

МІНІСТЕРСТВО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
АКАДЕМІЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ІМ. ГЕРОЇВ ЧОРНОБИЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПОЖЕЖНО-ПРОФІЛАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Матеріали
II Міжнародної науково-практичної конференції

П о ж е ж н а б е з п е к а :
т е о р і я і п р а к т и к а

12 жовтня 2012 року

м. Черкаси

*Б.Б. Поспелов, д.т.н., проф., ведущий научный сотрудник, НУГЗУ,
Р.И. Шевченко, к.т.н., с.н.с., начальник НИЛ, НУГЗУ,
Д.В. Тарадуда, научный сотрудник, НУГЗУ*

ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЯХ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ МАКСИМАЛЬНОГО ТИПА

Эффективность большинства известных автоматических систем обнаружения пожара существенно зависит от точности (достоверности) и быстродействия предоставления первичной информации тепловыми пожарными извещателями максимального типа. Решение проблемы обеспечения высокой точности и быстродействия предоставления информации тепловыми пожарными извещателями связано с использованием в их составе оптимальных измерителей температуры. Оптимизации измерителей тепловых пожарных извещателей посвящены работы [1,2]. Однако в них исследования ограничиваются эвристическим подходом применительно к заданной заранее структуре измерителей. Синтез оптимальной структуры измерителей при этом не рассматривается. Известно, что неструктурный подход к синтезу позволяет не только отыскать оптимальную структуру измерителя среди всех возможных для заданных условий, но и оценить потенциальные (предельные) возможности, а также определить степень совершенства реальных измерителей и эффективность предлагаемых методов их оптимизации.

В качестве простейшей, но типичной для ряда приложений является ситуация, при которой уровень измеряемой температуры окружающей среды на интервале наблюдения представляет собой постоянную во времени гауссову случайную величину с известными характеристиками, наблюдаемую на фоне аддитивных гауссовых температурных флуктуаций с заданной спектральной плотностью. В этой ситуации по результатам наблюдения требуется получить оптимальную в смысле минимума среднеквадратической погрешности измерения оценку неизвестного случайного уровня температуры. Априорное уравнение для неизвестного уровня температуры $a(t)$ среды в рассматриваемой ситуации на интервале наблюдения $[0, T]$ определяется в виде:

$$da(t)/dt = 0, \quad a(0) = a_0, \quad (1)$$

где a_0 - гауссова случайная величина с математическим ожиданием m_a и дисперсией D_a , которые характеризуют средний уровень и дисперсию измеряемой неизвестной температуры окружающей среды.

Уравнение наблюдения, описывающее процесс на входе измерителя теплового пожарного извещателя, с учетом (1) будет определяться

$$y(t) = a(t) + n(t), \quad t \in [0, T], \quad (2)$$

где $n(t)$ - гауссовы флуктуации температурного фона с равномерной спектральной плотностью $N/2$ и нулевым средним. Следуя [3], алгоритм оптимального измерения температуры (1) с учетом наблюдения (2) имеет вид:

$$d\hat{a}(t)/dt = K(t)[y(t) - \hat{a}(t)], \quad (3)$$

где $\hat{a}(t)$ - оптимальная оценка температуры, а $K(t)$ - коэффициент передачи оптимального измерителя, определяемый функцией $K(t) = 2D(t)/N$, где $D(t)$ - текущая дисперсия погрешности оценки $\hat{a}(t)$, определяемая

$$D(t) = D_a N / (N + 2D_a t). \quad (4)$$

Соотношения (3) и (4) определяют структуру и параметры нестационарного оптимального измерителя следящего типа для тепловых пожарных извещателей в рассматриваемых условиях. Следуя (4), с увеличением интервала наблюдения оптимальная оценка $\hat{a}(t)$ приближается к истинному значению температуры среды, а ее дисперсия стремится к нулю. Наряду с (3), возможна реализация оптимального измерителя разомкнутого типа, определяемого нестационарным уравнением

$$\tau_o(t) d\hat{a}(t)/dt + \hat{a}(t) = y(t). \quad (5)$$

Для упрощения реализации измерителя (5) переменная постоянная времени $\tau_o(t) = 1/K(t)$ может заменяться фиксированной во времени $\tau(t) = \tau$ постоянной времени. В этом случае измеритель является квазиоптимальным и описывается стационарным уравнением

$$\tau d\hat{a}(t)/dt + \hat{a}(t) = y(t). \quad (6)$$

Заметим, что уравнение (6) характерно для большинства измерителей тепловых пожарных извещателей с малой активной поверхностью чувствительного элемента [1,2]. Показано, что для нулевых начальных условий и корреляционной функции флуктуаций фона $\delta(t-t_1)N/2$ изменение дисперсии погрешности измерения (6) во времени определяется

$$D_T(t, \tau) = N(1 - e^{-2t/\tau})/4\tau. \quad (7)$$

Сравнение оптимального (5) и квазиоптимального (6) измерителей осуществлялось для двух характерных значений постоянных времени измерителей, равных $\tau_1 = 20c$ и $\tau_2 = 60c$,

определяемых в соответствии с EN54 и иллюстрируется рис.1. Решение уравнений осуществлялось методом Рунге-Кутты с шагом интегрирования $\Delta t = 0,1c$ при оценке неизвестной случайной температуры среды λ_0 для измерений $a_g = a(g\Delta t)$ и $a1_g = \hat{a}l(g\Delta t)$, где $g = 1, 2, 3, \dots$, соответственно оптимальным (5) и квазиоптимальным (6) измерителями при начальных условиях $a_0 = a1_0 = 2$ и различных отношениях $q = D_a / N$, характеризующих условия измерения.

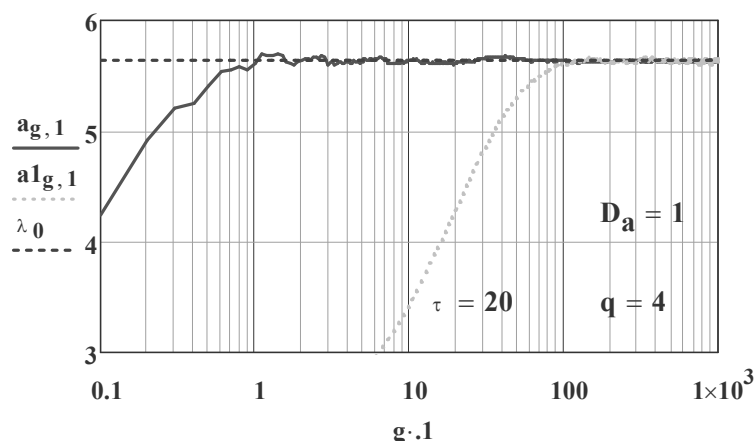


Рис. 1- Процессы измерения неизвестной случайной температуры среды оптимальным и квазиоптимальным измерителем при величине $q = 4$

Полученные данные свидетельствуют в целом о низкой эффективности квазиоптимальных измерителей, используемых в существующих тепловых пожарных извещателях максимального типа, по сравнению с синтезированными оптимальными измерителями для рассматриваемых условий.

Литература

1. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики / Ю.А. Абрамов. – Харьков: МОУ, 1993. – 288 с.
2. Абрамов Ю.А. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь. – Харьков: АГЗУ, 2005. – 121 с.
3. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.

<i>В.О. Колесник, А.В. Поздєєв, Ю.В. Дідич</i> Автоматизований протипожежний захист газокompресорної станції	253
<i>М.В. Маляров, В.В. Христич</i> До питання протипожежного захисту приватного домоволодіння	256
<i>В.О. Пономарьов, О.М. Григоренко</i> Пропозиції до визначення залишкового терміну експлуатації кабельної продукції	258
<i>Б.Б. Поспелов, Р.И. Шевченко, Д.В. Тарадуда</i> Об оптимальных измерителях для тепловых пожарных извещателей максимального типа	261
<i>Є.О. Рибка</i> Визначення динамічних характеристик термопари термічного комплексу	264
<i>Д.В. Тарадуда, Р.І. Шевченко</i> Розробка аналітичного апарату з управління промисловою безпекою потенційно небезпечних об'єктів	266
<i>О.О. Дядюшенко, В.П. Мельник, О.В. Міненко</i> Особливості забезпечення протипожежного захисту об'єктів енергетики	268
<i>Е.М. Гуліда, А.А. Ренкас</i> Вогнестійкість залізобетонних плит перекриття житлових та адміністративних будівель	271
<i>М.М. Семерак, В.М. Новак, А.В. Субота</i> Вогнестійкість несучих конструкцій машинних залів атомних електростанцій при горінні водню і турбінної оливи	274
<i>О.І. Башинський, В.В. Артеменко, В.Й. Кузиляк</i> Атмосферо-, біо- та вогнезахисні силікатні покриття	276
<i>О.І. Башинський, С.Я. Вовк, М.З. Пелешко</i> Міцність алюмінієвих сплавів із захисними покриттями	278
<i>М.М. Гивлюд, Ю.В. Гуцуляк, В.В. Артеменко</i> Підвищення вогнестійкості бетонів шляхом армування базальтовим волокном	281
<i>Р.В. Лиходід</i> Дослідження існуючих методик визначення розрахункової тривалості евакуації людей з будинку під час пожежі	284
<i>И.А. Иванова, О.С. Балашова</i> Устойчивость внецентренно сжатых стальных элементов открытого профиля	287
<i>Б.В. Иванов</i> К оценке устойчивости стальных конструкций после выравнивания локальными термическими воздействиями	290
<i>Е.В. Кондратюк, В.В. Псюк</i> К определению несущей способности железобетонных плит, свободно опирающихся на систему стальных балок	293
<i>В.В. Риблов</i> Результаты определения технического состояния шатровых плит перекрытий	296