

Н. П. БОЛТАЧЕВ, П. А. ЗУБЦОВ, В. В. МИХАЙЛЕНКО  
(Челябинск)

### КВАЗИСЛЕДЯЩЕЕ КОДИРОВАНИЕ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

В двухотсчетных аналого-цифровых преобразователях (АЦИП) угловых перемещений код измеряемой величины образуется сложением соответствующим образом согласованных кодов грубого и точного отсчетов угла. Для согласования быстродействия обоих каналов в АЦИП с многолучевыми электростатическими генераторами применяются в грубом канале быстродействующие датчики пространственного кодирования [1] или высокочастотные индукционные фазовращатели [2]. Механическая часть датчика при этом сложна по устройству и малонадежна.

Ниже предлагается способ грубого кодирования угла, названный нами квазиследящим; этот способ дает возможность в значительной мере повысить быстродействие грубого канала без существенного усложнения механической части датчика.

Сущность способа заключается в следующем. На роторе электростатического генератора устанавливается миниатюрный постоянный магнит, а на статорах — подвижном и неподвижном — индукционные считывающие элементы. В другом варианте используются однолучевые электростатические генераторы.

При движении развертывающего элемента (ротора) относительно неподвижной и подвижной систем отсчета (т. е. неподвижного и подвижного статоров) происходит формирование двух развертывающих функций  $\alpha_{s_1} = \omega_{s_1} t$  и  $\alpha_{s_2} = \omega_{s_2} t$  (рис. 1, а, б), где  $\omega_{s_1}$  и  $\omega_{s_2}$  — скорости развертывания. Разность (или сумма) этих функций  $\alpha(t) = \alpha_{s_1}(t) - \alpha_{s_2}(t)$ , как видно из рис. 1, в, следит за изменением кодируемого угла. С ее помощью можно получить значения измеряемого угла (грубо) в любой момент времени.

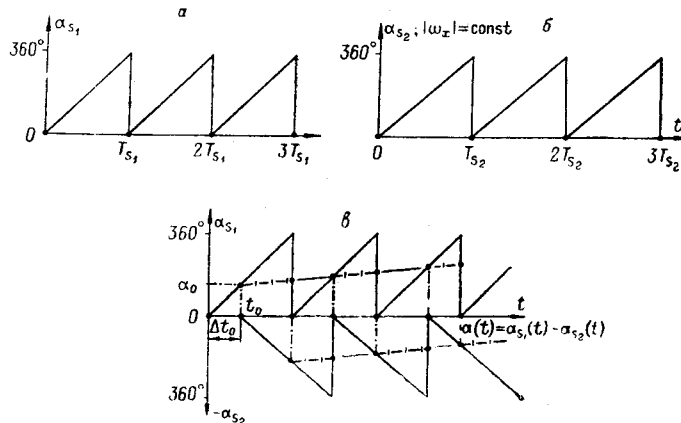


Рис. 1.

Диапазон развертывания  $D_s$  при грубом кодировании угла поворота составляет  $360^\circ$  для обеих функций, а скорости развертывания  $\omega_s$  соответственно равны:  $\omega_{s_1} = \omega_{вр}$  и  $\omega_{s_2} = \omega_{вр} \pm \omega_x$ , где  $\omega_{вр}$  — скорость вращения ротора;  $\omega_x$  — скорость изменения кодируемого угла. (Начальное смещение  $\Delta t_0$  развертывающих функций составляет

$$\Delta t_0 = \frac{2\pi}{D_s \omega_{вр}} \alpha_{x_0},$$

где  $\alpha_{x_0}$  — начальное значение измеряемого угла в момент времени  $t = t_0$ .

Для реализации предлагаемого способа грубого кодирования предусмотрен переход от кусочно-непрерывных развертывающих функций  $\alpha_{s_1}(t)$  и  $\alpha_{s_2}(t)$  к развертыванию во времени кодов и последующему алгебраическому суммированию кодовых развертывающих функций  $N_{s_1}(t)$  и  $N_{s_2}(t)$ . Последние образуются путем подсчета

импульсов, формируемых из синусоидальных сигналов электростатического генератора. Для этого устройство грубого кодирования угла (рис. 2) содержит: 1) формирователи  $\Phi_1$  и  $\Phi_4$ , которые производят усиление сигналов 1 и 4 датчика грубого отсчета и формируют импульсы, соответствующие точкам разрыва развертывающих функций  $\alpha_{s_1}(t)$  и  $\alpha_{s_2}(t)$ ; 2) формирователи  $\Phi_2$  и  $\Phi_3$  счетных импульсов, соответствующих моментам перехода через нуль синусоидальных сигналов 2 и 3, которые снимаются с неподвижного и подвижного статоров электростатических генераторов; 3) суммирующий СИ<sub>1</sub> и вычитающий СИ<sub>2</sub> счетчики для формирования кодовых развертывающих функций; 4) сумматор  $\Sigma$  для формирования результирующей функции.

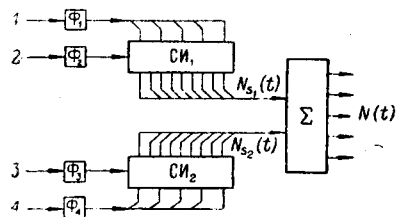


Рис. 2.

Возрастающая кодовая развертывающая функция  $N_{s_1}(t)$  образуется на выходе суммирующего счетчика СИ<sub>1</sub>, предварительно устанавливаемого в нулевое исходное состояние импульсом, соответствующим точке разрыва функции  $\alpha_{s_1}(t)$ . На выходе вычитающего счетчика СИ<sub>2</sub>, предварительно устанавливаемого в единичное исходное состояние импульсом точки разрыва функции  $\alpha_{s_2}(t)$ , образуется убывающая кодовая

развертывающая функция  $N_{s_2}(t)$  (см. рис. 3, а). Средняя скорость нарастания для  $N_{s_1}(t)$  пропорциональна  $\omega_{вр}$ , а скорость убывания для  $N_{s_2}(t)$  пропорциональна  $|\omega_{вр} \pm \omega_x|$ . Диапазон развертывания для  $N_{s_1}(t)$  и  $N_{s_2}(t)$  одинаков и определяется емкостью счетчиков СИ<sub>1</sub> и СИ<sub>2</sub>, число разрядов в которых равно  $n = \log_a i$ , где  $a$  — основание используемой системы счисления;  $i$  — коэффициент связи между каналами АЦИП.

Скачки результирующей функции на величину диапазона развертывания  $D_s = \sum_{k=1}^n a^{k-1}$  исключаются тем, что единица переноса, образующаяся в старшем разряде сумматора, в выходной регистр не вводится.

Среднее значение результирующей функции (рис. 3, б) следит за изменениями кодируемого угла, а одно из мгновенных значений ее на периоде точного квантования может быть принято в качестве кода грубого отсчета. При неизменном значении измеряемой величины ( $\omega_x = 0$ ) среднее значение результирующей функции неизменно и на выходе сумматора наблюдаются лишь вариации кода в диапазоне единицы младшего разряда грубой системы.

Использование рассмотренного способа грубого кодирования в двухотсчетном АЦИП позволяет производить аналого-цифровое преобразование угловых перемещений

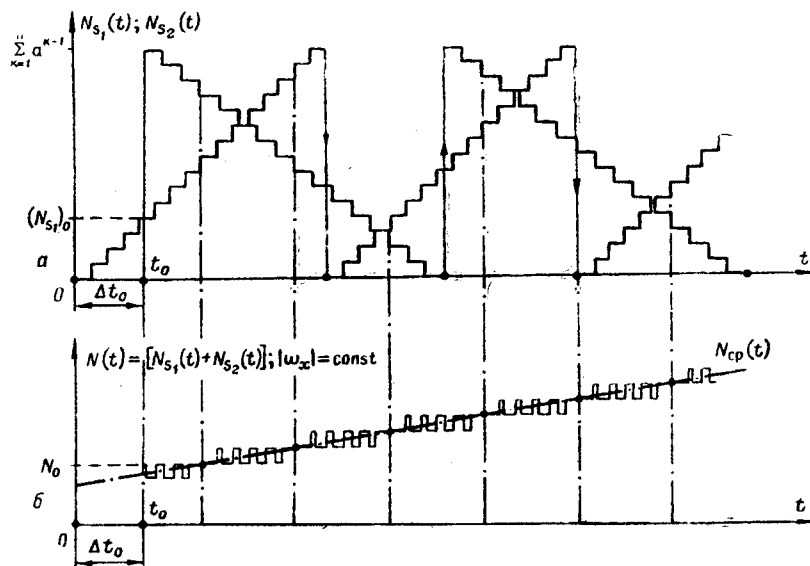


Рис. 3.

с частотой  $F = 1/2 i f_{вр}$  без значительного усложнения датчика угла поворота применением в нем сложных преобразователей пространственного кодирования или высокочастотных индукционных фазовращателей. В данном случае коэффициент связи между каналами равен числу зубьев на статоре и роторе многолучевого электростатического генератора ( $i=z$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Филиппов. Цифраторы перемещений. М., Воениздат, 1965.
2. Цифровое управление в системах автоматики. Сб. статей. Л., «Наука», 1968.

Поступило в редакцию  
8 января 1969 г.

УДК 621.398.694.3.011.4

Ю. Е. КИРИЧЕНКО  
(Киев)

### ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТА И РЕГУЛИРОВКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В КОНДЕНСАТОРНЫХ ДАТЧИКАХ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Для исследования, разработки и эксплуатации труботранспортных систем, смешанных машин, дозаторов и питателей и осуществления автоматизации технологических процессов во многих отраслях промышленности часто возникает необходимость иметь информацию о характере движения, скорости и расходе сыпучих диэлектрических материалов в закрытых трубопроводах. Для этих целей разработаны емкостный модуляционный метод [1] и устройства для контроля потока сыпучих диэлектрических материалов [2]. Работа таких устройств основана на том, что в конденсаторном датчике, питаемом от источника постоянного тока, выделяют переменную составляющую токов переходных процессов, обусловленную прохождением через бесконтактный конденсатор сыпучего материала с переменной плотностью потока. Эти токи количественно связаны с контролируемым расходом материала и после их усиления, выпрямления и усреднения используются в контрольно-измерительном блоке устройства.

Разработанные устройства пригодны для работы в системах самотечного, вакуумного и пневматического транспорта, в трубопроводах которых расход сыпучего материала всегда является случайной функцией времени, характеризующейся своим средним значением, дисперсией, спектром, и с транспортным запаздыванием обуславливается мгновенными флуктуационными изменениями производительности дозаторов непрерывного или дискретного действия.

Используемый в разработанных устройствах для контроля движения и расхода сыпучих диэлектрических материалов конденсаторный датчик состоит из диэлектрического трубопровода, на поверхности которого размещены два цилиндрических электрода. Диэлектрический трубопровод помещен в электростатический экран, который защищает конденсатор датчика от влияния внешних электромагнитных помех.

Чувствительность такого датчика зависит от напряжения питания, которое обычно выбирается в зависимости от условий, из которых основными являются: обеспечение искробезопасности цепи датчика при работе с взрывоопасными материалами, необходимость изготовления стабилизированного источника питания для датчика и его согласование со схемой устройства, а также выбор отношения между полезным сигналом и помехами. Для более полного обеспечения этих условий нами предложен электретный датчик, который имеет высокий выходной сигнал и может работать без источника питания, что существенно упрощает вторичный прибор устройства.

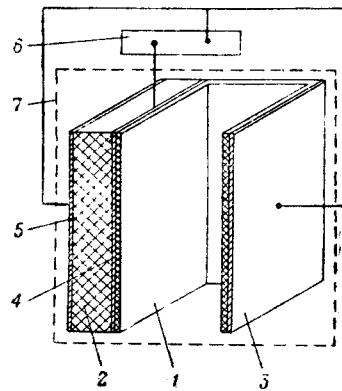


Рис. 1.