

М.М. Семерак, д.т.н., проф. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), Р.С. Яцишин (ПП „Контекст.Net”)

## ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ ІЗ ПРОТЯЖНИМИ РЕЗИСТИВНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

У праці вивчено можливості створення вітчизняних пожежних сповіщувачів з протяжними резистивними перетворювачами, призначених для контролю стану вибухонебезпечних приміщень нафтогазопереробних та хімічних підприємств

**Ключові слова:** пожежа, сповіщувач, перетворювач

**Вступ.** Тепловий пожежний сповіщувач (далі по тексту ПС) – це пристрій, що контролює стан середовища за відповідними ознаками пожежі й перетворює контрольовану ознаку в електричний сигнал, який передається через шлейф на прилад приймально-контрольний пожежний. При цьому, до складу ПС 2-го покоління входять один або декілька первинних перетворювачів і електронні схеми обробки їх сигналів.

Відомі декілька типів таких ПС: а) ПС із світловодними первинними перетворювачами; б) ПС із перетворювачами, що використовують явище теплового розширення газу; в) ПС з лінійними терморезистивними перетворювачами [1]. Останні застосовуються тоді, коли недоцільно використовувати точкові теплові ПС (до прикладу, на об'єктах хімічної та нафтопереробної промисловості). Правильніше їх називати протяжними, оскільки вони можуть прокладатись ламаною лінією.

Принцип дії ПС з лінійними терморезистивними перетворювачами базується на вимірюванні електричного опору ізоляції достатньо довгого, до 1000 м, двожильного електричного кабелю; цей опір стрімко змінюється при підвищенні температури, призводячи до короткого замикання. Так, фірма “Securiton AG”, Швейцарія, пропонує для контролю стану тунелів, кабельних та інформаційних каналів, а також там, де контролю підлягають великі за довжиною індустріальні приміщення, використовувати тепловий сенсорний кабель SecuriSens TSC 511 [2]. На жаль і тут, і у [1, с.60] констатують наявність цих ПС, лиш зазначаючи принцип їх роботи.

**Мета праці.** Вивчення особливостей побудови та використання ПС із протяжними терморезистивними первинними перетворювачами температури для вибухо-, пожежонебезпечних виробництв, а також забезпечення їх метрологічних характеристик при використанні автоматизованого алгоритму визначення місця пожежі за температурними змінами опору ізоляції перетворювача.

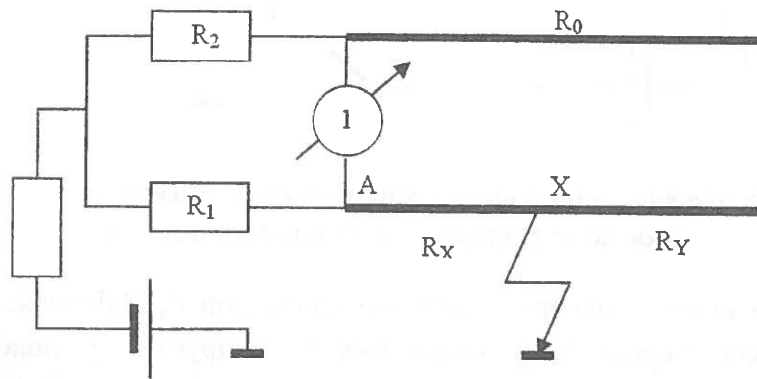
**Теоретичні дослідження.** Здебільшого неелектричні величини вимірюють за допомогою електричних засобів, перетворюючи неелектричні величини в електричні як найзручніші для передачі, підсилення, математичної обробки та точного вимірювання. Узагальнена структурна схема електричного приладу для вимірювання неелектричних величин зображена на рис.1.



Рис. 1. Узагальнена структурна схема електричного приладу для вимірювання неелектричних величин [3]

Згідно з [3] мости постійного струму можуть застосовуватись для визначення місць пошкоджень електричних кабелів. До прикладу, таким мостом є одинарний міст МО-61 класом точності  $\pm 0,5\%$  з межами вимірюваних значень опору від  $10^{-6}$  до  $1,1 \cdot 10^6$  Ом. Значення опору первинного перетворювача, а таким є під'єднаний до одного із плечей моста зразок, вимірюється з високою точністю завдяки врівноваженню моста. Коли струм діагоналі, вимірюваний високочутливим гальванометром, зменшується до нуля. При цьому, по плечах протікають струми, значення яких визначаються джерелом живлення. Для отримання доволі точних результатів вимірювань опорів  $0 \dots 100$  Ом, а таким номіналом відповідає опір жил кабелю довжиною до 1000 м, що достатньо для захисту виробництв вибухонебезпечного характеру, рекомендовано мінімізувати напругу живлення до  $\sim 4$ В.

На рис.2 приведено схему визначення місця  $x$  замикання однієї жили АВ 2-жильного кабелю на землю. У схемі використано другу непошкоджену жилу  $R_0$  (це – жила, розташована паралельно до першої), яка в кінці кабелю коротко замкнута на першу. Ця 2-а жила разом з відтинком  $R_y$  формують одне плече моста. Інше плече становить шуканий опір  $R_x$  ділянки пошкодженої жили.



**Рис. 2.** Електрична схема визначення місця пошкодження ізоляції кабелю внаслідок замикання однієї жили на землю (метод петлі Муррея [3])

Пошкоджена жила та жила порівняння замкнені на-коротко. Інші два плеча моста утворені опорами  $R_1$  та  $R_2$ , підбираючи які можна врівноважити міст. Для моменту рівноваги отримуємо:

$$R_2 R_x = (R_0 + R_y) R_1 \quad (1)$$

Оскільки  $R_x + R_y = R_{AB}$ , де  $R_{AB}$  - повний опір жили АВ, що вивчається, то:

$$R_x = (R_0 + R_{AB}) \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Коли дві жили кабелю є однаковими ( $R_0 = R_{AB}$ ), то:

$$R_x = 2R_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Для визначення значення опору жили до місця замикання необхідно знати опір усієї пошкодженої жили та опір допоміжної жили  $R_0$ . Якщо, окрім того, відомі переріз  $S$  і матеріал  $\rho$  жили, то можна визначити шукану відстань  $L_x$  від точки  $A$  до точки  $X$ , керуючись наступним співвідношенням:

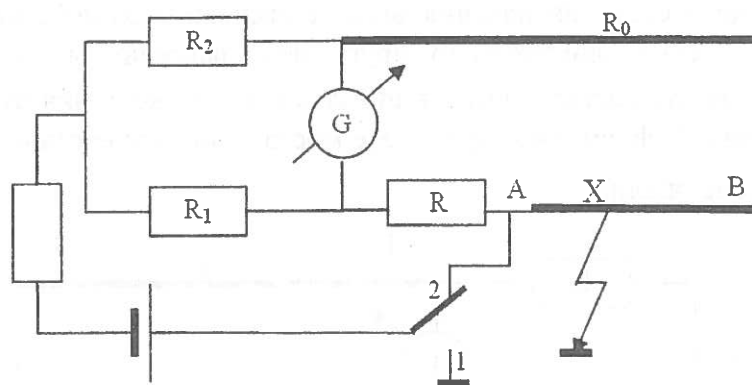
$$L_x = \frac{R_x S}{\rho} \quad (4)$$

Тоді, використавши вирази (3), (4), отримаємо відстань до місця замикання:

$$L_x = 2R_0 \frac{S}{\rho} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = L_M \frac{2R_1}{R_1 + R_2}, \quad (5)$$

де  $L_M$  - довжина кабелю, м. Аналіз виразу (5) проведено за умови, що опір  $R_1$  постійний, а опір  $R_2$  - змінний (магазин опорів). До прикладу, при  $R_2 \rightarrow \infty$   $L_x \rightarrow 0$ , що означає про закорочення кабелю на його початку; при  $R_2 \rightarrow 0$   $L_x \rightarrow L_M$  - замикання кабелю в кінці лінії.

Для того, щоб мати змогу одночасно вимірювати повний опір  $R_0 + R_{AB}$ , можна скористатися зі схеми рис.3.



**Рис. 3.** Модернізована схема визначення місця пошкодження ізоляції кабелю внаслідок замикання однієї жили на землю

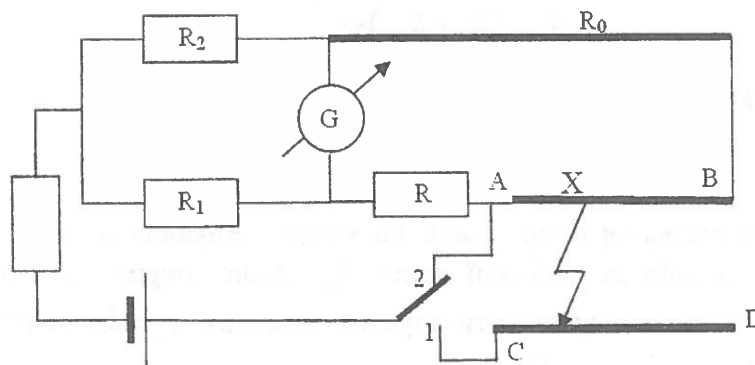
Тут послідовно до жили, що вивчається, вмикають опір  $R_3$ . Здійснюють 2 вимірювання: перше – встановивши перемикач у положення 1, а друге – у положення 2. Перше вимірювання дає співвідношення для визначення опору ділянки пошкодженої жили:

$$R_x = (R_0 + R_{AB}) \frac{R_1}{R_1 + R_2} - R_3 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

Друге вимірювання (за нових значень  $R_1; R_2$ , що відповідають новому положенню рівноваги моста) дає змогу визначити повний опір жил:

$$R_0 + R_{AB} = \frac{R'_2}{R'_1} R_3 \quad (7)$$

Для визначення місця замикання між собою двох жил  $AB$  і  $CD$  кабелю внаслідок теплового пробиття ізоляції застосовують схему рис.4.



**Рис. 4.** Електрична схема визначення місця пошкодження кабелю внаслідок пробиття ізоляції між 2-ма жилами

Тут, як і в попередніх випадках, використовують 3-ю непошкоджену жилу  $R_0$ . Спочатку перемикач ставиться у положення 1 і міст врівноважують зміною значень опорів  $R_1; R_2$ , а опір  $R_x$  обчислюють за (6). Далі у положенні 2 перемикача здійснюють вимірювання опору 2-х жил  $R_0 + R_{AB}$  і обчислення за виразом (7).

Експериментальні дослідження проведено з різними типами первинних перетворювачів опору. Досліджувались 2- і 3-жильні електричні кабелі живлення типів ПВХМ 2 x 0,25 мм<sup>2</sup>, а також одножильні радіокабелі типу РК-50 (погонний електричний опір жили 0,1 Ом/м) з екрануючою оболонкою із скручених дротів (погонний опір близько 0,14 Ом/м). Довжини зразків коливались у межах – 1 ... 100 м.

Оскільки опір ізоляції має кінцеве значення (у проведених нами експериментальних дослідження він становив значення 1,1 ... 1,5 МОм для радіочастотного кабелю довжиною до 5 м), то виміряне значення опору залежить від температури, вологості тощо. Абсолютна похибка вимірювання істотно залежать від довжини досліджуваного кабелю і тим більша, чим довший кабель; відносна похибка не залежить від довжини кабелю. Для підвищення точності вимірювання проводять по чергово з обох кінців кабелю з допомогою моста постійного струму або ж з допомогою моста змінного струму типу P577 класу точності 2 % (на різних частотах вимірювання).

Двократне врівноваження моста (див. вище) хоч і забезпечує високу точність, проте вимагає певного часу, що сягає 10 ... 15 с. Тому запропонований міст може бути виконаним так, щоб усунути необхідність врівноважування: міст виконується неврівноваженим. Це зручно при багаторазових вимірюваннях відхилень контрольованого опору від попередньо заданого значення. У такому випадку міст заздалегідь врівноважується на задане, номінальне значення вимірюваного опору, а потім за показами вимірювального приладу визначають ступінь відхилення опору від номінального значення. Шкала приладу може бути проградуєвана у відсотках від номінального значення. Такі мости названі відсотковими. Міст, виконаний спеціально для роботи з кабелем наперед визначеного електричного опору жил, до прикладу 100 Ом – це міст з постійним відношенням плечей, названий *магазинним одинарним мостом постійного струму*.

Для усунення впливу напруги живлення моста замість гальванометра застосовують логометр, одна із рамок якого вмикається у діагональ моста замість гальванометра, а друга – через додатковий резистор до затискачів джерела живлення.

Кабель довжиною 100 м (у вигляді прямого відтинку) закріплено на стелі цеху, причому для забезпечення можливості вимірювань з обох кінців та отримання непошкодженої жили використовують загальну довжину кабелю - 210 м. Саме вказана стометрова ділянка кабелю використовується, як чутливий елемент для безпосереднього визначення місця пожежі. Друга частина кабелю – довжиною близько 110 м – прокладається до засобу вимірювання, опускаючись стіною і трасуючись попри підлогу, де температура практично не підвищується на початках пожежі. Цим самим формується опір  $R_0$  (див. рис.4).

Окрім того, вивчено можливість прискорення обробки й передачі повідомлень від ПС шляхом використання електронних схем, що також суттєво полегшує роботу з інформацією виконавчим засобам. Спрощена структурна схема визначення місця пожежі з допомогою протяжного резистивного ПС включає послідовно ввімкнені первинний перетворювач, відсотковий магазинний міст постійного струму, комутатор, аналогово-цифровий перетворювач, мікроконтролер та рідкокристалічний дисплей.

Для роботи в автоматизованому режимі необхідно повністю перейти на цифрові схеми обробки сигналу, отриманого від первинного перетворювача, аж до випрацювання повідомлення „Пожежа”, „Нечинність” чи інших, на основі аналізу характеру його зміни у цифровому (двійковому) форматі. Найпростіше скористатися уже виготовленими цифровими

вимірювальними приладами Ш4120, зокрема, для вимірювання відстані від місця замикання за значенням електричного опору (табл.1).

Для довідки. Метрологічні характеристики деяких цифрових вимірювальних приладів, призначених для вимірювань температури в комплекті з терморезистивними перетворювачами, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Метрологічні характеристики деяких автоматичних мостів та цифрових приладів для вимірювання опору ізоляції в комплекті з термоперетворювачами опору [3]

| Назва приладу               | Тип приладу | Діапазон вимірювань                    | Клас точності                    |
|-----------------------------|-------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| Кабельний міст              | КМ-61С      | 0,1 ... 10 <sup>5</sup> Ом             | ± 1,0 %                          |
| Цифровий вимірювач відстані | Ш4120       | 60...720; 230 ... 1580; 1420 ... 7880м | Δ <sub>гр</sub> = ± 3 ... ± 30 м |

Робота такого приладу є такою. За допомогою три- або чотирипровідної схеми контрольований кабель під'єднують до перетворювача опору в напругу. (При чотирипровідному під'єднанні вплив з'єднувальних проводів усувається повністю). Перетворювач містить джерело струму, який, створює на опорі, в даному випадку, на ізоляції кабелю, спад напруги, значення якого залежать від значення опору. Після підсилення ця напруга за допомогою аналогово-цифрового перетворювача перетворюється у цифровий код, пропорційний до опору. Її значення висвітлюються на цифровому табло блока цифрової індикації.

Для випрацювання критерію пробиття опору ізоляції кабелю, на основі якого ПС повинен видати повідомлення, у роботі додатково проведено температурні дослідження вищевказаних типів електричних кабелів.

Використано муфельну піч на температуру 0 ... 300 °С. Досліджено двожильні електричні кабелі ПВХМ 2 x 0,25 мм<sup>2</sup> (ізоляція поліхлорвінілова) та одножильний радіокабель РК-50 (ізоляція фторопластова). В останньому вивчали замикання центральної жили на екрануючу оболонку. Температуру у печі підіймали з швидкістю 5 °С/хв. Контроль температури здійснювали з допомогою термоелектричного перетворювача градування ХА. Якщо у першому випадку замикання відбувалось за напруги постійного струму 4 В при температурі 69 °С, то у другому випадку – при 88 °С.

Висновок. Проаналізовано можливості створення та приведені конструкції й електричні схеми пожежних сповіщувачів з протяжним резистивним первинним перетворювачем (у вигляді двожильного електричного кабелю), як інформаційно-вимірювальних приладів. За аналогової обробки електричного сигналу первинного перетворювача пожежний сповіщувач може вважатися сповіщувачем 2-го покоління, а за цифрової обробки сигналу - сповіщувачем 3-го покоління.

Вказані пожежні сповіщувачі дають змогу визначати місце пожежі, як місце виникнення замикання жил кабелю між собою, з відносною похибкою до ± 1,0 % або при довжині 100 м з абсолютною похибкою ± 1,0 м.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Колесник В. Т. Основные принципы проектирования систем пожарной сигнализации / В. Т. Колесник. – Львов, 2002. – 122 с.
2. Воробйов О.І. Проектування, монтаж, технічне обслуговування установок пожежної сигналізації / О. І. Воробйов. – Львів : ЛПБ МНС України. – 2003. – 132 с.

3. Основи метрології та вимірювальної техніки. Т.2. Вимірювальна техніка / [М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.] – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». – 2005. – 654 с.

*М.М. Семерак, д.т.н., проф., Р.С. Яцишин*

### **ИЗВЕЩАТЕЛИ ПОЖАРНЫЕ С ПРОТЯЖЕННЫМИ РЕЗИСТИВНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ**

В работе изучены возможности создания отечественных пожарных извещателей с протяженными резистивными преобразователями, предназначенных для контроля состояния взрывоопасных помещений нефтегазоперерабатывающих и химических предприятий.

**Ключевые слова:** пожар, извещатель, преобразователь.

*M.M. Semerak, Doctor of Science (Engineering), Professor, R.S. Yatsyshyn*

### **FIRE DETECTORS WITH LINEAR RESISTIVE TRANSDUCERS**

There were studied the possibilities of realizing of national fire detectors with linear resistive transducers for the control of blast dangerous working areas in chemical and petroleum processes.

**Key words:** blast, fire detector, transducer.

УДК 682.03:05

*Я.І. Хом'як, к.ю.н., О.П. Якименко, Р.В. Климась (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України)*

### **ЗАСТОСУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВНИХ ПІДХОДІВ У ЗДІЙСНЕННІ НАГЛЯДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

Наведено визначення небезпеки та ризику, вказано на їх відмінність. Розглянуто законодавчі акти та нормативні документи щодо створення системи державного регулювання безпеки у сфері господарської діяльності, можливість застосування ризик-орієнтованого підходу у здійсненні наглядової діяльності у сфері пожежної безпеки. Наведено порядок оцінювання ризику та його критерії. Запропоновано напрямки оцінювання ступенів ризику від здійснення господарської діяльності суб'єктів господарювання

**Ключові слова:** ризик-орієнтовні підходи, державне регулювання безпеки, небезпека і ризик.

Останнім часом все частіше вживаються такі терміни, як “небезпека” і “ризик”. Автори публікацій [1-4] розглядають питання, пов'язані з небезпекою і ризиком із різних точок зору і стосовно різних галузей знань. Під небезпекою розуміють властивість різних матеріальних об'єктів наносити втрати суспільству та довкіллю.

В останні десятиліття відбувається усвідомлення того, що мірою небезпеки і є власне ризик.

Як вважає ряд фахівців [2, 3] у сфері дослідження ризиків, відмінністю небезпеки від ризику є те, що небезпеку людина може і не усвідомлювати, не підозрювати про її існування,