

*А.П. Кушнір, к.т.н. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),
Б.Л. Кончак, к.т.н. (Національний університет «Львівська політехніка»)*

РЕАЛІЗАЦІЯ ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Розроблено нечіткий регулятор для пожежного сповіщувача та сформульовано для нього базу правил. Даний пожежний сповіщувач забезпечує високу точність, надійність та працездатність, що, своєю чергою, дозволяє виявляти пожежу на ранній стадії, поки вона ще не досягла небезпечного рівня.

Ключові слова: інтелектуальний пожежний сповіщувач, нечітка логіка, нечіткий регулятор.

Постановка проблеми. На сьогодні суспільство усе більше уваги приділяє питанню пожежної безпеки об'єктів. Хочемо ми цього, чи ні, але в умовах науково-технічного прогресу зростає і пожежне навантаження на різних об'єктах. Зараз практично відсутні такі об'єкти, де б не використовувалася система пожежної сигналізації. Це стосується не лише великих виробничих приміщень, а й різного роду адміністративних, житлових будинків та закладів культури. Основним завданням пожежної сигналізації є виявлення і повідомлення про пожежу на ранній стадії її розвитку. Крім того, вона подає сигнал керування на вмикання різних систем пожежної автоматики (автоматичних установок пожежогасіння, системи димовидалення, системи нагнітання повітря тощо) та на зміну режиму роботи технологічного обладнання. Сьогодні пожежна сигналізація, в більшості випадків, не є автономною системою, а одною із складових різноманітних систем. Одним із основних елементів системи пожежної сигналізації є пожежні сповіщувачі. Вони призначені для отримання інформації про пожежу шляхом перетворення фактора пожежі в певний вид електричного сигналу (цифровий, аналоговий). До них, як і до всієї системи, висувається ряд вимог. Вони повинні працювати цілодобово і інформувати про пожежу з високою точністю та надійністю. Одною з важливих задач пожежних сповіщувачів є виявлення пожежі на ранній стадії, коли вона ще не встигла досягнути небезпечного рівня. Це дозволяє не лише своєчасно прийняти рішення щодо ліквідації пожежі і евакуації людей, але й зберегти людське життя і матеріальні цінності. Іншою задачею пожежного сповіщувача є те, що він не повинен призводити до помилкового спрацювання. На практиці помилкове спрацювання спричиняє матеріальні затрати, пов'язані з евакуацією людей, приїздом пожежного розрахунку і т. ін. Як наслідок, зростає недовіра до системи безпеки, що призводить до випадків ігнорування попередження від системи навіть у випадку реальної безпеки. Так, наприклад, у Великобританії в 2004 році було зафіксовано понад 280000 помилкових спрацювань і це не дивлячись на жорсткі вимоги до системи пожежної сигналізації. Ймовірність помилкового спрацювання пожежного сповіщувача слід звести до мінімуму. Отже виходить, що пожежний сповіщувач повинен мати одночасно високу і низьку чутливість, а це можливо лише тоді, коли він буде мати інтелект.

Постає також питання ймовірності відмови системи. Тому не достатньо лише встановити сигналізацію, але й необхідно, щоб вона залишалася справною протягом усього часу експлуатації. Особливо це стосується сповіщувачів, тому що у зв'язку з їх великою кількістю на об'єкті ймовірність відмов різко зростає. Відповідно до норм пожежної безпеки, відмова стається кожних 60 тисяч годин (тобто раз на сім років), а на об'єкті з 100 сповіщувачами – в сто разів частіше, тобто раз на місяць. Крім того, можливі частіші відмови сповіщувачів в результаті їх запиленості, затоплення, побілки, пофарбування.

Аналіз останніх досліджень. Існує дуже велика кількість різного роду пожежних сповіщувачів в яких для виявлення пожежі закладені різні методи та закони фізики [1]. Більшість із них не містять інтелектуальних систем, які б дозволили забезпечити високу точність та надійність. Є намагання створювати більш сучасні пожежні сповіщувачі з використанням інтелектуальної логіки. Так, наприклад, функціонування сповіщувачів ИПК-4 та ИПК-3 засновано на принципі контролю розсіювання світла на частинках диму. Такі сповіщувачі мають високий ступінь інтелектуальності, який обумовлений ефективним використанням мікроконтролера і реалізацією ряду методів та спеціально розроблених алгоритмів численної оптимізації, і цифрової фільтрації. Однією із особливостей є ігнорування завад на відміну від традиційного захисту екрануванням.

Новий адресно-аналоговий сповіщувач 2251CTLE [2] об'єднує чотири незалежні канали виявлення, постійно контролює завади, знижує рівень хибних спрацювань і при цьому забезпечує високу чутливість до реальних пожеж. Усі канали виявлення контролюються вбудованим мікропроцесором з набором багатьох параметричних алгоритмів. Неперервний контроль чотирьох головних факторів (монооксиду вуглецю, температури, диму, полум'я) пожежі дозволив створити сповіщувач, який швидко реагує на реальну пожежу, має високу стійкість до завад і повністю узгоджується з адресно-аналоговим пожежним приймально-контрольним приладом (ППКП), забезпечуючи тим самим конфігурацію системи пожежної сигналізації під конкретний об'єкт. Такий рівень контролю чотирьох факторів значно ускладнив його конструктивну реалізацію, що вплинуло на вартість. Пожежний сповіщувач ОДИН ДОМА (ІП 212-49АМ) володіє повною системою самодіагностики з передачею сигналів про свою несправність на традиційний ППКП. ІП 101-07ем, виконаний на базі мікроконтролера і напівпровідникового датчика температури, який здійснює безпосередні заміри температури навколишнього середовища. Основна відмінність від своїх аналогів полягає у визначенні реального значення температури при тестуванні за допомогою світлової індикації [3].

Компанія Panasonic Electric Works Fire & Security Technology Europe займається виробництвом систем пожежної сигналізації нової генерації – EBL 512 EBL 128 [4]. Ці системи розроблені згідно з європейським стандартом EN 54 (частина 2 і 4), захищені від дії зовнішнього впливу, здатні самі виконувати самодіагностику і мають можливість використовувати широкий діапазон пристроїв.

Однак, в усіх цих сповіщувачах до кінця не вирішена задача, щодо оснащення їх інтелектуальною системою, яка б дозволила забезпечити високу точність, надійність та працездатність і, тим самим, правильно приймати рішення щодо стану, який складається на об'єкті. Також контроль деякими пожежними сповіщувачами декількох факторів пожежі значно ускладнює базу правил. За умови достовірного контролю лише одного з факторів пожежі, адже в більшості випадків контролювати декілька факторів не потрібно, задача реалізації таких сповіщувачів значно спрощується.

Задачі дослідження. Дана стаття присвячена синтезу математичної моделі неадаптивного нечіткого регулятора, який повинен:

- підключатися паралельно до відомих схем реалізації теплових пожежних сповіщувачів (класичний сповіщувач) [1];
- забезпечити високу точність, надійність та працездатність і тим самим правильно прийняття рішення щодо стану, який складається на об'єкті.

Вирішення проблеми. Для того, щоб забезпечити високу точність, надійність та працездатність сповіщувача і тим самим правильно прийняття рішення щодо стану, який складається на об'єкті, необхідно синтезувати неадаптивний нечіткий регулятор [5, 6], який підключається паралельно до відомих схем реалізації теплових пожежних сповіщувачів (рис. 1) та дослідити властивості такого сповіщувача.

До складу даного нечіткого регулятора повинен входити блок підготовки вхідної інформації, що перетворює вхідні сигнали в сигнали з необхідними параметрами, які в подальшому використовуються для його роботи. Він також може мати диференціальний вхід, якщо такого не передбачено.

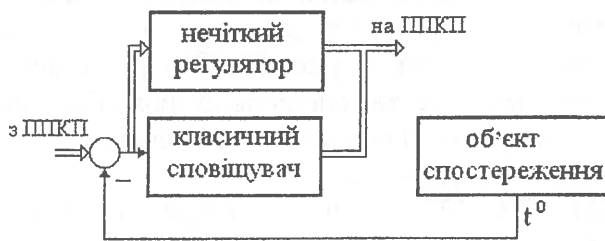


Рис. 1. Структурна схема контура з паралельною нечіткою корекцією

сповіщувача (рис. 1). Вхідними величинами нечіткого регулятора є температура всередині приміщення t^0 та її похідна $t^{0'}$. Якщо за принципом реагування тепловий сповіщувач є максимальним, то сигнал похідної можна визначити блоком підготовки вхідної інформації. Вихідною величиною нечіткого регулятора є сигнал, який в поєднанні з вихідним сигналом відомих схем реалізації теплових пожежних сповіщувачів повинен дати інформацію щодо стану, який складається на об'єкті.

2. Встановлення алгоритмічних ступенів свободи.

Для проєктованого нечіткого блока пропонується використати такі установки:

- оператор імплікації-мінімум-оператор;
- оператор агрегації-максимум-оператор.

Рекомендується використати найбільш популярний метод дефазифікації – гравітаційний (centroid) [5, 6].

3. Встановлення параметричних ступенів свободи.

3.1. Встановлення можливих інтервалів зміни вхідних та вихідних величин. Результати аналізу системи з класичним сповіщувачем дозволяють визначити інтервали зміни вхідних та вихідних величин. Похибка температури змінюється в інтервалі $[-5, 5]$, похідна від неї змінюється в інтервалі $[-10, 10]$. Сумісний аналіз кривих зміни похибки регулювання, її похідної та сигналу на виході дають можливість визначити, що інтервал зміни вихідної величини $[-10, 10]$.

3.2. Встановлення форми та параметрів функцій належності

Вхідним змінним Error (помилка температури) та D-Error (похідна помилки температури) відповідає п'ять лінгвістичних термів:

- PL – Positive Large (позитивна велика);
- P – Positive (позитивна);
- Z – Zero (нуль);
- N – Negative (негативна);
- NL – Negative Large (негативна велика).

Форма граничних термів PL та NL приймається трапецієподібною. Форма термів P, Z, N приймається трикутною. Трикутна та трапецієподібна форми функцій приналежності живляються в техніці регулювання найчастіше, тому що це дозволяє зменшити витрати машинного часу.

Прийняті для лінгвістичних змінних Error (t^0) та D-Error ($t^{0'}$) функції приналежності показані на рис. 2 та рис. 3, а параметри їх термів наведені в таблиці 1 та таблиці 2.

Синтез нечіткого регулятора

здійснюється за таким алгоритмом:

1. Проведення аналізу системи. Встановлення структури контура регулювання вхідних і вихідних величин нечіткого регулятора.

Обирається одна з найбільш стабільних та простих для настроювання структур – контур з паралельною нечіткою корекцією, загальна структура якого показана на рис. 1. Нечіткий регулятор вмикається паралельно до класичного теплового пожежного

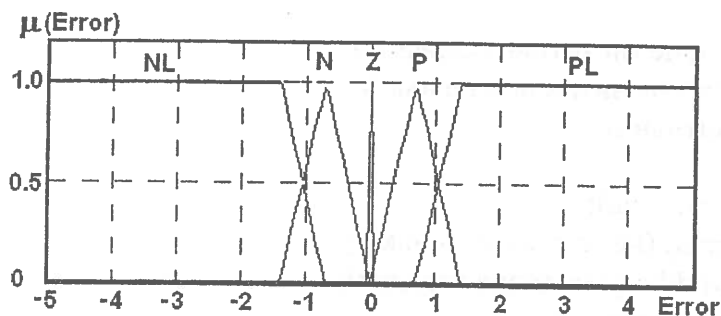


Рис. 2. Функція приналежності вхідної змінної Error (помилка температури)

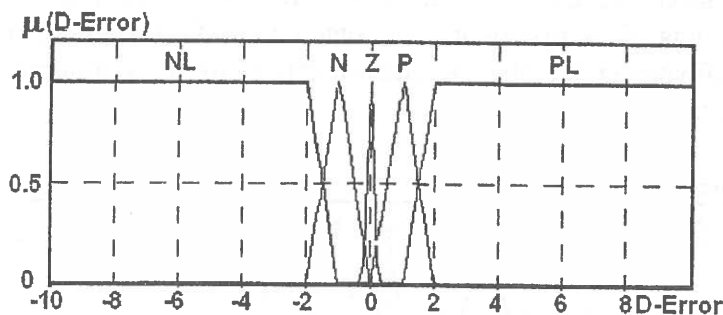


Рис. 3. Функція приналежності вхідної змінної D-Error (похідна помилки температури)

Таблиця 1

Параметри функції приналежності вхідної змінної Error (t°)

Терм	Форма терму	Характерні точки
NL (Negative Large)	трапеція	[-5, -5, -1.4, -0.7]
N (Negative)	трикутник	[-1.4, -0.7, 0]
Z (Zero)	трикутник	[-0.05, 0, 0.05]
P (Positive)	трикутник	[0, 0.7, 1.4]
PL (Positive Large)	трапеція	[0.7, 1.4, 5, 5]

Таблиця 2

Параметри функції приналежності вхідної змінної D-Error (t°)

Терм	Форма терму	Характерні точки
NL (Negative Large)	трапеція	[-10, -10, -2, -1]
N (Negative)	трикутник	[-2, -1, 0]
Z (Zero)	трикутник	[-0.25, 0, 0.25]
P (Positive)	трикутник	[0, 1, 2]
PL (Positive Large)	трапеція	[1, 2, 10, 10]

Вихідній змінній Correction (корекція) відповідає дев'ять лінгвістичних термів:

- PL – Positive Large (позитивна велика);

- PM – Positive Middle (позитивна середня);
- PS – Positive Small (позитивна маленька);
- P – Positive (позитивна);
- Z – Zero (нуль);
- N – Negative (негативна);
- NS – Negative Small (негативна маленька);
- NM – Negative Middle (негативна середня);
- NL – Negative Large (негативна велика).

Як і у випадку вхідних змінних, форма граничних термів PL та NL приймається трапецієподібною, а форма "внутрішніх" термів PM, PS, P, Z, N, NS, NM - трикутною. Обрати параметри термів для вихідної змінної складніше, ніж для вхідних змінних, а встановити їх точно можна лише після багаторазового моделювання. Остаточно приймається функція приналежності, що зображена на рис. 4. Параметри функції приналежності лінгвістичної змінної *Korrektion* наведені в таблиці 3.

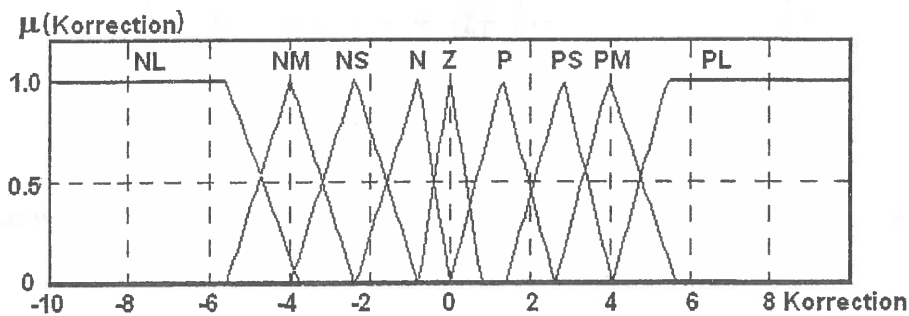


Рис. 4. Функція приналежності вихідної змінної *Korrektion*

Таблиця 3

Параметри функції приналежності вихідної змінної *Korrektion*

Терм	Форма терму	Характерні точки
NL (Negative Large)	трапеція	[-10, -10, -5.61, -3.77]
NM (Negative Middle)	трикутник	[-5.6, -4, -2.4]
NS (Negative Small)	трикутник	[-4, -2.4, -0.8]
N (Negative)	трикутник	[-2.38, -0.8, 0]
Z (Zero)	трикутник	[-0.8, 0, 0.8]
P (Positive)	трикутник	[0, 1.312, 2.624]
PS (Positive Small)	трикутник	[1.39, 2.83, 4.05]
PM (Positive Middle)	трикутник	[2.64, 3.97, 5.65]
PL (Positive Large)	трапеція	[4.064, 5.44, 10, 10]

3.3. Складання бази нечітких правил

Правила складаються на основі інтуїтивних знань експерта. В нашому випадку як експертні знання використовуються результати аналізу, що були отримані при дослідженні класичного сповіщувача. Деякі правила після моделювання системи з паралельною корекцією можуть бути уточнені.

Як зазначалося вище, завдання паралельної нечіткої корекції полягає в забезпеченні вищої точності, надійності та працездатності сповіщувача.

Складені таким чином та уточнені після моделювання правила наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Нечіткі правила

		Error				
		PL	P	Z	N	NL
D-Error	PL	NL	PM	Z	N	Z
	P	PM	NS	Z	Z	P
	Z	NS	N	Z	P	PS
	N	N	Z	Z	PS	PM
	NL	Z	P	Z	PM	PL

Позначення:

	– нормальний стан об'єкта
	– поле рідження (температура сильно зростає)
	– пожежа

Висновки.

Розроблено модель неадаптивного нечіткого регулятора, що підключається паралельно до схеми класичного сповіщувача і дозволяє забезпечити його високу точність, надійність та працездатність і тим самим правильно приймати рішення щодо стану на об'єкті. Це дає можливість виявляти пожежу на ранній стадії її розвитку. Контроль пожежі за двома параметрами дозволяє зменшити кількість правил в базі правил.

Розроблений нечіткий регулятор можна використовувати для модернізації існуючих схем реалізації пожежних сповіщувачів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Воробйов О. І. Проектування, монтаж, технічне обслуговування установок пожежної сигналізації / О. І. Воробйов // Навчальний посібник. – Львів: Сполум, 2003. – 138 с.
2. Щипицын С. М. Без компромиссов. Обнаружение пожароопасной ситуации – это всегда компромисс между эффективностью обнаружения и уровнем ложных тревог / С.М. Щипицын // Пожарная автоматика – 2007. – Россия. – С.132-133.
3. Липов В. Как защититься от пожара. Пожарная автоматика – 2007. – Россия. – С.112-113.
4. Панькова С. F+S: Интеллект в оборудовании систем пожарной сигнализации / С.Панькова // Технологии безопасности и противопожарной защиты. –2008. – №3(33).– с. 48-49.
5. Леоненков В. А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH.-СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.: ил.
6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.: ил.

А.П. Кушнир, к.т.н., Б.Л. Копчак, к.т.н.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Разработан нечеткий регулятор для пожарного извещателя и сформулирована для него база правил. Данный пожарный извещатель обеспечивает высокую точность, надежность и работоспособность, которая в свою очередь позволяет обнаруживать пожар на ранней стадии, когда он еще не успел достичь опасного уровня.

Ключевые слова: интеллектуальный пожарный извещатель, нечеткая логика, нечеткий регулятор.

A.P. Kushnir, Candidate of Science (Engineering), B.L. Kopchak, Candidate of Science (Engineering)

REALIZATION OF FIRE-ALARM BOX WITH THE USAGE OF FUZZY LOGIC

The article deals with the development of fuzzy controller for fire-alarm box and the base formulation of its rules. This fire-alarm box provides high precision, reliability and operating capacity which allows to locate a fire on the early stage before it has reached a dangerous level.

Key words: intelligent fire-alarm box, fuzzy controller, fuzzy logic.

УДК 624.012

С.В. Поздеев, к.т.н., доц., В.И. Осипенко, д.т.н., А.В. Поздеев, В.М. Нулязин (Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля)

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ РОБОТИ СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО КЛІМАТИЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ПОЖЕЖІ

Обґрунтована методика досліджень поведінки залізобетонних будівельних конструкцій із стиснутими елементами після тривалого кліматичного впливу під час пожежі за допомогою методів прискореного штучного старіння бетону та лабораторних випробувань зразків із штучно зістареного бетону

Ключові слова: залізобетонні будівельні конструкції, штучне старіння бетону

Виготовлені із дотриманням всіх технічних вимог залізобетонні конструкції в нормальних умовах експлуатації можуть тривалий час протистояти негативним впливам атмосферно-кліматичного навколишнього середовища. Проте, поступово вони починають змінювати свої фізико-хімічні та структурно-фазові властивості це відбувається в результаті дії агресивних атмосферно-кліматичних факторів [1, 2]. Дана обставина позначається на їх поведінці під час можливої пожежі. Докладне вивчення цієї особливості є актуальним для гарантування пожежної безпеки при експлуатації будівель, зведених на базі несучих конструкцій, що тривалий час перебували просто неба під дією відкритого кліматичного середовища, тобто, так званих, «довгобудів». Нормативна документація на даний час не вимагає досліджень вогнестійкості подібних конструкцій, і будівлі, зведені на їх базі