АНАЛИЗ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ И ТОЧНОСТИ ДВУХОТСЧЕТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УГОЛ—КОД

А. И. Гнатюк, Е. Я. Иванченко, В. Е. Тырса

Харьков

В многочисленных работах о двухотсчетных преобразователях угол—код отмечается большое быстродействие, высокая точность и другие положительные качества, показывающие перспективность «грубо-точных» преобразователей.

Между тем, как справедливо указано в заключении к [1], «...общая теория «грубо-точных» преобразователей пока не создана и неполностью реализованы возможности, создаваемые этим принципом».

Настоящая работа не претендует на исчерпывающее исследование «грубо-точных» преобразователей. В ней приводится лишь анализ точности и быстродействия одно- и двухотсчетных преобразователей угол — код, который, на наш взгляд, может быть полезен при построении оптимальных по точности и быстродействию структур двухотсчетных преобразователей.

В соответствии с [2, 3] количество информации, получаемое в результате преобразования (измерения):

$$I(x) = H(x) - H(x/x_n), \tag{1}$$

где $H(x)$ — исходная энтропия, зависящая только от распределения вероятностей различных значений преобразуемой величины; $H(x/x_n)$ — условная энтропия (энтропия погрешности).

В соответствии с [2] энтропия погрешности

$$H(x/x_n) = \log 2k\sigma, \tag{2}$$

где k — энтропийный коэффициент; σ — среднеквадратичное значение суммарной погрешности измерения.

В качестве примера рассмотрим двухотсчетный преобразователь угол—код, у которого грубый отсчет получается в результате развертывания входной величины в пространстве, а точный — во времени.

Для сопоставительного анализа рассмотрим также одноотсчетный преобразователь угол—время—код, описанный в [4].

Как известно, суммарная погрешность одноотсчетного преобразователя угол — время — код

$$\sigma_{10} = \sqrt{\sigma_{кв}^2 + \sigma_{ст}^2 + \sigma_р^2}, \tag{3}$$

где $\delta_{кв}$ — среднеквадратичная ошибка (СКО) квантования по уровню; $\delta_{ст}$ — СКО появления стартовых и стоповых импульсов; $\delta_р$ — СКО развертывающей функции (равномерности хода задающего элемента).

Если среди перечисленных погрешностей нет доминирующих, распределение суммарной погрешности можно считать нормальным (k=2,07 [2]). Тогда количество информации, получаемое в одноотсчетном преобразователе угол—время—код [2]:

$$I_{10}(x) = \log \frac{D}{2k\sqrt{\sigma_{\text{кв}}^2 + \sigma_{\text{ст}}^2 + \sigma_{\text{р}}^2}}, \qquad (4)$$

где D — диапазон возможных значений входной величины (предполагается, что входная величина распределена равномерно внутри D).

При определении количества информации, получаемой в двухотсчетном преобразователе угол—код с пространственным и временным кодированием, необходимо иметь в виду технологическую погрешность разбиения грубой шкалы [5]. Как справедливо показано в работе [5], технологические погрешности разбиения грубой шкалы являются существенными и превышают суммарную погрешность одноотсчетного преобразователя угол—код (см. формулу [3]).

Однако устройство двухотсчетного преобразователя, как правило, позволяет усреднять эти погрешности, ввиду чего суммарная технологическая погрешность такого преобразователя становится соизмеримой с другими составляющими. Обозначим среднеквадратическое значение этой погрешности $\sigma_{\text{д}}$ и будем считать, что она не коррелирована с другими погрешностями. Тогда количество информации, получаемое от двухотсчетного преобразователя:

$$I_{20}(x) = \log \frac{D}{2k\sqrt{\sigma_{\text{кв}}^2 + \sigma_{\text{ст}}^2 + \sigma_{\text{р}}^2 + \sigma_{\text{д}}^2}}. \qquad (5)$$

Очевидно, что $I_{10} > I_{20}$.

Для уяснения процесса получения информации в двухотсчетном преобразователе представим себе простейший вариант такого преобразователя. Пусть вместо одной пары старт-стопных датчиков и одного задатчика в преобразователе, описанном в [4], имеется n пар старт-стопных датчиков и n задатчиков, равномерно расположенных по окружности.

Доли, на которые разбита окружность стартовыми датчиками, представляют собой кванты (градации) грубой шкалы, образованные в пространстве. Информация о значении входной величины, получаемая по грубой шкале, воспринимается и отображается в счетчике грубого отсчета.

Если технологические погрешности установки датчиков $\sigma_{\text{д}}$ независимы и могут быть учтены при определении количества

информации, получаемой по точной шкале, то количество информации, получаемое по грубой шкале [3]:

$$I_{\text{г.о}}(x) = \log \frac{D}{\Delta x}, \tag{6}$$

где Δx — шаг квантования грубой шкалы.

Количество информации, получаемое по шкале точного отсчета:

$$I_{\text{т.о}}(x) = \log \frac{\Delta x}{2k\sqrt{\sigma^2_{\text{кв}} + \sigma^2_{\text{ст}} + \sigma^2_{\text{р}} + \sigma^2_{\text{д}}}}. \tag{7}$$

(Предполагается, что распределение входной величины внутри шага грубого квантования равномерно).

Принятые выше допущения правомочны, поскольку

$$I_{20}(x) = I_{\text{г.о}}(x) + I_{\text{т.о}}(x) = \log \frac{D}{\Delta x} + \log \frac{\Delta x}{2k\sqrt{\sigma^2_{\text{кв}} + \sigma^2_{\text{ст}} + \sigma^2_{\text{р}} + \sigma^2_{\text{д}}}} =$$

$$= \log \frac{D}{2k\sqrt{\sigma^2_{\text{кв}} + \sigma^2_{\text{ст}} + \sigma^2_{\text{р}} + \sigma^2_{\text{д}}}} \tag{8}$$

(смотри формулу (5)).

Отметим, что двухотсчетное преобразование будет выгодно с точки зрения точности и быстродействия, если технологические ошибки грубой шкалы, вносимые в результат преобразования, соизмеримы с остальными погрешностями, а время получения информации по грубой шкале не превышает времени получения информации по точной шкале. Рассмотрим этот вопрос подробнее. В одноотсчетном преобразователе угол—время—код длительность цикла преобразования равна периоду развертывающей функции или времени одного оборота задающего элемента. Если, как мы условились, вместо одной пары датчиков иметь n пар датчиков и столько же задающих элементов, то, очевидно, период развертывающей функции сократится в n раз.

Иначе, время преобразования по шкале точного отсчета

$$T_{\text{т.о}} = \frac{T_{\text{р}}}{n}, \tag{9}$$

где T_p — период развертывающей функции.

Таким образом, информация $I_{\text{т.о}}$ получается по каналу точного отсчета за время $T_{\text{т.о}}$. Если время считывания результата по шкале грубого отсчета $T_{\text{г.о}} \leqslant T_{\text{т.о}}$, то количество информации $I_{\text{г.о}}$ приобретается за время $T_{\text{т.о}}$.

На основании приведенных рассуждений можно сделать вывод о том, что точность двухотсчетных преобразователей несколько ниже, чем у аналогичных одноотсчетных, однако быстродействие их прямо пропорционально количеству градаций грубой шкалы при условии $T_{г.о} \leqslant T_{т.о}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. И. Гитис. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. Изд-во «Энергия», 1970.
2. П. В. Новицкий. Основы информационной теории измерительных устройств. Изд-во «Энергия». Л., 1968.
3. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. Изд-во «Наука», 1964.
4. В. А. Михайлов, В. Е. Тырса. Циклический преобразователь угол—временной интервал—код со стабилизированным синхронным двигателем в качестве чувствительного элемента. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 12. Изд-во ХГУ, Харьков, 1969.
5. Г. Д. Креславский, В. П. Максимов, В. А. Мясников, В. И. Савин. Повышение точности и надежности работы двухотсчетного преобразователя угол—код с емкостным многополюсным фазовращателем. Сб. «Цифровое управление в системах автоматики». Изд-во «Наука», Л., 1968.

СИНТЕЗ РЕЛЕЙНЫХ ИНВАРИАНТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ СЕТЕВЫМИ ОБЪЕКТАМИ

А. Н. Гвоздинский, М. М. Продиус

Харьков

Одной из основных задач при построении многосвязных систем регулирования является обеспечение желаемого характера связи между координатами отдельных подсистем, в том числе и автономности по каждой из регулируемых и управляющих переменных.

Особые трудности при решении этих задач возникают в управлении сетевыми объектами, структурной особенностью которых является рассосредоточенность регулирующих органов по сети и связность их управляющих параметров через сеть.

Обычно такого типа сетевые объекты относятся к многосвязным системам со связью по управлению. Примером этого класса систем является множество различных промышленных объектов: газопромыслы, системы проветривания шахт, энергетические комплексы и различного рода гидравлические сети.

В настоящее время разработан ряд методов синтеза многосвязных систем управления. Однако большинство из них требует знания коэффициентов взаимосвязи между отдельными контурами, а также измерения действующих на систему внешних возмущений.