

УДК 614.8

ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ З ГАЗОНАПОВНЕНИМИ ЧУТЛИВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Яцишин С.П., Кравець І.П.

FIRE SENSORS WITH GAS-FILLED SENSITIVE ELEMENTS

Yatsishin S., Kravets I.

Пожежні сповіщувачі вважаються одним із головних компонентів систем запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. Їхнє вдосконалення базується на досягненнях сучасної елементної бази, до якої відносять газонаповнені чутливі елементи, що широко використовуються як сенсори у багатьох галузях. Одночасний розвиток програмно-алгоритмічної підтримки при створенні на їх основі інтелектуальних пристроїв дає змогу запропонувати сповіщувачі, що вигідно вирізняються підвищеними точністю й вибухобезпекою, простотою суміщення їх з мікроконтролерами та елементами температурно-частотних схем опрацювання сигналу.

Ключові слова: *пожежний сповіщувач, алгоритми роботи, характеристики.*

Вступ. Нормативні документи [1] регламентують зменшення практично на порядок – від 10 хвилин до 1 хвилини – часу спрацювання системи пожежної сигналізації. Це дозволяє усунути із ужитку поняття „пожежа”. Настільки скоротивши час прибуття на місце події, працівники МНС мають справу лише з „вогнищем займання”.

Шляхів досягнення суттєвого зниження часу спрацювання – декілька. Першим вважається перехід від неадресованих до адресованих систем сигналізації. Другий шлях зумовлений відмовою від традиційних дискретних пожежних сповіщувачів (далі за текстом – ПС) і переходом до аналогових сповіщувачів, де чутливий елемент постійно виробляє сигнал, зв'язаний з температурою чи іншою визначальною характеристикою середовища. Третій шлях полягає на використанні програмно-технічних засобів для неперервної обробки сигналу, отриманого від чутливого елемента; та випрацювання повідомлення „Пожежа”, „Тривога” чи інших на основі аналізу характеру його зміни.

При цьому, виникає низка проблем, зв'язаних з намаганням, з одного боку, зменшити час спрацювання ПС, що вимагає його мініатюризації, та забезпеченням безпомилковості спрацювання, з іншого боку. Останнє зумовлює потребу забезпечити високе відношення «сигнал - шум», а також підвищити достовірність подання повідомлення «Тривога» при низькому

відношенні «сигнал - шум» за наявності групи близько розташованих ПС.

Суттєву увагу фірми-виробники проявляють до ПС, чутливий елемент яких виконано у вигляді квазізамкнутої газонаповненої посудини, до прикладу достатньо тонкої трубки чи ємності, що нагріваючись, розширюється, чим забезпечує надійне спрацювання контактного вузла [2]. Газ, як контрольований об'єкт, виступає у ролі термометричної субстанції, що внаслідок власної дискретності будови проявляє флуктуаційні властивості. Тому зрозумілішим стає залучення статистично-термодинамічного методу вивчення флуктуацій для охарактеризування особливостей роботи ПС. Крім того, метрологічний досвід газової термометрії [3], яка вважається одним із 5 прямих методів термометрії, що застосовується в діапазоні температур 2,6 ... 1376 К, може бути використаним для реалізації цілей даної праці.

Мета роботи - вивчення дії факторів впливу на формування характеристик пожежних сповіщувачів при зменшенні розмірів їх газонаповнених чутливих елементів.

1. Пожежні сповіщувачі з газонаповненими чутливими елементами

Точкові пожежні сповіщувачі

Відомі теплові ПС з чутливими елементами, що використовують об'ємне розширення газів. До прикладу, таким вважається тепловий диференційний ПС HL871-20 (фірма HL Electronics, США) [4]. Його чутливим елементом служить герметична камера із каліброваним отвором (для компенсації плавної природної зміни зовнішнього тиску); одна з поверхонь камери виконана в вигляді рухомої мембрани, що при зміні свого положення замикає електричні контакти. Положення мембрани залежить від тиску всередині посудини, що змінюється залежно від температури середовища відповідно до рівняння стану [5]:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p + dp}{T + dT} V = Const \quad (1)$$

ПС HL 871-20 реагує на зміну температури за диференційним принципом і виявляє стрибок температури у 30 К / 30 секунд.

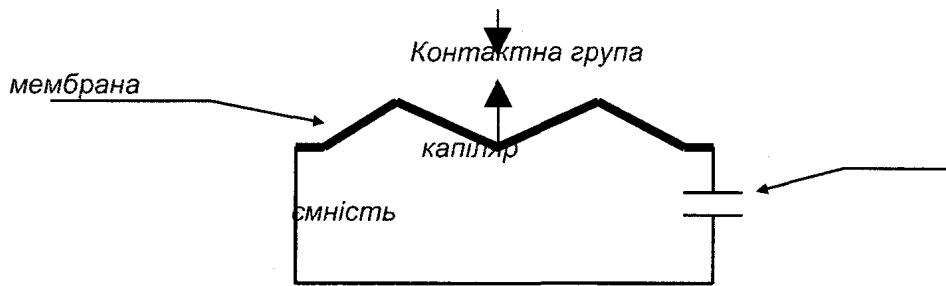


Рис. 1. Принцип роботи теплових ПС з ефектом теплового розширення газів

При швидкій зміні температури повітря в камері розширюється, причому значно швидше порівняно з можливістю його виходу назовні через калібрований отвір. Унаслідок збільшення тиску в камері:

$$dp = \frac{P}{T} dT, \quad (2)$$

де P – тиск в ємності; T – температура навколишнього середовища; V – об'єм посудини; рухома мембрана змінює положення й замикає електричні контакти.

За рахунок встановлення групи ПС в одному приміщенні досягають значного підвищення надійності спрацювання і випрацювання повідомлення «Пожежа». При цьому, інерційність можна суттєво, на порядок, зменшити, передбачивши ємнісний давач [6] переміщення мембрани та цифрові засади вимірювання зміни частоти контуру, створеного з використанням згаданого давача [7].

Лінійні теплові ПС

Лінійні ПС застосовуються в тих випадках, коли неможливе або недоцільне використання точкових теплових ПС (наприклад об'єкти великої протяжності, хімічної, нафтопереробної промисловості, вибухонебезпечні зони). На даний момент відомі декілька типів таких ПС [8]. Правильніше їх назвати протяжними, оскільки вони можуть прокладатись зігнутою та ламаною лінією. Їхні чутливі елементи використовують явище теплового розширення газу, що знаходиться в запаяній з обох боків металевій трубці, заповненій газом. За стрімкого зростання температури збільшується тиск у трубці. Коли тиск у трубці перевищує задане значення, спрацьовує чутливий елемент, що призводить до виникнення сигналу тривоги. Загальне керування здійснюється з допомогою мікропроцесорної системи. Умовою спрацювання визначено мінімальну довжину ділянки, що при нагріві призводить до спрацювання ПС. Це – шестиметрова довжина ділянки трубки. Інакше, доводиться згинати пряму ділянку петлею для підвищення чутливості ПС.

Значно складнішим прикладом ПС може служити лінійний ПС ADW 511 A (виробник

“Bosch”, Німеччина) [8]. ПС є максимально-диференціальним. Для виявлення пожежі він використовує температурну залежність збільшення об'єму і, як наслідок, тиску газу в пневматично квазізамкнутій вимірювальній трубці. Він складається із мідної трубки SENSTUBE (діаметром 5 мм та довжиною до 80 м), оснащеної 2-ма первинними перетворювачами тиску у електричний сигнал, капіляром компенсації тиску, насосом для нагнітання газу, а також мікропроцесорним блоком опрацювання сигналів 2-х пристроїв, завдяки чому формуються вихідне повідомлення – «Тривога». Повідомлення «Нечинність» видається при розгерметизації трубки або при нечинності аналізатора. ПС, керований вмонтованою мікропроцесорною системою, налаштовується, як на оцінку перепадів тиску, так і на досягнення критичного тиску (температури). Чутливість аналізатора регулюється за допомогою вмонтованої діафрагми. Конструкція засобу робить його придатним до використання у спеціальних зонах, де не можуть бути використані звичайні ПС. До прикладу, у випадку підвищеної температури навколишнього середовища.

У нормальному стані тиски у трубці сенсора та у вимірювальній камері первинного перетворювача зрівноважені завдяки капілярній трубці. При стрімкому підвищенні зовнішньої температури повітря у трубці швидко нагрівається, що приводить до збільшення в ній тиску. Це фіксує первинний перетворювач тиску, який подає сигнал на блок опрацювання, що працює за заданим алгоритмом. При досягненні попередньо запрограмованого порогу, ПС видає сигнал тривоги.

При повільному підвищенні температури тиск у аналізаторі врівноважується з допомогою капіляра із тиском у трубці. Це усуває можливість хибного спрацювання, зумовленого, до прикладу, атмосферними чинниками. ПС має максимальний та диференціальний канали виявлення зміни температури, які можуть програмуватись на відповідне значення спрацювання (за рахунок регулювання діафрагми та діаметру капіляра) і видає сигнали «Тривога» або «Пожежа». ADW 511A також реагує на поступове підвищення

температури протягом більш тривалого періоду часу, наприклад, на перегрів печі зі швидкістю від 40 К на годину. Давач температури у вікні електронного блоку постійно вимірює поточну температуру навколишнього середовища і виводить результат вимірювання для оцінки максимально допустимого значення температури.

2. Чутливість і непевність характеристик пожежних сповіщувачів

Флуктуації об'єму визначають випадкові складові похибки та межу чутливості газового термометра. В останньому зміну температури визначають за зміною об'єму при фіксованому тиску, або навпаки. Подібним чином діє чутливий елемент ПС.

Вважаючи термочутливу речовину ідеальним газом, маємо: $T = \frac{pV}{Nk}$, де N - число молекул газу; k - стала Больцмана. У випадку фіксації об'єму посудини V (достатньо жорсткі стінки) випадкова складова інструментальної похибки спрацювання сповіщувача δT визначається похибкою вимірювання тиску δp виразом:

$$\delta T = \frac{V \delta p}{k N} \quad (3)$$

де V/k - стала. Оскільки внаслідок флуктуації тиску його значення при фіксованому об'ємі відоме з середньоквадратичним відхиленням $\pm \sqrt{\Delta p^2}$, то на основі (2) температура визначається з відносною інструментальною складовою похибки, не вищою як:

$$\delta T_i = \pm \frac{T}{\sqrt{N}} \quad (4)$$

Тобто, випадкова складова інструментальної похибки вимірювання температури може необмежено зменшуватись зі збільшенням розміру (об'єму) газового термометра і, в даному випадку чутливого елемента ПС. Викладене чинне за умови, що теплоємність термометра є значно меншою від теплоємності контрольованого об'єкту. При вирівнюванні температур конструкція ПС забирає певну кількість тепла від контрольованого об'єкту: $Q = cm\Delta T$ (де ΔT - різниця температур до і після приведення у контакт сповіщувача із контрольованим об'ємом зовнішнього середовища або ж до початку пожежі). Внаслідок флуктуації енергії $\Delta \bar{H}^2$ сповіщувача кількість відібраного ним тепла стає

відомою з похибкою $\sqrt{\Delta \bar{H}^2}$, або з абсолютною (ΔQ) та відносною (δQ) похибками:

$$\Delta Q = \pm \sqrt{kTc_v T} = \pm kT\sqrt{fN}; \quad \delta Q = \pm k\sqrt{fN} \quad (5)$$

де $f = 3/2; 5/2; 7/2 \dots$ відповідно сталі для одно-, дво-, три- і т.д. атомного газу. Відповідно виникає випадкова складова методичної похибки контролю температури чутливим елементом ПС. У результаті, невизначеність енергії, відібраної ним від середовища, приводить до невизначеності контрольованої температури, що виражається випадковою складовою методичної похибки:

$$\Delta T_M = \pm \frac{kT\sqrt{fN}}{c_i}; \quad \delta T_M = \pm \frac{k\sqrt{fN}}{c_i}, \quad (6)$$

де c_i - теплоємність контрольованого газового середовища. Додаючи ці дві випадкові похибки, як непевності некорельованих величин [8], отримаємо випадкову складову відносно сумарної похибки контролю температури, що враховує можливість зменшення взаємних розмірів чутливого елемента і самого сповіщувача до мікророзмірів:

$$\delta T = \pm \left(\frac{1}{\sqrt{N}} + \frac{k\sqrt{f}}{c_i} \sqrt{N} \right) \quad (7)$$

Звідси, за незначної теплоємності чутливого елемента існує оптимальний розмір ПС, коли значення випадкової складової сумарної похибки контролю температури є мінімальним. Мінімізуючи (7) по N шляхом визначення похідної та її прирівняння до нуля, визначимо оптимальне значення числа молекул газу в об'ємі чутливого елемента ПС:

$$N_{opt} = \frac{c_i}{k\sqrt{f}} \quad (8)$$

або у молях:

$$N_{opt} = \frac{c_i}{kN_A \sqrt{f}}, \quad (9)$$

де N_A - число Авогадро, що дає змогу перейти від кількості молекул до молів. Оцінимо оптимальне значення числа молів термочутливої субстанції, при якій випадкова складова похибки - мінімальна. Для цього закладемо, що внаслідок пожежі посудина з термочутливою субстанцією підлягає дії контрольованого зовнішнього середовища складу, близького до складу 3-атомних газів (до прикладу CO_2) з $f = 7/2$. Для

значення теплоємності даного середовища c_f , рівної $29,1 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$, при сталій Больцмана $k = 1,38065 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ та числі Авогадро - $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул в 1-му молі, отримаємо, що $N_{opt} = 1,87$ моля або $11,254 \cdot 10^{23}$ молекул, що становить 41,9 л газу при нормальному тиску.

Підставляючи (8) у (7), приходимо до мінімального значення випадкової складової сумарної похибки ПС при зменшенні його розмірів, а, значить, при збільшенні швидкодії:

$$\delta T_{min} = \pm 2 \sqrt{\frac{k}{c_f}} \sqrt[4]{f} = \pm 2 \frac{1}{\sqrt{N_{opt}}} \quad (10)$$

Її значення оцінено як $1,13 \cdot 10^{-9} \%$.

Як видно з (7) і (9), випадкова складова відносної сумарної похибки ПС зростає у випадку, коли теплоємності чутливого елемента та й самого сповіщувача зростають порівняно з оптимізованим випадком, коли теплоємність ПС є значно меншою порівняно з теплоємністю контрольованого об'єкту. А таке відбувається при значних розмірах ПС, включаючи його чутливий елемент.

Те саме реалізується при суттєвому зниженні розмірів чутливого елемента сповіщувача відносно оптимальних значень. До прикладу, при зниженні об'єму елемента на 4 порядки – до 4 мл – випадкова складова відносної похибки збільшується у 10^2 разів, тобто до $0,6 \cdot 10^{-7} \%$ - див. вираз (7). Таке значення випадкової складової – цілком припустиме для пожежних технологій. Вищевикладене стосується винятково оцінки мінімального значення випадкової складової відносної похибки контролю температури з допомогою газонаповненої камери, для яких, як видно, роль флуктуаційних девіацій у показах – неістотна.

Відзначимо інший реальний випадок використання вищезгаданих сповіщувачів – у вигляді локальної мережі ПС, встановленої у приміщенні.

Зрозуміло, при займанні насамперед спрацьовує ПС, найближчий до вогнища займання. Для підвищення достовірності опрацювання інформації про стан приміщення пожежні норми і правила закладають потребу у спрацюванні принаймні 2-х ПС. Коли середня відстань між ПС згідно норм становить 4 м, а горизонтальна компонента швидкості поширення пожежі – $0,5 \text{ м/хв.}$, то за відсутності горизонтального переміщення конвективних повітряних мас (відсутності протягів) 2-й ПС повинен спрацювати через 8 хвилин після першого. В дійсності, пожежа призводить до порушення квазірівноважного теплово-конвективного режиму приміщення, що зумовлює набагато швидше нагрівання сусідніх ПС і, таким

чином, до випрацювання повідомлення «Пожежа» локальною мережею. Тому випадкова складова відносної сумарної похибки спрацювання локальної мережі визначається саме зіставленням наслідків випадково направленої конвективного нагріву (при спрацюванні ПС максимального типу) на конкретні сусідні ПС. Для цього їхні чутливі елементи повинні бути виконаними мінімальними за розмірами (з метою зменшення інерційності), а сам сигнал слід отримувати в аналоговій формі й, перетворивши його у цифрову форму, реалізувати ПС максимально-диференційного типу зі значно меншою інерційністю.

Зазначене, зрештою, дає змогу досягнути зниження часу спрацювання локальної мережі ПС, призначеної до захисту об'єкта, до нормативних значень. Оцінка швидкості зміни температури чутливого елемента об'ємом 4 мл внаслідок конвективного теплообміну з нагрітим повітрям від вогнища займання дає значення до 60 К/хв. , а цього достатньо для забезпечення безпомилкового спрацювання групи близько розмішених ПС максимально-диференційного типу з часом інерційності, істотно меншим від 1 хв.

Значно важливіша справа досягти належної чутливості первинного перетворювача до зміни температури, причому чутливості достатньої для спрацювання по параметру, у який просто і ефективно перетворюються зміни температури й об'єму чутливого елемента. Відомий і достатньо конструктивно простий п'єзорезистивний перетворювач, який наклеюють на поверхню мембрани камери [6]. Він працездатний у діапазоні $0 \dots 100 \text{ кПа}$ з чутливістю 3 мВ/кПа (1 кПа відповідає 1% зміні тиску всередині чутливого елемента, що, в свою чергу, відповідає згідно (2) 1% -ій зміні температури при напрузі живлення 10 В). Проте, значно ефективніше застосування конденсаторного давача тиску [6], що використовує зміщення мембрани чутливого елемента, як обкладки конденсатора. Зміни ємності є пропорційні зміні тиску, а відтак температури всередині елемента. При цьому, електронна схема контуру з даним конденсатором здатна змінювати власну резонансну частоту у значних межах – з чутливістю порядку 10 К/1 кГц [7]. Зазначимо, що вимірювання частоти характеризується точністю, на декілька порядків вищою порівняно з вимірюваннями інших електричних величин.

3. Автоматика і алгоритми опрацювання вимірюваної інформації

Створення такого алгоритму роботи ПС, що дає змогу якомога швидше і безпомилково виявити вогнище займання – складне завдання, оскільки в основу закладено компроміс між швидкістю виявлення вогнища займання та вірогідністю спрацювання. Позаяк у ПС 3-го покоління використовується мікроконтролер, то

він може аналізувати як сумарний сигнал, так і сигнали від окремих чутливих елементів. Нами застосовано алгоритми, що формуються у 2-ї групи за засадами використання: інтелектуальна модель опрацювання сигналів та інтелектуальна модель усунення хибних даних у разі конфлікту даних у межах групи працюючих ПС [9]. При цьому, виникає низка цікавих задач прикладного програмування, що вимагають оригінальних вирішень, закладених на рівні алгоритмічних засад роботи інтелектуального ПС.

А. Розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь, як основа прийняття коректного рішення мікроконтролером ПС. Ця задача виникає за надміру інформації, що надається значною кількістю регулярно опитуваних ПС. У цьому випадку розв'язок системи алгебраїчних рівнянь, що відповідає кількості встановлених ПС, може виявитись неможливим.

Б. Розв'язання надлишкової системи лінійних рівнянь методом найменших квадратів (Сукупні вимірювання). Для уникнення неправдивого спрацювання ПС 3-го покоління необхідно додатково передбачити можливість співставлення сигналів первинних перетворювачів різних типів (п.4.1) або ж можливість співставлення сигналів первинних перетворювачів одного типу (п.4.2).

3.1. Методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь

У структурно складному ПС, де встановлено, до прикладу, тепловий, оптико-електронний та іонізаційний первинні перетворювачі, рішення про виявлення пожежі приймається мікроконтролером на основі аналізу сумарного електричного сигналу відповідно з виразом:

$$U = AX_0 + BX_T + CX_I \quad (11)$$

де 1-а складова визначається електричним сигналом, випрацюваним електричною схемою оптико-електронного (димового) перетворювача; 2-а складова – сигналом від теплового перетворювача; 3-а складова – сигналом від іонізаційного перетворювача. Тут A , B , C – коефіцієнти пропорційності, за допомогою яких змінюється чутливість вказаних первинних перетворювачів; X (з відповідним символом) – різниця між поточним вимірюваним значенням сигналу електричної схеми конкретного первинного перетворювача та базовим значенням цього самого сигналу.

При цьому, базове значення визначається алгоритмом опрацювання, за яким таким значенням може бути: а) значення сигналу, жорстко встановлене на етапі виготовлення ПС, що характерне для ПС 1-го покоління; б) значення сигналу, що виробляється у додатковій камері, спеціально ізольованій від дії контрольованого

середовища (ПС 2-го покоління); в) «плаваюче» значення, що визначається алгоритмічно, з використанням мікроконтролера та його бази даних щодо зазначеного параметру (ПС 3-го покоління).

Збільшення кількості ПС та числа типів первинних перетворювачів у одному ПС дає змогу все точніше визначати займання. У такому разі, коли один із первинних перетворювачів встановить суттєве підвищення температури, що еквівалентне стану пожежі, а інші перетворювачі не відчують зміни, то ПС не сформує повідомлення тривоги. Завдяки застосовуваній методиці опрацювання сигналів первинних перетворювачів можна досягнути рівень чутливості, необхідний для різних видів пожеж. Водночас, неправдиве спрацювання ПС 3-го покоління можливе із значно меншою вірогідністю порівняно з ПС 2-го чи 1-го покоління.

3.2. Розв'язання надлишкової системи лінійних рівнянь методом найменших квадратів.

Доволі часто на практиці зустрічається необхідність розв'язку системи лінійних рівнянь, кількість яких перевищує кількість невідомих даної системи. До прикладу, пожежний стан приміщення контролюється 9-ма однотипними ПС, характеристики яких дещо відмінні в силу виробничо-технологічного розкиду, а проєктанти задали параметри спрацювання на межі чутливості з метою зменшення часу спрацювання установки пожежної сигналізації. Отримуємо систему із 9-х рівнянь, що описують поведінку кожного окремого ПС та усіх разом. Дана система, зазвичай, не має однозначного точного розв'язку. Такого роду проблеми виникають при сукупних вимірюваннях.

У такому разі розв'язок системи рівнянь шукають за методом найменших квадратів. Визначають такі значення невідомих системи, при яких сума квадратів відхилень між правою та лівою частинами рівнянь – якомога менша. Тоді розв'язок системи характеризується найменшим відхиленням від заданих системою вимог. Для того, щоб рівняння було розв'язуваним, необхідно, щоб кількість невідомих в системі не перевищувала кількості рівнянь системи. Формально цю вимогу можна записати як $n \geq m$, де n – кількість рівнянь, m – кількість невідомих. Лінійна система рівнянь з n рівняннями та m невідомими називається *нормальною системою рівнянь, сформованою за методом найменших квадратів*. Цю систему можна розв'язати будь-яким з доступних способів.

Проте, якщо потрібно оцінити точність знайдених коефіцієнтів, то доцільно використати матричний спосіб розв'язку системи (коефіцієнти оберненої матриці використовуються для

знаходження довірчих границь знайдених значень). Розв'язок системи дає наближені значення $x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*$, які якнайкраще підходять як розв'язки вихідної системи рівнянь. Сукупні вимірювання накладають свої обмеження на значення коефіцієнтів $c_{i,j}$ – вони можуть бути рівними 1 або 0. Тому слід:

1. Переписати систему (1) у матричному вигляді:

$$\begin{matrix} x_1 & x_2 & \dots & x_m \\ \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & \dots & c_{1,m} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & \dots & c_{2,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n,1} & c_{n,2} & \dots & c_{n,m} \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (12)$$

2. За матрицею, записаною в п.1, сформулювати систему нормальних рівнянь за методом найменших квадратів:

$$\begin{cases} p_{1,1} \cdot x_1 + p_{1,2} \cdot x_2 + \dots + p_{1,m} \cdot x_m = Q_1 \\ p_{2,1} \cdot x_1 + p_{2,2} \cdot x_2 + \dots + p_{2,m} \cdot x_m = Q_2 \\ \dots \\ p_{m,1} \cdot x_1 + p_{m,2} \cdot x_2 + \dots + p_{m,m} \cdot x_m = Q_n \end{cases} \quad (13)$$

де $p_{i,i}$ – кількість одиниць в i -му стовпчику ($i = 1, m$); $p_{i,j}$ – кількість одиниць, що стоять

на однакових місцях ($i = 1, m, j = 1, m$). Q – сума, що отримується в результаті поелементного перемноження i -го стовпчика на стовпець вільних членів B .

3. Знайти наближені розв'язки системи нормальних рівнянь, сформованої в п.2, – $x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*$ будь-яким із відомих методів.

Встановлення допустимого поля сигналів ПС 3-го покоління по кожному типу його первинних перетворювачів вважається *першим етапом роботи*. При цьому, якщо мікроконтролер кожного ПС формує власне поле даних, то завдяки під'єднанню його через інтерфейс до персонального комп'ютера система пожежної сигналізації може сформувати інформаційне поле даних суміжних ПС на *другому етапі*. Тоді інформація, що поступає уже від декількох ПС 3-го покоління й свідчить про схожі тенденції, зумовлює формування повідомлення «Тривога». Таке зміщення процесу опрацювання інформації різних типів первинних перетворювачів від пульта приймально-контрольного пожежного до самого ПС 3-го покоління дає змогу прийняти остаточного рішення за період $\sim 1 \dots 10$ с. Це

створює нагоду розвантажити канали передачі даних і знову-ж таки підвищити надійність системи сигналізації в цілому.

Висновки

1. Для подальшого розвитку систем пожежної сигналізації і пожежегасіння слід розвивати інтелектуальні пожежні сповіщувачі з порогом спрацювання, зниженим за рахунок використання досягнень мікросхемотехніки та спеціальних алгоритмів опрацювання неперервно отримуваної інформації.

2. Наявність флуктуацій у горизонтальній компоненті швидкості переміщення конвективних потоків при пожежі визначає істотну непевність спрацювання локальної мережі пожежних сповіщувачів і / або суттєву інерційність внаслідок відставання спрацювання одного сповіщувача від іншого.

Література

1. Системи пожежної сигналізації. Частина 1. Вступ. 1996. IDT : DSTU EN 54-1: 2004. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004, 14 с. – (Національний стандарт України).
2. Рекламний проспект фірми Fittich alarm and security systems. Обладнання пожежної автоматики. Київ, Україна, а/с № 152, 2005.
3. Луцик Я.Т. та ін. Енциклопедія термометрії. Львів. Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка». 2003. – 425 с.
4. www.hlelectronics.com.
5. Е.Н.Еремін. Основы химической термодинамики. Москва: Высшая школа. – 1974. – 341с.
6. R.G.Jackson. Novel Sensors and Sensing. IoP: Bristol. – Taylor & Francis Group LLC. – 2004.
7. Осадчук В.С., Осадчук О.В., Кравчук Н.Н. Мікроелементні сенсори температури з частотним виходом. Універсум. Вінниця. – 2007. – 163 с.
8. <http://www.boschsecurity.com>.
9. Яцишин С.П. Пожежні сповіщувачі. Засади оптимізації роботи та алгоритми прийняття рішень / Яцишин С.П., Микитин І.П., Кравець І.П. // Пожежна безпека. - № 17. - 2010. – С.14-19.

References

1. Sistemi pozhezhnoji signalizacii. Chastina 1. Vstup. 1996. IDT : DSTU EN 54-1: 2004. – [Chinnij vid 2004-07-01]. – K. : Derzhspozhivstandart Ukraini, 2004, 14 s. – (Nacional'nij standart Ukraini).
2. Reklamnij prospekt firmi Fittich alarm and security systems. Obladnannja pozhezhnoji avtomatiki. Kiiv, Ukraina, a/s № 152, 2005.
3. Lucik Ja.T. ta in. Enciklopedija termometrii. L'viv. Vid-vo Nac. un-tu «L'vivs'ka politehnika». 2003. – 425 p.
4. www.hlelectronics.com.
5. E.N.Eremin. Osnovy himicheskoj termodinamiki. Moskva: Vysshaja shkola. – 1974. – 341p.
6. R.G.Jackson. Novel Sensors and Sensing. IoP: Bristol. – Taylor & Francis Group LLC. – 2004.
7. Osadchuk V.S., Osadchuk O.V., Kravchuk N.N. Mikroelementni sensori temperaturi z chastotnim vihodom. Universum. Vinnicja. – 2007. – 163 p.
8. <http://www.boschsecurity.com>.

9. Jacishin S.P. Pozhezhni spovishhuvachi. Zasadi optimi-zacii roboti ta algoritmi priijnattja rishen' / Jacishin S.P., Mikitin I.P., Kravec' I.P. // Pozhezhna bezpeka. - № 17. - 2010. – S.14-19.

**Яцишин С.П., Кравец І.П.
ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ С
ГАЗОНАПОЛНЕННЫМИ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ
ЭЛЕМЕНТАМИ**

Пожарные извещатели считаются одним из главных компонентов систем предотвращения чрезвычайных ситуаций. Их совершенствование базируется на достижениях современной элементной базы, к которой относят газонаполненные чувствительные элементы, широко используемые как сенсоры во многих отраслях. Одновременное развитие программно-алгоритмической поддержки при создании на их основе интеллектуальных устройств позволяет предложить извещатели, выгодно отличающиеся повышенными точностью и взрывобезопасностью, простотой совмещения их с микроконтроллерами и элементами температурно-частотных схем обработки сигнала.

Ключевые слова: пожарный извещатель, алгоритмы работы, характеристики.

**Yatsishin S.P., Kravets I.P.
FIRE SENSORS WITH GAS-FILLED
SENSITIVE ELEMENTS**

Fire detectors are one of the main components of the preventing emergencies system. Their improvement is based on the achievements of modern electronics which include the gas-filled sensors commonly used as sensors in many areas. The simultaneous development of software and algorithmic support for creating the intelligent devices on this basis can offer the detectors that are profitably distinguished by accuracy and explosion safety, simplicity of combining them with microcontrollers and elements of temperature-frequency signal processing circuits.

Keywords: fire sensor, algorithms, characteristics.

Яцишин С.П. – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-вимірвальних технологій Національного університету “Львівська політехніка”, м. Львів.

Кравец І.П. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри електротехніки, пожежної та виробничої автоматики Державного університету безпеки життєдіяльності, м. Львів.

Рецензент: Осенин Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля.