

Вышеизложенные эксперименты и метод расчета трансформатора позволили синтезировать экономичный и высококачественный преобразователь напряжения.

#### *Литература*

1. Источники вторичного электропитания /Под. редакцией Ю.И. Конева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 280 с.

### **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ**

**В. А. Карпов, А. В. Ковалев**

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

Термохимические датчики в силу своей простоты и дешевизны хорошо зарекомендовали себя в качестве сигнализаторов горючих газов, паров горючих компонентов в производственной атмосфере. При этом их пределы измерения исчисляются в долях от нижнего концентрационного предела распространения пламени (несколько процентов объема горючего компонента в воздухе) [1]. Однако ряд промышленных измерений требуют более высокой чувствительности при значительном диапазоне изменения температуры измеряемой среды.

Например, для измерения горючих компонентов в отходящих дымовых газах теплоэнергетических установок для обеспечения стабилизации температуры анализируемой среды используется термостат, в котором размещен термохимический датчик [2]. Подобное техническое решение обусловлено значительной температурной погрешностью используемой измерительной цепи для термохимического датчика. Следствием этого является пониженный ресурс датчика (датчик находится при температуре, заведомо превышающей температуру дымовых газов) и значительная потребляемая мощность. В других изделиях [3,4], используемых для контроля горючих компонентов на открытых производственных территориях, в состав измерительного преобразователя включается специальная схема температурной коррекции, компенсирующая влияние температуры измеряемой среды на результат контроля. Понятно, что наличие такой схемы ведет к излишней сложности и увеличению производственных и эксплуатационных затрат.

В представленных материалах рассматривается измерительный преобразователь для термохимического датчика, свободный от влияния изменений температуры анализируемой среды, функциональная схема которого представлена на рис. 1, где даны следующие обозначения:

- СТПИ – стабилизатор температуры поверхности измерительного терморезистора;
- СТПК – стабилизатор температуры поверхности компенсационного терморезистора;
- $R_i$  – измерительный терморезистор;
- $R_k$  – компенсационный терморезистор;
- ДА3, ДА4 – аналоговые перемножители сигналов.

Для СТПК(И) справедливы следующие соотношения:  $R_k \cdot R = R \cdot R_2$ ,  $R_k = R \cdot R_2 / R$ . С другой стороны,  $R_k = R_2(1 + \alpha \cdot t)$ , поскольку материал терморезистора платина, откуда следует, что температура поверхности  $t = \text{const}$ .

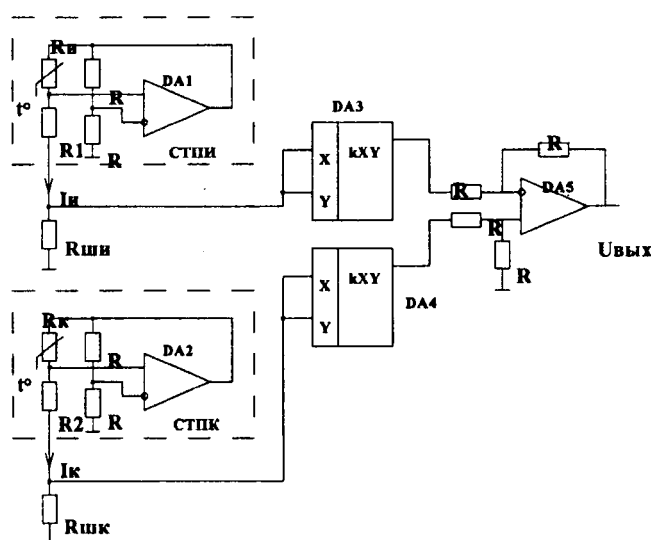


Рис. 1. Схема измерительного преобразователя

В установившемся режиме для термохимического датчика справедливы следующие соотношения [1,5]:

$$\begin{cases} k \cdot P^K = t^K - t_0 \\ k \cdot P^K + b \cdot P_X = t^K - t_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} k \cdot I^2_{\text{К}} \cdot R_t^K = t^K - t_0 \\ k \cdot I^2_{\text{И}} \cdot R_t^{\text{И}} + b \cdot P_X = t^{\text{И}} - t_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I^2_{\text{К}} = (t^K - t_0) / (k \cdot R_t^K) \\ I^2_{\text{К}} = (t^{\text{И}} - t_0 - b \cdot P_X) / (k \cdot R_t^{\text{И}}) \end{cases} \quad (1)$$

где:  $P^K$ ,  $P^{\text{И}}$  – электрическая мощность, выделяемая в компенсационном и измерительном элементах, Вт;  $t^K$ ,  $t^{\text{И}}$  – 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;  $I_{\text{И}}$ ,  $I_{\text{К}}$  – токи через измерительный и компенсационный терморезисторы, соответственно.

Напряжения  $U_{\text{ш}}^{\text{И}}$  и  $U_{\text{ш}}^{\text{К}}$ , пропорциональные токам через  $R_{\text{шИ}}$  и  $R_{\text{шК}}$ , соответственно:  $U_{\text{ш}}^{\text{И}} = I_{\text{И}} \cdot R_{\text{шИ}}$  и  $U_{\text{ш}}^{\text{К}} = I_{\text{К}} \cdot R_{\text{шК}}$  подаются на перемножители, выходные напряжения которых  $(U_{\text{ш}}^{\text{И}})^2 = I_{\text{И}}^2 \cdot R_{\text{шИ}}^2$  и  $(U_{\text{ш}}^{\text{К}})^2 = I_{\text{К}}^2 \cdot R_{\text{шК}}^2$ , пропорциональные квадратам токов, подаются на дифференциальный усилитель DA5, в результате чего получаем:

$$U_{\text{вых}} = R_{\text{ш}}^2 (I_{\text{И}}^2 - I_{\text{К}}^2).$$

С учетом выражений (1)

$$U_{\text{вых}} = R_{\text{ш}}^2 \cdot \left( \left( \frac{t^K - t_0}{k \cdot R_t^K} \right) - \left( \frac{t^{\text{И}} - t_0 - b \cdot P_X}{k \cdot R_t^{\text{И}}} \right) \right) = \left| \text{при } \begin{matrix} t^K = t^{\text{И}} \\ R_t^K = R_t^{\text{И}} = R_t \end{matrix} \right| = \frac{b \cdot P_X}{k \cdot R_t} \cdot R_{\text{ш}}^2.$$

Следовательно, выходной сигнал пропорционален тепловой мощности  $P_x$  и не зависит от температуры измеряемой среды, а  $P_x$  пропорциональна объемной концентрации горючих компонентов в измеряемой среде. Однако данной схеме свойственна повышенная сложность, обусловленная наличием двух перемножителей и, как следствие, недостаточная точность. Более предпочтительной является схема с использованием одного перемножителя, где в качестве сомножителей представлена сумма и разность напряжений на шунтах:

$$(U_{ш}^и - U_{ш}^к)(U_{ш}^и + U_{ш}^к) = (U_{ш}^и)^2 - (U_{ш}^к)^2.$$

Функциональная схема этого измерительного преобразователя представлена на рис. 2.

При измерениях незначительных концентраций горючих компонентов изменение квадрата тока измерительного терморезистора незначительно. Представляем ток через измерительный элемент следующим образом:

$$I_и = I_к - \Delta I;$$

$$I_и^2 = (I_к - \Delta I)^2 = I_к^2 - 2\Delta I I_к + (\Delta I)^2 I_к^2 - I_и^2 = 2\Delta I I_к - (\Delta I)^2.$$

При условии, что  $\Delta I \ll I_{к(и)}$  последнее равенство можно переписать следующим образом:

$$I_к^2 - I_и^2 \approx 2\Delta I I_к.$$

С учетом вышесказанного, схему, приведенную на рис. 2, можно упростить (см. рис. 3).

Проверка температурной стабильности экспериментального образца измерительного преобразователя с использованием датчиков типа ТКС-1 и датчика, входящего в состав изделия СТМ-10, показала следующее: дополнительная погрешность от изменения температуры анализируемой среды на  $100^\circ\text{C}$  оказалась равной 0.8 %, в то время в изделиях [3, 4] она равна 18 % (измерения проводились с газовой смесью CO в воздухе при 1 % об.)

Представленное техническое решение целесообразно использовать при измерении концентрации горючих компонентов в анализируемой среде, температура которой меняется в значительных пределах (анализатор дымовых газов, анализатор горючих компонентов на открытой территории и т.д.).

### Литература

1. Металлические терморезисторные преобразователи горючих газов / Тарасевич В.Н. – Киев: Навукова думка, 1988г.
2. Анализатор технологических газов. АГТ–СО. Техническое описание. ТОРБ 14561854.002–95. – Минск: НТЦ «Энотех», 1995.
3. Сигнализатор СТМ–2. ТО и ИПЭ 2.840.039ТО, г. Смоленск, завод Аналитприбор, 1986.
4. Сигнализатор СТМ–10 ТО и ИПЭ 2.840.069ТО, завод Аналитприбор, 1996.
5. Карпов В.А., Козусев Ю.А., Ковалев А.В.. Определение технических параметров термокаталитических датчиков, необходимых для расчета измерительных схем. – Современные проблемы машиностроения: Материалы международной конференции: Гомель: ГПИ, 1998. –Т. II. – С. 150

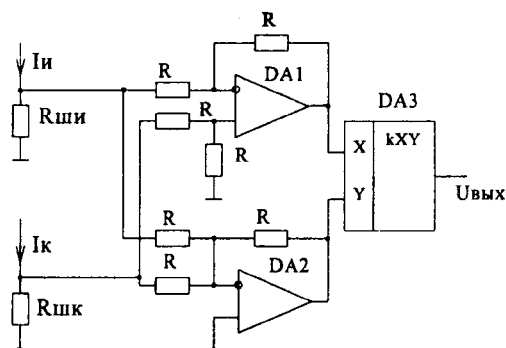


Рис. 2. Функциональная схема измерительного преобразователя с использованием одного перемножителя, суммирующего и дифференцирующего усилителей

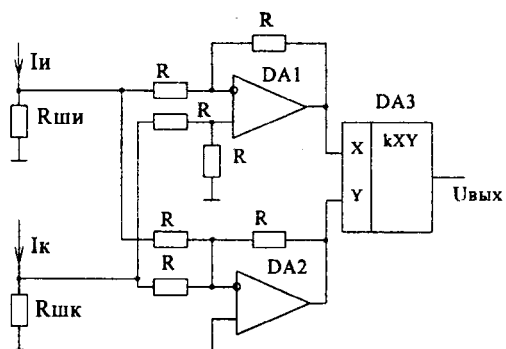


Рис. 3. Упрощенная схема измерительного преобразователя с использованием одного дифференциального усилителя