

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ МЕТАНА

Энеев В.Е., студент; Новиков Е.Н., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Термокаталитические датчики метана имеют нелинейную вольт-амперную характеристику (рис 1). Датчики могут работать при различных режимах ($I = \text{const}$, $U = \text{const}$, $\Theta = \text{const}$), каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Для обеспечения наименьшей динамической погрешности целесообразно применять режим стабилизации температуры ($\Theta = \text{const}$) однако это требует дополнительных затрат потребляемой мощности. Простейшей схемой стабилизации температуры чувствительных элементов (ЧЭ) датчика метана является мостовая схема с отрицательной обратной связью (ООС) по питанию, которая осуществляется с помощью усилителя постоянного тока (рис. 2).

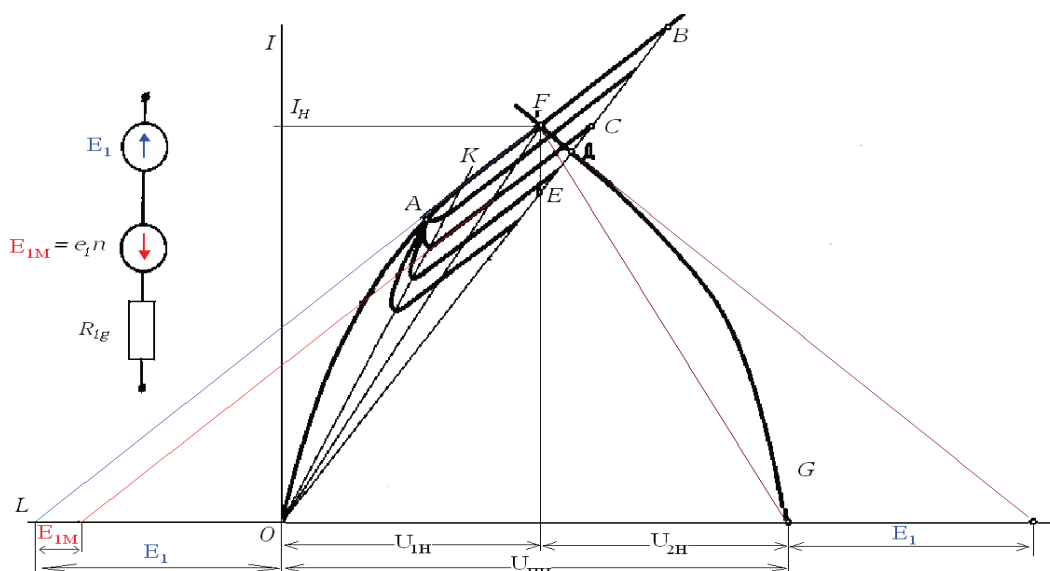


Рисунок 1. Вольт-амперная характеристика датчика метана

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 перспективной в этом направлении представляется 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 уравнение теплового баланса ЧЭ имеет вид:

$$C \frac{d\Theta}{dt} = I^2 R_1 - \varepsilon S (\Theta - \Theta_{cp}) + qn \quad (1)$$

где: C — теплоемкость ЧЭ, Дж/град; Θ — температура ЧЭ, S — площадь поверхности ЧЭ; ε — теплоотдача ЧЭ; I — ток протекающий через ЧЭ, А; R_1 — сопротивление ЧЭ, Ом; Θ_{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:

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha \Theta)$$

где R_0 — сопротивление ЧЭ при $\Theta = 0$ C; α — температурный коэффициент сопротивления, град⁻¹.

Подставив значение R_1 в (1) получим:

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

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 прирост 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. Приравняв 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:

$$\gamma = \frac{t_1}{T} = \frac{\frac{\varepsilon S}{\alpha R_0} (R_1 - R_{CP})}{I^2 R} = \frac{Q_P}{Q_B} \quad (8)$$

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

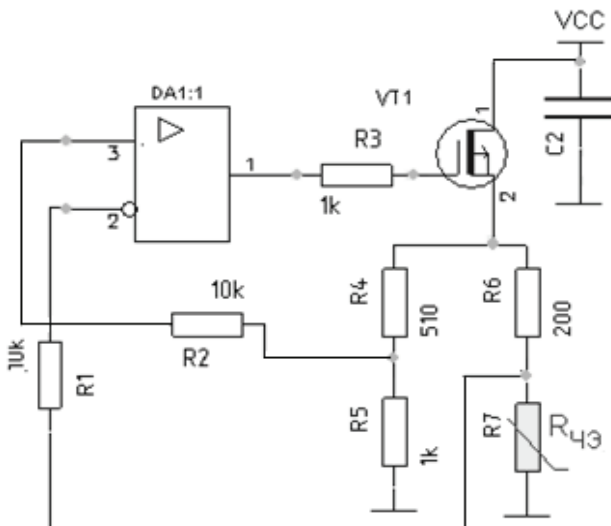


Рисунок 2 - Схема стабилизации температуры ЧЭ термокаталитического датчика метана

температуры в течение каждого импульса питания и поэтому к сокращению его длительности пропорционально термоэффекту.

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

$$U_{\nu} = \frac{q}{I} n = \mu n, \quad (9)$$

где $\mu = q/I$ - чувствительность термokatалитического датчика метана.

Максимальная чувствительность мостовых схем с ООС по питанию: $\mu_2 = q/2I$.

Таким образом, термokatалитический датчик метана с импульсным способом стабилизацией температуры ЧЭ помимо преимуществ, определяемых стабильностью параметров стабилизации, обладает большей чувствительностью и линейной градуировочной характеристикой, что выгодно отличает эту схему от мостовой с непрерывным питанием датчика метана.

Перечень ссылок

1. Исследование процессов тепло- и газообмена в термokatалитическом датчике метана // Е.Н. Новиков и др. / В сб. науч. трудов. — МакНИИ, 1979. — 8 с.
2. Методы и средства контроля рудничного газа // Щербань А.Н., Фурман Н.И. — Киев: Наукова думка, 1965.—412 с.

УДК 622.23.054

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ГРАНИЦЫ «ПОРОДА – УГОЛЬ»

Киселев И.С., студент; Киселев А.М.; Гавриленко Б.В., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Автоматическое управление машинами для бурения шпуров, как и выемочными машинами, в профиле пласта осуществляется с помощью датчиков границы «порода-уголь», которые могут быть выполнены на принципе использования различных физических и химических свойств угля и вмещающих пород. Четкое определение границы позволит снизить затраты электрической энергии и себестоимость добычи угля. Системы автоматического управления по гипсометрии пласта являются неотъемлемой частью общей системы автоматизации горной машины. Они необходимы для дистанционного управления машиной при безлюдной выемке угля и при существующем управлении, поскольку машинист не в состоянии вовремя обнаружить отклонения в движении машины. Нагрузка на привод горной машины определяется силами сопротивления на органах разрушения, которые зависят от характеристик разрушаемого массива и величин и соотношений скоростей подачи и резания. При выборе оптимальных скоростей подачи и резания осуществляется наиболее эффективное регулирование режимов работы горной машины за счет максимальной производительности при минимальных удельных энергозатратах и лучшей сортности угля.

Современные горные машины не оборудованы устройством для плавного изменения скорости резания, поэтому регулирование работы двигателя производится при помощи авторегуляторов, поддерживающих заданную нагрузку двигателей путем изменения только скорости подачи.

В настоящее время для контроля границы «порода-уголь» используются тензометрический, радиоизотопный и ультразвуковой датчики, которые имеют существенные недостатки. Применение радиоизотопного датчика не безопасно для обслуживающего персонала, а тензометрический датчик низкую долговечность. Вместе с тем проблема определения и контроля границы «порода-уголь» может быть решена устройством, структурная схема которого приведена на рисунке 1.