

А.С. ШАХКАМЯН

**ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРО-АНАЛОГОВЫХ
ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

Рассмотрен принцип построения термометра с дискретным газоразрядным шкальным индикатором. Разработана функциональная схема, приведены формулы для расчета параметров узла линеаризации. В качестве примера определены параметры узла линеаризации для термоэлектрического преобразователя типа ТХК.

Ключевые слова: *цифро-аналоговый, термометр, газоразрядный дискретный шкальный индикатор.*

В электроприборостроении широко ведутся работы по созданию цифро-аналоговых приборов без подвижных электромеханических узлов, предназначенных для замены стрелочных приборов. Они сочетают преимущества аналоговых приборов по части наглядности восприятия аналоговой информации и цифровых – по части высоких метрологических характеристик и высокой устойчивости к внешним механическим воздействиям, возможности стыковки приборов с ЭВМ. Цифро-аналоговые приборы по сравнению с электромеханическими обладают заметными преимуществами, которые позволяют [1]: устроить и автоматизировать процесс сборки посредством уменьшения числа деталей; автоматизировать поверку путем использования кодового выхода и строго равномерной шкалы прибора; улучшить механические характеристики благодаря отсутствию инерционных масс; повысить метрологические характеристики; значительно расширить функциональные возможности благодаря применению микропроцессорных средств; сократить расход драгоценных и остродефицитных материалов; повысить эргономические показатели отсчетных устройств.

В настоящее время промышленностью серийно выпускаются электроизмерительные приборы на дискретных газоразрядных шкальных индикаторах (ДГШИ), для управления которыми значение измеряемой величины преобразуется в длительность интервала времени. В выпускаемых приборах промежуточное преобразование измеряемой электрической величины в интервал времени осуществляется по время-импульсному методу, что не позволяет получить высокие метрологические характеристики и обеспечить помехоустойчивость прибора [2].

Принцип построения кодоуправляемого индикатора на ДГШИ рассмотрен в [3]. В этом индикаторе длина свечения ДГШИ пропорциональна входному сигналу аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Следует отметить, что измерение температуры электрическим методом имеет некоторые особенности, наиболее важными из которых являются: нелинейность статической характеристики большинства датчиков; низкие уровни сигналов; большая длина (иногда доходит до

на котором периодически, с частотой $60...100 \text{ Гц}$, предварительно записывается код N_x сигнала датчика из РП и осуществляется вычитание из этого числа соответствующего количества импульсов до получения на РЦС нулевого состояния, которое выявляется цифровым нуль-органом (НО). Выходные сигналы генератора опорных частот (ГОЧ) поступают на блок управления катодами (БУК) ДГШИ, в котором формируются многофазные (в основном трех- или пятифазные) сигналы управления катодами. В каждом цикле преобразования от ГОЧ на S-вход RS- триггера поступает управляющий сигнал, который устанавливает триггер в единичное состояние. На прямом выходе триггера формируется начало сигнала интервала времени τ_x , который поступает на вход W записи кода N_x в РЦС и на блок управления анодом (БУА) ДГШИ. Одновременно на вход V РЦС поступает сигнал, разрешающий сч,т (вычитание из числа N_x). При достижении в РЦС нулевого состояния срабатывает НО. Выходной сигнал НО приостанавливает работу РЦС и перебрасывает RS-триггер в нулевое состояние. При этом на выходе триггера заканчивается формирование сигнала с длительностью τ_x . За это время на ДГШИ получается развертка свечения с длиной, пропорциональной τ_x . Длительность каждого цикла вычитания (т.е. длительность анодного управляющего напряжения ДГШИ) равна

$$\tau_x = N_x / f_0. \quad (1)$$

При частоте цикла преобразования, равной $60...80 \text{ Гц}$, на индикаторе получается немерцающее свечение. Выходной код АЦП прямо пропорционален сигналу датчика, поэтому при $f_0 = \text{const}$ длительность цикла τ_x , а следовательно, и длина свечения ДГШИ будут нелинейно зависеть от измеряемой температуры. Линеаризацию этой зависимости можно осуществить путем автоматического изменения частоты вычитающих импульсов в процессе преобразования $N_x \rightarrow \tau_x$. С этой целью статическую характеристику датчика целесообразно аппроксимировать кусочно-ломаной линией с требуемой точностью и для каждого участка аппроксимации определить требуемую частоту квантующих импульсов f_j . При переходе от одного участка аппроксимации к другому необходимо автоматически изменять частоту квантующих импульсов. При этом надо иметь в виду, что одинаковым приращениям измеряемой температуры должны соответствовать одинаковые изменения длительности анодного управляющего напряжения, т.е.

$$\Delta \tau_A = k \Delta T, \quad (2)$$

где k - цена единицы дискретности по интервалу времени, $\text{мс} / ^\circ\text{C}$.

С другой стороны, изменение длительности Δt зависит от принятого значения шага аппроксимации. С целью упрощения схемы управления шаг аппроксимации по N_j целесообразно выбрать постоянным и равным 2^K или кратным 10-и. Если принять $\Delta N_j = 2^K$, то необходимо использовать двоичный РЦС, а для выделения участка аппроксимации - мультиплексор. Учитывая, что в процессе преобразования осуществляется вычитание из кодированного значения

измеряемой температуры определенное количество импульсов, управление частотой f_j вычитающих импульсов целесообразно осуществить по кодированному значению сигнала датчика N_j . Если число N_x находится между узловыми значениями N_j и N_{j-1} , то выходными сигналами РЦС открывается j -й канал мультиплексора (М), и на счетный вход С РЦС будут поступать сигналы с частотой f_j . По мере уменьшения в РЦС числа последовательно открываются каналы $j-1, j-2, \dots, 1$, пропуская на РЦС сигналы с требуемой частотой. При этом на управляющие входы мультиплексора нужно подать выходные сигналы РЦС, начиная с $(k+1)$ -го разряда (с весовым коэффициентом 2^k).

При $\Delta N_j = \text{const}$ каждому участку аппроксимации соответствуют разные значения изменения температуры, и частоту вычитающих импульсов можно определить по выражению

$$f_j = \Delta N_j / \Delta \tau_j, \quad (3)$$

где $\Delta \tau_j$ - длительность интервала времени, соответствующая изменению температуры ΔT_j .

Верхнему пределу диапазона измерения T_m должно соответствовать максимальное значение длительности τ_m анодного управляющего напряжения, т.е.

$$\tau_m / T_m = C \quad \text{и} \quad \Delta \tau_j = C \Delta T_j. \quad (4)$$

Подставляя значение $\Delta \tau_j$ в (3), получим

$$f_j = \Delta N_j / C \Delta T_j = a / \Delta T_j, \quad (5)$$

где $a = \Delta N_j / C$.

Для расчета параметров линеаризующего блока необходимо иметь в виду, что верхнему пределу диапазона измерения T_m должно соответствовать максимальное число делений ДГШИ (т.е. максимальная длительность анодного управляющего напряжения). При этом коэффициент преобразования АЦП целесообразно выбрать таким, чтобы верхнему пределу T_m диапазона измерения соответствовал бы его цифровой код, т.е.

$$N_m = q^{-1} T_m, \quad (6)$$

где q - цена единицы младшего разряда выходного кода АЦП (в основном $q=0,1^\circ\text{C}$ или 1°C). Коэффициент преобразования АЦП можно определить из выражения

$$K_{\text{пр}} = N_m / E_m, \quad (7)$$

где E_m - выходной сигнал датчика температуры при измеряемой температуре T_m .

Тогда числам N_j на выходах РЦС будет соответствовать сигнал датчика

$$E = N_j / K_{\text{пр}}. \quad (8)$$

Для каждой узловой точки N_j нужно вычислить E_j по (8) и по статической характеристике датчика определить значение T_j и шаг аппроксимации по температуре ΔT_j . Далее по формуле (5) вычисляется частота вычитающих импульсов для каждого участка аппроксимации.

В качестве примера определим параметры ЦАТП, работающего с термоэлектрическим преобразователем типа ТХК, с диапазоном измерений от 0 до 600°C. Принимая $q=0,1^\circ\text{C}$, получим $N_m=6000$, поэтому необходимо использовать 13-разрядный РЦС. При кусочно-линейной аппроксимации статической характеристики датчика с шагом $\Delta N_j=512$ ($\kappa=9$) получим 12 участков аппроксимации, следовательно, необходимо использовать 16-канальный мультиплексор, на управляющие входы которого нужно подать выходные сигналы РЦС, начиная с 10-го разряда (с весовыми коэффициентами $2^9, 2^{10}, 2^{11}, 2^{12}$).

Таблица

№	N_j	$E_j, \text{ мВ}$	$T_j, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_j, ^\circ\text{C}$	$f_j, \text{ кГц}$	$f'_j, \text{ кГц}$
1	512	4,1894	63,877	63,877	480,924	481
2	1024	8,3787	120,893	56,916	539,743	540
3	1536	12,568	175,436	54,543	563,225	563
4	2048	16,7574	227,639	52,203	588,472	588
5	2560	20,9468	278,070	50,431	609,113	609
6	3072	25,1361	327,181	49,111	625,522	625
7	3584	29,3256	375,405	48,224	637,027	637
8	4096	33,5148	423,111	47,706	643,944	644
9	4608	37,7042	470,591	47,480	647,009	647
10	5120	41,8936	518,086	47,495	646,805	647
11	5632	46,0830	565,705	47,619	645,121	645
12	6144	50,2724	613,441	47,736	643,539	644

В таблице приведены результаты расчета параметров аппроксимации для датчика типа ТХК. Квантующие сигналы с частотами f'_j целесообразно формировать из сигналов ГОЧ с помощью делителей частоты.

По данному принципу можно построить многоканальный индикатор с одним, общим для всех каналов, АЦП. Тогда в каждом канале необходимо иметь функциональный преобразователь кода в интервал времени, построенный по вышеуказанному принципу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гореликов Н.И.** и др. Перспективы развития электроизмерительных приборов с оптоэлектронными отсчетными устройствами // Приборы и системы управления.- 1984. -¹ 5. - С. 17-20.
2. **Лапин А.Б** и др. Принципы построения аналоговых средств измерений с газоразрядными самосканируемыми отсчетными устройствами // Измерения, контроль, автоматизация.- М., 1987.- Вып. 4(64).- С 16-24.
3. **Шахкамян А.С.** Кодоуправляемый дискретный шкальный индикатор // Известия вузов СССР. Приборостроение.- 1987.- Т.XXX, ¹3- С.56-59.
4. **Патент РФ** (1168869 / Шахкамян А.С. и др. Преобразователь цифрового кода в интервал времени // Открытия. Изобретения. -1985.- ¹27.
5. **Патент РФ** (1112553 / Шахкамян А.С. и др. Преобразователь кода семисегментного индикатора в двоично-десятичный код // Открытия. Изобретения.-1984.- ¹ 33.
6. **Патент РФ** (1302429 / Шахкамян А.С. и др. Преобразователь цифрового кода в интервал времени // Открытия. Изобретения.-1987.- ¹13.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 28.11.1999.

Ա.Ս. ՇԱԿԱՄՅԱՆ

ԹԻՎ - ԱՆԱԼՈԳԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՉԱՓԱՅԻՆ ՍԱՐՔԵՐԻ

ԿԱՌՈՒՑՄԱՆ ՄԿՋԲՈՒՆՔԸ

Դիտարկված է գազային պարպումով ընդհատուն սանդղակ ունեցող ջերմաչափային սարքի կառուցման սկզբունքը, որն օժտված է պաշային և թվային սարքերի առավելություններով: Մշակված է սարքի գործառական սխեման, բերված են հանգույցների պարամետրերի հաշվարկային բանաձևերը և, որպես օրինակ, ТХК տիպի ջերմաէլեկտրական կերպափոխիչով սարքի գծայնացման հանգույցի պարամետրերի հաշվարկը:

A.S. SHAKHAMYAN

CONSTRUCTION PRINCIPLE OF DIGITAL–ANALOG THERMOMETERS

The construction principle of a discrete thermometer with a gas-discharge scale display is considered. The device possesses all advantages of digital and analog measuring instruments. As an example, the linearization unit parameters for the L-type thermoelectric converter in the range of 0 ° to 600 °C are defined..