

УДК 621.317.087.92

Повышение точности при широком динамическом диапазоне преобразования каналов измерения систем автоматизации ферментационных установок. Мустафин Т.А.//Научное приборостроение. Электронно-ионная оптика. Л.:Наука, 1989, с.133-136.

Предложен эффективный и простой в реализации метод цифровой коррекции систематических погрешностей каналов измерения с переменными диапазонами преобразования. Лит. - 5 назв., ил. - 1.

Т.А.Мустафин (СКБ биологического приборостроения АН СССР)

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ ШИРОКОМ ДИНАМИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КАНАЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Современные системы автоматизации ферментационных установок (САФУ) требуют использования каналов измерения с широким динамическим диапазоном преобразования,

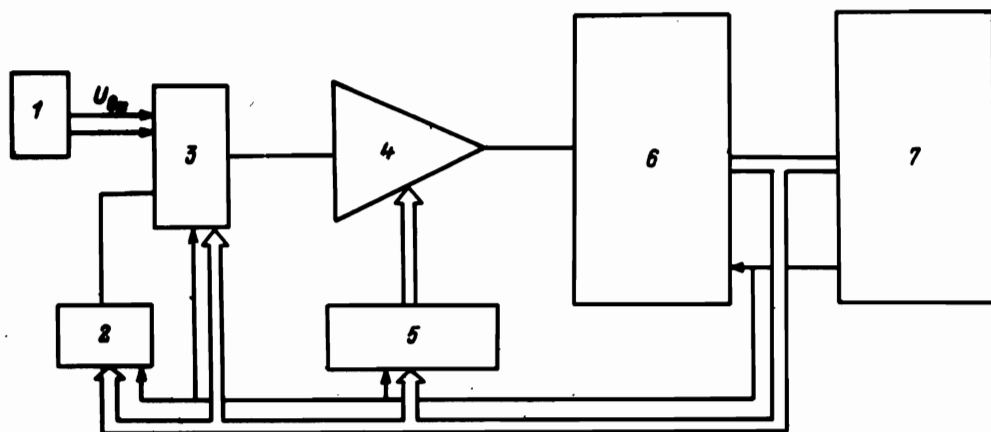
в частности, блоков измерения: pO_2 , оптической плотности и т.д.

Широкий динамический диапазон измерения достигается применением в каналах измерения усилителей с переменными коэффициентами усиления (УПКУ) на входе АЦП-преобразователей. Поскольку точность таких преобразователей в основном определяет точность измерения, то создание структурных методов повышения точности АЦП с УПКУ является актуальной задачей. Погрешность таких преобразователей во многом определяется мультипликативной погрешностью, вносимой УПКУ [1].

Наличие в САФУ процессора позволяет сравнительно просто исключать в цифровом виде систематические погрешности канала измерения при использовании эффективного метода коррекции.

Известные методы цифровой коррекции мультипликативной погрешности [1-4] требуют вместо одного образцового сигнала K -образцовых сигналов (образцовый ЦАП), что значительно усложняет реализацию методов коррекции погрешностей, вносимых УПКУ.

Разработан простой в реализации метод цифровой коррекции систематических погрешностей АЦП с переменными диапазонами преобразования в САФУ [5]. Метод поясняет структурная схема канала измерения (рисунок).



Структурная схема канала измерения: 1 - первичные преобразователи; 2 - кодо-регулируемый источник сигналов (КРИС); 3 - коммутатор; 4 - усилитель с программируемым переменным коэффициентом усиления; 5 - регистр коэффициента усиления; 6 - АЦП; 7 - микропроцессорная система САФУ

Коэффициент усиления УПКУ $K_y = 2^i$, где $i = 0 + (K-1)$ - номер диапазона измерения, задаваемого процессором системы. Результат преобразования АЦП с УПКУ представляет собой код коэффициента усиления - код порядка ($K_y = 2^{+i}$) и код N_m^i - мантиссы (формат с плавающей запятой). Будем рассматривать только погрешности усиления, вносимые УПКУ, считая, что погрешность смещения этого усилителя скомпенсирована.

Метод коррекции состоит из двух этапов. На первом (этап настройки), осуществляемом периодически, определяются значения коэффициентов наклона A_i , $i = 1 + K$ - диапазонов преобразования и остаются в запоминающем устройстве (ЗУ). На втором этапе коррекции (основном режиме) эти значения используются для формирования точного значения измеряемого сигнала.

Рассмотрим процесс определения значений A_i на первом этапе коррекции. В идеальном случае для кода мантиссы $N_M^i = \sum_j 2^{-j} \alpha_j$ (j — разрядность АЦП) преобразованного сигнала ($U_{\delta x}$) уравновешивающий сигнал (U_{yp}) АЦ-преобразования описывается выражением [5]

$$U_{yp_i} = E_{on_i} \sum_j^n 2^{-j} \alpha_j,$$

где E_{on_i} — значение опорного сигнала i -го диапазона; i — значение порядка (кода порядка) преобразованного сигнала ($0 \dots K-1$); α_j — значение j -го разряда кода мантиссы ($0,1$).

В свою очередь

$$E_{on_i} = E_{on} \cdot 2^{-i},$$

где E_{on} — значение опорного сигнала блока АЦП.

Реальный уравновешивающий сигнал

$$U_{yp_i}^* = A_i E_{on_i} \sum_j^n 2^{-j} \alpha_j, \quad (4)$$

где A_i — коэффициент, обусловленный мультипликативной погрешностью УПКУ на i -м диапазоне измерения.

Известно [4], что при подаче нулевого кода порядка $i = 0$ на УПКУ последний включается в режим повторителя с точным $K_y = 2^0 = 1$.

Соответственно, согласно формуле (4)

$$U_{yp_0}^* = A_0 E_{on_0} \sum_j^n 2^{-j} \alpha_j = E_{on} \sum_j^n 2^{-j} \alpha_j,$$

т.е. на нулевом диапазоне измерения канал преобразования является точным.

Подключим к входу устройства при помощи коммутатора кодорегулируемый источник сигналов. Управляя входными кодами КРИС и запуская АЦП, добиваемся на выходе формирователя сигнала, которому соответствует код $N_M^{i,0} = \sum_j 2^{-j}$ при нулевом порядке ($K_y = 2^0$). В этом случае уравновешивающий сигнал $U_{yp_0}^* = E_{on} \sum_j 2^{-j}$.

Не изменяя входного сигнала, подадим на вход 5 (см. рисунок) значение порядка, увеличенное на 1, и запустим АЦП. В результате преобразования формируется код мантиссы $N_M^{i,0} = \sum_j 2^{-j} \alpha_j$, которому соответствует уравновешивающий сигнал

$$U_{yp_i}^* = A_i E_{on} \cdot 2^{-i} \sum_j^n 2^{-j} \alpha_j.$$

Учитывая, что выходной сигнал не изменялся, можно составить уравнение без учета погрешностей квантования:

$$U_{yp_0}^* = U_{yp_i}^* \quad \text{или} \quad A_i E_{on} \cdot 2^{-i} \sum_j^n 2^{-j} \alpha_j = E_{on} \sum_j^n 2^{-j},$$

откуда

$$A_i = \frac{N_M^{i,0} \cdot 2}{N_M^{i,0}} = \frac{\sum_j 2^{(1-j)}}{N_M^{i,0}}. \quad (2)$$

В этом случае точное значение преобразованного сигнала на первом диапазоне

$$N_{MT} = A_i \cdot N_M^i, \quad (3)$$

где N_M^i — реальный код (мантиссы) преобразованного сигнала.

Погрешность следующего диапазона измерения ($i+1$ -го) по отношению к ($i = 1$) определяем по предыдущему i -му диапазону. Для чего на i -м диапазоне, изменяя коды на входе КРИС и измеряя АЦП входные сигналы, добиваемся получения на выходе КРИС сигнала $U_{\delta x}$, которому соответствует код $N_M^i = N_M^{i,0}/2$.

Точное значение этого кода согласно (2), (3)

$$N_{MT}^i = N_M^{i,2} = \sum_j^n 2^{-j}.$$

Не изменяя U_{Bx} , увеличим значение порядка на 1 и запустим АЦП. На выходе АЦП формируется в этом случае код $N_M^{2,1}$. По формуле (2) определяем коэффициент, обусловленный мультипликативной погрешностью

$$A_2 = \frac{N_M^{1,2} \cdot 2}{N_M^{2,1}} = \frac{\sum_{j=1}^N 2^{(1-j)}}{N_M^{2,1}}$$

или в общем случае для i и $i+1$ -го диапазонов.

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^N 2^{(i-j)}}{N_M^{i+1,1}}.$$

Ошибка коррекции согласно (3) составляет $\delta_{(N_i)} = 2,3\delta$, где δ — погрешность квантования АЦП.

Погрешность преобразования традиционным методом [1-4] составляет $\delta_{np} = 1,7\delta$.

Таким образом, предложен эффективный, просто реализуемый метод цифровой коррекции систематических погрешностей каналов измерения с переменными диапазонами преобразования. При сравнительно одинаковой погрешности коррекции с традиционными данный метод не требует использования сложного и труднодоступного оборудования в виде образцового ЦАП. Систематическая погрешность кодорегулируемого источника сигналов на точность метода не влияет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондалев А.И. и др. Преобразователи формы информации для малых ЭВМ. Киев: Наукова думка, 1982.
2. Микроэлектронные АЦ и ЦА преобразователи/Под ред. В.Б.Смолова. Л.: Энергия, 1976.
3. Алиев Г.М./Методы коррекции//Изм.техн., 1978, № 6.
4. Мустафин Т.А. Автореф.дис....канд.техн.наук. М., 1985.
5. А.с. 1257689 СССР. — БИ 1987, № 34,