

*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;  $\nu$  – 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  $J_\nu$  – функция Бесселя  $\nu$ -го порядка;  $\mu_n$  –  $n$ -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  $\mu_1$  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  $\tau_1$ , 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  $\tau_1$  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.