

В.А. Дуреев, к.т.н., доцент, НУГЗУ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ТЕПЛООВОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ С ТЕРМИСТОРОМ

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

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

Ключевые слова: пожарный извещатель, чувствительный элемент, термистор, уравнение динамики, динамический параметр.

Постановка проблемы. В современных адресно-аналоговых системах пожарной сигнализации (СПС) уровни контролируемых факторов пожара анализируются в адресно-аналоговом приборе и сигналы «Пред-тревога» и «Пожар» формирует прибор, а не пожарный извещатель (ИП). Это позволяет вводить новые алгоритмы обработки сигнала и учитывать изменение требований нормативных документов.

В таких СПС получили широкое распространение адресно-аналоговые ИП, чувствительным элементом которых является термистор. Документация ИП не всегда содержит весь перечень основных технических данных, необходимых для исследования эффективности работы извещателя. Для этого нужны достоверные математические модели составляющих ИП, в частности чувствительного элемента.

Таким образом, существует проблема математического описания термистора, как чувствительного элемента пожарного извещателя.

Анализ последних исследований и публикаций. Оценка работы теплового точечного ИП с учетом его конструктивных особенностей и условий развития пожара, рассмотрена в [1]. Математическое описание терморезистора в форме цилиндра, полого цилиндра и пластины теплового ИП, выполнено в [2]. Предложенные в [1, 2] модели ИП требуют математическое описание и дополнительные экспериментальные данные исследуемого ИП. В [3] рассмотрена модель теплового ИП с термопарой, без учета конструктивных особенностей. Динамические свойства цепей с термисторами, описаны в [4]. Согласно [4], зависимость сопротивления R_T термистора и скорость dR_T изменения сопротивления термистора от температуры, имеют вид

$$R_T = R_0 \cdot e^{B/T} \quad (1)$$

$$dR_T = -\frac{B}{T_0^2} R_0 dT = \beta R_0 dT \quad (2)$$

где R_0 – сопротивление термистора при номинальной температуре, Ом; b , V – константы, зависящие от полупроводника термистора; T – текущая температура термистора, К; T_0 – значение температуры термистора в исходной точке, К; β – температурный коэффициент.

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

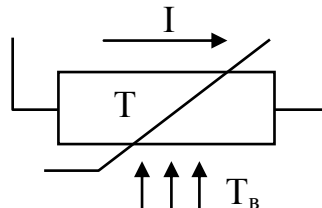


Рис. 1. Расчетная схема термистора

Математическое описание термистора, как динамического звена, получим из уравнений для нестационарного теплообмена по критерию Био. При малых значениях Био ($Bi < 0,1$) характерным будет равномерное распределение температуры внутри тела.

Количество тепла, переданное и поглощенное термистором [4]

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{d\tau} + \alpha F dT = \alpha F dT_B \quad (3)$$

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

Подставим (2) в (3), получим

$$\frac{C \cdot m}{\beta R_0} \cdot d \frac{dR_T}{d\tau} + \frac{\alpha \cdot F}{\beta R_0} \cdot dR_T = \alpha \cdot F \cdot dT_B. \quad (4)$$

Выполним линеаризацию уравнения (4) методом полного дифференциала

$$\frac{C \cdot m}{\beta R_0} \cdot \frac{R_{T0}}{R_{T0}} \cdot d \frac{\Delta R_T}{d\tau} + \frac{\alpha \cdot F}{\beta R_0} \cdot \frac{R_{T0}}{R_{T0}} \cdot \Delta R_T = \alpha \cdot F \cdot \frac{T_{B0}}{T_{B0}} \cdot \Delta T_B \quad (5)$$

где R_{T0} – значение сопротивления термистора в исходной точке, Ом; T_{B0} – значение температуры воздуха в исходной точке, К.

Выполним замену

$$\bar{r}_T = \frac{\Delta R_T}{R_{T0}}; \dot{\bar{r}}_T = \frac{\dot{\Delta R}_T}{R_{T0}}; \bar{t}_B = \frac{\Delta T_B}{T_{B0}}, \quad (6)$$

где \bar{r}_T , $\dot{\bar{r}}_T$, \bar{t}_B – относительные переменные.

Тогда, уравнение динамики термистора в относительных переменных будет иметь вид

$$T_T \dot{r}_T + r_T = K_T t_B \quad (7)$$

где $T_T = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}$ – постоянная времени термистора, с; $K_T = \beta R_0 \frac{T_{B0}}{R_{T0}}$ – коэффициент усиления термистора.

Из уравнения (7) следует, что для уменьшения инерционности чувствительного элемента извещателя, необходимо уменьшать массу термистора и увеличивать его площадь. Кроме того, для снижения T_{Π} , на чувствительном элементе может быть размещен пластинчатый радиатор.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

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

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

4. Шашков А.Г. Динамические свойства цепей с термисторами / А.Г. Шашков, А.С. Касперович // – Л.: Госэнергоиздат. – 1961. – 208с.

В.О. Дуреев

**Математичний опис чутливого елемента теплового пожежного сповіс-
вача з термістором**

Отримано лінійне диференціальне рівняння, яке описує динаміку чутливого елемента максимального пожежного сповісвача з термістором. Отримано залежності для визначення динамічних параметрів чутливого елемента.

Ключові слова: пожежний сповісвач, чутливий елемент, термістор, рівняння динаміки, динамічний параметр.

V.A. Dureev

Mathematical description of the thermal sensing element fire detector with the thermistor

The obtained linear differential equation describing the dynamics of a sensitive element maximum fire alarm with thermistor. The dependences for determining the dynamic parameters of the sensitive element.

Keywords: fire detector, sensing element, the thermistor, the dynamic equation, the dynamic option.