

*Ю.А. Абрамов, д.т.н., гл. научн. сотр., НУГЗУ,
А.С. Борисова, адъюнкт, ЧИПБ им. Героев Чернобыля,
Е.А. Тищенко, к.т.н., доцент, ЧИПБ им. Героев Чернобыля*

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЕГО ОБЪЕКТОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Разработан метод определения постоянной времени теплового пожарного извещателя с терморезистивным чувствительным элементом в условиях его объектовых испытаний, основанный на законе Джоуля-Ленца.

Ключевые слова: пожарный извещатель, объектовые испытания, постоянная времени.

Постановка проблемы. Совершенствование системы эксплуатации систем обнаружения опасных факторов пожара является одним из направлений на пути повышения эффективности ее функционирования. В этой связи возрастает роль оперативных или объектовых испытаний датчиков первичной информации систем обнаружения опасных факторов пожара. Принципиальным недостатком такого вида испытаний датчиков первичной информации является то, что они не предусматривают получение количественных характеристик этих датчиков. Это обстоятельство исключает, в частности, получение прогнозных оценок касательно технических характеристик как датчиков, так и систем в целом.

В этой связи важной проблемой применительно к системам обнаружения опасных факторов пожара является получение количественных характеристик как системы, так и ее составляющих по результатам объектовых испытаний.

Анализ последних исследований и публикаций. Получение количественных характеристик датчиков первичной информации, в частности, тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом, при проведении объектовых испытаний рассмотрено в [1]. В этой работе представлены методы и средства по определению временных характеристик пожарных извещателей такого типа, к которым относятся время срабатывания и постоянная времени извещателя. В работе [2] обобщены сведения о методах и средствах по определению постоянной времени тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом. В этих работах предпочтение отдается методам определения временных характеристик пожарных извещателей, ориентированным на проведение их объектовых испытаний, которые основаны на формировании линейно-зависимых входных воздействий.

Использование входных воздействий в виде импульсов электрического тока, форма которых описывается тригонометрическими функциями, сопряжено с трудностями вычислительного характера.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является разработка метода определения постоянной времени теплового пожарного извещателя с терморезистивным чувствительным элементом, ориентированного на проведение объектовых испытаний и основанного на использовании теплового воздействия за счет протекания электрического тока в виде импульса синусоидальной формы.

Пусть через терморезистивный чувствительный элемент пожарного извещателя, находящегося на охраняемом объекте, протекает импульс электрического тока $i(t)$, форма которого описывается выражением

$$i(t) = I \sin\left(\frac{\pi t}{t_0}\right) [1(t) - 1(t - t_0)] \quad (1)$$

где I , t_0 – амплитуда и длительность импульса электрического тока соответственно; $1(t)$, $1(t - t_0)$ – функции Хэвисайда.

Усредненная по объему чувствительного элемента пожарного извещателя разность температур $\theta(t)$ в этом случае определяется выражением [3]

$$\theta(t) = 0,5KI^2\tau \left[\begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} 1 - (t_0^2 + 4\pi^2 t^2)^{-1} * \\ \left[\begin{array}{l} 4\pi^2 t^2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + 2\pi t_0 \tau \sin\left(\frac{2\pi t}{t_0}\right) + \\ + t_0^2 \cos\left(\frac{2\pi t}{t_0}\right) \end{array} \right] \end{array} \right] 1(t) - \\ \\ \left[\begin{array}{l} 1 - (t_0^2 + 4\pi^2 t^2)^{-1} * \\ \left[\begin{array}{l} 4\pi^2 t^2 \exp\left(-\frac{t-t_0}{\tau}\right) + \\ + 2\pi t_0 \tau \sin\left(\frac{2\pi(t-t_0)}{t_0}\right) + \\ + t_0^2 \cos\left(\frac{2\pi(t-t_0)}{t_0}\right) \end{array} \right] \end{array} \right] 1(t-t_0) \end{array} \right], \quad (2)$$

где K , τ – коэффициент передачи и постоянная времени пожарного извещателя соответственно.

Для интервала времени, на котором имеет место

$$\frac{\partial \theta(t)}{\partial t} \geq 0; \quad t > 3\tau, \quad (3)$$

из (2) следует, что

$$\theta(t) \cong 0,5KI^2\tau \left[1 - (t_0^2 + 4\pi^2\tau^2)^{-1} \left[2\pi t_0\tau \sin\left(\frac{2\pi t}{t_0}\right) + t_0^2 \cos\left(\frac{2\pi t}{t_0}\right) \right] \right]. \quad (4)$$

В моменты времени $t_1 = \frac{t_0}{4}$ и $t_2 = \frac{t_0}{2}$ в соответствии с (4) можно записать

$$\frac{\theta(t_1)}{0,5KI^2\tau} = t_0^2 + 4\pi^2\tau^2 - 2\pi t_0\tau; \quad \frac{\theta(t_2)}{0,5KI^2\tau} = 2t_0^2 + 4\pi^2\tau^2. \quad (5)$$

Введем обозначение

$$\alpha = \theta(t_1)[\theta(t_2)]^{-1}. \quad (6)$$

Тогда с учетом выражений (5) получим

$$\alpha = \frac{t_0^2 + 4\pi^2\tau^2 - 2\pi t_0\tau}{2t_0^2 + 4\pi^2\tau^2}, \quad (7)$$

откуда следует выражение для постоянной времени пожарного извещателя

$$\tau = \frac{1 - \sqrt{12\alpha - 8\alpha^2 - 3}}{4\pi(1 - \alpha)} t_0. \quad (8)$$

Из анализа этого выражения следует, что должно выполняться условие

$$\alpha < 1,0. \quad (9)$$

Кроме того, должны выполняться и другие условия

$$\omega_1 = 12\alpha - 8\alpha^2 - 3 \geq 0; \quad (10)$$

$$12\alpha - 8\alpha^2 - 3 < 1. \quad (11)$$

Условие (11) можно записать в виде

$$\omega_2 = 12\alpha - 8\alpha^2 - 4 < 0. \quad (12)$$

На рис. 1 приведены зависимости $\omega_1 = \omega_1(\alpha)$ – кривая 1 и $\omega_2 = \omega_2(\alpha)$ – кривая 2, из анализа которых следует, что для параметра α должно выполняться условие

$$0,32 \leq \alpha \leq 0,5. \quad (13)$$

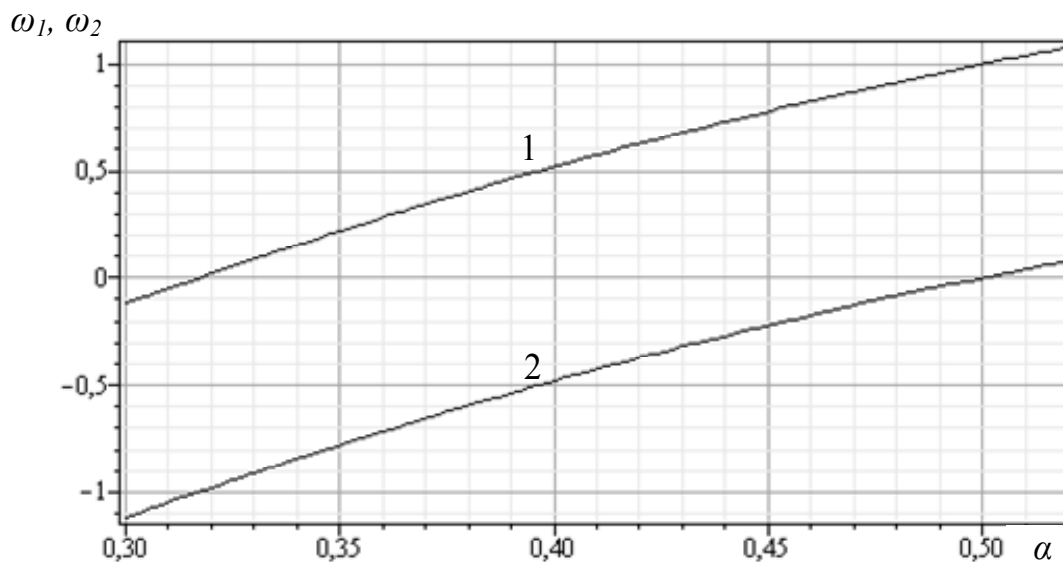


Рис. 1. К выбору параметра α : 1 – зависимость $\omega_1(\alpha)$; 2 – зависимость $\omega_2(\alpha)$

Условие (13) позволяет в соответствии с выражением (8) построить номограмму для определения величины постоянной времени пожарного извещателя, которая приведена на рис. 2. С помощью этой номограммы по величине параметра α определяется величина приведенного значения постоянной времени пожарного извещателя τ_0^{-1} .

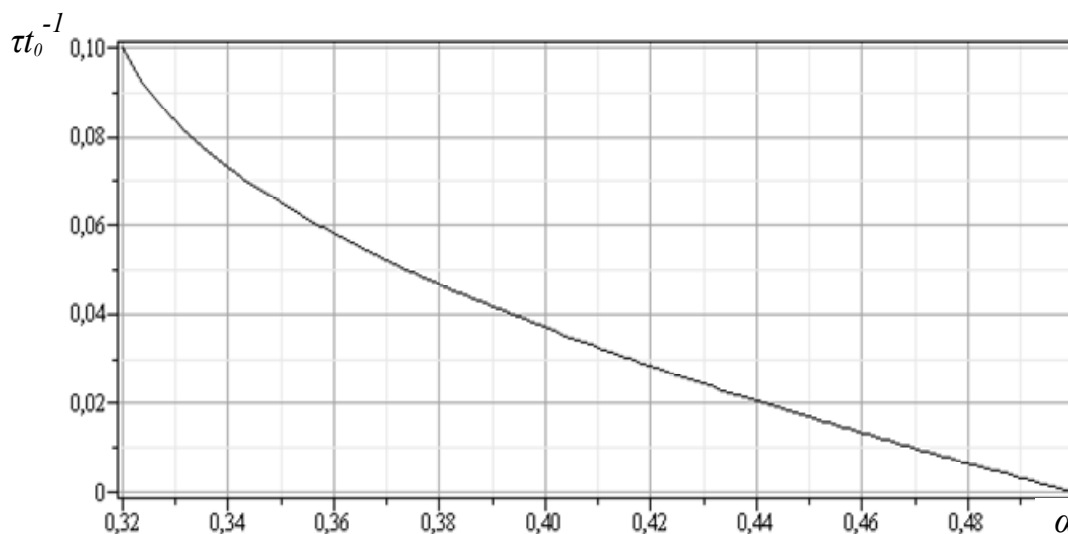


Рис. 2. Номограмма для определения величины постоянной времени пожарного извещателя

В общем случае алгоритм определения величины постоянной времени пожарного извещателя с терморезистивным чувствительным элементом сводится к следующему:

- через чувствительный элемент пропускается импульс электрического тока, форма которого определяется выражением (1);
- осуществляется контроль времени нагрева чувствительного элемента, начиная с момента подачи входного воздействия в виде импульса электрического тока;
- при достижении момента времени, равного $0,25t_0$, производится измерение реакции чувствительного элемента на входное воздействие, т.е. $\theta(0,25t_0)$;
- при достижении момента времени равного $0,5t_0$, производится измерение реакции чувствительного элемента на входное воздействие, т.е. $\theta(0,5t_0)$;
- вычисляется параметр α , т.е.

$$\alpha = \theta(0,25t_0)[\theta(0,5t_0)]^{-1};$$

- с помощью номограммы представленной на рис. 2, определяется величина приведенной постоянной времени πt_0^{-1} пожарного извещателя;
- определяется величина постоянной времени пожарного извещателя путем умножения величины приведенного значения постоянной времени на величину длительности импульса электрического тока.

Пример. Пусть $t_0 = 8,0$ с, $\tau = 0,5$ с. Реакция такого пожарного извещателя на воздействие (1) будет иметь вид, представленный на рис. 3.

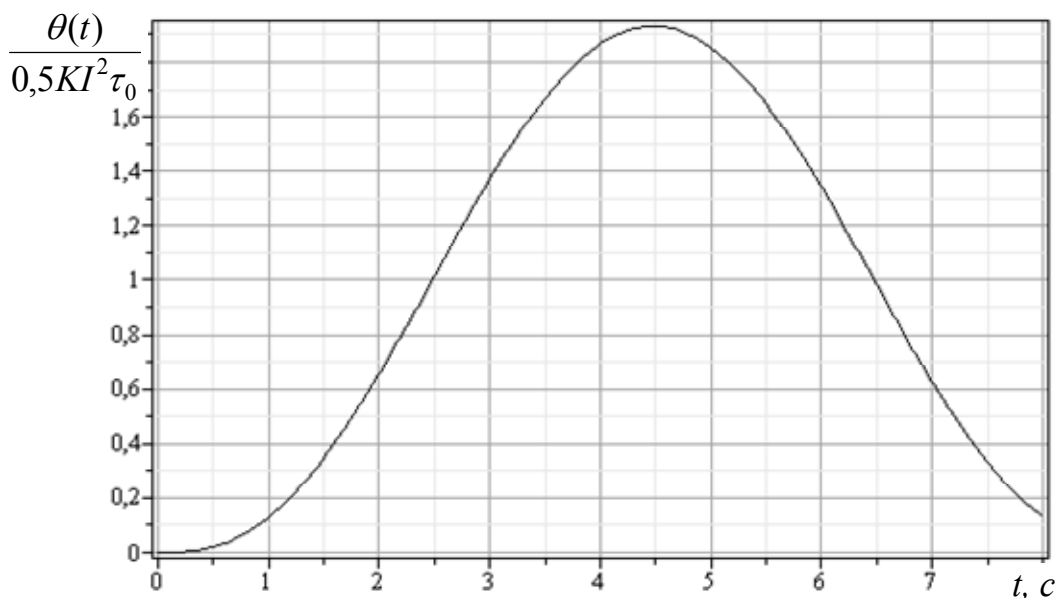


Рис. 3. Реакция чувствительного элемента пожарного извещателя на импульс электрического тока синусоидальной формы

Из этого графика следует, что $\theta(0,25t_0)(0,5KI^2\tau)^{-1} = 0,65$; $\theta(0,5t_0)(0,5KI^2\nu)^{-1} = 1,82$, т.е. $\alpha = 0,357$.

Для $\alpha = 0,357$ величина π_0^{-1} , определяемая с помощью номограммы, приведенной на рис. 2, равна 0,059. Следовательно $\tau = 0,47$ с, т.е. погрешность определения величины постоянной времени теплового пожарного извещателя составляет 6,0 %.

В [2] приведен алгоритм определения величины постоянной времени теплового пожарного извещателя с терморезистивным чувствительным элементом, основанный на получении информации о его состоянии по измерениям двух временных параметров для случая, когда через чувствительный элемент пропускается импульс электрического тока синусоидальной формы. Такой алгоритм предполагает решение алгебраического уравнения третьего порядка, параметрами которого являются тригонометрические функции. Решение такого уравнения является достаточно громоздким, вследствие чего его использование на практике является затруднительным. Достоинством рассматриваемого метода определения постоянной времени пожарного извещателя является индефферентность относительно апостериорных вычислительных процедур, связанных с тригонометрическими функциями, и как следствие, простота реализации алгоритма.

Выводы. Разработан метод определения величины постоянной времени теплового пожарного извещателя с терморезистивным чувствительным элементом в условиях проведения его объектовых испытаний. Метод основан на использовании закона Джоуля-Ленца и предусматривает измерение в фиксированные моменты времени двух параметров реакции терморезистивного чувствительного элемента пожарного извещателя на протекание через него импульса электрического тока синусоидальной формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Температурные объектовые испытания тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом / Ю.А. Абрамов, В.В. Коврегин, В.П. Садковой. – Х.: УГЗУ, 2009. – 115с.

2. Абрамов Ю.А. Методы определения постоянной времени тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов, В.М. Гвоздь. – Х.: НУГЗУ, 2013. – 151с.

3. Гвоздь В.М. Математическая модель терморезистивного чувствительного элемента пожарного извещателя при внутреннем тепло-

вом воздействии в виде синусоидального импульса электрического тока / В.М. Гвоздь, О.Е. Безуглов, Ю.А. Абрамов // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ, 2012. – Вып. 32. – С. 43-49.

Ю.О. Абрамов, Г.С. Борисова, Є.О.Тищенко

Метод визначення постійної часу пожежного сповіщувача в умовах його об'єктових випробувань

Розроблено метод визначення постійної часу теплового пожежного сповіщувача з терморезистивним чутливим елементом в умовах його об'єктових випробувань, заснований на законі Джоуля-Ленца.

Ключові слова: пожежного сповіщувача, об'єктових випробувань, постійної часу.

Y. Abramov, A. Borisova, E. Tishchenko

The method of determining the time constant fire detector in the conditions of its on-site trials

The method of determining the time constant thermal fire alarm with терморезистивный sensitive element in the conditions of its on-site testing, based on the Joule-Lenz law.

Keywords: fire detector, on-site testing, the time constant.