

С.П. Яцишин<sup>1</sup>, д-р техн. наук, доцент, І.П. Микитин<sup>2</sup>, д-р техн. наук, доцент, І.П. Кравець<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент (<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності; <sup>2</sup>Національний університет “Львівська політехніка”)

## ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ. ЗАСАДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ТА АЛГОРИТМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Розглянуто особливості реалізації пожежних сповіщувачів, як основних технічних засобів систем пожежної сигналізації. Вбудування мікроконтролера у конструкцію сповіщувача дає змогу опрацювати інформацію про стан контрольованого приміщення та з підвищеною вірогідністю приймати рішення про наявність надзвичайної ситуації. Робота з інформацією у цифровій формі дозволяє не тільки зменшити час спрацювання, а й враховувати сезонні, добові та інші зміни умов роботи й забезпечити перехід на бездротові стандарти передачі даних.

*Ключові слова:* пожежний сповіщувач, мікроконтролер, перетворення сигналу, первинний перетворювач, алгоритм прийняття рішень про надзвичайну ситуацію

**Вступ і постановка проблеми.** Пожежний сповіщувач (далі – ПС) – це засіб контролю стану об'єкту шляхом вимірювання параметрів з допомогою одного або декількох первинних перетворювачів, що реагують на температурні, оптичні чи інші зміни контрольованого середовища шляхом подачі одного із стандартних повідомлень (“Пожежа”, “Тривога”, “Несправність” тощо) [1].

ПС та інші засоби пожежної автоматики становлять основу систем пожежної сигналізації (далі – СПС). Тому спеціалістам Міністерства надзвичайних ситуацій слід знати характеристики і вміти підбирати різні види й типи ПС, правильно їх розміщувати й встановлювати. Для цього слід розуміти засади роботи сучасних ПС. Порівняно зі сповіщувачами 1-го та 2-го покоління, отримана інформація про ознаки пожежі безпосередньо опрацюється і зберігається у сповіщувачах 3-го покоління, а далі передається на приймальне обладнання. Це покращує ефективність та гнучкість такої системи в цілому.

Ефективна робота ПС і систем пожежної сигналізації у цілому залежить від того: наскільки розумно та ефективно є запрограмованими встановлені ПС; які критерії спрацювання вибрано проєктувальниками за основні; як забезпечується виконання цих критеріїв у самих ПС; яким чином автоматично реалізується сезонна, щоденна чи щогодинна зміна порогового рівня спрацювання ПС, на основі чого випрацьовуються певні повідомлення, зокрема “Пожежа” тощо.

**Мета роботи.** Випрацювання засад оптимізації роботи пожежних сповіщувачів із вбудованим мікроконтролером щодо прийняття рішень про надзвичайну ситуацію (пожежа, вибух тощо), оптимізованих за мінімальним часом виявлення пожежі й підвищеною вірогідністю.

**Інформаційні критерії оптимізації роботи ПС.** До складу ПС 3-го покоління входять декілька різнотипних первинних перетворювачів і мікроконтролер зі значною оперативною та постійною пам'яттю для опрацювання, зберігання інформації про сигнали і передавання повідомлень встановленого зразка з використанням стандартного інтерфейсу, до прикладу RS232. Тому такі ПС відносяться [2] до інформаційно-вимірювальних приладів, здатних опрацювати за заданим алгоритмом отримувати первинними перетворювачами сигнали, співпрацювати у локальній мережі з такими самими приладами, здійснювати власну самоперевірку й зовнішнє тестування, а також періодичну, у межах каліброваних відтинків часу (секунди, хвилини, години, доби та сезону), зміну порогового рівня спрацювання та при його перевищенні подання повідомлень, які призводять до адекватних дій автоматизованого обладнання установок пожежної сигналізації чи пожежегасіння або/і до відповідних дій кваліфікованого персоналу.

Ефективність функціонування систем пожежної сигналізації залежить від правильного вибору ПС, що повинні забезпечувати надійне виявлення вогнища займання, в результаті чого здійснюється пожежегасіння. Вибираючи автоматичні ПС, необхідно враховувати: при-

значення приміщень, що захищаються; ступінь пожежної небезпеки об'єкта; категорію виробництва; особливості технологічного процесу; цінність матеріалів і обладнання; характер займистих матеріалів і первинних ознак пожежі; постійну/тимчасову наявність персоналу в приміщенні і, насамперед, можливість автоматично змінювати визначальні характеристики (температуру спрацювання, пороговий рівень задимлення тощо) [3].

Виявляти займання бажано точковими димовими ПС (різні типи димових перетворювачів мають неоднакову чутливість до продуктів горіння - частинок диму різних кольорів і розмірів). У приміщеннях з підвищеним рівнем пилу робота димових перетворювачів у складі ПС 3-го покоління може виявитись неефективною, якщо ПС додатково не оснастити сенсорами забруднення поверхні. Точкові теплові ПС бажано застосовувати у випадках, коли передбачається значна потужність вогнища займання з інтенсивним виділенням тепла на початковій стадії. Приміщення, де на початковій стадії пожежі передбачається поява відкритого полум'я, бажано обладнати ПС полум'я (зазначені умови притаманні пожежі нафтопродуктів). Якщо на початковій стадії пожежі передбачається виділення отруйного, чадного чи займистого газу, рекомендується застосування ПС із газовим первинним перетворювачем.

Для підвищення надійності застосовуються комбіновані ПС 3-го покоління, які відзначаються наявністю 2-х і більше первинних перетворювачів, що реагують на різні ознаки горіння. Так, для підвищення надійності виявлення пожежі у приміщеннях, вищих від 6 м, рекомендується у ПС з тепловими/димовими перетворювачами [4] додатково встановлювати перетворювачі полум'я. Це зумовлено потребою швидкодії: ПС з первинними перетворювачами полум'я характеризуються часом спрацювання до 1 с, проте їх чутливість стрімко знижується з погіршенням прозорості середовища.

**Алгоритми автоматизованого прийняття рішень у ПС 3-го покоління.** ПС включають до свого складу, принаймні, 2 первинні перетворювачі і мікроконтролер, аналого-цифровий перетворювач (при застосуванні аналогових первинних перетворювачів), лічильник імпульсів тощо. Схема працює за алгоритмом, що визначається, з одного боку, технічним завданням, а з іншого боку вибраною структурою ПС і встановленим програмним забезпеченням.

Комбіновані аналогові ПС 3-го покоління обробляють і передають значну кількість інформації, що вимагає застосування потужних мікроконтролерів зі значним обсягом оперативної пам'яті. Первинні перетворювачі видають аналоговий сигнал, який перетворюється аналоговою схемою сповіщувача, потім переводиться у цифрову форму з допомогою аналого-цифрового перетворювача. Подальше опрацювання результатів вимірювання відбувається у мікроконтролері за алгоритмом, який реалізується однією з мов програмування, до прикладу C++.

Важливим вважається створення такого алгоритму роботи ПС 3-го покоління, який дає змогу якомога швидше і безпомилково виявити вогнище займання. Відомі адресно-аналогові ПС з чотирма незалежними каналами [5], де кожний канал обладнаний власним первинним перетворювачем різних ознак пожежі. Алгоритм роботи ПС – досить складний, оскільки в основу закладено компроміс між ефективністю виявлення вогнища займання та рівнем вірогідності спрацювання.

**У праці послідовно вивчаються алгоритми опрацювання інформативного сигналу первинного перетворювача, алгоритми роботи з цифровими даними одного або декількох ПС для заданих умов використання.** При цьому, розглядається ПС 3-го покоління, обладнаний 1-м, 2-ма або 3-а різними первинними перетворювачами (оптоелектронним, іонізаційним і тепловим) з власними трактами опрацювання сигналів.

**Перетворення сигналу первинного перетворювача сповіщувача** застосовується у всіх видах і типах ПС і найчастіше полягає у:

- пропорційному підсиленні вихідного сигналу первинного перетворювача;
- диференціюванню сигналу первинного перетворювача у часі (описано нижче);
- сумісному використанні пропорційно-підсиленого й диференційованого сигналів (складний алгоритм).

Пропорційне підсилення вихідного сигналу первинного перетворювача сповіщувача використовується практично у ПС всіх поколінь і зводиться до формування лінійної залежності між вхідним параметром (до прикладу, температура  $T$ ), та вимірюваним параметром первинного перетворювача (до прикладу, електричним опором  $R$ ) у вигляді  $R=F_1(T)$ . Остання видозмінюється до використовуваної у ПС залежності електричної напруги від температури  $U=F_2(T)$ .

Числове диференціювання сигналу перетворювача у часі - один із типових прикладів застосування сучасних методів обробки результатів вимірювання, подаваних у формі послідовності чисел, що постійно записуються у пам'ять мікроконтролера і в подальшому опрацьовуються за певним алгоритмом.

Для найпростішого терморезистивного первинного перетворювача ПС 3-го покоління, при його живленні від джерела стабілізованого струму, залежність  $R=F_1(T)$  змінюється до  $U=F_2(T)$ . Значення похідної в певній точці функції, більше від заданого, свідчить про виникнення пожежі. Коли подібне коїться одночасно на інших трактах, до прикладу на димовому тракті, що контролюється іонізаційним перетворювачем, то це підтверджує наявність пожежі за умови використання найпростішого логічного елемента типу "І" (коли на обидва входи логічного елемента поступають одиничні вхідні напруги від кожного перетворювача, то на виході елемента формується одинична вихідна напруга).

**Сумісне використання пропорційно-підсиленого й продиференційованого сигналів первинного перетворювача у ПС 3-го покоління.** Маючи всього один первинний перетворювач, можна ефективно використати його для більш вірогідного виявлення пожежі. Тоді та сама напруга  $U$  бере участь у формуванні 1-го диференційного компонента й 2-го пропорційного компонента інформаційного сигналу. Такий тепловий ПС використовує відразу 2 члени рівняння і його вважають ПС максимально-диференціальної дії. Подібне стосується і димових ПС максимально-диференціальної дії. У останніх використовується як визначальна характеристика не тільки пропорційний сигнал, зумовлений інтенсивністю пропущеного світла, а й похідна від нього, знакозмінна внаслідок ефекту "мерехтіння світла".

Зазначимо, що для обчислення похідної потрібно зберігати певну кількість даних. В подальшому отримане біжуче значення похідної порівнюється з пороговим, встановленим на етапі проектування або/ї відлагодження СПС. Крім того, отримане значення може порівнюватися також з попереднім значенням похідної, наприклад, з даними отриманими декілька секунд перед тим. Періодична зміна знаку похідної підтверджує ефект "мерехтіння світла".

Зі збільшенням числа порівнянь можна точніше визначати тип пожежі й покращити чутливість ПС та вірогідність правильного спрацювання СПС. Ступінь вірогідності залежить від порівняння значень параметрів оцінюваного стану і закладених у пам'ять мікроконтролера даних стосовно розвитку різних типів пожеж, як і різних об'єктів з різними умовами контрольованого середовища. Для таких засобів СПС доцільно застосувати метод експертних оцінок, сформований засобами нечіткої логіки (fuzzy logics). Прикладом його застосування може бути спільна робота, проведена у ЛДУ БЖД і Національному університеті "Львівська політехніка" [7].

*Примітка:* Пожежні сповіщувачі з первинними перетворювачами температури, сигнал яких диференціюється в аналоговому режимі, відомі здавна і реалізовані ще у ПС 1-го покоління. Згідно з [6], тепловий пожежний сповіщувач - це автоматичний ПС, який реагує на певне значення температури і/або швидкість її зростання, що є похідною від температури по часу. (За позитивного значення похідної температура зростає, що служить безпосередньою ознакою пожежі; за негативного значення похідної - температура спадає і пожежа відсутня). До прикладу, ПС типу МДПІ-028, що експлуатується як ПС максимально-диференціальної дії, спрацьовує за швидкості зміни температури, більшої від  $\frac{1}{2}$  К/с.

**Пожежний сповіщувач у особливо відповідальних системах пожежної сигналізації.** Така система повинна спрацювати якомога швидше за повідомленням лише одного ПС [4].

Оскільки у ПС 3-го покоління передбачається використання 2-х і більше первинних перетворювачів, то їхні сигнали можуть сумуватися в аналоговій або цифровій формі. Позаяк у ПС 3-го покоління використовується мікроконтролер, то для спрощення вхідного кола доцільно використовувати саме цифрове сумування сигналів. При цьому, можна аналізувати як сумарний сигнал, так і сигнали від окремих первинних перетворювачів. За одним із вищеприведених алгоритмів роботи з інформативним сигналом може автоматично братися похідна від кожного з цих сигналів, що розширює аналізоване інформаційне поле.

Коли у конструкції ПС передбачено три первинні перетворювачі, що працюють на засаді пропорційного підсилення вихідного сигналу, то його сумарний електричний сигнал визначається алгебраїчним виразом, складеним із суми трьох компонентів. Він падає трьома сигнальними трактами від первинних перетворювачів: оптоелектронним – від оптоелектронної камери (1-а складова), тепловим – від термоопору (2-а складова) та іонізаційним – від іонізаційної камери (3-я складова). Таким чином, рішення про виявлення вогнища займання приймається мікроконтролером на основі аналізу сумарного електричного сигналу у вигляді електричної напруги:

$$U = AX_o + BX_T + CX_I,$$

похідної від сумарного сигналу:

$$U = K(AX_o + BX_T + CX_I)'$$

та похідних від окремих складових сумарного сигналу:

$$U = DX'_o + EX'_T + FX'_I,$$

а також комбінацій певних складових сигналів та їх похідних:

$$U = AX_o + DX'_o$$

$$U = BX_T + EX'_T$$

$$U = CX_I + FX'_I$$

Можливі комбінації одних складових сигналів та похідних інших відмінних складових.

Тут А, В, С, D, Е, F, К – коефіцієнти пропорційності, які визначаються методом експертних оцінок на етапі розроблення ПС (їх можна задати на етапі проектування СПС та змінювати під час вогневих випробувань системи пожежної сигналізації безпосередньо на об'єкті, з урахуванням реальних горючих речовин, що складаються у даному приміщенні); X (з відповідним індексом) – вимірюваний сигнал конкретного первинного перетворювача; X' (з відповідним індексом) – похідна вимірюваного сигналу конкретного первинного перетворювача.

Базове значення сигналу визначається застосованим алгоритмом обробки, за яким цим значенням може бути: а) значення сигналу, жорстко встановлене на етапі виготовлення (переважно у 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 бази даних стосовно вимірюваних параметрів та їхніх похідних (ПС 3-го покоління).

Збільшення числа первинних перетворювачів у одному ПС дає змогу точніше визначати пожежу. Коли один, до прикладу, іонізаційний перетворювач, встановить суттєве збільшення вмісту іонів, еквівалентне стану пожежі, а інші перетворювачі не відчують зміни їм відповідних параметрів, то ПС не сформує повідомлення тривоги, оскільки заданий алгоритм його роботи обов'язково потребує суми 3-х складових. Вказаний алгоритм суттєво знижує можливість хибного спрацювання (тут за вмістом диму, що може бути наслідком куріння у приміщенні).

**Розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь, як основа прийняття коректного рішення мікроконтролером ПС.** Для вивчення можливості створення подібних алгоритмів можна рекомендувати застосування класичних алгоритмів розв'язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь: за методом Крамера, за методом Гауса, за методом Гауса-Жордана, за матричним методом.

**Алгоритми часової корекції порогового рівня спрацювання.** Зазначені алгоритми обробки інформативного сигналу доповнюються різними варіантами часової обробки. Так, у ПС 3-го покоління доцільно використовувати періодичну корекцію показів через певні проміжки часу. Часто виникає ситуація, коли пороги спрацювання ПС повинні змінюватись, тобто слід передбачити таку можливість на конструктивному або/і на програмно-технічному рівнях. Так, у ПС 1-го покоління існує заданий рівень спрацювання. Таким рівнем у теплових ПС служить температура, до прикладу, 72<sup>0</sup>С, вище якої розплавляється низькотемпературний стоп і тому розривається електричне коло ПС, що фіксує приймальне обладнання. Тому “зимова” пожежа встановлюється тим самим ПС із значною затримкою у часі порівняно з „літньою” пожежею: при пожежі узимку ПС повинен прогріватися до порогу спрацювання значно довше ніж улітку.

Подібна ситуація недопустима для ПС 3-го покоління, що повинен враховувати сезонні зміни. Для усунення помилкового «літнього» спрацювання слід передбачити алгоритмічну корекцію порогового рівня спрацювання ПС ще на етапі його побудови. Запропоновано використовувати такий алгоритм опрацювання сигналів аналогових терморезистивних перетворювачів, що передбачає визначення відносних змін опору у часі з періодичною корекцією порогу спрацювання ПС. Крім того, для підвищення вірогідності видачі сигналу тривоги рекомендується в алгоритмі роботи ПС застосувати 3-кратне підтвердження надзвичайної події перед видачею повідомлення про неї, що здійснюється у межах до 2-х секунд.

Підвищення функціональних можливостей сучасних мікроконтролерів дає змогу застосовувати складніші алгоритми опрацювання сигналів для підвищення надійності СПС: можливими стають алгоритми, що конкретизують умови роботи і встановлюють залежність порогу спрацювання від світлової пори доби, дати та географічних координат місцевості, де встановлюються ПС 3-го покоління.

**Пожежні сповіщувачі у звичайних системах пожежної сигналізації.** Автоматичний пуск конвенціональної установки пожежегасіння повинен відбуватися при спрацюванні 2-х ПС, встановлених у приміщенні [8]. На відміну від ПС 1-го і 2-го поколінь, при використанні ПС 3-го покоління, кожний з яких здійснює складне опрацювання отриманої інформації та видає сигнал про пожежу у цифровій формі, СПС стає простішою у використанні, підвищується достовірність виявлення пожежі.

Переміщення процесу опрацювання інформації різних типів первинних перетворювачів від приймального обладнання до самого ПС з тривалістю прийняття остаточного рішення за час, менший від 1 с, дає змогу розвантажити канали передачі даних про пожежу. Як наслідок, стає можливим перехід на бездротову передачу даних (технології WiFi; WiMAX).

**Висновок.** Завдяки перенесенню опрацювання вимірюваної інформації від приймального обладнання безпосередньо до пожежних сповіщувачів 3-го покоління системи пожежної сигналізації отримують змогу зменшити час спрацювання й підвищити вірогідність виявлення пожежі, а також урахувати сезонні, добові та інші зміни умов роботи й перейти до бездротової передачі даних, що, в свою чергу, покращує визначальні параметри систем пожежегасіння.

#### Список літератури:

1. ДСТУ 3960-2000. Системи тривожної сигналізації. Системи охоронної і охоронно-пожежної сигналізації. Терміни та визначення.
2. Яцишин С.П. Пожежні сповіщувачі, як засоби інформаційно-вимірювальної техніки / Яцишин С.П., Яцишин Б.П. // Вісник ЛДУБЖД. – №. – 2011. – у друці.
3. Воробйов О.І. Проектування, монтаж, технічне обслуговування установок пожежної сигналізації / О.І. Воробйов. – Львів : ЛПБ МНС України. – 2003. – 132 с.
4. Колесник В.Т. Основные принципы проектирования систем пожарной сигнализации / В.Т. Колесник. – Львов. – 2002. – 122 с.

5. Щипицын С.М. Без компромисов. Обнаружение пожароопасной ситуации – это всегда конфликт между эффективностью обнаружения и уровнем ложных тревог / С.М.Щипицын // Пожарная автоматика. – 2007. – Россия. – С.132-133.

6. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации. Москва : Стройиздат. – 1985. – 375 с.

7. Кушнір А.П. Реалізація пожежного сповіщувача з використанням нечіткої логіки / Кушнір А.П., Копчак Б.Л. // Пожежна безпека. – № 14. – 2009. – С.50-55.

8. ДБН В.2.5-13-98. Пожежна автоматика будинків і споруд. Київ. – 1999. – 77 с.

*С.П. Яцишин<sup>1</sup>, д-р. техн. наук, доцент, И.П. Мыкытын<sup>2</sup>, д-р. техн. наук, доцент, И.П. Кравец<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент (<sup>1</sup>Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, <sup>2</sup>Национальный университет "Львовская политехника")*

### **ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ. ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ И АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Рассмотрены особенности реализации пожарных извещателей, как определяющих средств систем пожарной сигнализации. Наличие микроконтролера в конструкции извещателя дает возможность анализировать информацию о состоянии контролируемого помещения и с повышенной вероятностью принимать решения о наличии чрезвычайной ситуации. Работа с информацией в цифровой форме позволяет не только уменьшить время срабатывания, но и учитывать сезонные, суточные и прочие условия работы, а также обеспечить переход на беспроводную передачу данных

*Ключевые слова:* пожарный извещатель, микроконтролер, преобразование сигнала, первичный преобразователь, алгоритм принятия решений о чрезвычайной ситуации

*S.P.Yatsyshyn<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering), Assistant Professor, I.P.Mykytyn<sup>2</sup>, Doctor of Sciences (Engineering), Assistant Professor, I.P. Kravets<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Assistant Professor (<sup>1</sup>Lviv State University of Vital Activity Safety, <sup>2</sup>Lviv Polytechnic National University)*

### **FIRE DETECTORS. PRINIPLES OF OPTIMIZATION AND PATTERNS OF DECISION MAKING**

The features of the implementation of fire detectors as determinants of fire alarm systems were considered. Microcontroller installation in the detector construction makes it possible to analyze information on the state of controlled placement and to make decisions about the presence of an emergency with a higher probability. The work with information in digital form allows you not only reduce the response time, but also take into account seasonal, daily and other conditions of operation, as well as to make the switchover to wireless data transfer standard.

*Key words:* fire alarm, microcontroller, microcontroller, signal conversion, the algorithm of emergency decisions making

