

Программы обработки предоставляют экспериментатору возможность задать выполнение в любой последовательности следующих процедур:

1) сжатия или укрепления масштаба поля;

2) копирования, перемещений, компоновки полей в любой заданной последовательности;

3) нормировки полей с любой функцией нормировки, заданной экспериментатором; рассчитываются программой анализа бланка очередного эксперимента и передаются программам приема и сортировки входных данных.

5. Система организации данных обеспечивает хранение массивов на магнитном диске и стандартный доступ к различным единицам данных, которые выбраны в соответствии с требованиями эксперимента.

Единицы данных: «поле», «кадр», «массив эксперимента».

«Поле» в данном случае представляет собой упорядоченный набор данных, описывающий поверхностное или фазовое распределение; «кадр» — совокупность «полей»; «массив эксперимента» — совокупность «кадров».

Система содержит описатели данных (каталоги и паспорта) и обеспечивает ввод/вывод и редактирование данных и их описателей.

Поступило в редакцию 10 июня 1977 г.

УДК 681.26.088.6.001.11

В. П. БАРАНОВ, А. П. РАКАЕВ

(Москва)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ КОРРЕКЦИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АЦП МЕТОДОМ ЧИСЛО-ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В работах [1—4] показана возможность коррекции чувствительности аналого-цифровых преобразователей (АЦП) двоичными или двоично-десятичными множителями с обратными связями, которые строятся на базе выходного счетчика АЦП. Так как такие структуры предназначены для умножения число-импульсной последовательности на масштабный коэффициент и одновременного подсчета импульсов, то для краткости будем их называть масштабными счетчиками (МС). В настоящей работе делается попытка определения максимальной и среднеквадратической инструментальной погрешностей коррекции чувствительности АЦП при помощи МС, а также нахождения расчетных соотношений для проектирования МС с заданной инструментальной погрешностью (в дальнейшем — просто погрешность).

Структурная схема МС в общем виде представлена на рис. 1 [5]. Коррекция чувствительности АЦП при помощи МС производится следующим образом. Код измеряемой величины x в виде число-импульсной последовательности подается на сумматор или вычитатель (С—В) и далее через управляемый делитель (УД) с установленным коэффициентом деления УД a в выходной счетчик (ВС). ВС совместно с ключевыми схемами К образует множитель U (двоичный или двоично-десятичный [6, 7]), с выхода которого на другой вход С—В поступает Nk импульсов (y — управляющий код, k — коэффи-

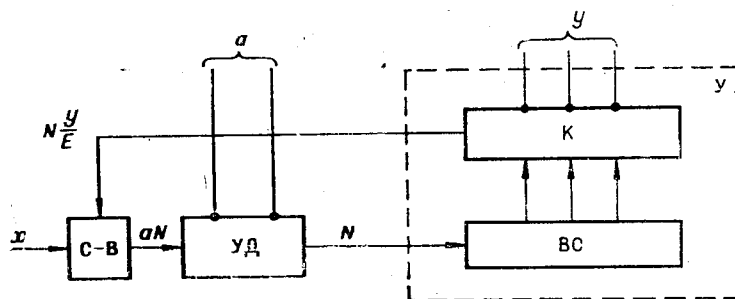


Рис. 1. Структурная схема масштабного счетчика (E — емкость ВС).

ент умножения Y). В зависимости от того, стоит на входе МС сумматор (при этом $Nk > 0$) или вычитатель ($Nk < 0$), число импульсов N , поступившее в ВС, будет связано с преобразуемым кодом измеряемой величины x следующим образом:

$$N = \begin{cases} \frac{x}{a-k} & \text{при } Nk > 0, \\ \frac{x}{a+k} & \text{при } Nk < 0, \\ \frac{x}{a} & \text{при } Nk = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Полученное выражение позволяет рассчитать коэффициенты a и k таким образом, чтобы коду измеряемой величины x соответствовал требуемый код N , зафиксированный в ВС.

Управляемый делитель предназначен для грубого изменения чувствительности АЦП, так как коэффициент деления может принимать только целочисленные значения $a = 1, 2, 3, \dots$. Коэффициент умножения k умножителя Y в зависимости от управляющего кода y может изменяться от 0 до ~ 1 , что позволяет с высокой степенью точности корректировать чувствительность АЦП.

Максимальная Δ_k и среднеквадратическая σ_k погрешности коррекции определяются путем дифференцирования выражения (1) и последующих преобразований:

$$\Delta_k \approx \begin{cases} \frac{\Delta_y + a\Delta_{yД}}{a-k} & \text{при } Nk > 0, \\ \frac{\Delta_y + a\Delta_{yД}}{a+k} & \text{при } Nk < 0, \\ \Delta_{yД} & \text{при } Nk = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где Δ_y и $\Delta_{yД}$ — погрешности Y и $YД$ в импульсах;

$$\sigma_k \approx \begin{cases} \frac{\sqrt{\sigma_y^2 + a^2\sigma_{yД}^2}}{a-k} & \text{при } Nk > 0, \\ \frac{\sqrt{\sigma_y^2 + a^2\sigma_{yД}^2}}{a+k} & \text{при } Nk < 0, \\ \sigma_{yД} & \text{при } Nk = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где σ_y и $\sigma_{yД}$ — среднеквадратические погрешности Y и $YД$ в импульсах.

Рассмотрим частные составляющие погрешности коррекции. Так как УД выполняется обычно в виде двоичного счетчика с коэффициентом деления a , то максимальная погрешность УД составит $(a-1)/a$. Однако путем начальной записи в УД чисел $(a-1)/2$ или $a/2$ ее можно уменьшить до значения

$$\Delta_{yД} = \begin{cases} \frac{1}{2} & \text{при } a = 2i, \\ \frac{a-1}{2a} & \text{при } a = 2i-1; \\ & i = 1, 2, 3, \dots \end{cases} \quad (4)$$

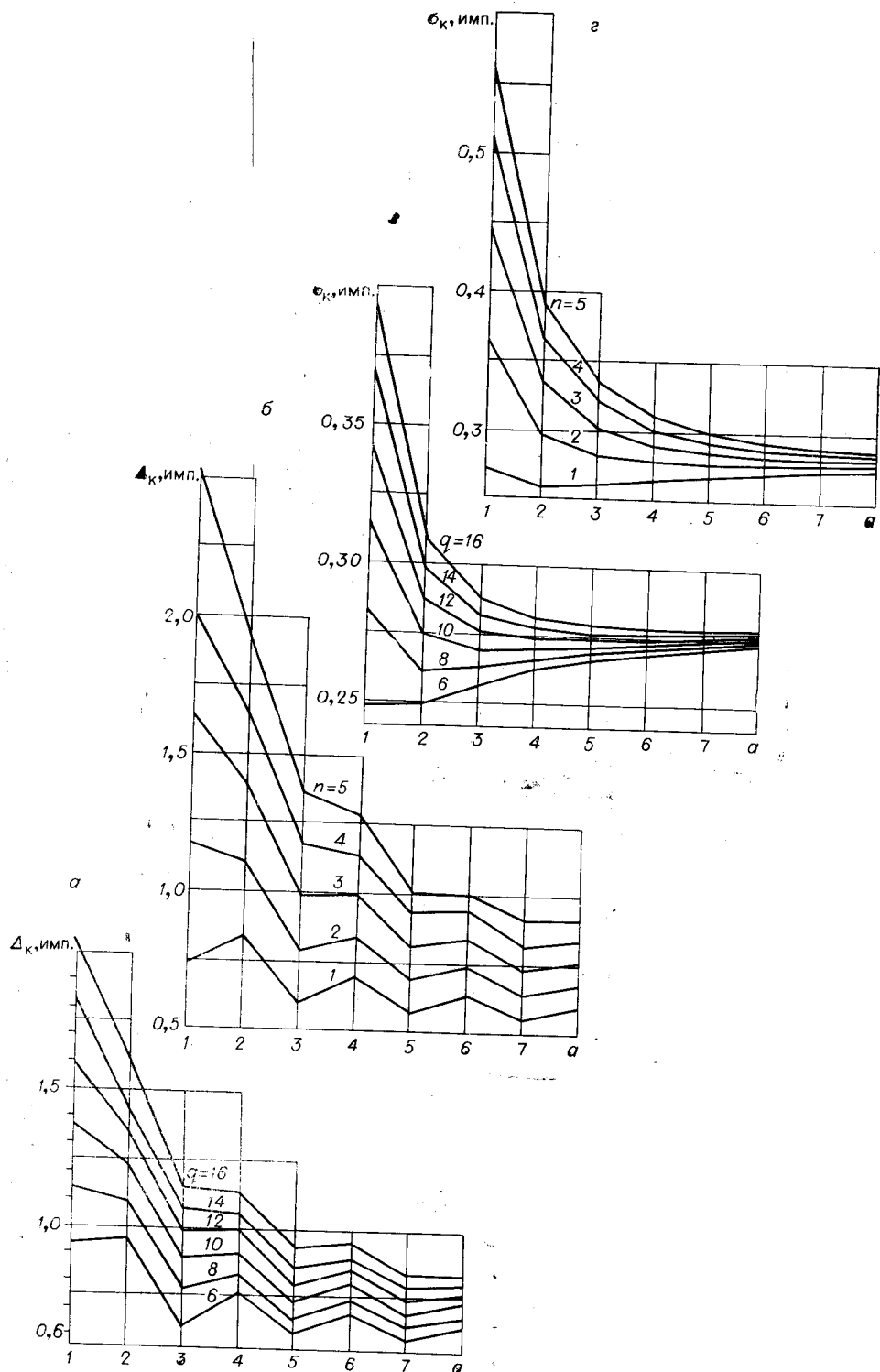


Рис. 2. Зависимость максимальной и среднеквадратической погрешностей коррекции от количества разрядов q (а, в) или количества декад n (б, г).

в виде приближенных выражений:

$$\Delta_y \approx \begin{cases} \frac{3q+7}{18} & \text{для ДУ,} \\ 0,45 + 0,67n & \text{для ДДУ;} \end{cases} \quad (6)$$

$$\sigma_y \approx \begin{cases} \frac{\sqrt{3q+2}}{12} & \text{для ДУ,} \\ 0,25 + 0,16n - r(n-1)10^{-2} & \text{для ДДУ,} \end{cases} \quad (7)$$

где q — количество разрядов ДУ; n — количество декад ДДУ ($n \leq 5$).

Для МС с вычитателем на входе по выражениям (2)—(7) рассчитаны зависимости максимальной и среднеквадратической погрешностей коррекции от коэффициента деления a и количества декад n или двоичных разрядов q , которые приведены на рис. 2. Пользуясь приведенными графиками, можно по заданной погрешности коррекции определить параметры МС.

МС с сумматором на входе при $a=1$ позволяет получить $N > x$, но погрешность коррекции в этом случае

$$\Delta_k = \Delta_y / (1 - k)$$

и может при $k \rightarrow 1$ достигать значительной величины. По этой причине в МС с сумматором на входе обычно задают $k > 0,5$. Однако получить $N > x$ можно и в МС с вычитателем на входе. Для этого нужно предварительно умножить число-импульсную последовательность x на целое число S (т. е. на каждый импульс последовательности x выработать S импульсов) и далее из числа Sx получить на МС с вычитателем на входе код N . Операция умножения на целое число дополнительной погрешности не вносит, поэтому погрешность коррекции для последнего случая может быть определена по графикам, приведенным на рис. 2. Таким образом, проведенный анализ показывает, что при коррекции чувствительности АЦП целесообразнее использовать МС с вычитателем на входе, дополняя его при необходимости устройством умножения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moshos G. J. Survey of count up-count down machines.— "Proc. of the Symposium on Pulse-Rate and Pulse-Number Signals in Automatic Control". Budapest, 1968, p. 75—78.
2. Сучков Ю. С., Баранов В. П., Ракаев А. П., Сухомлин В. В., Шамагон Е. С. Масштабирование частотно-импульсного сигнала с помощью счетчиков.— «Труды НИКИМПа. Испытательные машины, средства автоматизации, взвешивания и дозирования». М., вып. 5, 1975, с. 149—154.
3. Витер А. С., Дудыкевич В. Б. Возможность применения делителей частоты с цифровой обратной связью в частотно-цифровой измерительной аппаратуре.— В кн.: Контрольно-измерительная техника. Вып. 17. Львов, «Вища школа», 1975, с. 8—11.
4. Грос И. Ц., Ефремов В. В., Золотков Л. К., Романов Ю. К., Чабан А. С. Устройство деления числа на число.— «Автометрия», 1976, № 2, с. 91—93.
5. Баранов В. П., Ракаев А. П., Сучков Ю. С., Шамагон Е. С. Преобразователь угол — код для весовых устройств.— Авт. свид-во, № 507888, БИ, 1976, № 11.
6. Воронов А. А., Гарбузов А. Р., Ермилов Б. Л., Игнатьев М. Б., Корпитенко Г. Г., Соколов Г. Н., Ян Си-зен. Цифровые аналоги для систем автоматического управления. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1960.
7. Robrock II R. V. A digital integrator employing decimal rate multiplication.— "Proc. of the Symposium on Pulse-Rate and Pulse-Number Signals in Automatic Control". Budapest, 1968, p. 68—74.
8. Данчеев В. П. Цифро-частотные вычислительные устройства. М., «Энергия», 1976.

Поступило в редакцию 3 января 1977 г.;
окончательный вариант — 24 марта 1977 г.