

*Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., НУГЗУ,
Тищенко Е.А., канд. техн. наук, доц.,
ЧИПБ им. Героев Чернобыля,
Борисова А.С., адъюнкт, ЧИПБ им. Героев Чернобыля*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНЫХ ФАКТОРОВ СИСТЕМЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ

Получена модель выходного сигнала датчика первичных факторов в виде реакции на тест-сигнал, который представляет собой импульс электрического тока

Ключевые слова: датчик первичных факторов, терморезистивный чувствительный элемент, математическая модель

Постановка проблемы. Повышение эффективности эксплуатации систем ослабления последствий аварий обуславливает сокращение времени, затрачиваемого на проведение регламентных работ. В этой связи одной из проблем является получение информации о количественных характеристиках как таких систем, так и ее составляющих непосредственно на охраняемых объектах.

Анализ последних исследований и публикаций. Получение информации о количественных характеристиках одного из основных элементов систем ослабления аварий, которыми являются датчики первичных факторов, предусмотрено ДСТУ EN 54 – 5:2003, который распространяется лишь на автономные испытания таких датчиков. Все методы объектовых испытаний таких датчиков, в частности, предусмотренные стандартами BS 5839, NFPA 72, APSAD R7 и DIN 14675: 2003 – 11, ориентированны лишь на проверку работоспособности датчиков и не обеспечивают получение информации об их количественных характеристиках.

В [1] разработаны алгоритмы определения динамического параметра одной из разновидностей датчиков первичных факторов – пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом. Однако перечень тест-сигналов, ис-

пользуемых для формирования алгоритмов объектовых испытаний, ограничен.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является разработка математического обеспечения для идентификации динамического параметра датчика первичных факторов системы ослабления последствий аварий.

Если в качестве такого датчика применяется пожарный извещатель с терморезистивным чувствительным элементом, то для формирования тест-сигнала может быть использовано выражение

$$i = I \sin \frac{\pi t}{2t_0} [1(t) - 1(t - t_0)], \quad (1)$$

где I, t_0 – максимальное значение импульса электрического тока, протекающего через чувствительный элемент, и длительность импульса электрического тока соответственно; $1(t), 1(t - t_0)$ – функции Хэвисайда.

Тогда для тест-сигнала будут иметь место

$$i^2 = I^2 \sin^2 \frac{\pi t}{2t_0} [1(t) - 1(t - t_0)]. \quad (2)$$

Выражение (2) можно записать следующим образом

$$i^2 = I^2 \sin^2 \frac{\pi t}{2t_0} 1(t) - I^2 \sin^2 \frac{\pi(t - t_0 + t_0)}{2t_0} 1(t - t_0), \quad (3)$$

а с учетом того, что имеет место

$$\begin{aligned} \sin \frac{\pi(t - t_0 - t_0)}{2t_0} &= \sin \frac{\pi(t - t_0)}{2t_0} \cos \frac{\pi}{2} + \cos \frac{\pi(t - t_0)}{2t_0} \sin \frac{\pi}{2} = \\ &= \cos \frac{\pi(t - t_0)}{2t_0} \end{aligned}, \quad (4)$$

то выражение (2) принимает вид

$$i^2 = I^2 \sin^2 \frac{\pi t}{2t_0} 1(t) - I^2 \cos^2 \frac{\pi(t-t_0)}{2t_0} 1(t-t_0). \quad (5)$$

Применим к (5) интегральное преобразование Лапласа, в результате чего получим

$$\begin{aligned} L[i^2] &= I^2 \left(L \left[\sin^2 \frac{\pi t}{2t_0} 1(t) \right] - L \left[\cos^2 \frac{\pi(t-t_0)}{2t_0} 1(t-t_0) \right] \right) = \\ &= 0,5 I^2 \left(L \left[\left(1 - \cos \frac{\pi t}{t_0} \right) 1(t) \right] - L \left[\left(1 + \cos \frac{\pi(t-t_0)}{t_0} \right) 1(t-t_0) \right] \right) = (6) \\ &= 0,5 I^2 \left[\left(\frac{\pi}{t_0} \right)^2 - \left[2p^2 + \left(\frac{\pi}{t_0} \right)^2 \right] \exp(-pt_0) \right] \left[p \left[p^2 + \left(\frac{\pi}{t_0} \right)^2 \right] \right]^{-1}, \end{aligned}$$

где L – оператор интегрального преобразования Лапласа [2].

Терморезистивный чувствительный элемент датчика первичных факторов при протекании через него электрического тока имеет передаточную функцию вида [1]

$$\omega(p) = K\tau(\tau p + 1)^{-1}, \quad (7)$$

где K, τ – коэффициент передачи и динамический параметр соответственно.

Тогда реакция такого чувствительного элемента на тест-сигнал (5) будет определяться выражением

$$\theta(t) = 0,5 K I^2 \tau L^{-1} \left[\begin{array}{l} \left[\left(\frac{\pi}{t_0} \right)^2 - \left[2p^2 + \left(\frac{\pi}{t_0} \right)^2 \right] \exp(-pt_0) \right] \times \\ \times \left[p \left[p^2 + \left(\frac{\pi}{t_0} \right)^2 \right] (\tau p + 1) \right]^{-1} \end{array} \right], \quad (8)$$

где L^{-1} – оператор обратного интегрального преобразования Лапласа.

Введем обозначения

$$F(p) = F_1(p)[F_2(p) + F_3(p)], \quad (9)$$

где

$$F_1(p) = (\tau p + 1)^{-1}; F_2(p) = \left(\frac{\pi}{t_0}\right)^2 \left[p \left[p^2 + \left(\frac{\pi}{t_0}\right)^2 \right] \right]^{-1}; \quad (10)$$

$$F_3(p) = \left[\left[2p^2 - \left(\frac{\pi}{t_0}\right)^2 \right] \exp(-pt_0) \right] \left[p \left[p^2 + \left(\frac{\pi}{t_0}\right)^2 \right] \right]^{-1}.$$

С учетом того, что имеет место [2]

$$f_1(t) = L^{-1}[F_1(p)] = \tau^{-1} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right);$$

$$f_2(t) = L^{-1}[F_2(p)] = 0,5 \left(1 - \cos \frac{\pi t}{t_0} \right); \quad (11)$$

$$f_3(t) = L^{-1}[F_3(p)] = 0,5 \left(1 + \cos \frac{\pi(t-t_0)}{t_0} \right),$$

в соответствии с теоремой Бореля [3] можно записать

$$\theta(t) = 0,5KI^2\tau \int_0^t f_1(t-\beta) [f_2(\beta) + f_3(\beta)] d\beta. \quad (12)$$

После подстановки (11) в (12) окончательно получаем

$$\theta(t) = 0,5KI^2 \left[1 - \frac{(\pi\tau)^2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + \pi t_0 \tau \sin \frac{\pi t}{t_0} + t_0^2 \cos \frac{\pi t}{t_0}}{t_0^2 + (\pi t)^2} \right] \times$$

$$\times 1(t) + \left[1 - \frac{[(\pi t)^2 + 2t_0^2] \exp\left(-\frac{t-t_0}{\tau}\right)}{t_0^2 + (\pi\tau)^2} \right]$$

$$\left. \frac{\pi t_0 \tau \sin \frac{\pi(t-t_0)}{t_0} + t_0^2 \cos \frac{\pi(t-t_0)}{t_0}}{t_0^2 + (\pi\tau)^2} \right] 1(t-t_0). \quad (13)$$

Выражение (13) описывает реакцию терморезистивного чувствительного элемента датчика первичных факторов на протекание по нему импульса электрического тока в форме (1). В этом выражении принято обозначение

$$\theta(t) = T(t) - T_0, \quad (14)$$

где $T(t), T_0$ – усредненная по объему температура терморезистивного чувствительного элемента и температура окружающей среды соответственно.

На рис. 1 в качестве примера приведены зависимости (1), (2) и (13) для значений $\tau = 0,5$ с, $t_0 = 4$ с.

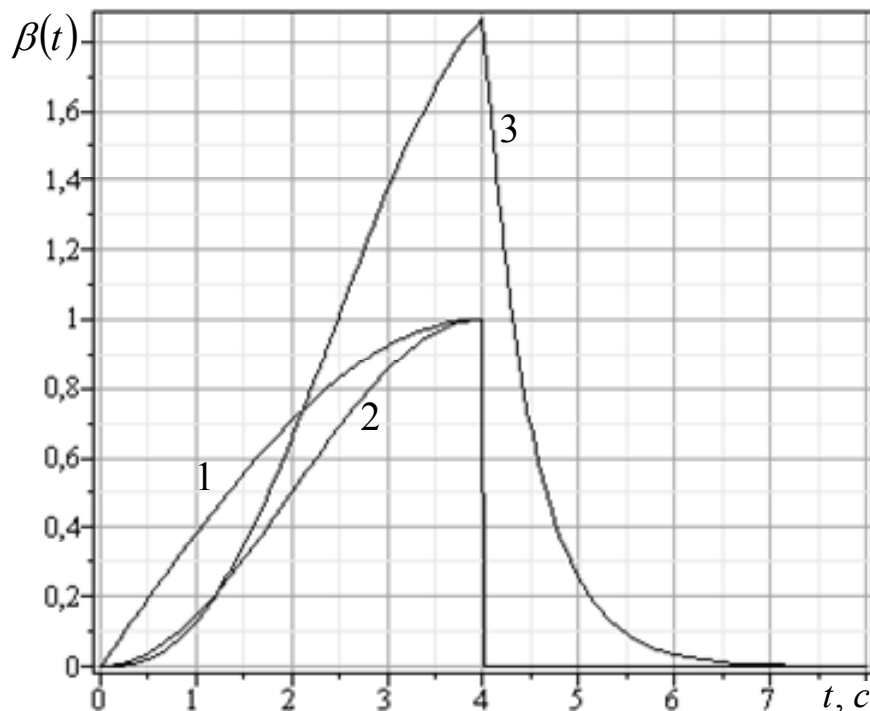


Рис. 1 – Эпюры сигналов: 1 – iI^{-1} ; 2 – $(iI^{-1})^2$; 3 – $\theta(0,5KI^2\tau)^{-1}$.

Следует отметить, что при априори известных параметрах тест-сигнала I и t_0 , а также при заданном статическом параметре чувствительного элемента датчика первичных факторов K математическая модель (13) позволяет сформировать алгоритм идентификации динамического параметра чувствительного элемента τ . Такой алгоритм должен базироваться на решении уравнения относительно этого динамического параметра.

Выводы. Получено математическое описание реакции терморезистивного чувствительного элемента датчика первичных факторов системы ослабления последствий аварий на тест-сигнал, представляющий собой импульс электрического тока, который описывается выражением (1). Эта математическая модель является исходной информацией для формирования алгоритма идентификации динамического параметра датчика первичных факторов при реализации их объектовых испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Бейтмен Г. Таблицы интегральных преобразований. Преобразование Фурье, Лапласа, Меллина / Г. Бейтмен, А. Эрдейн. – М.: Наука, 1969. – 344с.
3. Абрамов Ю.А. Операционное исчисление / Ю.А. Абрамов, Н.Ю. Нохвидович, П.С.Черняков. – Х.: ХИСИ – ХВПТУ, 1993. – 36с.

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

Математичне забезпечення об'єктових випробувань датчиків первинних факторів системи послаблення наслідків аварій

Отримана модель вихідного сигналу датчика первинних факторів у вигляді реакції на тест-сигнал, який представляє собою імпульс електричного струму

Ключові слова: датчик первинних факторів, терморезистивний чутливий елемент, математична модель

Abramov Y.A, Tishchenko E.A, Borisova A.S.

Mathematical provision of on-site testing of sensors primary factors mitigating the consequences of accidents

The resulting model output signal sensor primary factors in the form of a response to the test signal is a pulse of electrical current

Key words: sensor primary factors, thermoresistivity pickup, mathematical model

УДК 614.84

Алышанов Г.Н., адъюнкт, НУГЗУ,

Тарасенко А.А., д-р техн. наук, вед. науч. сотр., НУГЗУ

**ВАРИАНТЫ ДЕЙСТВИЯ РУКОВОДИТЕЛЯ ЛИКВИДАЦИИ
АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ НА АКВАТОРИИ МОРЯ**

Рассмотрены варианты действия руководителя ликвидации аварийного разлива нефти на акватории моря при проведении операции по локализации группы нефтяных пятен боновыми заграждениями в условиях ограниченности ресурсов

Ключевые слова: разливы нефтепродуктов, ликвидация, боны, выпуклая оболочка

Постановка проблемы. Наибольшую опасность для окружающей среды представляют собой аварийные разливы нефти (АРН) вблизи побережий, поскольку ликвидация последствий таких разливов с поверхности воды в открытом море и удаление нефтепродуктов с береговой зоны принципиально различаются как методами, так и величиной трудо- и финансовых затрат [1]. В такой ситуации недопущение загрязнения берега является первоочередной задачей, что указывает на предпочтительность проведения процесса локализации разлива в открытом море.

В результате дрейфа нефтяного загрязнения в условиях неоднородного векторного поля скорости приповерхностных течений, характерного для прибрежной зоны, а также и ветров, происходит трансформация загрязнения, приводящая к разбиению нефтяного пятна на группу более мелких пятен. В