

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЄМКІСНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИКРИТТЯ АЕРОЗОЛЬНИХ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ

Поява нових будівельних та оздоблювальних матеріалів, які при згорянні можуть утворювати тверді частки різної дисперсності та з різними електричними властивостями, призводить до необхідності використання нових методів для викриття аерозольних продуктів горіння. На сьогоднішній день при побудові димових сповіщувачів використовуються оптико-електронний та радіоізотопний метод [1]. Обидва ці методи мають певні переваги та недоліки, а другий метод останнім часом використовується все менше, тільки для автономних димових сповіщувачів. Тому перспективним є застосування ємкісного методу, який дозволить позбутися недоліків радіоізотопного методу пов'язаних з потенційною небезпекою для навколишнього середовища та необхідності утилізувати елементи сповіщувача в спеціалізованих сховищах.

Ємкісний метод засновано на вимірюванні зміни ємкості конденсатора при потраплянні аерозольних часток між його пластинами [2]. Якщо конденсатор включити в ланцюг коливального контуру, то концентрацію часток диму можна визначати за різницею частот між власними коливаннями контуру та еталонною частотою.

Використання даного методу дозволить враховувати електричні властивості часток диму. Якщо тверді частки можуть проводити електричний струм, то при їх появі між пластинами конденсатора, не тільки зміниться ємкість, але й інші параметри коливального контуру.

При появі твердих часток диму між пластинами конденсатора, завдяки поляризаційному поверхневому заряду пластин, наводиться додатковий заряд:

$$\Delta q = \frac{p}{l},$$

де  $l$  – відстань між пластинами конденсатора;  $p$  – електричний дипольний момент, що визначається виразом

$$p = x \cdot E \cdot V_D,$$

де  $x$  – коефіцієнт електричної поляризації;  $E$  – напруженість електричного поля;  $V_D$  – об'єм частки диму.

Якщо частка диму має малий опір, то ємкість конденсатора зміниться на де яку величину:

$$\Delta C = \frac{x \cdot V_D \cdot C_0}{\varepsilon_0 \cdot V},$$

де  $V$  – вільний об'єм між пластинами конденсатора;  $\varepsilon_0$  – діелектрична проникливість повітря;  $C_0$  – ємкість конденсатора при відсутності диму.

Якщо електричний опір частки диму великий, але не дорівнює нескінченності, то необхідно враховувати діелектричні втрати в частці диму, що змінюють добротність конденсатору, а відповідно і коливального контуру. До конденсатору, що вимірює, паралельно підключений елемент ланцюга з активним опором  $R$  та додаткова ємкість  $C$ . Повний комплексний опір між точками підключення конденсатора дорівнює:

$$Z = \frac{1+i\omega \cdot C \cdot R}{\omega \cdot [i \cdot (C+C_0) - \omega \cdot C \cdot C_0 \cdot R]}, \quad (1)$$

де  $\omega$  – частота коливань контуру.

Якщо  $\omega \cdot C \cdot R \ll 1$ , то вираз (1) можна записати наступним чином:

$$Z = \frac{1}{\omega \cdot i \cdot (C + C_0)} + \frac{C^2 \cdot R}{(C + C_0)^2}.$$

Еквівалентна ємкість ланцюга збільшується за рахунок додаткової ємкості частки диму. При цьому також збільшується активний опір:

$$\Delta R = \frac{R \cdot C^2}{(C + C_0)^2}.$$

Якщо  $\omega \cdot C \cdot R \gg 1$ , то вираз (1) можна представити у вигляді:

$$Z = \frac{1}{\omega \cdot i \cdot C_0} + \frac{1}{\omega^2 \cdot R \cdot C_0}.$$

В цьому випадку резонансна частота коливального контуру змінюється на незначну величину, а активний опір збільшується, додаючи енергетичні втрати та погіршує добротність конденсатора.

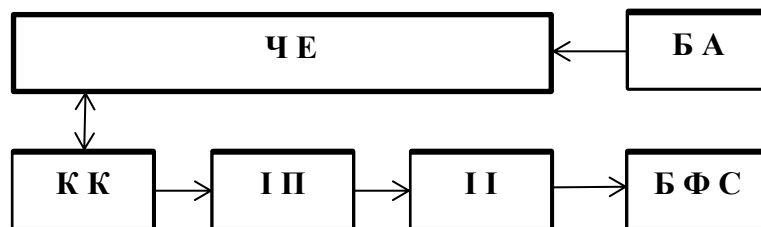
У випадку, якщо частка диму має діелектричні властивості, тоді еквівалентна схема коливального контуру буде складатися з двох конденсаторів ємкістю  $C$  та  $C_0$ , що включені паралельно. Тоді повний комплексний опір конденсатора буде мати тільки уявну складову:

$$Z = \frac{1}{\omega \cdot i \cdot (C + C_0)}.$$

В такому випадку поява часток диму призведе до тільки до зсуву резонансної частоти:

$$\Delta \omega = \frac{\omega \cdot C}{2 \cdot C_0}.$$

Таким чином, частка диму, яка не проводить електричний струм, при потраплянні між пластинами конденсатора змінює тільки частоту контуру, а частка, що проводить, змінює частоту та добротність коливального контуру. Якщо виміряти зміну вказаних параметрів, то можна визначити концентрація часток диму, що проводять і не проводять електричний струм.

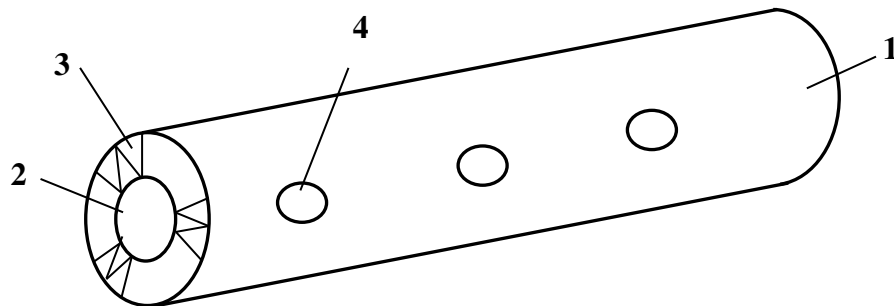


**Рис. 1 – Структурна схема димового пожежного сповіщувача з використанням ємкісного метода**

Таким чином, принципово можливо розробити димовий пожежний сповіщувач з використанням нового метода викриття твердих аерозольних часток (див. рис. 1). Він буде складатися з ємкісного чутливого елемента (ЧЕ), підключеного до коливального контуру

(КК), імпульсного підсилювача (І П), індикатора імпульсів (І І), блоку аерації (БА) повітря через чутливий елемент та блоку формування уніфікованого вихідного сигналу (БФС).

Ємкісний чутливий елемент (рис. 2) являє собою трубку з діелектричного матеріалу (1), внутрішня поверхня якої, виконана з матеріалу, що проводить, і виконує функцію однієї з обкладинок конденсатора. Всередині трубки, на фіксованій відстані, розташовано металевий провідник (2), який є другою обкладинкою конденсатора. Відстань між обкладинками конденсатора задається за допомогою пластикових фіксуючих елементів (3), розташованих радіально з кутом  $120^\circ$ . По всій довжині чутливого елемента виконані круглі отвори (4) через які здійснюється забір повітря з навколишнього середовища. Один бік чутливого елемента обладнаний контактами для його підключення до ланцюга коливального контуру. З іншого боку до ЧЕ приєднується блок аерації повітря, за допомогою якого здійснюється примусовий забір повітря, що містить частки диму, з оточуючого середовища.



**Рис. 2 – Зовнішній вигляд фрагменту чутливого елемента димового пожежного сповіщувача з використанням ємкісного метода**

Використання описаного чутливого елемента дозволить створити лінійний димовий пожежний сповіщувач, який можна використовувати для захисту складних об'єктів, наприклад, кабельних споруд, складів та сховищ зі стелажним зберіганням горючих матеріалів, об'єктів культурної спадщини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Христин В. В., Бондаренко С. М., Дерев'янюк О. А. та інш. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Х.: УЦЗУ, 2008. С. 206. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/407>
2. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли. М., Химия, 1978.

*S. Bondarenko, PhD, Assoc. Prof. of Department, National University of Civil Defence of Ukraine*

*A. Radul, National University of Civil Defence of Ukraine*

## **RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF USING THE CAPACITY METHOD FOR THE DETECTION OF AEROSOL COMBUSTION PRODUCTS**

A study of the possibility of applying the capacitive method for the detection of solid particles formed at the early stage of fire development was carried out. The possibility of creating a linear smoke detector using the capacitive method has been proven. The structural diagram of the fire detector is given. The structure of the capacitive sensitive element is considered.