

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕРМОРЕЗИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А. В. Ковалев, С. А. Мурашко

Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

В технике измерения электрических и особенно неэлектрических величин широкое распространение получили металлические терморезисторы, представляющие собой проволоки различных металлов, нагреваемых проходящим по ним током [1,2]. Мерой измеряемой физической величины при этом служит изменение температуры поверхности терморезистора. Как правило, подобные термопреобразователи строятся по дифференциальной схеме, причем измеряемая физическая величина воздействует либо на один термопреобразователь (второй при этом используется в качестве компенсирующего [1]), либо на два, но с разными знаками [2]. При использовании дифференциальной схемы включения удастся существенно снизить влияние возмущающих воздействий, однако степень снижения этого влияния зависит от измерительной цепи, в которую включен термический металлический термопреобразователь.

В данной работе представлены результаты анализа измерительных цепей для дифференциальных металлических терморезисторных преобразователей, предназначенных для измерения концентрации горючих компонентов газовых смесей, в которых измеряемая величина увеличивает температуру только одного терморезистора (за счет беспламенного термокаталитического окисления). Однако представленный анализ справедлив и для таких типов преобразователей, в которых измеряемая величина одновременно влияет на два термопреобразователя, но с разными знаками (термоанемометрические датчики, термоконвективные расходомеры и другие [2]).

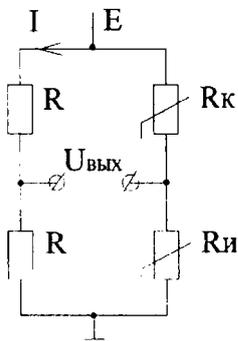


Рис. 1. Мостовая измерительная цепь с питанием от источника напряжения [1], представленная на рис. 1, где: R_k – компенсационный термопреобразователь; $R_{и}$ – измерительный термопреобразователь; $R \gg R_k, R_{и}$.

При дальнейшем рассмотрении будем полагать, что элементы дифференциального датчика ($R_k, R_{и}$) представляют собой идентичные по конструктивному исполнению и по электрическим параметрам термопреобразователи термохимического датчика.

В установившемся режиме для термохимического датчика справедливы следующие соотношения [1]:

$$\begin{cases} t_k = \frac{k \cdot I^2 \cdot R_0 + t_0}{1 - \alpha \cdot k \cdot I^2 \cdot R_0} \\ t_{и} = \frac{k \cdot I^2 \cdot R_0 + t_0 + t_x}{1 - \alpha \cdot k \cdot I^2 \cdot R_0} \end{cases} \quad t_x = b \cdot P_x, \quad (1)$$

где: $t^k, t^{и}$ – температуры поверхностей для компенсационного и измерительного элементов; P_x – мощность химической реакции окисления горючего компонента на каталитической поверхности; t_0 – температура измеряемой среды; b – коэффициент пропорциональности между температурой прогрева измерительного элемента и P_x ; k – коэффициент пропорциональности между электрической мощностью и температурой поверхности терморезистора; R_0 – начальное сопротивление терморезисторов; α – температурный коэффициент сопротивления для материала, из которого изготовлен терморезистор.

Приняв: $k \cdot I^2 \cdot R_0 = t_1$, $R_{И(К)} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_{И(К)})$ с учетом выражений (1), найдем $U_{РИ}$ и $U_{РК}$:

$$\begin{cases} U_{РИ} = IR_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \frac{t_1 + t_0 + t_X}{1 - \alpha \cdot t_1}) \\ U_{РК} = IR_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \frac{t_1 + t_0}{1 - \alpha \cdot t_1}) \end{cases} \quad (2)$$

С другой стороны:

$$E = U_{РИ} + U_{РК} = 2I \cdot R_0 \frac{1 + \alpha \cdot t_0 + 0.5 \cdot \alpha \cdot t_X}{1 - \alpha \cdot t_1} \quad (3)$$

Учитывая выражения (2,3), выходной полезный сигнал мостовой измерительной цепи при питании напряжением будет иметь следующий вид:

$$U_{ВЫХ} = (I \cdot R_{И} - 0.5E) = \frac{E}{2} \cdot \frac{\alpha \cdot t_X}{1 + \alpha \cdot t_0 + 0.5 \cdot \alpha \cdot t_X} \quad (4)$$

При мостовой измерительной цепи с питанием током выходной сигнал будет выглядеть следующим образом:

$$U_{ВЫХ} = I \cdot R_0 \cdot \alpha \cdot \frac{0.5 \cdot t_X}{1 - k \cdot \alpha \cdot I^2 \cdot R_0} \quad (5)$$

Рассмотрим измерительную цепь измерительного преобразователя газоанализатора СТМ-10 [3], представленную на рис. 2.

В данной схеме температура поверхности термопреобразователей поддерживается постоянной с помощью усилителя на DA1 и интегратора на DA2. Ввиду конструктивного исполнения датчика в отсутствие горючих компонентов температура поверхности $R_{И}$ будет также постоянной. Полезный сигнал данного преобразователя будет иметь следующий вид:

$$U_{ВЫХ} = I \cdot R_{Ш} \cdot \frac{\alpha \cdot t_X}{1 + \alpha \cdot t_0} \quad (6)$$

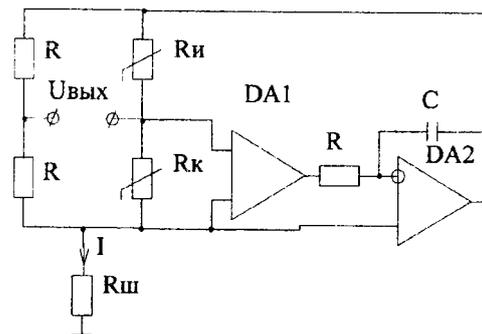


Рис. 2. Функциональная схема измерительной цепи СТМ-10

Как видно, выходной сигнал также зависит от температуры измеряемой среды.

Измерительная цепь для термохимического датчика, разработанная и исследованная на кафедре «Промышленная электроника» ГГТУ им. П.О. Сухого, отличается от схемы, представленной на рис. 2 тем, что полезный выходной сигнал формируется путем деления $U_{ВЫХ}$ на ток, протекающий через датчик, в следствие чего информационный сигнал выглядит следующим образом:

$$U_{ВЫХ} = R_{Ш} \cdot \frac{0.5 \cdot \alpha \cdot t_X}{1 + \alpha \cdot t_0} \quad (7)$$

откуда видна его независимость от вариации тока, питающего датчик.

Как видно из представленного анализа, рассмотренные измерительные цепи обладают определенными недостатками: либо нелинейностью, либо влиянием температуры измеряе-

мой среды, либо существенным изменением положения рабочей точки на характеристике датчика. Исходя из этого они не удовлетворяют следующим требованиям:

- линейность характеристики измерительного преобразователя;
- отсутствие влияния изменения температуры измеряемой среды;
- неизменность температуры рабочей поверхности термопреобразователя.

Это объясняется тем, что информационным параметрам в этих схемах является ток или напряжение, в то время как датчик реагирует на температуру, что, в сущности, эквивалентно мощности. Т.е. выходным параметром этих схем, по видимому, должна быть мощность. Ниже приведены достоинства и недостатки рассмотренных измерительных цепей терморезисторных преобразователей.

Мостовая схема при питании напряжением (рис. 1)

Достоинства: 1. Простота схемной реализации.

- Недостатки:*
1. Нелинейность характеристики выходного сигнала.
 2. Влияние температуры измеряемой среды, носимое характер мультипликативной составляющей погрешности.
 3. Изменение чувствительности термопреобразователя с изменением температуры измеряемой среды.
 4. Возможность выхода из строя термопреобразователя в момент включения схемы.

Мостовая схема при питании током

Достоинства: 1. Простота схемной реализации.

2. Выходной сигнал не зависит от температуры измеряемой среды.
3. Невозможность выхода из строя термопреобразователей в момент включения схемы.

- Недостатки:*
1. Температура поверхности термопреобразователя существенно меняется, что влечет изменение чувствительности.
 2. Возможность перегорания термопреобразователя ($R_{\text{и}}$) при больших концентрациях горючих компонентов.

Измерительная цепь СТМ – 10 (рис. 2)

Достоинства: 1. Защита датчика от выхода из строя во всех режимах работы.

- Недостатки:*
1. Нелинейность выходного сигнала в зависимости от температуры среды.
 2. Вариация тока через термопреобразователи.

Измерительная цепь, инвариантная к изменению тока через датчик

Достоинства: 1. Защита датчика от выхода из строя во всех режимах работы.

2. Линейность выходной характеристик тики.
3. Инвариантность выходного сигнала к изменению тока, протекающего через датчик.

- Недостатки:* 1. Зависимость выходного сигнала в зависимости от температуры среды.

Литература

1. Металлические терморезисторные преобразователи горючих газов / Тарасевич В.Н. – Киев: Навукова думка, 1988.
2. Измерительные преобразователи с тепловыми распределенными параметрами / Азимов Р.К. – М.: Энергия, 1977.
3. Сигнализатор СТМ–10 ТО и ИПЭ 2.840.069ТО, г. Смоленск, завод Аналитприбор, 1996.