

Из выражений (13) можно определить индуктивность измерительной (возбуждающей) обмотки:

$$L = \frac{1}{J} \int_0^{\ell_1} \Phi_{xy} w_y dx_1 + \frac{W}{J} \int_0^{\ell_2} \Phi_{x_2 y} dx_2 =$$

$$= \frac{2W_1^2}{2\mu_1 \ell_1} \left\{ \frac{1}{\beta_1} \left(\frac{g_2}{g_1} \operatorname{ch} \beta_2 + z_{\mu\sigma} \operatorname{sh} \beta_2 \right) \operatorname{sh} \beta_1 + \frac{1}{\beta_2} \left(\frac{g_1}{g_2} \operatorname{sh} \beta_1 - \frac{g_1}{g_2} \operatorname{sh} \beta_1 \operatorname{ch} \beta_2 \right) \right. \\ \left. - \left(\frac{g_2 + g_1}{g_2} \right) \operatorname{ch} (\beta_1 + \beta_2) + \left(\frac{g_2 - g_1}{g_2} \right) \operatorname{ch} (\beta_1 - \beta_2) + z_{\mu\sigma} [\operatorname{sh} (\beta_1 + \beta_2) - \operatorname{sh} (\beta_1 - \beta_2)] \right\} \cdot (14)$$

Полученное выражение (14) позволяет с большей точностью определить индуктивность измерительной обмотки с учетом потокораспределения в измеряемой детали, что дает возможность проектировать магнитоупругие датчики для измерения механических напряжений с заданными параметрами.

Л и т е р а т у р а

1. М е х а н ц е в Ю.Я. Магнитоупругие датчики для исследования остаточных напряжений. Свердловск, издательство Уральского гос. университета им. А.М.Торького, 1971, с. 91-III.
2. Ф р и д м а н Л.А. и др. О чувствительности ферродатчика П-образной формы. "Дефектоскопия", 1975, № 1, с. 33-37.
3. Ч а п л ы г и н В.И., Б е з о т о с н ы й В.Ф. Электромагнитный преобразователь с уменьшенным влиянием зазоров. М., Известия вузов "Приборостроение", 1975, № 8, с. 49-52.
4. К а т л я н с к и й Н.И. и др. Теоретические основы электротехники. М., -Л., Госэнергоиздат, 1961, с. 494.

УДК 681.325.3

В.М.Гречишников

НОНИУСНЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
"УГОЛ-КОД"

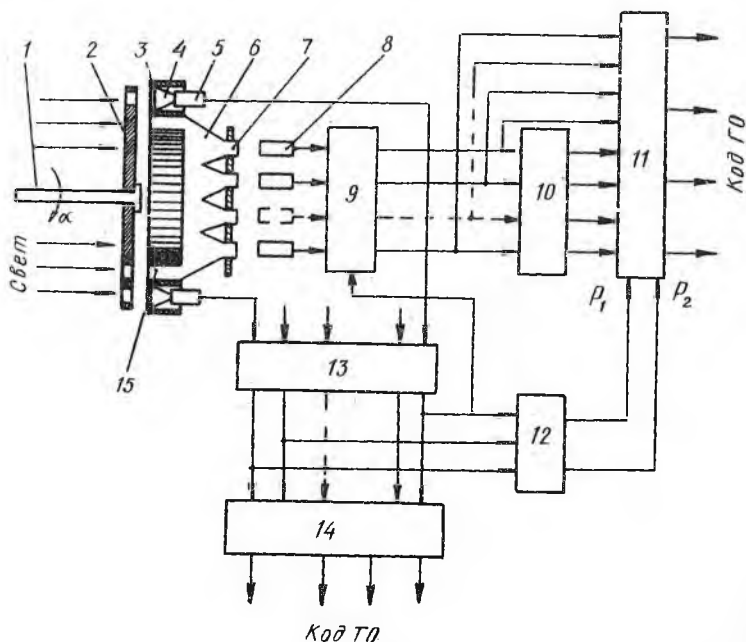
Оптоэлектронный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) угловых перемещений является одним из наиболее распространенных элементов цифровых систем управления. Как правило, высокие метрологические свойства АЦП достигаются за счет снижения их быстродействия, увеличения габаритов кодирующих узлов и создания специальных условий экс-

платации. Эти обстоятельства являются основным препятствием на пути создания универсального АЦП, пригодного для всех случаев практического использования.

Все это обуславливает необходимость разработки некоторой гаммы преобразователей [1], обслуживающих определенные классы задач, отличающихся требованиями по основным техническим характеристикам.

На практике часто встречаются задачи, решение которых требует применения АЦП с разрешением в несколько угловых минут и диаметром кодирующего устройства 50-60 мм.

Указанные требования удовлетворяются двухотсчетным оптоэлектронным преобразователем "угол-код", в котором используется нониусный принцип построения оптического узла (рис. 1).



Р и с. 1

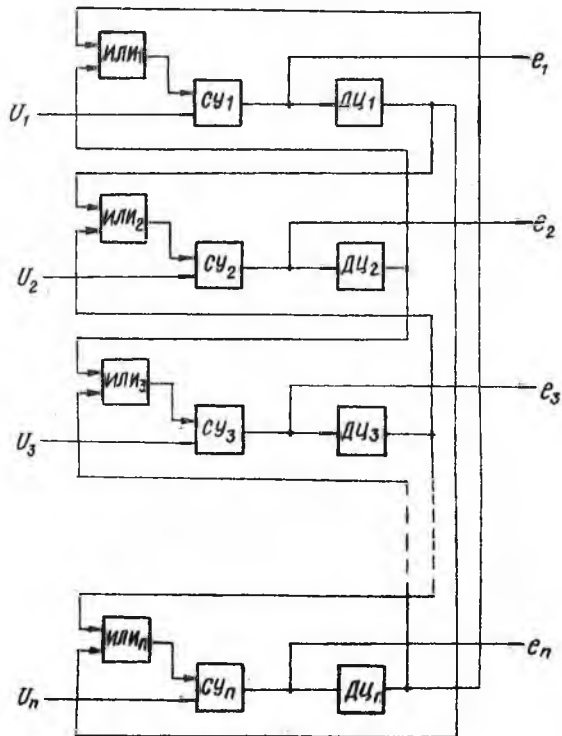
Канал грубого отсчета преобразователя (ГО) состоит из оптоволоконного кодирующего устройства ОВКУ_{ГО} 6, выполненного из световодов 15, расположенных по окружности с угловым шагом опорной шкалы

α_0 . Световоды ОВКУ_{ГО} оптически связаны с источником излучения через расположенное на таком же радиусе одиночное отверстие в диафрагме 2. Выходы световодов разведены по выходным зрачкам 7 кодирующего устройства в соответствии с кодом (например, двоичным) номера кванта. Выходной код ОВКУ_{ГО} представляется в виде комбинации излучающих и неизлучающих выходных зрачков. Сформированный таким образом оптический код воспринимается разрядными фотоприемниками 8 и в момент прихода стробирующего сигнала, вырабатываемого в канале точного отсчета (ТО), записывается в регистр памяти 9. Управляемая запись информации в регистре применена с целью исключения ошибки неоднозначности преобразования, возникающей при пересечении считываемым лучом границы двух смежных входов ОВКУ_{ГО}. Синхронность появления истинного кода на входах регистра и моментов прихода стробирующего сигнала обеспечивается за счет соответствующей начальной установки кодирующих устройств ГО и ТО.

Основным элементом канала ТО, во многом определяющим его метрологические свойства, является нониусное кодирующее устройство (НКУ) 3. Оно представляет собой кольцевое основание из непрозрачного материала с отверстиями, выполненными с угловым шагом нониусной шкалы α_n . Отверстия (входы) НКУ оптически связаны с осветителем при помощи опорной шкалы отверстий, расположенных в периферийной зоне диафрагмы с угловым шагом α_0 . Число градаций нониусной шкалы n и угловой шаг α_n выбираются в соответствии с заданной точностью и габаритами преобразователя. Все отверстия НКУ оптически связаны при помощи фоконов 4 с соответствующими фотоприемниками 5, подключенными к входам n -канального амплитудного анализатора 13.

Если угловые размеры отверстий опорной и нониусной шкал равны половине шага α_0 , то при вращении входного вала I светопропускание Π_i входов НКУ изменяется от 0 до 1 по треугольному закону. Период изменения функций Π_i будет равен шагу α_0 , а взаимный фазовый сдвиг между функциями Π_i соседних входов составляет $\frac{\alpha_0}{n}$. При работе на линейных участках световой и вольт-амперной характеристик фотоприемников с их выходов снимаются электрические сигналы, повторяющие по форме функции Π_i . Полученный набор электрических сигналов $U_1 \dots U_n$ поступает на информационные входы амплитудного анализатора (рис. 2). В простейшем случае это устройство представляет собой набор идентичных элементов, реализующих функцию сравнения входных сигналов с некоторым пороговым значением $\delta_{пор}$.

При равенстве сигналов фотоприемников 5 принятому пороговому значению (например, $\sigma_{пор} \approx 0$) на выходе соответствующего канала формируется электрический сигнал, символизирующий логическую единицу. Для исключения влияния гистерезиса пороговых схем на работу анализатора их установочные входы связаны через дифференцирующие цепочки (ДЦ) с выходами соседних каналов.



Р и с . 2

Благодаря этому при срабатывании i -й пороговой схемы соответствующая ДЦ формирует короткий импульс сброса, поступающий на установочные входы ($i+1$) и ($i-1$) пороговых схем. Повторное срабатывание соседних каналов после сброса исключено, поскольку их входные сигналы U_{i+1} и U_{i-1} в этот момент не равны $\sigma_{пор}$. Благодаря этому

удается исключить одновременное появление единиц на нескольких выходах анализатора и таким образом устранить неоднозначность преобразования в точном отсчете.

Систему выходных потенциалов анализатора можно рассматривать как единичный позиционный код (ЕПК) точного отсчета. Любое из " n " чисел в этом коде может быть представлено в виде комбинации из $(n-1)$ нуля и одной единицы, вес которой определяется ее местом (позицией) в системе цифр, изображающих кодируемое число. Полученный код позволяет однозначно индцировать положение диафрагмы в пределах шага α_0 с точностью до $\frac{\alpha_0}{n}$. В самом деле, если "1" появилась на первом выходе анализатора (код 1000...0), то можно утверждать, что к этому моменту диафрагма переместилась на угол $\alpha = N\alpha_0$ (где $N = 0, 1, 2$). Появление единиц на втором и третьем выходах (0100...0, 00100...0) соответствует углам поворота $\alpha_0(N + \frac{\alpha_0}{n})$ и $\alpha_0(N + \frac{2\alpha_0}{n})$ и т.д.

Для преобразования ЕПК точного отсчета в двоичный код выходы анализатора подключены к преобразователю кода 14. Это устройство может быть синтезировано при помощи таблицы соответствия, отражающей связь между цифрами в разрядах позиционного двоичного кода (ПДК) $a_0, a_1, a_2 \dots a_m$ и выходными сигналами анализатора $e_1, e_2 \dots e_n$.

Система логических уравнений, полученных с помощью таблицы для 16-разрядного ЕПК, имеет вид:

$$a_0 = \overline{e_1 e_3 e_5 e_7 e_9 e_{11} e_{13} e_{15}} \quad (I)$$

$$a_1 = \overline{e_2 e_3 e_6 e_7 e_{10} e_{11} e_{14} e_{15}}$$

$$a_2 = \overline{e_4 e_5 e_8 e_7 e_{12} e_{13} e_{14} e_{15}}$$

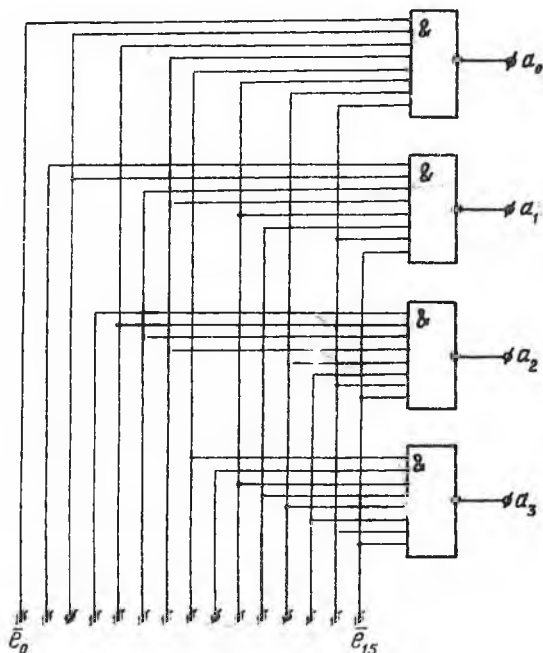
$$a_3 = \overline{e_8 e_9 e_{10} e_{11} e_{12} e_{13} e_{14} e_{15}}$$

Принципиальная схема преобразователя кода, построенная по уравнениям (I), показана на рис. 3.

Создание двухотсчетного преобразователя требует обязательного решения задачи согласования отсчетов. Сущность ее в данном случае сводится к тому, что при обратном ходе чувствительного элемента результат преобразования оказывается больше истинного на единицу младшего разряда грубого отсчета.

Поясним это на примере. Пусть $\alpha_0 = 1^\circ$, $n = 16$. Тогда при прямом ходе диафрагмы канал ГО последовательно вырабатывает кодовые эквиваленты следующего ряда чисел: 0, 1, 2...M. Промежутки между точками изменения показаний ГО интерполируются с точностью до $\frac{\alpha_0}{n} = \frac{1}{16}$ показаниями точного отсчета: $0, \frac{1}{16}; \frac{2}{16} \dots \frac{15}{16}$. Предположим,

что подвижная часть начинает реверс с точки $2\frac{5}{16}$. Тогда преобразователь выдает следующую последовательность значений: $2\frac{5}{16}$; $2\frac{1}{4}$; $2\frac{3}{8}$; $2\frac{1}{8}$; $2\frac{1}{16}$; $2,0$. В точке $2,0$ точный канал формирует стробирующий сигнал, разрешающий запись информации в регистр 9, но содержимое последнего не изменится, и в нем по-прежнему будет храниться код числа 2. Поэтому при дальнейшем движении в обратном направлении преобразователь выдает ложную последовательность значений: $2,0$; $2\frac{15}{16}$; $2\frac{14}{16}$... $2\frac{1}{16}$; $1,0$; $1\frac{15}{16}$... и т.д. вместо $2,0$; $1\frac{15}{16}$; $1\frac{14}{16}$; $1\frac{1}{16}$; $1,0$; $\frac{15}{16}$; $\frac{14}{16}$... $0,0$. Отсюда видно, что после первого с момента реверса равенства нулю показаний ТО преобразователь начинает работать с погрешностью, равной единице младшего разряда грубого отсчета. Очевидно, что эта погрешность будет иметь место даже при идеальной точности изготовления и установки кодирующих устройств, т.е. носит методический характер.



Р и с. 3

Для устранения этой ошибки преобразователь снабжен схемой согласования отсчета, алгоритм работы которой зависит от направления перемещения входного вала I.

Это устройство состоит из схемы управления (СУ) I2, схемы вычитания единицы (СВЕ) IO и блока выдачи кода БВК II (см.рис.2). Входы СВЕ подключены к выходам регистра памяти, управляемого сигналом с первой пороговой схемы анализатора. Выходы СВЕ связаны с группой входов БВК. Другая группа входов этого блока подключена к выходам регистра. Входы СУ связаны с выходами I ($n - I$) и n -го каналов анализатора.

Идея работы ССО заключается в том, чтобы при движении в прямом направлении пропускать на выход канала код непосредственно с регистра, а при реверсе, начиная с момента первого равенства нулю показаний TO, - код с СВЕ. Это условие выполняется, если состояния выходов схемы управления могут быть описаны следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} P_1 = \begin{cases} 1 \text{ при } \alpha = N\alpha_0; \\ 0 \text{ при } \alpha \neq N\alpha_0; \end{cases} \\ P_2 = \bar{P}_1, \end{cases} \quad (2)$$

где P_1 - сигнал, разрешающий выдачу кода с регистра;

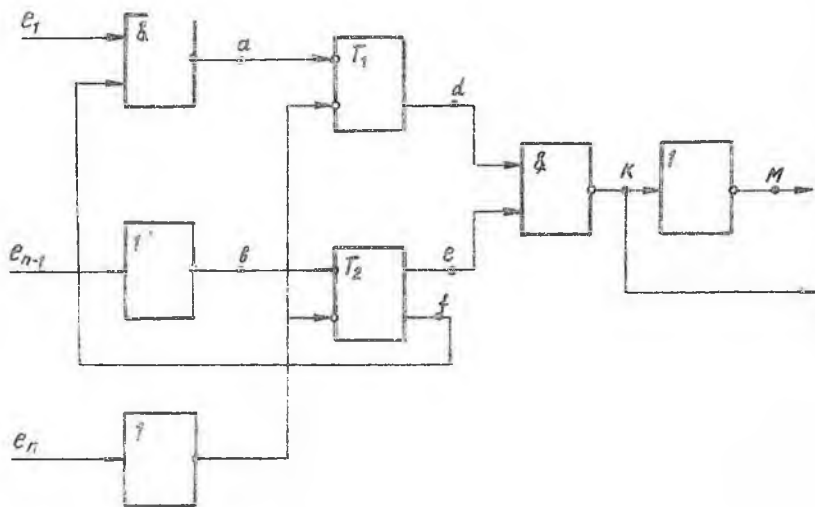
P_2 - сигнал, разрешающий выдачу кода с СВЕ.

Из равенства (I) следует, что для рассмотренного примера в точке 2,0 сигнал $P_1 = I$. Это приведет к подтверждению кода числа "2", хранящегося в регистре. При появлении единицы в пятнадцатом разряде БПК сигнал P_2 равен единице и на выход канала код проходит с СВЕ. В результате показания TO приводятся в соответствие с кодом TO.

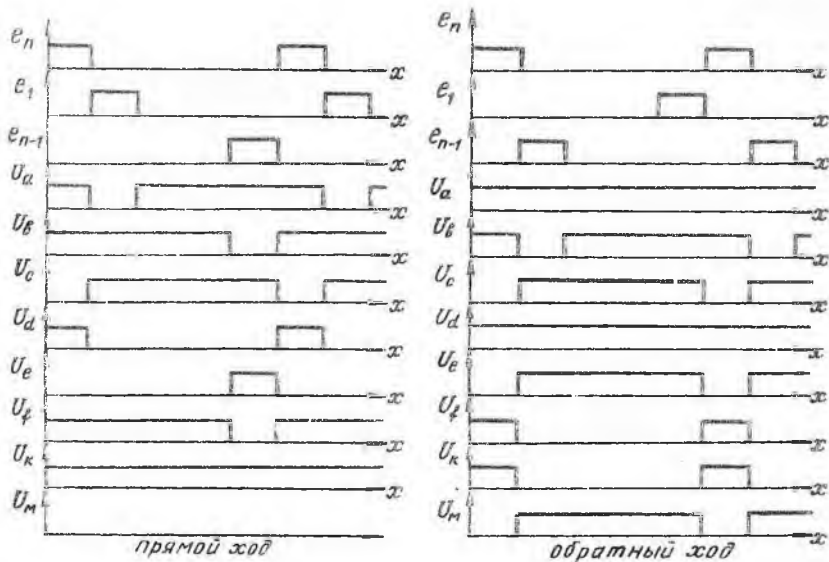
Пример аппаратурной реализации схемы управления на элементах ИЕ, И-НЕ и двух RS - триггерах показан на рис. 4,а. Схема имеет три входа, к которым подключены выходы I, ($n - I$) и n -ного разрядов БПК. Работа схемы иллюстрируется диаграммами (рис. 4,б) напряжений в различных ее точках.

Схема вычитания единицы является стандартным арифметическим узлом, принципы построения и работы которой описаны в соответствующей литературе по цифровой вычислительной технике.

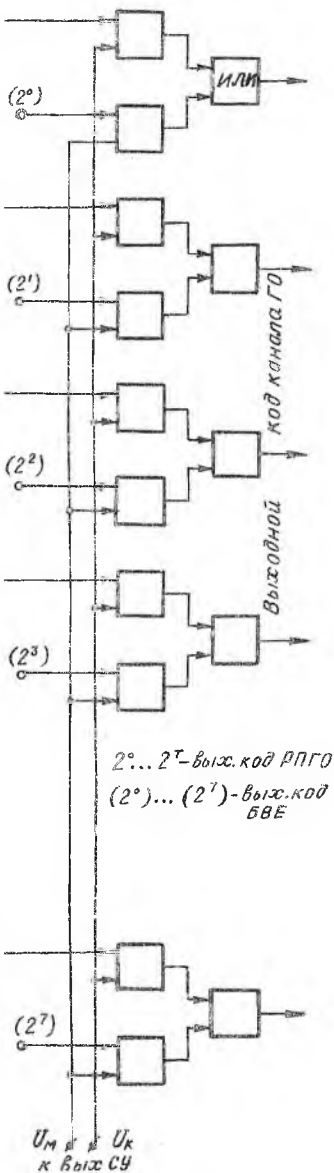
Не представляет затруднений и аппаратурная реализация БВК. В простейшем случае этот блок может быть выполнен из набора логических элементов типа 2-2и-2ИИИ (рис. 5). Принцип действия этого устройства ясен из его принципиальной схемы. По сравнению с извест-



a



Р и с . 4



$2^0 \dots 2^7$ - вых. код РПГО
 $(2^0) \dots (2^7)$ - вых. код БВЕ

ными оптоэлектронными АЦД аналогового назначения, например на основе оптических кодовых масок, рассмотренный преобразователь имеет более сложную электронную схему. Однако, в связи с развитием технологии интегральной микроэлектроники требования к габаритам электронного олока существенно снизились. на первый план выдвигаются требования к алгоритму функционирования, который должен обеспечивать требования по быстродействию и надежности. В описанном преобразователе каждый разряд БИК формируется при помощи автономных трактов, параллельная работа которых позволяет снизить требования к быстродействию элементов схемы в n раз.

Л и т е р а т у р а

1. З в е р е в А.Е. и др. Преобразователи угловых перемещений в цифровой код. Л., "Энергия", 1974.
2. Фотоэлектрические преобразователи информации. Под ред. П р е с н у х и н а Л.Н. М., "Машиностроение", 1974.
3. К о н ю х о в Н.В., Г р е ч и ш н и к о в В.М., Ш а п о в а л о в В.М., П л ю т А.А. Аналого-цифровой функциональный преобразователь перемещение - код. Авт. свид. № 438035, б.и. № 28, 1974.

Р и с. 5