контроле и измерении основных статистических характеристик элементов и узлов вычислителя, статистических свойств образуемых ими потоков. Для случая, когда случайный поток представляет собой тактированную последовательность нулей



я единиц, был разработан и изготовлен прибор, позволяющий оценить интенсивность потока, одномерную плотность (гистограмму) распределения вероятностей числа тактов между единицами исследуемого потока, автокорреляционную функцию потока и функцию взаимной корреляции двух потоков.

Для вычисления перечисленных оценок использованы следующие алгоритмы: интенсивность потока

$$\lambda = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i), \quad (1)$$

где N — объем выборки (число просмотренных тактов); $x(i)$ — значение потока между $(i-1)$ и i тактовыми моментами;

$$x(i) = \begin{cases} 1, & \text{если тактовый интервал заполнен;} \\ 0, & \text{если тактовый интервал свободен;} \end{cases}$$

гистограмма распределения числа тактов между единицами

$$f(k) = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) x(i+1) & \text{при } k=1; \\ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) x(i+k) \prod_{j=1}^{k-1} [1 - x(i+j)] & \text{при } k > 1, \end{cases} \quad (2)$$

где k — число тактов между единицами; автокорреляционная функция

$$R_{xx}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) x(i+k); \quad (3)$$

здесь k — число тактов задержки; функция взаимной корреляции

$$R_{xy}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i+n) y(i+m), \quad (4)$$

где $k=n-m$ — относительный сдвиг (в числе тактов) между потоками x и y ; n и m — число тактов между единицами в потоке x и y соответственно.

Для того чтобы получить возможность оценки функции взаимной корреляции как при положительных значениях k , так и при отрицательных, в приборе использована задержка как потока x , так и потока y . Так как оба потока могут принимать лишь два значения: 0 или 1, — для перемножения использованы обычные схемы совпадения, а для задержки — регистры сдвига. В этом случае алгоритмы (2) — (4) реализуются с помощью схемы, представленной на рис. 1, следующим образом.

При вычислении гистограммы (2) выход регистра 1 соединен со входом регистра 2. Исследуемый поток подается на вход регистра 1. Каждая единица исследуемого потока проходит вдоль всего регистра 1 и продвигается вдоль регистра 2 до тех пор, пока на выходе какой-либо из схем совпадения И не появится сигнал, образованный

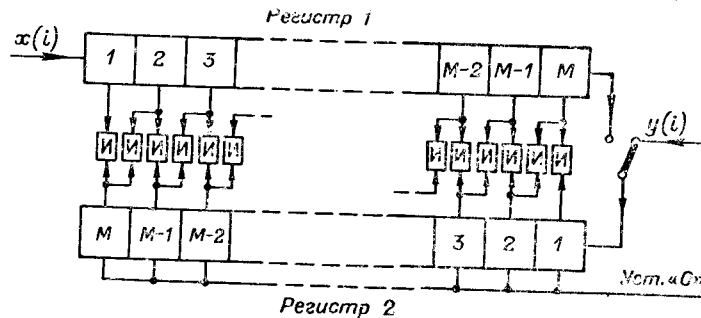


Рис. 1.

одновременным воздействием на входы этой схемы и единицы, продвигаемой вдоль регистра 2 и следующей непосредственно за ней единицы в регистре 1; после этого регистр 2 переводится в положение «0». Интенсивность потока на выходе схемы И определяет величину соответствующей ординаты гистограммы распределения числа тактов между единицами исследуемого потока.

При определении функции автокорреляции (3) регистры соединены так же, как и в предыдущем случае, однако перевод регистра 2 в положение «0» не производится. Интенсивности потоков на выходах схем совпадений определяют ординаты функции автокорреляции исследуемого потока, при этом минимальной задержке ($k=1$) соответствует поток с выхода схемы И, объединяющей последний элемент регистра 1 и первый — регистра 2, а максимальной задержке

$$k_{\max} = 2M - 1, \quad (5)$$

где M — количество элементов регистра сдвига, — поток с выхода схемы И, объединяющей первый и последний элементы регистров 1 и 2 соответственно.

При оценке функции взаимной корреляции (4) исследуемые потоки подаются на входы регистров 1 и 2 раздельно. Нулевая задержка между потоками x и y соответствует элементам регистров $n=m$, причем

$$n = m = \begin{cases} \frac{M}{2} \pm 1 & \text{при } M \text{ четном;} \\ \frac{M+1}{2} & \text{при } M \text{ нечетном.} \end{cases} \quad (6)$$

Максимальная задержка

$$k_{\max} = n - m = \pm (M - 1) \quad (7)$$

при $n=1$ и $m=M$, когда поток x опережает поток y , и при $n=M$ и $m=1$, когда поток x отстает от потока y . Как и в предыдущих случаях, ординаты измеряемой функции определяются интенсивностями потоков на выходах соответствующих схем совпадения. Интенсивность (1) исследуемых потоков определяется простым подсчетом единиц в потоке.

Функциональная схема прибора показана на рис. 2. Прибор работает следующим образом. Тактовые импульсы через входной повторитель П₁ и схему И—НЕ₁ поступают на счетчик Сч₂, который задает объем выборки N . После заполнения этого счетчика сигнал с его выхода подается на вход триггера Тг и переводит его в состояние, запрещающее прохождение исследуемых потоков через схемы совпадений И₁ и И₂ с входов — «Вход У» и «Вход Х». Одновременно прекращается счет тактовых импульсов счетчиком Сч₂. Сигнал с выхода Сч₂ запускает также одновибратор, длительность выходного импульса которого определяет выдержку времени между двумя циклами измерения, необходимую для полной очистки регистров задержки Рг₁ и Рг₂. Спад импульса одновибратора поступает одновременно на вход Тг и на счетный вход счетчика Сч₁ электронного коммутатора. Триггер Тг перебрасывается в состояние, открывающее доступ исследуемым потокам со входов Х и У к регистрам Рг₁ и Рг₂ и тактовым импульсам на вход Сч₂. Процесс повторяется многократно. Схемы совпадений И₄—И₃₄ осуществляют перемножение исследуемых потоков. Как это уже было показано на рис. 1, один вход каждой из этих схем совпадения соединен с соответствующим выходом регистра Рг₁, вторые входы — с соответствующими выходами регистра Рг₂. На вход схемы совпадений И₃ исследуемый поток со схемы И₂ подается непосредственно (без задержки). Все выходы схем И₃—И₃₄ объединены сборкой ИЛИ₁. Поочередный опрос каждой из схем И₃—И₃₄ осуществляется с помощью электронного коммутатора, в состав которого входит счетчик Сч₁ со световой индикацией его состояния, дешифратор Дш₁ и преобразователь код — напряжение ЦАП₁, с выхода которого напряжение подается на горизонтальный вход осциллографического индикатора.

Интенсивности потоков на выходе сборки ИЛИ₁, соответствующие значениям ординат измеряемых оценок, определяются с помощью счетчика Сч₃, информация из которого после завершения каждого цикла измерения переписывается в выходной регистр Рг₃; с выходами последнего связан второй преобразователь код — напряжение ЦАП₂, обеспечивающий вертикальное отклонение осциллографического индикатора, и панель световой индикации (на схеме рис. 2 не показана).

Схемы совпадения И₃₅—И₆₅, выходы которых объединены сборкой ИЛИ₂, а входы подключены к регистрам Рг₁ и Рг₂, как и у схем совпадения И₄—И₃₄, формируют импульс сброса регистра Рг₂ в режиме получения оценки гистограммы распределения тактов между единицами потока. Импульсы сдвига подаются на регистры Рг₁ и Рг₂ через элемент задержки τ и усилители — инверторы Ус₁ и Ус₂. Задержка необходима для завершения переходных процессов в схеме. Все измерения возможны в следующих режимах.

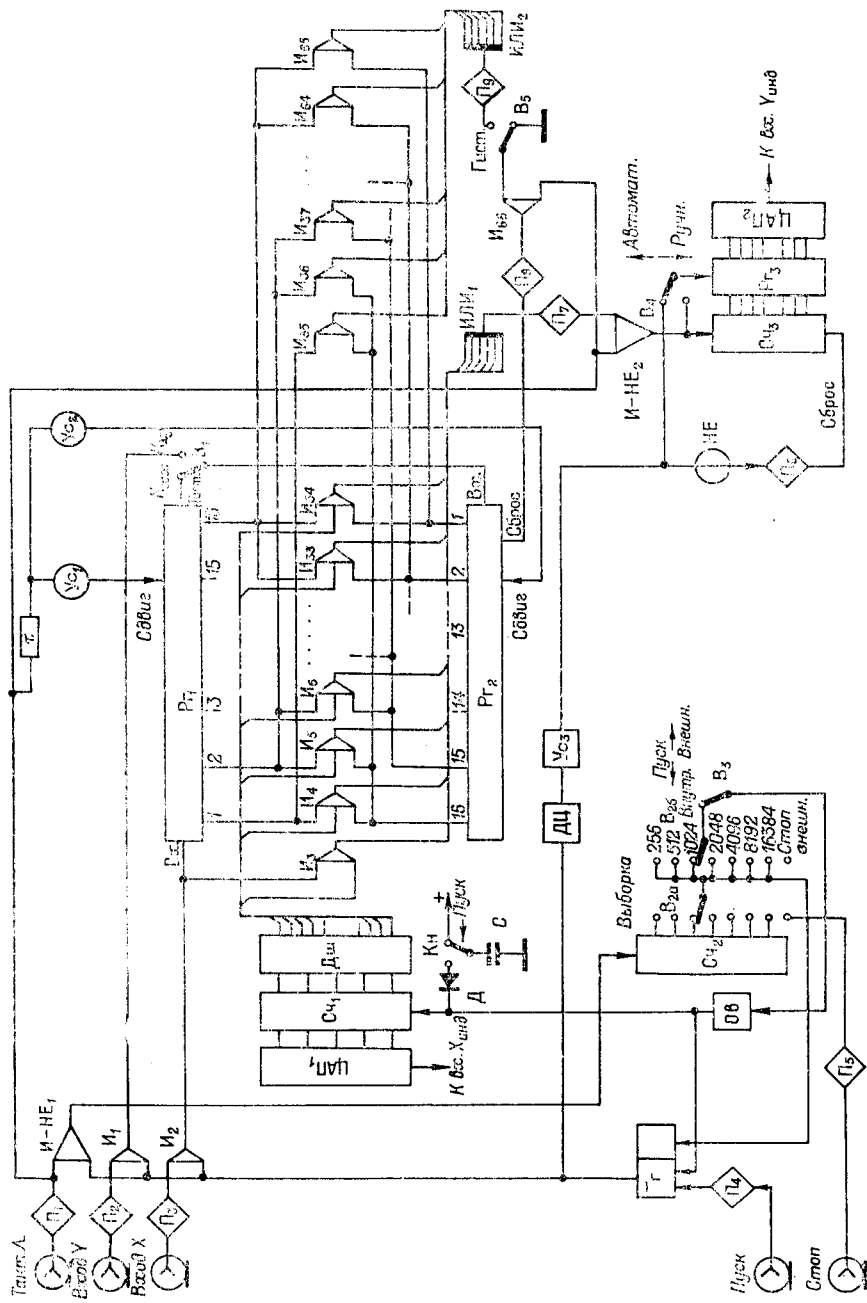


Рис. 2.

Автоматический режим. Тумблер В₄ в положении «Автомат», пуск осуществляется либо нажатием кнопки Кн «Пуск», либо внешним импульсом со входа «Пуск», либо циклически — импульсами с выхода одновибратора Ов (в положении тумблера В₃ «Пуск внутрь»).

Ручной режим. Тумблер В₄ в положении «Ручн». В этом случае счетчик С₁ блокируется и выбор необходимой ординаты оценки осуществляется ручным переключением (на схеме рис. 2 не показано).

Во всех случаях объем выборки устанавливается с помощью переключателя В₂, меняющего коэффициент пересчета счетчика С₂. Кроме того, объем выборки может быть установлен внешним импульсом, подаваемым на вход «Стоп» в положении переключателя В₂ «Стоп внешн.». Все основные узлы прибора выполнены на микросхемах. Применение микросхем позволило изготовить прибор компактным и легким: вместе с блоком питания (но без осциллографического индикатора) он вписывается в габариты 170×150×350 мм, а вес его не превышает 3 кг.

Стремление максимально упростить схему прибора, а также его узкая «специализация» не позволили сделать прибор универсальным: в нем отсутствует собственный источник тактовых импульсов, упрощены входные цепи, отсчет измеряемых оценок производится в двоичном коде, что создает некоторые неудобства.

Основные технические характеристики прибора следующие: 1) входные потоки — тактированная последовательность единиц (+3 В) и нулей (+0,3 В); 2) тактовая частота не менее 500 кГц; 3) количество точек отсчета (ординат) функции 32; 4) объем выборки 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192 или 16384 тактовых интервалов; 5) выход: аналоговый 0÷+2В для осциллографического индикатора и цифровой (прямой двоичный код на световом индикаторе).

Поступило в редакцию
15 февраля 1971 г.

УДК 621.317.757.39

Ю. А. БРЮХАНОВ, И. Д. ЗОЛОТАРЕВ
(Воронеж)

ВЛИЯНИЕ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО ТИПА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА

Анализатор спектра рециркуляционного типа (АСРТ) позволяет производить исследование сигналов с высокой разрешающей способностью в реальном масштабе времени, зачастую необходимое в системах управления, при распознавании речевых сигналов, в акустической спектрометрии и т. д. [1]. Устройство работает на основе рециркулятора со сдвигом частоты в цепи обратной связи (рис. 1). При воздействии моногармонического сигнала отклик рециркулятора после N циркуляций представляет собой радионмпульс, огибающая которого изменяется по закону $\sin t/t$, начальная фаза высокочастотного заполнения содержит информацию о фазе входного напряжения, а положение максимума t линейно зависит от его частоты. Когда на анализатор поступает сложное колебание, отклик его является текущим спектром воздействия, т. е. суперпозицией откликов на моногармонические составляющие.

Наличие боковых лепестков в функции $\sin t/t$ ограничивает динамический диапазон прибора. Для борьбы с ними между рециркулятором и индикатором включается резонансный усилитель с колоколообразной частотной характеристикой, реализуемой последовательным соединением нескольких каскадов одноконтурных усилителей [2]. Однако уменьшение боковых лепестков сопровождается паразитными явлениями, среди которых следует отметить расширение основного лепестка и изменение положения максимума Δt . Это приводит к ухудшению разрешающей способности и возникновению погрешности измерения частот спектральных составляющих.

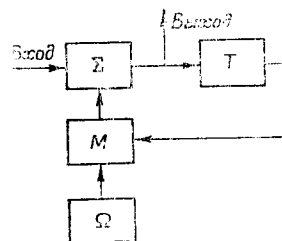


Рис. 1. Блок-схема рециркулятора.