

УДК 614.8

*Садковой В.П., канд. психол. наук, ректор УГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ,
Тищенко Е.А., преп., ЧАПБ,
Гвоздь В.М., нач. ГУМЧС г. Черкассы*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА ДАТЧИКА ПЕРВИЧНЫХ ФАКТОРОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Определены временные характеристики и решена задача идентификации их параметров применительно к датчикам первичных факторов с терморезистивным чувствительным элементом

Постановка проблемы. К числу проблем применительно к процессам локализации чрезвычайных ситуаций (ЧС) относится проблема эффективного обнаружения опасных факторов таких ЧС. В этой связи существенно возрастает роль датчиков первичных факторов (ДПФ) в такой системе и, в частности, требует своего разрешения проблема, связанная с отработкой экспериментальных методов определения их динамических характеристик.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ нормативных документов применительно к ДПФ, ориентированных на входное воздействие в виде температуры, свидетельствует о том, что документы не предусматривают нормирование динамических характеристик таких датчиков [1].

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является определение временных характеристик ДПФ с терморезистивным чувствительным элементом для последующего решения задачи о их нормировании.

В качестве временных характеристик макетного образца ДПФ с терморезистивным чувствительным элементом используются зависимости его выходного сигнала от времени, обусловленные входными сигналами вида

$$\theta(t) = \theta_0 \cdot 1(t); \quad (1)$$

$$\theta(t) = \theta_0 + at, \quad (2)$$

где $\theta_0 = \text{const}$; $1(t)$ – функция Хевисайда [2], α – параметр.

Определение временных характеристик макетного образца проводилось в два этапа. На первом этапе осуществлялось определение зависимости, обусловленной температурным воздействием вида (1). С этой целью использовалась термокамера, в которой создавалась температура, равная 70°C . Погрешность установки и измерения температуры не превышала $0,5^\circ\text{C}$.

Такая величина температуры выдерживалась в термостате в течение 15 минут, а затем в нее помещался макетный образец ДПФ, и с помощью осциллографа осуществлялась запись его выходного сигнала $U(t)$. После записи выходного сигнала макетного образца ДПФ термокамера открывалась, из нее изымался макетный образец и с помощью вентиляторов производились охлаждение полости термокамеры и макетного образца до температуры окружающей среды. Затем такой цикл повторялся n раз.

Записи выходного сигнала макетного образца ДПФ обрабатывались в соответствии со следующим алгоритмом. Для каждой i -ой записи определялась разница

$$u_i(t) = U_i(t) - U_{0i}, \quad (3)$$

где U_{0i} – выходной сигнал макетного устройства ДПФ при $t = 0$, т.е. выходной сигнал макетного образца, соответствующий температуре окружающей среды.

Весь интервал времени $[0, t_{\text{ycm.}i}]$, где $t_{\text{ycm.}i}$ – время достижения установившегося значения выходного сигнала макетного образца $u_{\text{ycm.}i}$ (в экспериментах это время определялось из условия $u_i(t_{\text{ycm.}i}) = 0,95u_{\text{ycm.}i}$), разбивался на n равных частей и усреднялся по n реализациям

$$\Delta t = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{ycm.}i}}{mn}. \quad (4)$$

Затем для каждого момента времени $t_j = j\Delta t$, где $j = \overline{1, m}$, определялись значения

$$\bar{H}(t_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{u_i(t_j)}{u_{ycm.i}}; \sigma_H(t_j) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\frac{u_i(t_j)}{u_{ycm.i}} - \bar{H}(t_j) \right]^2}. \quad (5)$$

При проведенні експериментальних досліджень полагалось, що $n = 6$; $m = 10$.

По смыслу первое выражение в (5) представляет собой решетчатую функцию единичной переходной функции макетного образца ДПФ [2]. В табл. 1 приведены результаты определения временных характеристик макетного образца, где учтено обозначение $H_i(t_j) = u_i(t_j u_{ycm.i}^{-1})$.

Таблица 1 – Временные характеристики макетного образца ДПФ

t_j	$j\Delta t, c$									
	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6
$H_1(t_j)$	0,23	0,42	0,59	0,71	0,76	0,85	0,87	0,94	0,93	0,97
$H_2(t_j)$	0,27	0,43	0,61	0,68	0,81	0,81	0,89	0,91	0,95	0,96
$H_3(t_j)$	0,26	0,45	0,61	0,72	0,78	0,83	0,86	0,93	0,94	0,96
$H_4(t_j)$	0,24	0,44	0,58	0,69	0,82	0,86	0,85	0,95	0,95	0,96
$H_5(t_j)$	0,25	0,41	0,62	0,74	0,79	0,82	0,89	0,91	0,97	0,96
$H_6(t_j)$	0,27	0,43	0,58	0,71	0,83	0,83	0,88	0,93	0,95	0,97
$\bar{H}(t_j)$	0,25	0,43	0,60	0,71	0,80	0,83	0,87	0,93	0,95	0,96
$\sigma_H(t_j)$	0,017	0,021	0,015	0,021	0,025	0,021	0,017	0,016	0,013	0,011
$\delta, \%$	6,8	4,9	2,5	3,0	3,1	2,5	2,0	1,7	1,4	1,1

В этой же таблице приведены данные об относительной погрешности определения временной характеристики макетного образца ДПФ, которые вычислялись в соответствии с выражением

$$\delta = \sigma_H(t_j) [\bar{H}_j(t_j)]^{-1}. \quad (6)$$

Анализ свидетельствует о том, что решетчатая функция, соответствующая единичной переходной функции макетного образца ДПФ, определена с погрешностью, не превышающей 6,8%.

Решетчатая функция $\bar{H}(t_j)$ аппроксимировалась функцией вида

$$H(t) = a + b \exp(ct), \quad (7)$$

где a , b , c – параметры.

Решение задачи идентификации этих параметров с помощью пакета NUMERl показала, что

$$a = 0,998; b = -1,009; c = -4,887 \text{ с}^{-1}, \quad (8)$$

а величина среднеквадратической погрешности не превышает 4,6%.

На втором этапе осуществлялось определение зависимости, обусловленной температурным воздействием вида (2). С этой целью использовалась термокамера.

Макетный образец ДПФ помещался в термокамеру, температура в которой изменялась со скоростью $a = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$. Погрешность формирования скорости изменения температуры в термокамере не превышала 10%.

С помощью осциллографа осуществлялась запись выходного сигнала макетного образца. После его записи макетный образец изымался из термокамеры, и с помощью вентилятора производилось охлаждение полости камеры и макетного образца ДПФ до температуры окружающей среды. Затем цикл повторялся n раз.

Записи выходного сигнала макетного образца ДПФ обрабатывались следующим образом. Для каждой i -ой записи определялась разница, аналогичная (3). Здесь интервал времени $[0, t_{\text{уст. } i}]$, где $t_{\text{уст. } i}$ – момент времени, начиная с которого выходной сигнал макетного образца ДПФ изменяется с постоянной скоростью, разбивался на m равных частей и усреднялся по всем n реализациям (аналогично выражению (4)), т.е. определялся интервал времени Δt . Для каждого момента времени $t_j = j\Delta t$, где $j = \overline{1, m}$, определялись значения

$$q(t_s) = \frac{1}{n\beta} \sum_{i=1}^n u_i(t_j); \sigma_q(t_j) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\frac{u_i(t_j)}{\beta} - q \right]^2}. \quad (9)$$

Здесь β – масштабный множитель.

По смыслу первое выражение в (9) представляет собой решетчатую функцию временной характеристики макетного образца ДПФ, обусловленной температурным воздействием вида (2).

В табл. 2. приведены результаты определения временной характеристики такого вида, где $q_i(t_j) = u_i(t_j)\beta^{-1}$.

Погрешность δ определялась по формуле

$$\delta = \sigma_q(t_j)[q(t_j)]^{-1}. \quad (10)$$

Таблица 2 – Временные характеристики макетного образца ДПФ

t_j	$j\Delta t, c$									
	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6
$q_1(t_j)$	0,005	0,016	0,029	0,047	0,062	0,097	0,126	0,142	0,174	0,201
$q_2(t_j)$	0,006	0,018	0,034	0,046	0,058	0,094	0,129	0,147	0,171	0,194
$q_3(t_j)$	0,004	0,014	0,024	0,051	0,064	0,099	0,123	0,138	0,168	0,211
$q_4(t_j)$	0,007	0,021	0,033	0,052	0,065	0,101	0,131	0,149	0,179	0,204
$q_5(t_j)$	0,003	0,012	0,024	0,041	0,057	0,089	0,119	0,137	0,169	0,203
$q_6(t_j)$	0,006	0,014	0,027	0,039	0,064	0,095	0,121	0,147	0,180	0,204
$\bar{q}(t_j)$	0,005	0,016	0,028	0,046	0,062	0,096	0,124	0,143	0,174	0,203
$\sigma_q(t_j)$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
$\delta, \%$	29,6	18,7	14,3	10,9	9,7	4,2	4,0	3,8	2,9	2,5

Анализ свидетельствует о том, что величина погрешности определения временной характеристики такого вида не превышает 29,6%. Увеличение погрешности определения временной характеристики, обусловленной температурным воздействием вида (2), по сравнению со случаем, когда температурное воздействие описывается выражением (1), обусловлено следующими факторами.

○ Слабой чувствительностью макетного образца ДПФ к изменению входного воздействия в интервале времени, принадлежащем начальной фазе переходного процесса.

○ Вариациями величины скорости изменения температуры в термокамере в более широком диапазоне – до 10% по сравнению с диапазоном вариаций величины температуры в термокамере – до 5 %.

Решетчатая функция $q(t_j)$ аппроксимируется функцией вида

$$q(t) = \sum_{i=2}^3 a_i t^i, \quad (11)$$

где a_i – параметры.

Решение задачи идентификации параметров a_i с помощью пакета Maple показало, что

$$a_2 = 0,93 \text{ с}^{-2}; a_3 = -0,63 \text{ с}^{-3}, \quad (12)$$

а величина среднеквадратической погрешности не превышает 1%.

Сравнение временных характеристик (7) и (11) соответственно (со значениями параметров (8) и (12)) с аналогичными временными характеристиками, полученными теоретическим путем, в частности, с

$$\theta_1(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right); \quad (13)$$

$$\theta_2(t) = a \left[t - \tau \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \right], \quad (14)$$

свидетельствует о том, что среднее значения погрешности рассогласования между (7) и (13), а также между (11) и (14) не превышает соответственно 3% и 7%. При этом величина постоянной времени τ , определенная теоретическим путем, принималась равной 0,2 с.

Выводы. Экспериментальным путем получены временные характеристики ДПФ с терморезистивным чувствительным эле-

ментом, решена задача идентификации их параметров и показано, что для величины постоянной времени, равной 0,2 с, погрешность рассогласования этих характеристик с характеристиками, определенными аналитически, не превышает 7%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А., Гвоздь В.М. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний. – Х.: АГЗУ, 2005. – 121 с..
2. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики. – Х.: ХИПБ, 1993. – 288 с.
nuczu.edu.ua

УДК 331.101

*Стрелец В.М., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Бородич П.Ю., преп., УГЗУ*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АППАРАТА Е-СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Использование аппарата Е-сетей позволяет при проведении имитационного моделирования аварийно-спасательных работ в метрополитене отразить закономерности их организации и проведения

Постановка проблемы. Процесс аварийно-спасательных работ в метрополитене (АСРМ) в случае возникновения там чрезвычайной ситуации представляет собой функционирование системы «спасатель – средства спасения и защиты – экстремальная среда на станциях метрополитена», которая обеспечивает спасение людей, в том числе из непригодной для дыхания среды, и ликвидацию чрезвычайной ситуации. Совершенствование рассматриваемого процесса требует его комплексной оценки.

Анализ последних исследований и публикаций. С комплексных позиций процесс аварийно-спасательных работ как процесс функционирования сложной человеко-машинной системы