

*В.А. Дуреев, к.т.н., ст. преподаватель, НУГЗУ,
А.Н. Литвяк, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МАКСИМАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ С ТЕРМОРЕЗИСТОРОМ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Получено линейное дифференциальное уравнение, описывающее динамику чувствительного элемента максимального пожарного извещателя с терморезистором. Получены зависимости для определения динамических параметров чувствительного элемента.

Ключевые слова: пожарный извещатель, чувствительный элемент, терморезистор, позистор, динамический параметр.

Постановка проблемы. В системах противопожарной защиты широко используются пожарные извещатели (ИП), у которых в качестве чувствительного элемента (ЧЭ) используется терморезистор. Техническая документация современных ИП не всегда содержит весь перечень основных данных. Для исследования эффективности работы систем ППЗ необходимо иметь достоверные математические модели составляющих ее элементов, в частности чувствительных элементов.

Таким образом, существует проблема математического описания чувствительных элементов современных ИП.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время ИП с терморезисторами в качестве ЧЭ, изготавливают все ведущие фирмы, производящие противопожарное оборудование, как в Украине, так и за рубежом [1]. Оценка работы теплового точечного ИП с учетом конструктивных особенностей ЧЭ и условий развития пожара, рассмотрена в [2]. Однако, для такой модели требуется математическое описание конкретного ЧЭ. Математическое описание тепловых ИП, позволяющее оценить работу терморезисторного ЧЭ формы цилиндр, полый цилиндр и пластина, выполнено в [3]. Но для определения параметров работы ИП требуются дополнительные экспериментальные данные. В [4] рассмотрена модель теплового ИП без учета конструктивных особенностей ЧЭ с термопарой.

Постановка задачи и ее решение. Расчетная схема терморезистора представлена на рис. 1.

Математическое описание терморезистора как динамического звена получим из уравнений для нестационарного теплообмена по критерию Био. При малых значениях Био ($Bi < 0,1$) характерным бу-

дет равномерное распределение температуры внутри тела.

Тогда, температура для всех точек терморезистора в каждый момент времени одинакова [4]:

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{d\tau} + \alpha F dT = \alpha F dT_B, \quad (1)$$

где C – теплоемкость материала терморезистора, Дж·кг⁻¹·К⁻¹; m – масса терморезистора, кг; T – температура терморезистора, К; τ – время, с; α – коэффициент конвективного теплообмена, Вт·м⁻²·К⁻¹; F – площадь поверхности терморезистора, м²; T_B – температура окружающего воздуха, К.

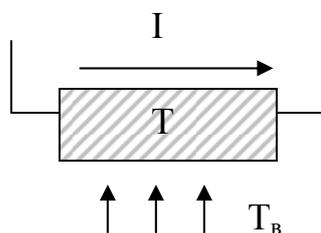


Рис. 1 – Расчетная схема терморезистора

В качестве чувствительного элемента точечного теплового ИП «Бриз-11» используется терморезистор с положительным температурным коэффициентом сопротивления в диапазоне рабочих температур – позистор. Изменение сопротивления позистора является функцией изменения температуры:

$$dR = F(dT), \quad (2)$$

Согласно [5] сопротивление позисторов в диапазоне рабочих температур меняется по экспоненциальному закону:

$$R = R_{II} \cdot e^{AT}, \quad (3)$$

где R – текущее сопротивление, Ом; R_{II} – постоянная, Ом; A – температурный коэффициент сопротивления, %·К⁻¹; T – текущая температура позистора, К.

Для перехода к линейному уравнению динамики позистора, приравняем дифференциалы правой и левой части уравнения (3):

$$dR = R_{II} \cdot A \cdot e^{AT_0} dT. \quad (4)$$

где: T_0 – значение температуры позистора в исходной точке, К.

Подставим (4) в (1), получим:

$$\frac{C \cdot m}{R_0 \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot d \frac{dR}{d\tau} + \frac{\alpha \cdot F}{R_0 \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot dR = \alpha \cdot F \cdot dT_B \quad (5)$$

Заменяем дифференциалы конечными приращениями:

$$\frac{C \cdot m}{R_0 \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot \dot{\Delta R} + \frac{\alpha \cdot F}{R_0 \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot \Delta R = \alpha \cdot F \cdot dT_B \quad (6)$$

Перейдем к относительным переменным:

$$\bar{r} = \frac{\Delta R}{R_0}; \quad \dot{\bar{r}} = \frac{\dot{\Delta R}}{R_0}; \quad \bar{t}_B = \frac{\Delta T_B}{T_{B0}}, \quad (7)$$

где: R_0 – значение сопротивления позистора в исходной точке, Ом;

T_{B0} – значение температуры воздуха в исходной точке, К.

Уравнение динамики позистора в относительных переменных имеет стандартный вид:

$$T_{II} \dot{\bar{r}} + \bar{r} = K_{II} \bar{t}_B, \quad (8)$$

где: $T_{II} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}$ – постоянная времени позистора, с;

$K_{II} = R_{II} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0} \frac{T_{B0}}{R_0}$ – коэффициент усиления позистора.

Из уравнения (8) следует, что для уменьшения инерционности чувствительного элемента извещателя, необходимо уменьшать массу позистора и увеличивать его площадь. Кроме того, для снижения T_{II} , на чувствительном элементе может быть размещен пластинчатый радиатор.

Выводы: Выполнено математическое описание чувствительного элемента максимального пожарного извещателя с терморезистором. Получены уравнения динамики и зависимости для определения динамических параметров чувствительного элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности. Киев.: Бранд мастер. – 2010. – С.198 – 215.

2. Абрамов Ю.А. Модель теплового пожарного извещателя и оценка времени его срабатывания/ Ю.А. Абрамов, Ю.Ю. Переста// Проблемы пожарной безопасности. – Х.: ХИПБ. – 1997. – С.53 – 57.

3. Гвоздь В.М. Терморезисторные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний. Дисс. канд. техн. наук: 21.06.02 – Черкассы. – 2005г.-181с.

4. Литвяк А.Н. Математическое описание терморезистора теплового пожарного извещателя /А.Н. Литвяк, В.А. Дуреев // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УЦЗУ.– 2007. № 22 – С. 120–122.

5. Минкин С.Б., Шашков А.Г. Позисторы. – М.: Энергия. – 1973. – 88 с.

nuczu.edu.ua

В.О. Дуреев, О.М. Литвяк

Математичний опис чутливого елементу максимального теплового пожежного сповісчувача з терморезистором

Отримано лінійне диференціальне рівняння, що описує динаміку чутливого елементу максимального пожежного сповісчувача, з терморезистором. Отримані залежності для визначення динамічних параметрів чутливого елементу.

Ключові слова: пожежний сповісчувач, чутливий елемент, терморезистор, позистор, динамічний параметр.

V.A. Dureev, A.N. Lityjak

Mathematical description of pickoff maximal thermal to inform a fire with a thermo-resistor

Linear differential equalization, describing the dynamics of pickoff maximal to inform a fire with a thermo-resistor, is got. Dependences are got for determination of dynamic parameters of pickoff.

Keywords: a fireman informs, pickoff, thermal resistor, pozistor, dynamic parameter.