

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

С. С. ШАХКАМЯН

ВОПРОСЫ СТРУКТУРНОГО ПОСТРОЕНИЯ
 ПЕРЕНОСНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕРМОМЕТРОВ

Переносные приборы для измерения температуры в настоящее время находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. К таким приборам предъявляются сравнительно жесткие требования относительно габаритов, веса, устойчивости к механическим и климатическим воздействиям и потребляемой энергии. Цифровые приборы наиболее полно удовлетворяют всем этим требованиям. В качестве датчиков температуры в переносных приборах, в основном, применяются термопреобразователи сопротивления (ТС). Анализ известных схем аналого-цифрового преобразования электрических сигналов показал, что в переносных цифровых термометрах (ПЦТ) наиболее целесообразно применение время-импульсного метода преобразования.

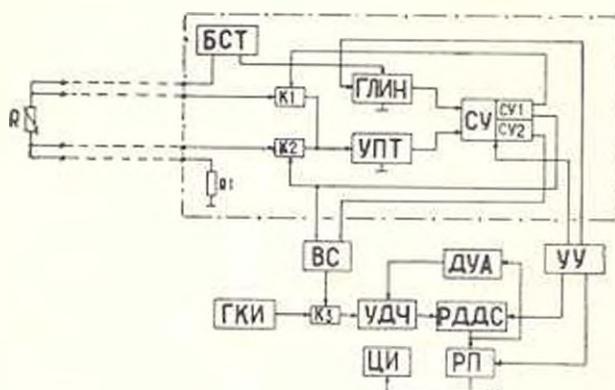


Рис. 1.

Ниже рассматриваются вопросы разработки структурных схем ПЦТ, работающих с ТС. Применение двухтактного метода время-импульсного преобразования [1, 2] позволяет значительно уменьшить требования по смещению и дрейфу нуля аналоговых элементов. Для исключения влияния сопротивления соединительной линии на точность измерений температуры ТС подключается по четырехпроводной схеме. Функциональная схема ПЦТ, работающего в комплекте с медным ТС, приведена на рис. 2.

Моменту времени t_1 соответствует следующее выражение:

$$K_y(I_2 R_1 + \Delta U_{см1}) = K_T t_1 + \Delta U_{ср1} + U_{нач.1}, \quad (1)$$

где K_y — коэффициент усиления усилителя постоянного тока (УПТ); I_2 — измерительный ток через датчик; R_1 — сопротивление резистора опорного источника напряжения; $\Delta U_{см1}$ — напряжение смещения нуля УПТ; K_T — крутизна выходного напряжения генератора линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН); $\Delta U_{ср1}$ — погрешность срабатывания срабатывающего устройства (СУ); $U_{нач.1}$ — начальное напряжение ГЛИН,

а моменту времени t_2 —

$$K_y(I_2 R_1 + \Delta U_{см2} + I_1 R_1) = K_T t_2 + \Delta U_{ср2} + U_{нач.2}, \quad (2)$$

где R_1 — сопротивление датчика.

Следовательно, длительность открытого состояния временного селектора (ВС) будет:

$$\tau_r = t_2 - t_1 = \frac{K_y}{K_T} I_1 R_T + \frac{1}{K_T} (K_y \Delta U_y + \Delta U_T + \Delta U_{ср}). \quad (3)$$

где ΔU_y , ΔU_T , $\Delta U_{ср}$ — соответственно, изменения напряжений смещения УПТ, нулевого уровня ГЛИН и погрешности сравнения СУ за интервал времени τ_r .

Учитывая, что интервал времени τ_r не превышает нескольких десятков микросекунд, а УПТ, СУ и ГЛИН находятся в практически одинаковых условиях, значениями ΔU_y , ΔU_T и $\Delta U_{ср}$ можно пренебречь. Тогда для номинальной характеристики преобразования получим:

$$\tau_r = \frac{K_y}{K_T} I_1 R_T. \quad (4)$$

С целью повышения точности в широком диапазоне температур окружающей среды в ПИТ применяется балансированный стабилизатор тока (БСТ) для питания датчика и получения линейно-изменяющегося напряжения. При этом ГЛИН представляет собой заряжающийся конденсатор с аналоговым ключом, предназначенным для разряда конденсатора в конце каждого цикла измерений. Следовательно, выражение (4) можно представить в виде:

$$\tau_r = K_y C R_T \frac{I_1}{I_r} = K_y C \beta R_T, \quad (5)$$

где C — емкость конденсатора ГЛИН; I_r — ток заряда конденсатора; $\beta = I_1/I_r$ — отношение токов плеч БСТ.

Из полученного выражения следует, что точность преобразования сопротивления датчика в интервал времени зависит от K_y , отношения токов β и емкости конденсатора C . Применение БСТ позволяет поддерживать β постоянным в широком диапазоне температур окружающей среды и при изменении напряжения питания.

В схемах СУ и УПТ целесообразно применение серийных операционных усилителей (ОУ) с высоким входным сопротивлением (например, ОУ типа К110УД8, К514УД1Б) для исключения влияний сопротивлений линии и аналоговых ключей, а в качестве ключей К1, К2 — микросхемы К143КТ1, К561КТ1.

Преобразование интервала времени в цифровой код осуществляется известным методом. Количество импульсов, поступающих на цифровой счетчик (ЦС) за интервал времени τ_i , равно:

$$N_i = f_k \tau_i = \lambda R_i, \quad (6)$$

где f_k — частота квантующих импульсов; $\lambda = f_k K_T C^2$ — коэффициент аналого-цифрового преобразования сопротивления.

Сопротивление медного ТС определяется выражением:

$$R_i = R_0 (1 + \alpha T), \quad (7)$$

где R_0 — сопротивление датчика при $T = 0^\circ\text{C}$; T — измеряемая температура; $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ — *т. к. с.* медных ТС по ГОСТ 6651-78. Тогда количество импульсов N_i для медного ТС будет:

$$N_i = N_0 + \Delta N_i, \quad (8)$$

где $N_0 = \lambda R_0 T$ — количество импульсов, соответствующее $T = 0^\circ\text{C}$; $\Delta N_i = \lambda R_0 \alpha T = \lambda \alpha T$.

Измеряемой температуре соответствует количество импульсов ΔN_i , равное:

$$\Delta N_i = -(N_0 - N_i). \quad (9)$$

Принимая $\Delta N_i = nT$ (где $n = 10^m$, m — целое число), получим: $T = -(N_0 - N_i) / n$ ($N_0 - N_i$), $N_0 = n/2$, а погрешность дискретности, равную $0,1^\circ\text{C}$ — $n = 10$, $m = 1$, $T = -0,1 (N_0 - N_i)$, $N_0 = 2347$, откуда следует, что в качестве ЦС в ПЦТ необходимо применять реверсивный ЦС, в частности, двоично-десятичный по коду 8421. Тогда в начале цикла измерения на нем необходимо записать код числа N_0 и установить ЦС на режим работы «вычитание». При измерении положительных температур ЦС переходит через нулевое состояние и при этом необходимо автоматически переключить ЦС на режим работы «сложение».

Переключение режима работы ЦС целесообразно производить через RS-триггер, тогда по его состоянию в конце цикла измерения можно определить также знак измеряемой температуры.

Сопротивление платинового ТС нелинейно зависит от измеряемой температуры, поэтому в процессе аналого-цифрового преобразования необходимо производить также и линеаризацию его статической характеристики цифровым способом — по методу функционального преобразования интервала времени в цифровой код путем автоматического изменения частоты квантующих импульсов, подробно описанном в [3]. Структурная схема ПЦТ, работающего в комплекте с платиновым ТС, приведена на рис. 1. Она отличается от схемы на рис. 2 наличием управляемого делителя частоты (УДЧ) и дешифратора участков кусочно-ли-

нейной аппроксимации (ДУА). При представлении линеаризованной статической характеристики платинового ТС в виде выражения (7) и принимая $\alpha = 3,968 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$ (ГОСТ 6651-78) при погрешности дискретности, равной $0,1^\circ\text{C}$, можно получить $N_0 = 2520$.

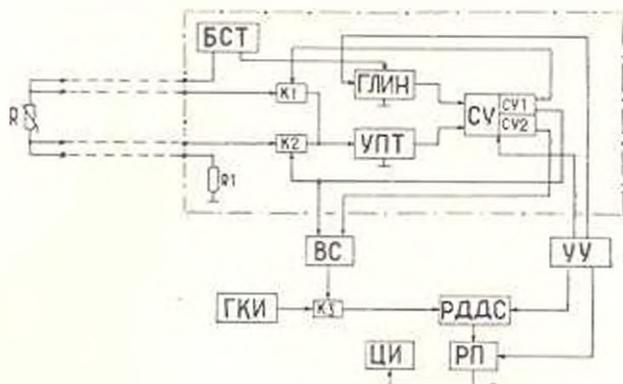


Рис. 2.

При узком диапазоне измерений (например, от минус 50 до плюс 50°C) статическую характеристику платинового ТС можно аппроксимировать двумя участками — от минус 50 до 0°C и от 0 до 50°C . Тогда в качестве ДУА можно использовать триггер знакового разряда. Структурная схема по рис. 1 является универсальной, ее можно использовать для платиновых и медных ТС с разными статическими характеристиками — путем соответствующего изменения тока I_1 или коэффициента усиления K_y .

По рассмотренной схеме изготовлен опытный образец ПЦТ для измерения температуры в диапазоне от минус 50 до плюс 50°C с медным (50M) и платиновым (50II) ТС. Классе точности ПЦТ $0,5$. Питание осуществляется от аккумуляторной батареи или 4 сухих элементов типа 373.

ГСКБ ПЭА

Получено 7. XII 1979

И. И. ՇԱՂԳԱՄՅԱՆ

ԳՅՈՒՐԱԿԻՐ ԹՎԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՉԱՓԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾԱՔԱՅԻՆ
ԿԱՆԱԳԾՄԱՆ ՀԱՐՑԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Տրված են դյուրակիր թվային ջերմաչափերի ֆունկցիոնալ սխեմաները պղնձե և պլատինե ջերմաձևափոխիչային դիմադրությունների հետ աշխատելու դեպքում, հիմնավորված են թվային ջերմաչափերում ջերմաստիճանային տվիչի ազդանշանը թվային կոդի ձևափոխելու մեթոդները և սխեմայի հիմնական պարամետրերի որոշման համար բերված են հաշվարկային բանաձևերը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шахмян А. С. и др. Цифровой термометр. Автор. свид. № 556351, кл. G01 к. 7/00, «Бюллетень изобретений», 1977, № 16.
2. Гитис Э. И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. М., «Энергия», 1975.
3. Куликовский К. Л., Шахмян А. С., Шахмян С. С. Метод расчета схемы цифровой линеаризации функции преобразования измерительных устройств. «Приборы и системы управления», 1978, № 8.