

УДК 622.815.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ МЕТАНА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ СПОСОБЕ ПИТАНИЯ

Лупало Е.В., Новикова К.Е. студенты
(Донецкий национальный технический университет,
г. Донецк, Украина)

Самые простые схемы стабилизации температуры чувствительных элементов (ЧЭ) датчиков метана является мостовая схема с отрицательной обратной связью по питанию, которая осуществляется с помощью усилителя постоянного тока (рис 1.). Обратная связь отрицательная, т.е. повышение температуры ЧЭ приводит к увеличению разбаланса моста и соответственно к уменьшению напряжения питания /1,2/. Однако, вследствие температурной нестабильности входного сопротивления и напряжения смещения усилителя, датчик метана испытывает значительный температурный дрейф. Наиболее перспективными в этом направлении представляет схема стабилизации температуры ЧЭ с импульсным питанием. В этом случае на ЧЭ подаются импульсы напряжения питания, которые прекращаются при достижении заданной температуры. Частота подаваемых импульсов постоянна, а температура регулируется изменением длительности импульсов. В установившемся режиме в течение каждого периода количество тепла выделяемого на ЧЭ равно количеству тепла рассеиваемого в воздухе.

На основании закона сохранения энергии дифференциальное уравнение теплового баланса ЧЭ имеет вид

$$C \frac{dT}{dt} = I^2 R_l - \varepsilon S (T - T_{cp}) + qn \quad (1)$$

где:

C – теплоемкость ЧЭ, Дж/град;

T – температура ЧЭ,

S – площадь поверхности ЧЭ;

ε – теплоотдача ЧЭ,

I – ток протекающий через ЧЭ. А;

R_l – сопротивление ЧЭ, Ом;

T_{cp} – температура окружающей среды, град.;

q – количество тепла выделяемого в единицу времени на ЧЭ при окислении метана, Вт/об%;

n – содержание метана у ЧЭ, Кмоль/м³.

Сопротивление ЧЭ зависит от температуры $R_1 = R_0 (1 + \alpha T)$,

Где: R_0 – сопротивление ЧЭ при $T = 0^{\circ} C$;

α – температурный коэффициент сопротивления, град⁻¹.

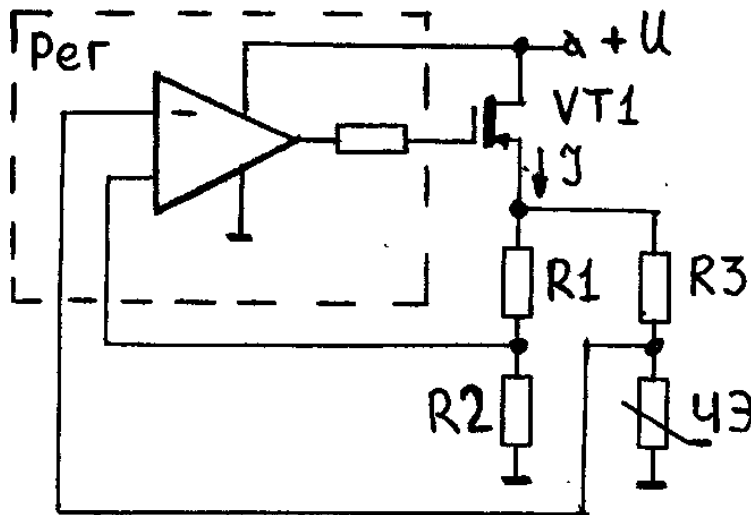


Рисунок 1 - Схема стабилизации температуры ЧЭ термокалалитического датчика метана.

Подставив значение R_1 в (1) получим

$$\frac{C}{\alpha R_0} \frac{dR_1}{dt} = I^2 R_1 - \frac{\varepsilon S}{\alpha R_0} (R_1 - R_{cp}) + qn \quad (2)$$

Во время импульса тока происходит выделение тепла и одновременное рассеяние его в окружающую среду. Так как за время импульса выделяемое тепло больше отдаваемого то температура и его сопротивление изменится на величину r . Уравнение (2) в этом случае примет вид

$$\frac{C}{\alpha R_0} \frac{dr}{dt} = I^2 (R_1 + r) - \frac{\varepsilon S}{\alpha R_0} (R_1 + r - R_{cp}) \quad (3)$$

Решая это уравнение, получим прироста сопротивления в течение импульса

$$r = \frac{I^2 R_1 - \frac{\varepsilon S}{\alpha R_0} (R_1 - R_{cp})}{I^2 - \frac{\varepsilon S}{\alpha R_0}} \exp \left[\frac{\alpha R_0}{C} \left(I^2 - \frac{\varepsilon S}{\alpha R_0} \right) t \right] \quad (4)$$

За время паузы t_p между импульсами питания происходит только рассеяние тепла которое описывается уравнением

$$\frac{C}{\alpha R_0} \frac{dr}{dt} = \frac{\varepsilon S}{\alpha R_0} (R_1 - r - R_{cp}) \quad (5)$$

решение которого имеет вид

$$r = (R_1 - R_{cp}) \exp \left(- \frac{\varepsilon S}{C} t_p \right) \quad (6)$$

В установившемся режиме увеличение сопротивления ЧЭ за время импульса равно уменьшению за время паузы. Приравнявая уравнение (6) и (4) после преобразования получим

$$\frac{t_p}{t_I} = \frac{I^2 R}{\varepsilon S \frac{(R - R_{cp})}{\alpha R_0}} - 1 \quad (7)$$

Если выразить длительность импульсов через коэффициент заполнения γ и период следования импульсов T , то из формулы (7) получим

$$\gamma = \frac{t_I}{T} = \frac{\frac{\varepsilon S}{\alpha R_0} (R - R_{cp})}{I^2 R} = \frac{Q_p}{Q_B} \quad (8)$$

Из выражения (8) видно, что коэффициент заполнения равен отношению количества тепла Q_p , рассеиваемого в единицу времени к количеству тепла Q_B , выделяемого в единицу времени при прохождении тока I .

Изменение внешних условий в сторону увеличения или уменьшения соответственно увеличивает или уменьшает длительность импульсов и коэффициент заполнения.

При воздействии метана на ЧЭ происходит его беспламенное сгорание и выделение дополнительного тепла, приводящее к изменению температуры ЧЭ. Это приводит к более быстрому нагреву ЧЭ до заданной температуры в течение каждого импульса

питания и поэтому к сокращению его длительности пропорционально термоэффекту.

Выходным сигналом импульсного способа питания ЧЭ термокаталитических датчиков метана будет среднее напряжение разностного импульса со сравнительным элементом

$$U_v = \frac{q}{I} n = \mu n \quad (9)$$

где: $\mu = \frac{q}{I}$ - чувствительность термокаталитического дат-

чика метана.

Максимальная чувствительность мостовых схем с отрицательной обратной связью по питанию равна

$$\mu_2 = \frac{q}{2I}$$

Таким образом, термокаталитический датчик метана с импульсной стабилизацией температуры ЧЭ помимо преимуществ, определяемых стабильностью параметров стабилизации, обладает в два раза большей чувствительностью и линейной градуировочной характеристикой. Это выгодно отличает эту схему от мостовой с непрерывным питанием термокаталитического датчика метана.

Список источников.

1. Исследование процессов тепло- и газообмена в термокаталитическом датчике метана // Е.Н. Новиков и др. В сб. науч. Трудов / МакНИИ.: , 1979. - 8 с.
2. Лыков А.В. "Тепломассообмен" . Справочник , Москва , Энергия , 1972.
3. "Физические величины " .Справочник под. ред. И.С. Григорьева , Е.З. Мейлихова , Москва , Энергоатомиздат , 1991.
4. Методы и средства контроля рудничного газа. // Щербань А.Н., Фурман Н.И./ Киев, Наукова думка, 1965. – 412с.