

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА НЕПРОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ- ДАТЧИКОВ С ЗОНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОДОВ В РЕЖИМЕ КИПЕНИЯ

М.А. ПРИЩЕПОВ, док. т.х. наук, профессор,
И.Г. РУТКОВСКИЙ, канд. т.н., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: Разработан непроточный электродный электронагреватель-датчик с зонированной плоскопараллельной электродной системой для получения информационного сигнала отражающего интенсивность кипения. Приведен график изменения информационного сигнала при переходе режима работы электродного электронагревателя-датчика от нагрева к кипению.

Удельное электрическое сопротивление ρ_v для воды, до наступления заметного парообразования, описывается гиперболической функцией от температуры [1]:

$$\rho_v = \frac{\rho_{20}}{1 + \alpha_T(\theta_c - 20)}, \quad (1)$$

где ρ_{20} – удельное электрическое сопротивление воды при температуре 20 °С, Ом·м; α_T – температурный коэффициент, отражающий относительное уменьшение электрического сопротивления воды при возрастании значения температуры на 1 °С, °С⁻¹; θ_c – температура нагрева воды, °С.

Пар не является проводником тока, и поэтому при начале пузырькового кипения первоначально замедляется снижение удельного сопротивления воды, затем, при начале интенсивного кипения, удельное сопротивление смеси вода–пар начинает возрастать. В расчетах это учитывается коэффициентом влияния парообразования на удельное сопротивление водно-паровой смеси β_n [1]:

$$\rho_{cn} = \rho_v \cdot \beta_n, \quad (2)$$

где $\rho_{сп}$ – удельное сопротивление водно-паровой смеси, Ом·м; β_n – коэффициент, учитывающий влияние парообразования на удельное сопротивление смеси вода–пар:

$$\beta_n = a_B \cdot e^{k_n \cdot J}, \quad (3)$$

где a_B – постоянная, для воды ее значение равно 0,925; k_n – коэффициент, учитывающий влияние давления в ЭНУ (для с.-х. потребителей, его значение можно принять $k_n = 1,5 \text{ см}^2/\text{А}$); J – плотность тока на электродах, А/см².

В процессе исследований разработан непроточный электродный электронагреватель-датчик (ЭЭН-Д), способный контролировать как процесс нагрева, так и режим парообразования (рисунок 1) [2]. Мостовая измерительная схема сбалансирована при начальной температуре воды между электродами ЭЭН-Д. После включения ЭЭН-Д у верхнего электрода вода прогревается быстрее и будет иметь меньшее сопротивление, чем у нижнего, что приведет к разбалансу измерительного моста (изменению напряжения разбаланса мостовой измерительной схемы ΔU). При атмосферном давлении влияние парообразования сказывается при значении температуры выше 75 °С [1]. Это первоначально приведет к возрастанию сопротивления у верхнего электрода, а затем и по всему ЭЭН-Д, что приведет к изменению информационного сигнала (ИС) напряжения разбаланса мостовой измерительной схемы ΔU . Изменение ИС в режиме нагрева среды и в режиме парообразования представлено на рисунке 2.

Подитоживая результаты исследования можно констатировать, что использование ЭЭН-Д в парогенераторах позволяет контролировать процесс парообразования, а также упростить схему управления парогенератором, снизить ее стоимость и повысить надежность работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – Минск : Колос, 1975. – 384 с.
2. Электронагреватель токопроводящих сред : пат. ВУ 13705 / М.А. Прищепов, А.Н. Кубарко, И.Г. Рутковский. – Опубл. 29.07.2010.

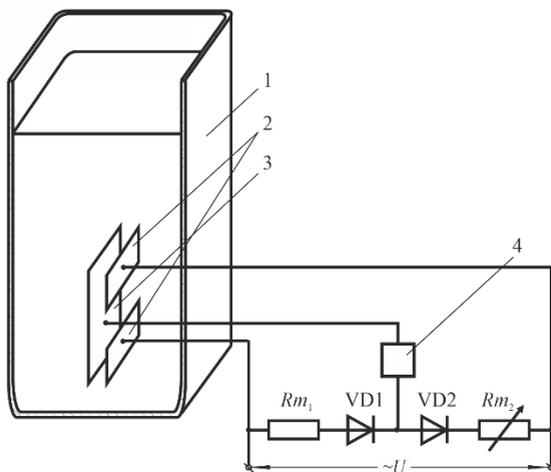


Рисунок 1. Электротепловая схема непроточного ЭЭН-Д с зонированной плоскопараллельной электродной системой при работе в режиме кипения:
 1 – емкость; 2 – электроды основные токоподводящие; 3 – электрод промежуточный;
 4 – управляющий элемент системы автоматического регулирования;
 R_{m1} , R_{m2} – сопротивления измерительного моста термозависимые

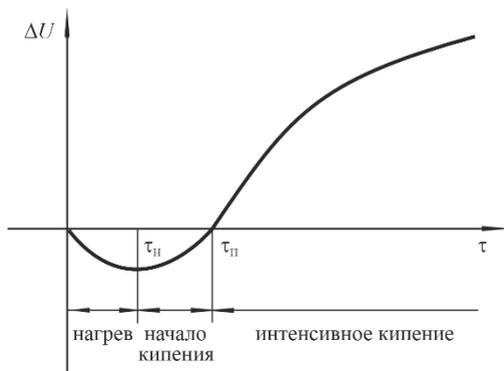


Рисунок 2. График изменения ИС ΔU при переходе режима работы ЭЭН-Д от нагрева к кипению