

*Я.Ю. Кальченко, магистр, НУГЗУ,
Ю.А. Абрамов, д.т.н., профессор, гл. научн. сотр., НУГЗУ*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ С ТЕРМОРЕЗЕСТИВНЫМ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Разработан алгоритм для определения динамического параметра пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом.

Ключевые слова: пожарный извещатель, динамический параметр, идентификация.

Постановка проблемы. Повышение эффективности систем обнаружения опасных факторов пожара обуславливает необходимость в совершенствовании системы их эксплуатации. Такая система должна предусматривать, в частности, реализацию алгоритмов идентификации основных характеристик как систем обнаружения опасных факторов пожара, так и её элементов. В этой связи одной из проблем является создание теоретических основ для построения алгоритмов, обеспечивающих определение основных характеристик таких систем.

Анализ последних исследований и публикаций. Все алгоритмы определения динамического параметра тепловых пожарных извещателей можно разделить на две группы – автономные [1] и объектовые [2]. В наибольшей степени проработаны алгоритмы применительно к пожарным извещателям с терморезистивным элементом. Следует отметить, что вторая группа алгоритмов определения динамического параметра тепловых пожарных извещателей в случае применения в них терморезистивного чувствительного элемента является универсальной, т.е. такие алгоритмы могут быть реализованы как при автономных, так и при объектовых испытаниях извещателей. При этом, необходимо заметить, что реализация таких алгоритмов определения динамического параметра пожарных извещателей требует использования специальных генераторов, формирующих одиночные импульсы электрического тока [2].

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является обоснование способа определения динамического параметра теплового пожарного извещателя с терморезистивным чувствительным элементом.

Тепловые процессы в терморезистивном чувствительном элементе теплового пожарного извещателя в установленном режиме при протекании через него постоянного по величине электрического тока I описываются уравнением

$$a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{2\nu + 1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) + KI^2 = 0, \quad (1)$$

с краевыми условиями

$$\frac{\partial \theta(0)}{\partial r} = 0; \quad \frac{\partial \theta(R)}{\partial r} = -h\theta(R), \quad (2)$$

где a – коэффициент температуропроводности; R – характерный размер чувствительного элемента; h – относительный коэффициент теплообмена; ν – параметр формы чувствительного элемента; K – коэффициент передачи; $\theta(r) = T(r) - T_0$; $T(r)$; T_0 – температура терморезистивного элемента и температура окружающей среды.

Применим к (1) интегральное преобразование следующего вида [3]

$$\varpi(\mu_n) = \int_0^R r^{\nu+1} J_\nu \left(\frac{\mu_n r}{R} \right) \omega(r) dr, \quad (3)$$

где J_ν – функция Бесселя ν -го порядка; μ_n – n -й корень трансцендентного уравнения

$$\mu J_{\nu+1}(\mu) - hR J_\nu(\mu) = 0. \quad (4)$$

После применения (3) к (1), а также с учетом (2) и (4), получим

$$\bar{\theta}(\mu_n) = KI^2 \tau_n \frac{hR^{\nu+3}}{\mu_n^2} J_\nu(\mu_n), \quad (5)$$

где $\tau_n = a^{-1} \left(\frac{R}{\mu_n} \right)^2$ – n -я постоянная времени терморезистивного чувствительного элемента пожарного извещателя. Используя формулу обращения [3], получим

$$\theta(r) = 2KI^2 hR \left(\frac{R}{r} \right)^\nu \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tau_n J_\nu \left(\frac{\mu_n r}{R} \right)}{J_\nu(\mu_n) \cdot [(hR)^2 - 2hR\nu + \mu_n^2]}. \quad (6)$$

Это выражение описывает распределение температуры в терморезистивном чувствительном элементе теплового пожарного извещателя в стационарном режиме при протекании через него постоянного по

величине электрического тока I .

Усредненная по объему чувствительного элемента пожарного извещателя температура определяется выражением

$$\theta = mR^{-m} \int_0^R r^{m-1} \theta(r) dr, \quad (7)$$

где m – параметр, величина которого определяется формой терморезистивного чувствительного элемента.

В том случае, когда терморезистивный чувствительный элемент пожарного извещателя является цилиндрическим, $\nu = 0$, $m = 2$. Тогда выражение (7) с учетом (6) трансформируется следующим образом

$$\theta = \frac{2}{R^2} \int_0^R r \theta(r) dr = 4KI^2 (hR)^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tau_n}{\mu_n^2 [(hR)^2 + \mu_n^2]}. \quad (8)$$

С погрешностью, не превышающей 1,6% [1], в (8) можно ограничиться первым членом ряда, а для первого корня μ_1 трансцендентного уравнения (4) воспользоваться аппроксимацией [1]

$$\mu_1 = 0,45 + 1,45hR - 0,65(hR)^2, \quad (9)$$

справедливой для $0,1 \leq hR \leq 1,0$.

Выражение (8) в этом случае можно переписать следующим образом

$$\theta = KI^2 \tau_1 \frac{4(hR)^2}{\mu_1^2 [(hR)^2 + \mu_1^2]}, \quad (10)$$

где $\tau_1 = a^{-1} \left(\frac{R}{\mu_1} \right)^2$.

При $hR \rightarrow 1,0$ выражение (10) принимает вид

$$\theta = KI^2 \tau_1, \quad (11)$$

из которого следует

$$\tau_1 = \frac{\theta}{KI^2}, \quad (12)$$

т.е. – определение динамического параметра τ_1 , теплового пожарного из-

вещателя сводится к реализации алгоритма, который предусматривает:

- пропускание постоянного по величине электрического тока I через терморезистивный чувствительный элемент пожарного извещателя;
- измерение в установившемся режиме превышения температуры терморезистивного чувствительного элемента пожарного извещателя относительно переходного значения;
- вычисление величины τ_1 с помощью выражения (12).

Выводы. Теоретическим путем обоснован алгоритм идентификации динамического параметра применительно к тепловым пожарным извещателям с терморезистивным чувствительным элементом, который в отличие от известных алгоритмов не требует при его реализации использования специальных генераторов электрического тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний / Ю.А. Абрамов, В.П. Гвоздь. – Х.: АГЗУ, 2005. – 121 с.
2. Абрамов Ю.А. Температурные объектовые испытания тепловых пожарных извещателей и терморезистивным чувствительным элементом / Ю.А. Абрамов, В.В. Коврегин, В.П. Садковой. – Х.: УГЗУ, 2009. – 115 с.
3. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел / Э.М. Карташов. – К.: Высшая школа, 2001. – 550 с.

Я.Ю. Кальченко, Ю.А. Абрамов

Ідентифікація динамічного параметра пожежних сповіщувачів з терморезистивним чутливим елементом

Розроблено алгоритм для визначення динамічного параметра пожежних сповіщувачів з терморезистивним чутливим елементом.

Ключові слова: пожежний сповіщувач, динамічний параметр, ідентифікація.

Y.Y. Kalchenko, Y.A. Abramov

Identification of dynamic setting fire detectors with thermoresistive sensitive element

An algorithm is developed to determine the dynamic setting fire detectors with thermoresistive sensitive element.

Keywords: fire alarm, dynamic parameter identification.