Применение в данных алгоритмах быстрого преобразования Фурье делает их весьма эффективными при обработке результатов измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А. И., Дробышев Ю. П., Котюк А. Ф. Способ измерения динамических параметров. «Измерительная техника», № 12, 1968.
2. Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пространство состояний в теории управления. Изд. «Наука», М., 1970.
3. Бригхем, Морроу. Быстрое преобразование Фурье. ТИИЭР, т. 55, № 10, 1967.
4. Тихонов А. Н. О решении некорректно поставленных задач и методе регуляризации. ДАН СССР, 151, № 3, 1963.

В. Р. ПАНИН, В. В. СЕРГЕЕВ, В. П. ЯКИМАХА

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Одним из распространенных методов сжатия информации является адаптивная дискретизация сообщений [2]. В простейшем случае она заключается в выборке из непрерывного или заданного в виде числовой последовательности сигнала некоторых существенных отсчетов, по которым сигнал может быть восстановлен, например, кусочно-линейной аппроксимацией. При формировании интервала между отсчетами необходимо определять текущую погрешность аппроксимации сигнала выбранной функцией.

В информационно-измерительных системах задачу сжатия данных можно решить с помощью цифровых вычислительных машин (ЦВМ) и аналоговых устройств. Одним из основных показателей цифровых алгоритмов сжатия является число вычислительных операций, необходимых для обработки одной координаты контролируемого процесса. Уменьшения числа этих операций можно добиться упрощением процедуры контроля погрешности, переходом от точных методов ее определения к оценочным.

При использовании оценочных алгоритмов адаптивной дискретизации, построенных на использовании линейных преобразований сигнала [1], требуется вычислять функцию невязки $Y(t)$, величина которой связана с погрешностью аппроксимации. Для одного из наиболее эффективных линейных алгоритмов [1] эта функция описывается выражением

$$Y(t)=x(t)-\frac{r+2}{t^{r+1}}\int_0^t \tau^r x(\tau)\,d\tau, \qquad (1)$$

где r — постоянный параметр; $x(t)$ — обрабатываемый сигнал. Условно принимается $x(0)=0$.

Рассмотрим один из способов быстрого вычисления функции невязки $Y(t)$. Проведем некоторое преобразование выражения (1). Умножим обе его части на t^{r+1} и продифференцируем по t, при этом получим

$$tY'(t)+(r+1)\,Y(t)-tx'(t)+x(t)=0. \tag{2}$$

Интегрируем (2) в пределах $(0,\ t)$

$$\int_0^t tY'(t)\,dt+(r+1)\int_0^t Y(t)\,dt-\int_0^t tx'(t)\,dt+\int_0^t x(t)\,dt=0.$$

Применяя интегрирование по частям и учитывая, что

$$Y(0)=x(0)=0,$$

получим

$$t\,[Y(t)-x(t)]+\int_0^t [2x(\tau)+rY(\tau)]\,d\tau=0. \tag{3}$$

При цифровой реализации сигнал задается в виде числовой последовательности. Будем считать, что шаг предварительной дискретизации достаточно мал, чтобы внутри каждого шага считать изменение $x(t)$ линейным. Не нарушая общности рассуждений, примем шаг предварительной дискретизации равным единице. Таким образом, любой отрезок аппроксимации будет представлен набором отрезков единичной длины. Для отрезка аппроксимации длиной k запишем (3) в виде

$$k\,(Y_k-x_k)+\int_0^{k-1}[2x(\tau)+rY(\tau)]\,d\tau+\int_{k-2}^{k}[2x(\tau)+rY(\tau)]\,d\tau=0. \tag{4}$$

Для отрезка длиной k—1:

$$(k-1)(Y_{k-1}-x_{k-1})+\int_0^{k-1}[2x(\tau)+rY(\tau)]\,d\tau=0. \tag{5}$$

Выразив из (5) значение интеграла в пределах $(0,\ k-1)$, подставим его в (4):

$$k\,(Y_k-x_k)-(k-1)\,(Y_{k-1}-x_{k-1})+\int_{k-1}^{k}[2x(\tau)+rY(\tau)]\,d\tau=0. \tag{6}$$

Считая, что сигнал x изменяется линейно внутри единичного интервала $(k-1,\ k)$, полагаем, что функция Y внутри этого интервала также изменяется линейно:

$$x_k(t)=(t-k)(x_k-x_{k-1})+x_k,$$
$$Y_k(t)=(t-k)(Y_k-Y_{k-1})+Y_k.$$

Проведя в (6) интегрирование в пределах (k—1, k) после преобразований, получим рекуррентное выражение для вычисления выражения (1):

$$Y_k = \frac{k-1-\frac{r}{2}}{k+r} Y_{k-1} + \frac{k-1}{k+\frac{r}{2}} x_k - \frac{k}{k+\frac{r}{2}} x_{k-1} \qquad (7)$$

При нулевом значении параметра преобразования r выражение еще более упростится:

$$Y_k = \frac{k-1}{k} (Y_{k-1} + x_k) - x_{k-1}. \qquad (8)$$

Таким образом, получены рекуррентные соотношения, позволяющие вычислить функцию невязки (1) за 4—6 простых арифметических операций. Аналогичные соотношения могут быть получены и для более сложных преобразований, описанных в [1].

Рассмотрим аналоговую реализацию линейных устройств сжатия данных. Для этого представим функцию невязки $Y(t)$ в виде

$$Y(t) = x(t) - x(0) - \frac{r+2}{t^{r+1}} \int\limits_0^t \tau^r [x(\tau) - x(0)]\, d\tau \qquad (9)$$

$x(0)$ — начальное для данного интервала дискретизации значение сигнала.

Блок-схема устройства, реализующего выражение (9), приведена на рис. 1. Устройство содержит три блока: 1 — запоминающее-вычитающее устройство; 2 — блок вычисления функции невязки; 3 — блок сравнения.

Сигнал поступает на вход блока 1. В начальный момент времени в блоке запоминается значение сигнала $x(0)$, которое вычитается из последующих текущих значений сигнала $x(t)$, разность $x(t)$—$x(0)$ в блоке 2 преобразуется в функцию невязки $Y(t)$, которая в блоке 3 сравнивается с установленным порогом δ. При равенстве величин $Y(t)$ и δ с блока 3 выдается импульс, определяющий момент времени, в который необходимо провести отсчет значения дискретизируе-

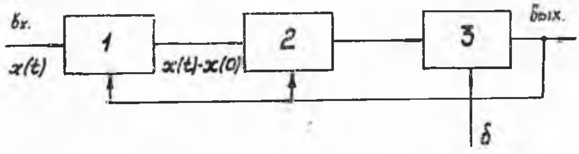

Рис. 1. Блок-схема аналогового устройства адаптивной дискретизации

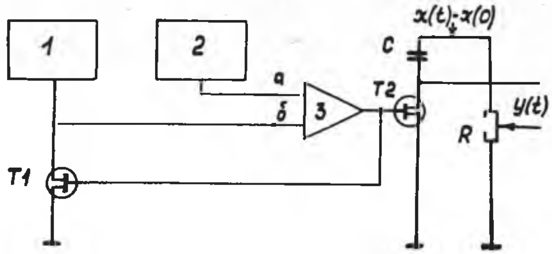

Рис. 2. Функциональная схема блока вычисления функции невязки

мого сигнала. Этим же импульсом вся схема приводится в исходное состояние. Реализовать выражение

$$\frac{r+2}{t^{r+1}}\int_0^t \tau^r\,[x(\tau)-x(0)]\,d\tau,$$

входящее в состав функции невязки (9), можно с помощью интегрирующей RC-цепи, параметры которой меняются во времени по закону:

$$CR=Kt,$$

где K — некоторая постоянная, t — текущее время.

Функциональная схема блока вычисления функции невязки показана на рис. 2. Здесь *1* — генератор тока, *2* — генератор пилообразного напряжения, *3* — интегральный операционный усилитель. Схема работает следующим образом. На инвертирующий вход «а» усилителя подается пилообразное напряжение. На выходе усилителя формируется сигнал, управляющий транзистором Т*1* таким образом, что на его стоке (входе «б» усилителя) потенциал становится равным потенциалу на входе «а» усилителя. При постоянной величине тока через транзистор Т*1* его сопротивление «сток-исток» меняется по пилообразному закону, то есть линейно зависит от времени. Управляющий сигнал с выхода усилителя *3* поступает также на затвор транзистора Т*2*. При идентичных параметрах транзисторов Т1 и Т2 сопротивление «сток-исток» транзистора Т2 также будет линейно зависеть от времени. Транзистор Т2 служит параметрическим резистором с линейным законом изменения сопротивления от времени $R(t)=\frac{Kt}{C}$.

На вход блока вычисления функции невязки поступает сигнал вида $x(t)—x(o)$. На выходе получаем функцию невязки $У(t)$, которая подается далее на блок сравнения; резистор R служит для выставления масштабного коэффициента $(r+2)$.

Таким образом, линейные интегральные алгоритмы сжатия данных оказываются весьма простыми в реализации как на ЦВМ, так и аналоговыми схемами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виттих В. А., Якимаха В. П. Синтез алгоритмов сжатия измерительной информации с применением структурных моделей сигналов. Извуз, «Приборостроение», № 4, 1972.
2. Ольховский Ю. Б., Новоселов О. Н., Мановцев А. П. Сжатие данных при телеизмерениях. Изд. «Наука», М., 1971.