

4. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах. Под ред. М. Д. Штерка. М., «Советское радио», 1964.
 5. С. В. Кулик о в. Управляемые мультивибраторы на транзисторах. М.—Л., «Энергия», 1966.

Поступило в редакцию
7 апреля 1967 г.

УДК 681.142.621

Г. П. БЕЗНОСОВ, Н. В. ЛИТВИНОВ, А. В. САМОШИН
(Новосибирск)

О РАСЧЕТЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА НА ФЕРРИТОВЫХ ПОРОГОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Целью настоящей работы является расчет и оценка погрешности аналого-цифрового преобразователя (АЦП), работающего по принципу совпадения с периодическим считыванием результата преобразования. АЦП такого типа обладают, как правило, большим быстродействием, схемно очень просты и имеют динамическую ошибку, значительно меньшую, чем АЦП поразрядного и развертывающего уравнивания.

Рассматриваемый преобразователь состоит из m пороговых элементов [1] соответственно числу уровней квантования измеряемой величины. Схема порогового элемента и его характеристика приведены на рис. 1, 2. Разность $\Delta I = I_1'' - I_1'$ определяет ши-

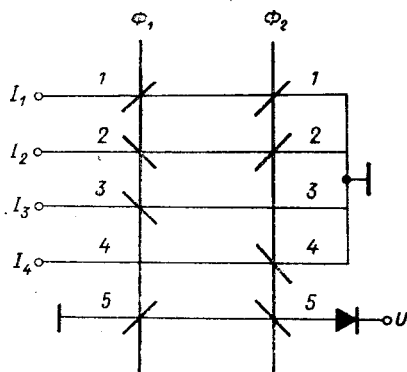


Рис. 1.

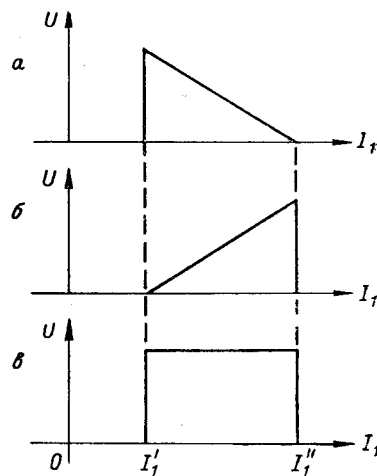


Рис. 2.

рину характеристики порогового элемента, т. е. величину шага квантования по уровню преобразуемого тока. Значение измеряемой величины определяется номером сработавшего порогового элемента. Работа преобразователя, изображенного на рис. 3, описана в [2] и поэтому здесь не рассматривается.

Расчет преобразователя основан на определении ампервитков пороговых элементов по формуле

$$H = \frac{0,4\pi I W}{l_{cp}} a I W. \quad (1)$$

Используя (1), найдем ампервитки j -го порогового элемента, образованного двумя ферритовыми сердечниками Φ_{j1} и Φ_{j2} с расположенными на них обмотками.

Так как величины порогов I_1^{j-1} и I_1^j известны, то ампервитки для Φ_{j1} определим из условия срабатывания порогового элемента

$$a (I_1^{j-1} W_1 - I_3 W_3) = H_c, \quad (2)$$

где W_1 — число витков входной обмотки; W_3 — число витков обмотки смещения; H_c — коэрцитивная сила сердечника.

Полагая для простоты $W_1 = W_3 = W$, получим

$$I_3 = I_1^{j-1} - \frac{H_c}{a W}. \quad (3)$$

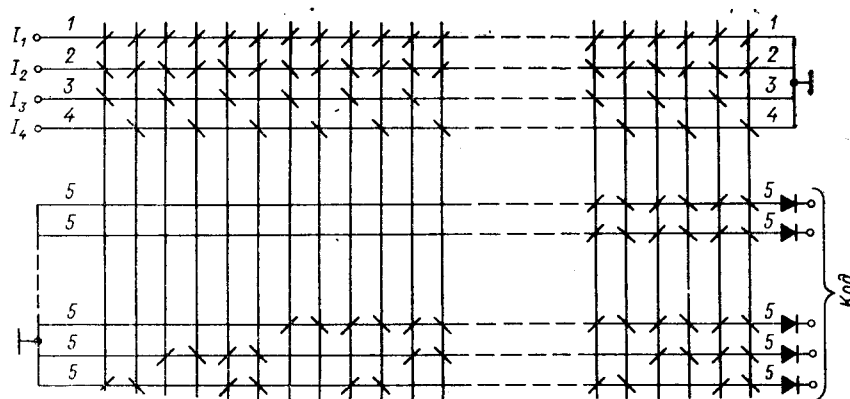


Рис. 3.

Значение импульсного тока I_2 определим из равенства

$$I_2 W_2 = I_1^j W_1 - I_3 W_3, \quad (4)$$

где W_2 — число витков обмотки считывания.

Используя условие $W_1 = W_3 = W$ и формулу (3), из (4) получим

$$I_2 = \frac{W}{W_2} \left(\Delta I + \frac{H_c}{a W} \right). \quad (5)$$

Таким образом, задаваясь числами витков W и W_2 , по формулам (3) и (5) определим токи I_3 и I_2 . Для определения числа витков выходной обмотки воспользуемся выражением [3]

$$U_{cp} = \frac{2 W_5 S B}{t_n},$$

где S — площадь сечения сердечника; $B \approx B_r$; t_n — время переключения сердечника.

Число витков обмотки считывания W_2 и амплитуду тока I_2 , а также входные и выходные обмотки для второго сердечника Φ_{j2} порогового элемента берем такими же, как и для первого сердечника Φ_{j1} . Следовательно, для второго сердечника остается только определить ампервитки смещения. Это делается по условию, аналогичному (2):

$$-a (I_4 W_4 - I_1^j W) = -H_c. \quad (6)$$

Если принять $W_3 = W_4$, то значение тока смещения I_4 второго сердечника можно найти по формуле

$$I_4 = \frac{1}{a W} (a I_1^j W + H_c). \quad (7)$$

Таким образом, зная токи смещения I_3, I_4 и пороги срабатывания элементов, которые определяются шагом квантования по уровню преобразуемой величины, можно по вышеприведенным соотношениям рассчитать все пороговые элементы преобразователя.

Рассмотрим максимальную величину статической погрешности такого преобразователя. Статическая погрешность определяется погрешностью дискретности ΔI и по-

грешностью, вызываемой нестабильностью порогов срабатывания элементов. Из (2) и (6) видно, что пороги определяются величинами тока смещения I_3, I_4 и коэрцитивной силы H_c , поэтому их нестабильность обуславливает нестабильность порога. Влиянием нестабильности токов смещения можно пренебречь, считая, что стабильностью источников тока смещения достаточно высока по сравнению со стабильностью величины H_c . Нестабильность же H_c в основном определяется изменением H_c вследствие колебания температуры. Изменение H_c на $H_c \pm \Delta H_c$ эквивалентно изменению входного тока на величину $\frac{\Delta H}{a W}$, где W — число витков входной обмотки. Исходя из этого, максимальную статическую ошибку преобразователя $\delta_{\max \text{ ст}}$ можно представить в виде

$$\delta_{\max \text{ ст}} = \Delta I + \frac{|\Delta H|_{\max}}{a W}.$$

Эта формула показывает, что путем увеличения числа витков входной обмотки можно уменьшить погрешность, определяемую нестабильностью порогов срабатывания пороговых элементов. Но, с другой стороны, увеличение числа витков входной обмотки вызывает увеличение ее постоянной времени τ , что приводит к появлению динамической ошибки, сравнимой с $\delta_{\max \text{ ст}}$, если скорость изменения преобразуемой величины $X'(t)$ не равна нулю. Величина динамической ошибки пропорциональна величине τ и производной преобразуемого процесса $X'(t)$. Поэтому общую максимальную ошибку преобразователя можно записать так:

$$\delta_{\max} = \Delta I + \frac{|\Delta H|_{\max}}{a W} + \tau(W) |X'(t)|_{\max}, \quad (8)$$

где $\tau(W) = \frac{L}{R} = \frac{\alpha W^2}{R}$; R — активное сопротивление входной цепи; α — коэффициент, зависящий от марки сердечника и конструктивных особенностей обмотки.

Так как с увеличением W второе слагаемое формулы (8) уменьшается, а третье увеличивается, то существует такое оптимальное значение количества витков $W_{\text{опт}}$, при котором величина δ_{\max} принимает минимальное значение. Значение $W_{\text{опт}}$ негрудно найти из (8):

$$W_{\text{опт}} = \sqrt[3]{\frac{|\Delta H|_{\max} R}{2a \alpha |X'(t)|_{\max}}}.$$

В заключение заметим, что в литературе имеются сообщения о ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса, магнитные свойства которых практически не изменяются при колебаниях температуры в пределах от 0 до 100°С. Поэтому применение таких сердечников при построении преобразователей позволит несколько уменьшить погрешность преобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. П. Безносков, Б. П. Зеленцов, А. В. Самошин. Пороговый элемент. Авторское свидетельство № 163798. — Бюллетень изобретений, 1964, № 13.
2. Г. П. Безносков, Б. П. Зеленцов, А. В. Самошин. Аналого-цифровой преобразователь. Авторское свидетельство № 179092. — ИПОТЗ, 1966, № 4.
3. Б. И. Аранович, Б. В. Шамрай. Электромагнитные устройства автоматики. М.—Л., «Энергия», 1965.

Поступило в редакцию
5 января 1967 г.