

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕННЯ «МАГІСТР»
НА ТЕМУ:

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ
БЕЗПЕКОЮ ОБ'ЄКТА / COMPUTER-INTEGRATED SYSTEM FOR FIRE
SAFETY MANAGEMENT OF AN OBJECT

Виконав студент групи АКІТм-21
Богдан РОМАНЮК
Науковий керівник к.т.н., доц.
Петро ГУМЕННИЙ

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"
спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ ” 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Романюк Богдан

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема роботи

Комп'ютерно-інтегрована система управління пожежною безпекою об'єкта /
Computer-Integrated System for Fire Safety Management of an Object

керівник роботи к.т.н., Гуменний П.В.

затверджені наказом по університету від _____

2. Строк подання студентом закінченої випускної кваліфікаційної роботи
15 листопада 2024р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Види систем пожежної сигналізації

1.1. Аналіз пожежних сповіщувачів

1.2. Аналіз цифрових систем протипожежної безпеки

2. Технічні засоби управління контролю параметрів системи протипожежної
безпеки

2.1. Дослідження апаратних пристроїв для реалізації протипожежної системи

2.2. Дослідження вимірювальних об'єктів і методи отримання від них
вимірювальної інформації для системи відеоспостереження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Аналіз видів систем пожежної сигналізації

2. Характеристика автоматизованих схем протипожежної безпеки

3. Принципи керування автоматизованою протипожежною системою

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Simulink модель системи пожежегасіння

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	П.В. Гуменний к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		
2	П.В. Гуменний к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		
3	П.В. Гуменний к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		

7. Дата видачі завдання 12 грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОБ'ЄКТІ КЕРУВАННЯ	12.2023р. – 02.2024р.	
2	ІНСТРУМЕНТАРІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ, МОНІТОРИНГУ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	03.2024р. – 06.2024р.	
3	РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ БЕЗПЕКОЮ	07.2024р. – 11.2024р.	

Студент

Романюк Богдан

(підпис)

Керівник роботи

к.т.н. доц., Гуменний Петро

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Романюк Б. В. Комп'ютерно-інтегрована система управління пожежною безпекою об'єкта. – Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Західноукраїнський національний університет. Тернопіль, 2024.

У роботі розкрито засоби етапи розвитку систем пожежогасіння на об'єктах; проаналізувати еволюцію засобів та технологій пожежегасіння; наведено основні тенденції вдосконалення протипожежних систем; класифікувати сучасні системи пожежної сигналізації; розглянуто різні типи систем пожежної сигналізації; наведено автоматичні системи пожежегасіння; проаналізувати принципи функціонування автоматизованих систем пожежегасіння; спроектувати архітектуру інтелектуальної системи пожежної сигналізації.

ANOTATION

Romaniuk B. V. Computer-Integrated System for Fire Safety Management of an Object. – Manuscript.

A study for obtaining the academic degree of "Master" in specialty 174 "Automation, Computer-Integrated Technologies, and Robotics," educational and professional program "Automation and Computer-Integrated Technologies" – West Ukrainian National University –Ternopil. – 2024.

The study explores the stages of development of fire suppression systems at facilities, analyzes the evolution of fire suppression tools and technologies, and outlines the main trends in the improvement of fire protection systems. Modern fire alarm systems are classified, and various types of fire alarm systems are considered. The research provides an overview of automatic fire suppression systems, analyzes the principles of operation of automated fire suppression systems, and designs the architecture of an intelligent fire alarm system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОБ'ЄКТІ КЕРУВАННЯ.....	13
1.1 Вивчення етапів удосконалення системи пожежного захисту на об'єктах.....	13
1.2 Класифікація систем пожежної сигналізації	20
1.3 Дослідження автоматичних систем пожежогасіння.....	25
2. ІНСТРУМЕНТАРІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ, МОНІТОРИНГУ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	33
2.1 Дослідження функціональних можливостей центральних модулів опрацювання сигналів у протипожежних комплексах	33
2.2 Аналіз принципів функціонування пожежних сповіщувачів	38
2.3 Аналіз компонентів автоматичних систем пожарогасіння	44
3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ БЕЗПЕКОЮ.....	56
3.1 Розробка та опис моделі алгоритму протипожежної системи у програмному середовищі розробки UML-діаграм	56
3.2 Розробка підсистем підтримування заданого рівня рідини в резервуарі та автоматичного пожежогасіння	59
3.3 Симуляція роботи системи пожежогасіння.....	68
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
ДОДАТОК А. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТІРАС-А...	80
ДОДАТОК Б. МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПОЖЕЖЕГАСІННЯ.....	81
ДОДАТОК В. ПУБЛІКАЦІЇ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ –автоматизована система управління

СПБ-система протипожежної безпеки

МК – мікроконтролер

АЦП-аналого-цифровий перетворювач

СКД- система контролю доступу

ПС-пожежна сигналізація

ВСТУП

Актуальність теми. Статистичні дані «свідчать, що серед усіх надзвичайних ситуацій пожежі становлять найсерйознішу загрозу для життя людей, а також для збереження матеріальних і природних ресурсів. Рівень кількості пожеж і завданих ними збитків в Україні значно перевищує аналогічні показники в розвинених країнах світу. Досвід міжнародної спільноти демонструє, що ефективне вирішення цієї проблеми потребує розробки й впровадження регіональних програм протипожежного захисту. Ключовими складовими таких програм мають стати проекти створення сучасних систем протипожежного захисту об'єктів (СПЗО) і оперативної ліквідації пожеж (ЛП). Додатково, військові дії Росії на території України суттєво збільшують ризики виникнення пожеж. Обстріли населених пунктів, пошкодження інфраструктури, а також загоряння у лісах і на полях під час спекотного сезону створюють додаткові загрози, які значно ускладнюють ситуацію з пожежною безпекою в країні.

Збільшення кількості пожеж обумовлене сучасними умовами життя суспільства та безвідповідальним ставленням людей до поводження з вогнем. Пожежі щорічно завдають непоправної шкоди нашій державі як в матеріальному, так і в гуманітарному аспектах, тому забезпечення пожежної безпеки та розробка інтелектуальних автоматизованих систем пожежної сигналізації є вкрай актуальними завданнями». [1]

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є розробка автоматизованої інтелектуальної системи пожежної сигналізації для забезпечення безпеки промислового приміщення.

Для досягнення визначеної мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Дослідити етапи розвитку систем пожежогасіння на об'єктах:
 - проаналізувати еволюцію засобів та технологій пожежогасіння
 - визначити основні тенденції вдосконалення протипожежних систем
2. Здійснити класифікацію сучасних систем пожежної сигналізації:

- розглянути різні типи систем пожежної сигналізації
- порівняти ефективність та особливості застосування кожного типу

3. Дослідити автоматичні системи пожежогасіння:

- вивчити принципи функціонування автоматизованих систем пожежогасіння
- проаналізувати можливості інтелектуального управління такими системами

4. Розробити та описати модель алгоритму протипожежної системи у середовищі UML-діаграм:

- спроєктувати архітектуру інтелектуальної системи пожежної сигналізації
- деталізувати основні функціональні блоки та їх взаємодію

5. Розробити підсистему підтримання заданого рівня рідини в резервуарі та автоматичного пожежогасіння:

- спроєктувати систему моніторингу та управління рівнем рідини
- інтегрувати підсистему автоматичного пожежогасіння

6. Провести симуляцію роботи розробленої системи пожежогасіння:

- перевірити функціональність системи в різних сценаріях
- оцінити ефективність та надійність роботи системи

Виконання запропонованого переліку завдань дозволить створити ефективну автоматизовану інтелектуальну систему пожежної сигналізації, здатну забезпечити високий рівень пожежної безпеки промислового приміщення.

Об'єкт дослідження – є процеси управління інтелектуальними системами безпеки в промислових приміщеннях, що сприяють зниженню ризику виникнення пожежних аварій.

Предмет дослідження – система, що реалізує автоматизоване керування інтелектуальною сигналізацією для покращення пожежної безпеки виробничого приміщення.

Методи дослідження. У дослідженні застосовано методи імітаційного моделювання для створення відповідної моделі, методи нечіткої логіки та кінематичного аналізу для розробки алгоритмів керування системою пожежної сигналізації, а також технології проектування програмного забезпечення і апаратних засобів для оцінки розроблених моделей.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна даної системи полягає в розробці інтегрованої автоматизованої системи керування інтелектуальною пожежною сигналізацією для промислових приміщень, яка використовує методи нечіткої логіки та нейро-нечіткі алгоритми для адаптивного керування в умовах змінних факторів середовища.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено структурні рішення, моделі, алгоритми керування та їх апаратну реалізацію для створення автоматизованих систем пожежної сигналізації та забезпечення безпеки об'єктів.

Напрямки подальших досліджень. Впровадження цих рішень у реальні системи протипожежного захисту сприяє підвищенню ефективності автоматизованих систем пожежної сигналізації та загального рівня безпеки об'єктів.

Апробація. Романюк Б.В. Розробка імітаційної моделі керування інформаційно-вимірювальною системою цукрового виробництва / П.В. Гуменний, А.С. Гриців, Б.В. Романюк, Ю.П. Сорока //Інноваційні підходи до розвитку технологій та економіки ІADTE 2024. – Свалява. – ЗУНУ – Червень 27, 2024. –с. 79-82.

Романюк Б.В. . Автоматизована система управління технологічним процесом вкладання асфальту / П.В. Гуменний, А.С. Гриців, Б.В. Романюк, Ю.П. Сорока //Збірник матеріалів науково-практичного симпозіуму «Технології Інтернету речей: системи та рішення» (TIP СТ - 2024), Тернопіль, 2024. - с.14-19.

Романюк Б.В. комп'ютерно-інтегрована система енергозабезпечення на основі відновлюваних джерел енергії / А.С. Гриців, Б.В. Романюк, Ю.П.

Сорока //Збірник матеріалів науково-практичного симпозіуму «Технології Інтернету речей: системи та рішення» (ТІР СТ - 2024), Тернопіль, 2024. - с.53-56.

1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОБ'ЄКТІ КЕРУВАННЯ

1.1 Вивчення етапів удосконалення системи пожежного захисту на об'єктах

Згідно «з результатами моніторингу, проведеного у нашій державі нині фіксується послідовна динаміка до підвищення масштабів займань та пожежних випадків серед усіх груп об'єктів (рисунок 1.1). Так, протягом 2017 року в країні було зареєстровано 83116 пожеж, що на 9,0% перевищує показник 2016 року. При цьому прямі матеріальні збитки зросли на 25,3%, а непрямі - на 64,4%. Загальний обсяг матеріальних втрат від пожеж за вказаний період склав 7 млрд 860 млн 225 тис. грн, з яких 2 млрд 38 млн 653 тис. грн припадає на прямі збитки і 5 млрд 821 млн 572 тис. грн - на непрямі. Відтак, у середньому, за однією пожежею в Україні фіксувались прямі збитки на рівні 18325 грн, а з урахуванням супутніх втрат - 71329 грн» [2].



Рисунок 1.1- Інфографіка про кількість пожеж в Україні за період
2014–2022 років

Окремо слід зазначити, що зростання кількості пожеж в Україні також пов'язане з «військовою агресією Російської Федерації. Бойові дії, обстріли населених пунктів і пошкодження інфраструктури значно підвищують ризики виникнення пожеж, що погіршує загальну ситуацію з пожежною безпекою в країні.

Статистика невблаганна: пожежі залишаються однією з найпоширеніших і найруйнівніших надзвичайних ситуацій в Україні. Щороку вогонь знищує тисячі житлових будинків, промислових підприємств, лісових масивів, завдаючи колосальних економічних збитків і забираючи людські життя. Порівняно з розвинутими країнами, рівень пожежної безпеки в Україні залишається низьким, що зумовлено низкою причин: застарілою інфраструктурою, недостатнім фінансуванням, недосконалою системою пожежної охорони та, на жаль, низькою пожежною культурою населення» [2].

Особливо гострою проблемою є пожежі в житловому секторі, спричинені необережним поводженням з вогнем, несправністю електроприладів та порушенням правил експлуатації опалювальних приладів. Великі масштаби набувають також лісові пожежі, які, крім матеріальних збитків, завдають непоправної шкоди екології.

Для подолання цієї кризи необхідний комплексний підхід. Впровадження інноваційних комплексів автоматизованої протипожежної сигналізації, які обладнані надсучасними інтелектуальними сенсорними пристроями миттєвого реагування, очевидно, кардинально підвищує рівень протипожежної безпеки в різноманітних типах приміщень інтелектуальними алгоритмами аналізу даних, що дозволяють своєчасно виявляти ознаки пожежі та передавати сигнали тривоги.

Будівництво нових пожежних депо, оновлення парку пожежної техніки, розширення мережі гідрантів. Розробка та впровадження нових будівельних норм і правил, що забезпечують підвищення стійкості будівель до вогню.

Формування у населення почуття відповідальності за пожежну безпеку, навчання правилам пожежної безпеки в школах, на підприємствах та в громадських місцях. Одним з перспективних напрямків розвитку пожежної безпеки є використання сучасних технологій. Створення мережі датчиків, здатних виявляти ранні ознаки пожежі, підвищення температури, дим та інші фактори.

Результативність та практична доцільність застосування протипожежних сигналізаційних комплексів «постає очевидною за підсумками ґрунтовного дослідження, проведеного наприкінці минулого століття визнаними експертами Європейської спеціалізованої корпорації “Eurolam”. Науковий аналіз, безумовно, вирізняється масштабністю та ретельністю: фахівцями було опрацьовано близько 12 тисяч диференційованих сигналізаційних систем, понад 1 мільйон автоматизованих протипожежних детекторів та проаналізовано 8 тисяч осередків займання впродовж п'ятнадцятирічного періоду.

Відповідно до принципових результатів дослідження, імплементація інтелектуальних протипожежних сигналізаційних механізмів дозволяє редукувати потенційні матеріальні втрати на вражаючі 63%. Більше того, інтеграція систем автоматизованого дистанційного виклику рятувальних підрозділів додатково мінімізує збитковість на 9%, а при миттєвій реєстрації загоряння автоматизованими системами та оперативній ліквідації займання персоналом до прибуття професійних рятувальників, сукупні матеріальні втрати скорочуються до приголомшливих 86%.» [3].

Сучасні «тенденції розвитку систем безпеки від пожеж включають кілька ключових напрямків:

- інтеграція мікропроцесорних технологій та засобів для відображення і реєстрації даних;
- впровадження адресних систем для точного визначення місць загоряння;

- використання адаптивних налаштувань чутливості для зменшення помилкових спрацьовувань;
- застосування графічних інтерфейсів на базі ПК для моніторингу стану системи сигналізації;
- використання різноманітних каналів зв'язку для зниження експлуатаційних витрат;
- цілодобове спостереження за технічним станом спеціальних засобів» [3].

Таблиця 1.1 надає інформацію про основні ключові етапи розвитку , що відображають розвиток «еволюції інтелектуальних протипожежних сигналізаційних комплексів унаочнює неабиякий поступ у сфері забезпечення комплексної безпеки різноманітних об'єктів. Очевидно, сучасний спектр інноваційних технічних інструментів протипожежного моніторингу, що наразі існує, можна систематизувати та класифікувати за низкою визначальних та репрезентативних критеріїв:

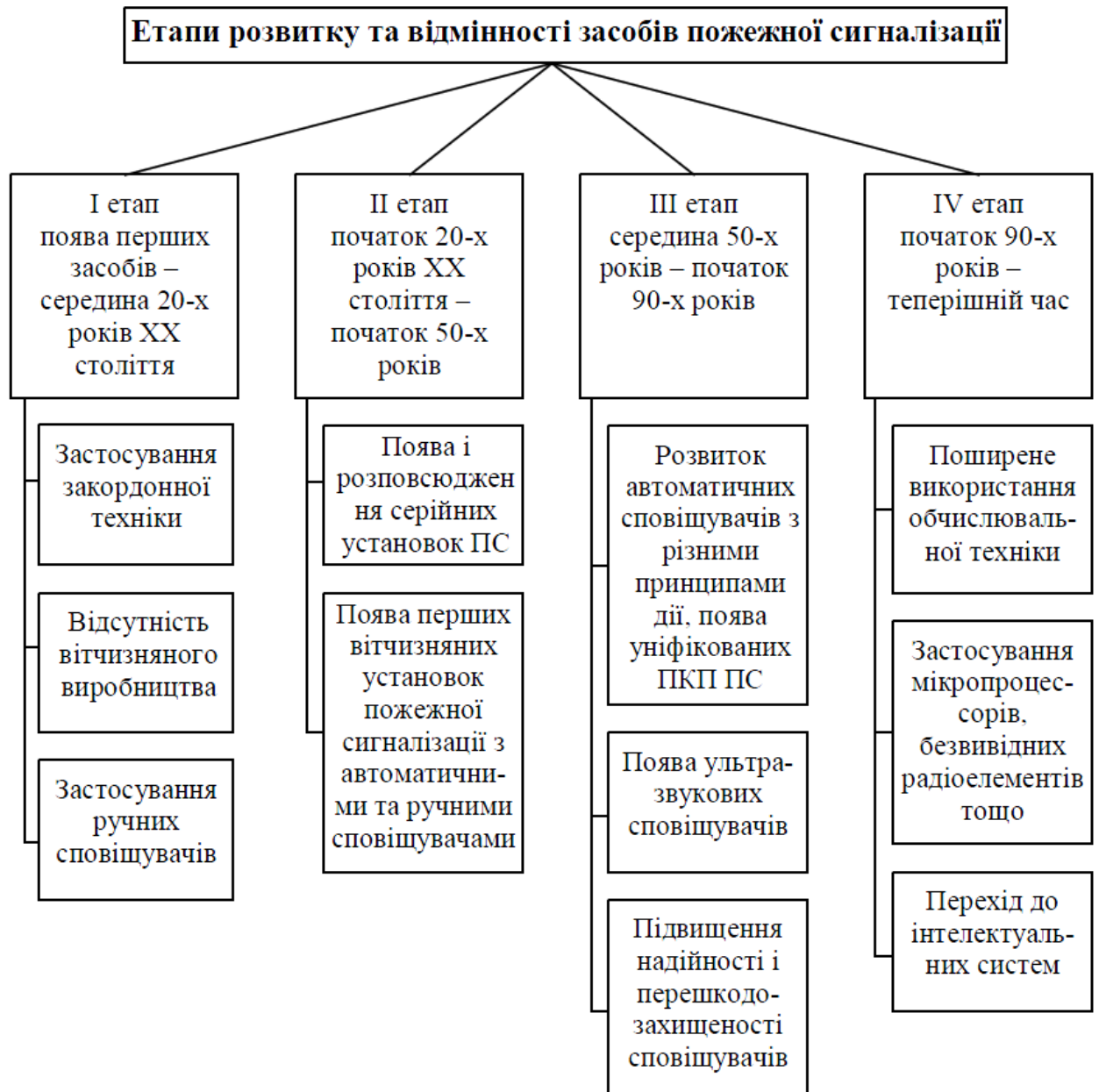
- сучасні протипожежні системи являють собою надскладні технологічні комплекси, які, безумовно, диференціюються за функціональним призначенням та видом технічного забезпечення, включаючи інноваційні інструменти пожежної сигналізації, диверсифіковані механізми охоронного моніторингу, високоінтелектуальні прилади диспетчеризації автоматизованих установок пожежегасіння;

- комплексні установки пожежної сигналізації, багатоканальні системи екстреної передачі сповіщень про потенційні загоряння, уніфіковані центральні пульти централізованого спостереження та унікальні спеціалізовані технічні пристрої цільового протипожежного призначення, що забезпечують багаторівневий та максимально ефективний захист різноманітних об'єктів;

- сучасні технічні засоби протипожежних систем характеризуються унікальними конструктивними рішеннями, що передбачають диференційовані варіанти виконання, зокрема: стандартне уніфіковане

компонування, спеціалізовані вибухостійкі модифікації, інноваційні пілезахиснені та вологостійкі конструктиви, які повною мірою відповідають нормативним вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) стосовно диференційованих класів захисту електротехнічного обладнання;

Таблиця 1.1. Стадії що відображають розвиток пожежної сигналізації.



- високоінтелектуальні спеціалізовані провідні та оптоволоконні мережі до інтегрованих комунікативних каналів, включаючи електромережеві, радіочастотні, міські телекомунікаційні та мобільні стільникові канали передачі сигналів;

- універсальні інтелектуальні детектори, здатні реагувати на специфічні первинні індикатори загоряння, високоспеціалізовані пристрої, призначені для функціонування в екстремальних середовищних умовах, та надскладні комбіновані системи, спроможні миттєво ідентифікувати та реєструвати одночасно декілька первинних ознак потенційної пожежної небезпеки;

- електромеханічні компоненти, що входять до надскладних інтелектуальних мікроелектронних систем з використанням дискретних напівпровідників, інтегральних мікросхем, високоінтегрованих схем (BIC), передових мікропроцесорних та мікроконтролерних архітектур, які забезпечують максимально точне та оперативне реагування на потенційні загрози» [4].

Скорочення втрат від пожеж здебільшого залежить від ефективності превентивних заходів, здійснюваних підрозділами ДСНС України на різних об'єктах, а також від рівня впровадження комплексних систем протипожежного захисту (СПЗ) і проєктів гасіння пожеж (ГП). Ці напрями тісно взаємопов'язані, оскільки успішність проєктів ГП безпосередньо залежить від якості реалізації СПЗ, забезпечуючи більшу злагодженість і ефективність дій.

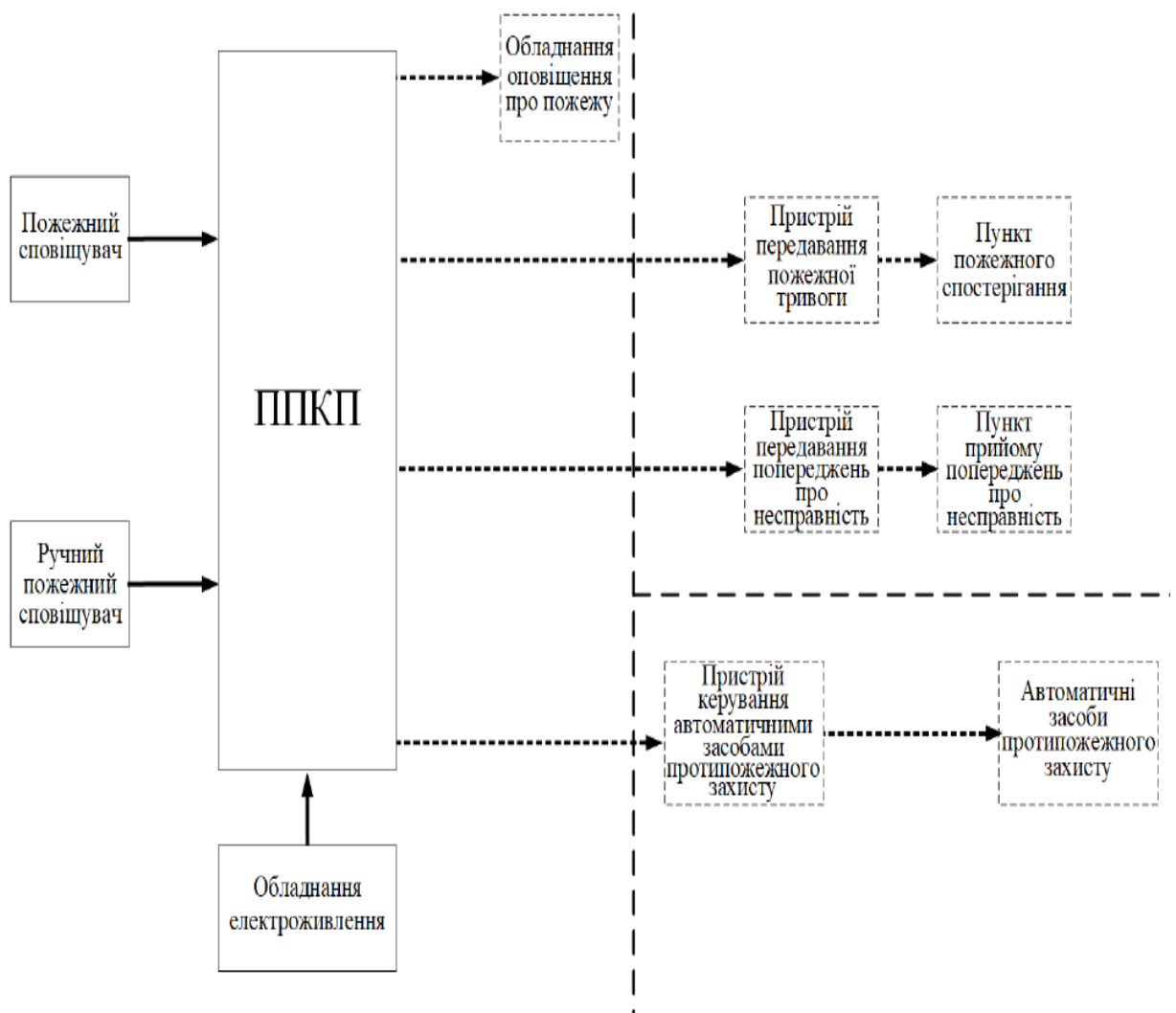
Основою організації проєктів ГП є територіальний план заходів із ліквідації пожеж. Цей документ визначає послідовність дій всіх учасників, серед яких відповідальні підрозділи об'єкта загоряння та спеціалізовані рятувальні команди для швидкого реагування. Аналіз цього плану дозволив виокремити два основних напрями проєктної діяльності – СПЗ і ГП, необхідних для конкретних об'єктів. Вони вимагають комплексного підходу для досягнення синергії, що значно підвищує рівень ефективності та управління.

Розглянемо актуальний стан і специфіку керування проєктами СПЗ і ГП на різних об'єктах. Реалізація «СПЗ передбачає створення комплексної системи захисту, що включає наступні компоненти:

- приймально-контрольні пристрої для пожежної сигналізації;

- багатофункціональні пожежні датчики;
- системи аварійного оповіщення;
- механізми для відведення диму і тепла з автоматичною активацією;
- автоматичні розблокувальні евакуаційні двері;
- системи автоматичного пожежогасіння для висотних будівель.

На рисунку 1.2 представлена типова структура системи пожежної сигналізації та оповіщення, де суцільною лінією позначені обов'язкові елементи та комунікації автоматичної системи, а пунктиром – додаткові компоненти та з'єднання» [4].



ППКП - пожежний приймально-контрольний прилад.

Рисунок 1.2 Демонструє базову структуру комплексу пожежної сигналізації та оповіщення

Дослідження технічного стану протипожежних систем виявляє, що значна кількість об'єктів має неналежно функціонуючі системи виявлення займання та сповіщення про небезпеку. Особливу тривогу викликає така ситуація в житловому секторі, де подібні недоліки становлять пряму загрозу безпеці мешканців. При «розташуванні об'єкта на відстані понад 3 км від пожежного підрозділу статистичні дані демонструють наступні часові показники:

- за повної відсутності протипожежного захисту прогнозований період некерованого горіння становить 33,9 хвилини;
- при відсутності ППКП та сповіщувачів час неконтрольованого поширення вогню складає 25,9 хвилини;
- за наявності повноцінного комплексу протипожежного захисту період вільного розповсюдження пожежі скорочується до 23,9 хвилини» [5].

Комплексне дослідження матеріальних втрат від пожеж демонструє, що об'єкти без системи протипожежного захисту зазнають збитків у 2,2 рази більших порівняно з захищеними об'єктами. Ці дані переконливо підтверджують економічну доцільність встановлення протипожежного обладнання як ефективного інструменту мінімізації фінансових втрат внаслідок пожеж.

1.2 Класифікація систем пожежної сигналізації

Конструкція систем пожежної сигналізації базується на взаємодії чутливих елементів-сповіщувачів із центральним приймально-контрольним пультом (ПКП), що опрацьовує їхні сигнали. Такі комплекси отримали назву конвенційних систем.

Історичні «витоки автоматизованих засобів виявлення пожежі сягають середини XIX століття. Знаковою подією стала публікація 1846 року в часописі “Вітчизняні записки”, де висвітлювався британський винахід протипожежного пристрою для житлових приміщень. Конструкція включала

металевий вантаж, закріплений на шнурі, протягнутому через кімнату. За різкого температурного підвищення шнур руйнувався, спричиняючи падіння вантажу на детонаційний механізм. Потужний звуковий сигнал попереджав мешканців про наближення небезпеки. Промисловість також впроваджувала подібні рішення: у виробничих приміщеннях під стельовим перекриттям розміщували тонкий шнур з вантажем, який при падінні активував не вибуховий пристрій, а механічний дзвінковий механізм.

Епоха механічних сигнальних систем виявилася короткотривалою. Протягом незначного періоду з'явилася низка електрифікованих комплексів, що функціонували на принципах зміни параметрів рідини чи пружних елементів. Ці трансформації використовувалися для розмикання електричного контуру. Показовим прикладом слугує розробка компанії “Сіменс-Гальске” (рисунок 1.3)» [6].

Конструкція складалася з ємності з рідиною, накритої металевим напівсферичним ковпаком із вмонтованою контактною групою. Ємність герметизувалася корком зі стрижнем, який за нормальної температури не взаємодіяв із контактами. При термічному навантаженні рідина закипала, розширювалася та створювала тиск на корок зі стрижнем, що призводило до замикання контактної системи сповіщувача.

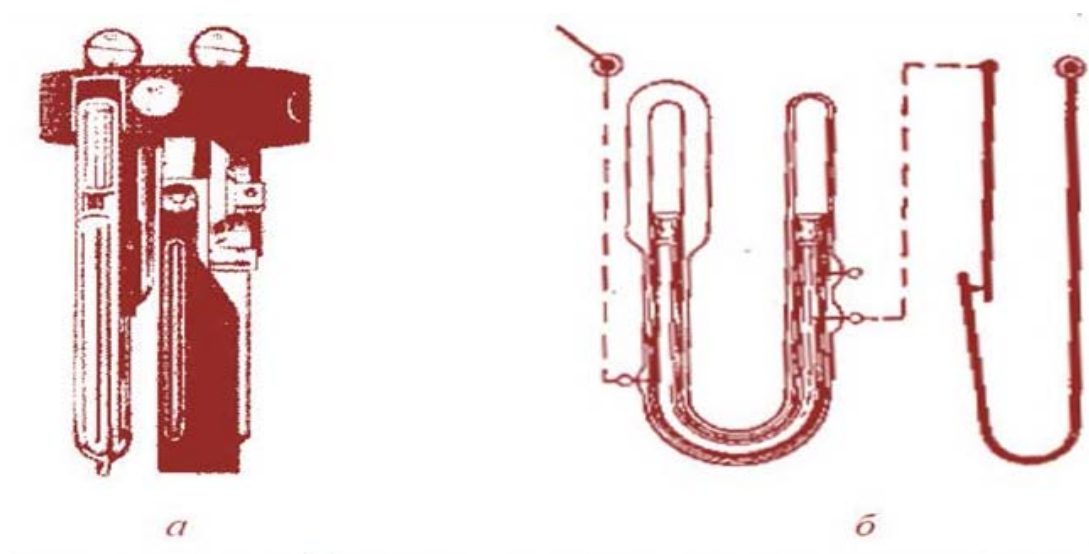


Рисунок 1.3. Пристрій Сіменс-Гальске

Сучасні технології протипожежного захисту класифікують автоматизовані системи сигналізації на три ключові категорії: Система порогового типу, візуалізована на рисунку 1.4, відрізняється унікальною архітектурою, де кожен датчик налаштований на певний граничний рівень. Наприклад, термодатчик активується при досягненні заданої температури, надсилаючи сигнал до центрального блоку управління. Порогові системи мають радіальну структуру сигнальних ліній, що забезпечує стабільну передачу інформації про загрозу загоряння.

Ця архітектура сприяє створенню міцної мережі датчиків, здатних оперативно реагувати на перевищення безпечних показників та своєчасно попереджати центральний пульт управління про потенційне займання.

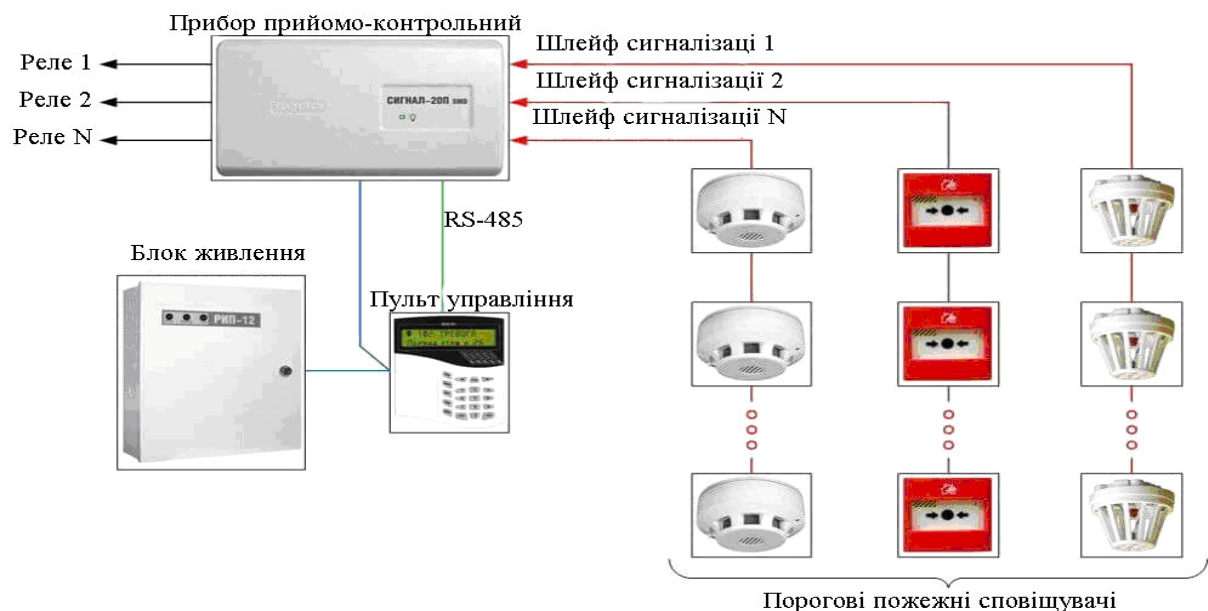


Рисунок 1.4 - Структурна схема порогової системи пожежної сигналізації

Операційний механізм базується на функціонуванні спеціалізованих променевих ліній (кабельних пожежних контурів), де кожна лінія інтегрує від 20 до 30 сенсорних пристроїв, що активуються при виявленні аномальних умов середовища. Центральний контролер ідентифікує та відображає номер конкретного променевого контуру, який зафіксував спрацювання детектора. Ключовою економічною перевагою порогових систем виступає їх відносно

помірна вартість впровадження. Проте, ця технологія має суттєві функціональні обмеження: затримка у виявленні джерела займання та обмежені можливості інформаційного обміну.

Адресна архітектура пожежної сигналізації, схематично зображена на рисунку 1.4, реалізує принципово інший підхід. Взаємодія «між центральним пультом та детекторами здійснюється за допомогою спеціального протоколу, що забезпечує постійний моніторинг функціональності сенсорів через систему регулярних запитів від контрольної панелі до кожного пристрою. Система розпізнає чотири ключові стани сенсорного обладнання: – штатний режим функціонування; – детекція займання; – втрата комунікації; – технічна несправність.

Така архітектура дозволяє здійснювати безперервний контроль стану кожного елемента системи та забезпечує високу точність локалізації потенційних загроз» [6].

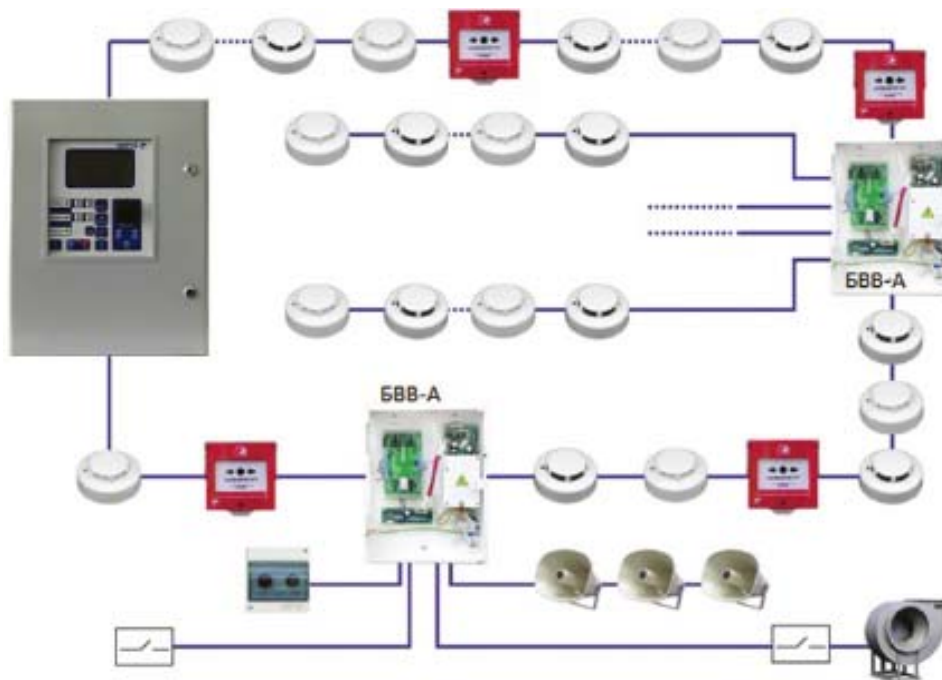


Рисунок 1.4 – Схема адресної пожежної сигналізації

Основні переваги цієї технології полягають у досягненні оптимального співвідношення між функціональністю та інвестиціями, а також у можливості безперервного моніторингу детекторів із розширеними

можливостями передачі інформації. Проте одним з функціональних обмежень залишається дещо більший час виявлення осередку загоряння.

Адресно-аналогова система, представлена на рисунку 1.6, «демонструє найсучасніше рішення з розширеними функціональними можливостями. Відмінною рисою цієї системи є здатність центрального контролера самостійно аналізувати параметри об'єкта в режимі реального часу. Інтелектуальна панель керування, оснащена спеціалізованим програмним забезпеченням, проводить регулярне опитування підключених сенсорів, що дозволяє точно та швидко оцінювати загрози. Ця система завдяки своїй програмно-аналітичній потужності забезпечує швидкість реагування у 15–20 разів вищу порівняно з іншими системами. Проте бар'єром для її масового використання залишається висока вартість обладнання» [7].

Комплекс пожежного оповіщення має ключове значення для забезпечення безпеки людей, захисту матеріальних ресурсів та документації. Після виявлення загрози активується звукова система сповіщення, яка оперативно транслює адаптовані повідомлення з інструкціями щодо евакуації, враховуючи специфіку будівлі та особливості ситуації. Додатково система надає можливість ручного управління, що дозволяє відповідальним особам передавати термінові повідомлення в режимі реального часу.

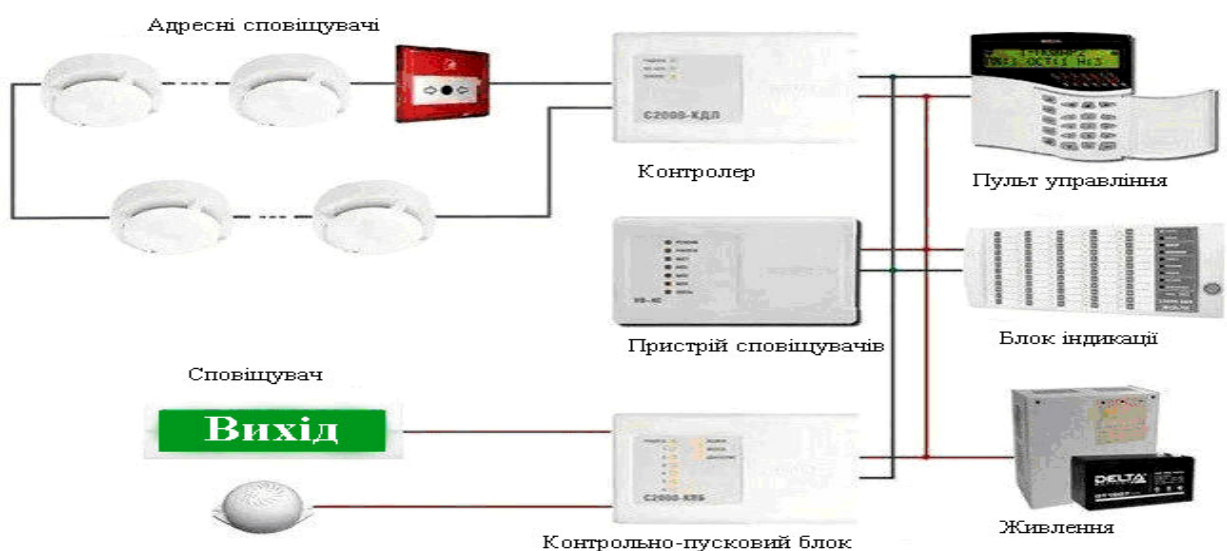


Рисунок 1.6 – Схема адресно-аналогової пожежної сигналізації

При активації тривожного сигналу адресно-аналогова система надає можливість диспетчеру швидко втрутитися та надавати пріоритет важливим повідомленням, що дозволяє фахівцеві оперативно реагувати та приймати обґрунтовані рішення для запобігання небажаних наслідків.

Серед додаткових переваг «адресно-аналогової системи у порівнянні з опитувальною адресною є наступні:

- зменшення кількості шлейфів до одного – кільцевого, або «петлі», що дозволяє підключити до 99 автоматичних сповіщувачів, 99 ручних адресних сповіщувачів та модулів для управління вентиляцією і системами димовидалення;

- стійкість до виходу з ладу окремих датчиків або обриву дроту, оскільки система продовжує функціонувати, здійснюючи опитування датчиків по обидва боки від місця обриву і вказуючи на конкретний несправний датчик або ділянку обриву;

- можливість встановлення індивідуальних порогів спрацювання для кожного приміщення з можливістю автоматичного налаштування залежно від часу доби або дня тижня. Наприклад, для запобігання хибним сигналам у денний час чутливість димових сповіщувачів може бути знижена, а вночі – повернена до максимального рівня». [7]

Ця система використовує інтелектуальні сповіщувачі, які передають не лише адресу та стан, але й поточні параметри моніторингу. Це забезпечує своєчасне виявлення тривожних ознак на ранньому етапі, а також дозволяє визначити потребу в технічному обслуговуванні обладнання. Окрім цього, адресно-аналогові системи дозволяють змінювати поріг чутливості сповіщувачів без необхідності переривання роботи пожежної сигналізації [7].

1.3 Дослідження автоматичних систем пожежегасіння

Автоматичні системи водяного пожежогасіння широко використовуються для ліквідації пожеж різних категорій, таких як А, В і С.

Ці системи складаються з технічних засобів, які автоматично подають воду для гасіння вогню після активації.

Основна функція систем водяного пожежогасіння — це виявлення, локалізація та ліквідація займання з використанням води, а також передача сигналу про пожежу. Вони мають різноманітні застосування і можуть використовуватися в багатьох випадках, де вода є безпечним та ефективним засобом гасіння. При виборі системи для конкретного об'єкта варто враховувати такі фактори, як пожежна небезпека, фізико-хімічні властивості матеріалів, технологічні особливості та економічні показники.

Системи водяного пожежогасіння поділяються на типи залежно від способу подачі вогнегасної речовини, зокрема спринклерні, дренчерні та пожежні роботи [7].



Рисунок 1.7 – Класифікація автоматизованих систем водяного пожежогасіння

Системи водозаповненого типу використовуються в приміщеннях з постійною температурою не нижче 5°C, тоді як повітряні системи розроблені для застосування в неопалюваних зонах.

Системи з попередньою дією мають комбінований механізм активації, який вимагає одночасного спрацювання декількох компонентів, наприклад, поєднання спринклерних розпилювачів і детекторів пожежі для запуску системи.

Спринклерні системи — «це в загальному випадку достатньо автоматизовані комплекси, призначені для активного виявлення пожежі, використовуючи сигналізацію, а також при цьому забезпечуючи локалізацію вогню та охолодження конструкцій. Основні компоненти показані на рисунку 1.8.

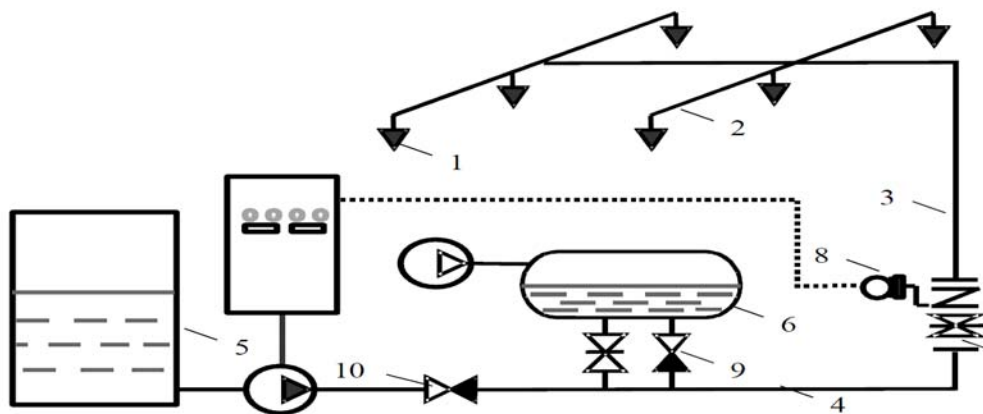


Рисунок 1.8 – Основна схема спринклерної водяної системи пожежогашіння

Принцип роботи наступний: «спеціальні розпилювачі (спринклери), які зазвичай монтуються на стелі, під'єднані до трубопровідної мережі, що постачає воду по всьому приміщенню. Коли температура в зоні загоряння підвищується до критичного рівня, тепловий замок спринклера плавиться, що спричиняє випуск води під високим тиском. Система оснащена насосами та водяними резервуарами для забезпечення безперервної подачі води. При спрацюванні одного з розпилювачів автоматично активується система, яка подає воду на інші спринклери в зоні пожежі. Це дозволяє швидко локалізувати вогонь і припинити його поширення.

Наведена системи водяного пожежогасіння полягає в тому, що у стані готовності система підтримує постійний тиск, який забезпечується автоматичним водоживильником (6). Коли спрацьовує спринклерний зрошувач (1), тиск у розподільчому (2) та живильному трубопроводах (3) зменшується. Це викликає активацію контрольно-сигнального клапана (7), і по підвідному трубопроводу (4) від автоматичного водоживильника (6) вода подається через активовані зрошувачі (1) на осередок пожежі. Наступним кроком вода потрапляє до сигнального пристрою (8), який сповіщає про спрацювання клапана. Командний сигнал активує основний водоживильник (5), що подає воду в розподільчу мережу (2). Зворотний клапан (9) блокує автоматичний водоживильник (6) від системи, коли працює основний водоживильник.

Спринклерні системи розраховані на гасіння пожеж на обмежених, заздалегідь визначених площах, що дозволяє ефективно зупиняти поширення вогню в межах певної ділянки. Структурну схему такої системи можна побачити на рисунку 1.9» [8].

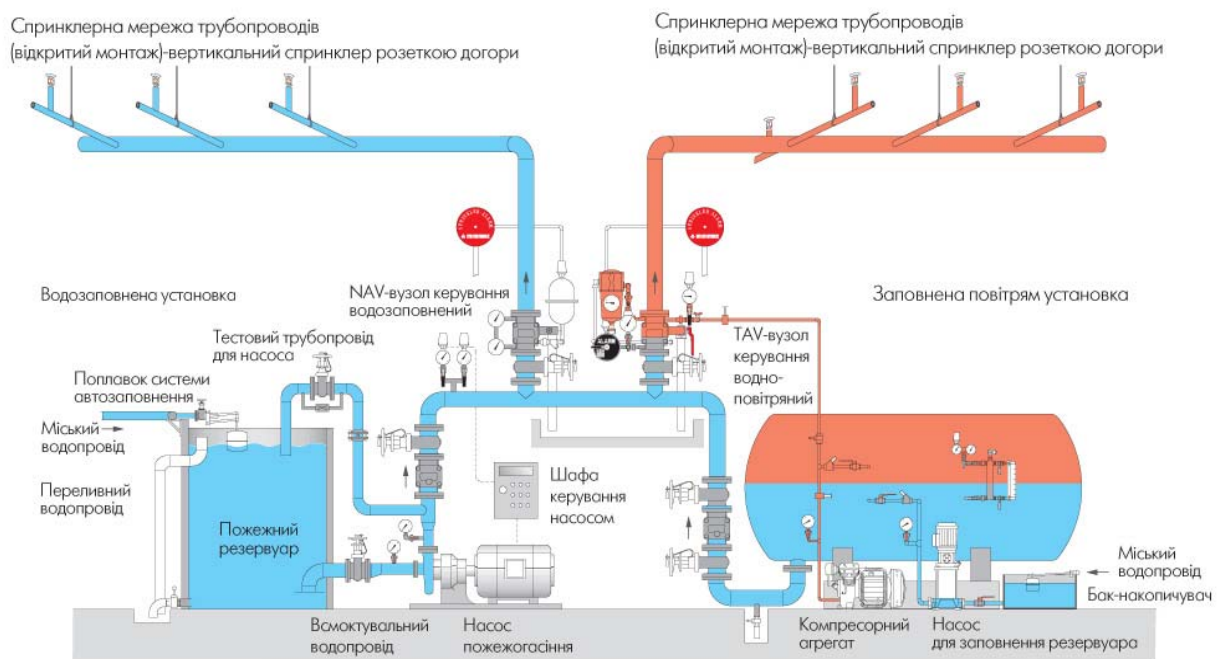


Рисунок 1.9- Структурна схема спринклерної водяної системи пожежогасіння

Головна відмінність дренчерної системи від наведеної на рисунку 1.8 у «присутності спонукальної системи, що забезпечує активацію системи після виявлення пожежі. Спонукальна система складається зі спеціальних датчиків, які реагують на зміни температури або наявності диму, що дозволяє виявити загоряння на ранніх стадіях. Після виявлення пожежі система автоматично подає воду під високим тиском до всіх спринклерів або зрошувачів, охоплюючи всю зону загоряння, забезпечуючи максимальне охолодження та гасіння вогню.

Порівняно зі спринклерними системами, де вода подається лише через активовані спринклери, дренчерні системи забезпечують більш інтенсивне і рівномірне розподілення води по всій площі. Це особливо ефективно при гасінні пожеж у великих приміщеннях або на об'єктах з високим рівнем небезпеки. Така система використовується на об'єктах, де можливе швидке поширення вогню на великі площі або де необхідно швидко охолодити не тільки осередок пожежі, але й конструктивні елементи будівель.

Крім того, дренчерні системи часто застосовуються на хімічних заводах, складах, електростанціях, де ризик вибуху або сильної пожежі є вищим, а також у місцях, де важлива швидка локалізація вогню для запобігання великомасштабним руйнуванням. Однією з особливостей дренчерних систем є їх здатність працювати не тільки при виявленні пожежі, але й у разі неконтрольованого поширення температури, завдяки використанню спеціальних спонукальних пристроїв, що гарантують швидку активацію системи» [9].

Таким чином, дренчерні системи водяного пожежогасіння є більш універсальними та ефективними в умовах великого ризику, оскільки вони здатні оперативно реагувати на загрози та охоплювати більші площі для гасіння вогню, забезпечуючи безпеку в найбільш небезпечних умовах.

Дренчерні системи (рисунк 1.10) працюють завдяки активації спонукальних механізмів, які можуть бути різними за типом: тросовими, гідравлічними (пневматичними) чи електричними. У стандартному стані

спонукальна система підтримується під певним тиском, що забезпечується автоматичним водоживильником. У цей момент розподільчий та живильний трубопроводи знаходяться під атмосферним тиском, що означає, що вода в них не циркулює до моменту спрацьовування системи.

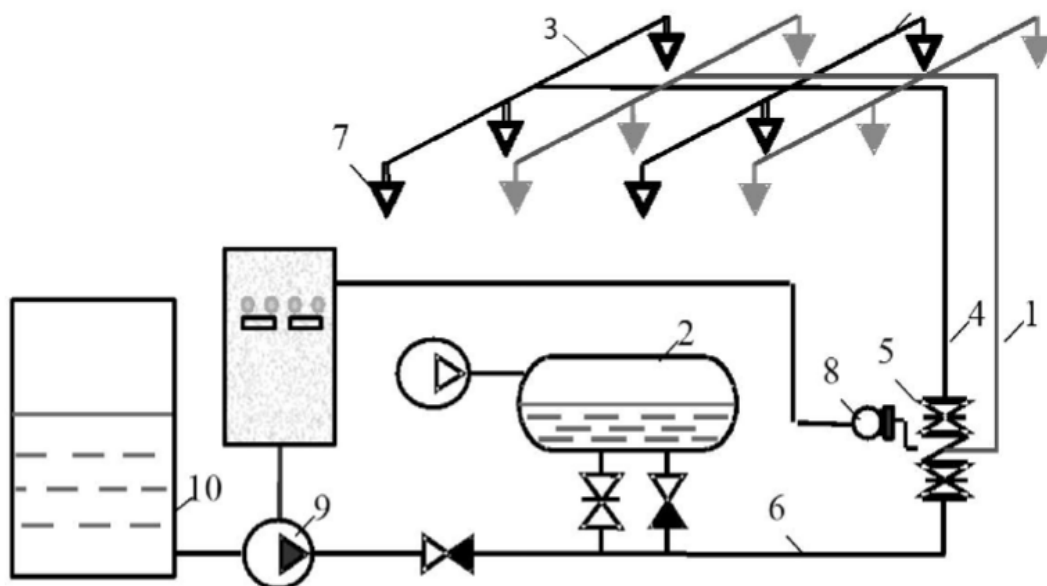


Рисунок 1.10 — Принципова схема дренчерної системи водяного пожежогасіння з гідравлічною системою

Як тільки виникає пожежа і «спрацьовують чутливі елементи системи (це можуть бути спринклерні зрошувачі, спеціальні пожежні сповіщувачі або тросові замки), тиск у спонукальній системі падає, оскільки вода або повітря виходять через ці елементи. Цей падіння тиску є сигналом для відкриття контрольно-сигнального клапана, через який вода з автоматичного водоживильника починає надходити до трубопроводів і дренчерних зрошувачів.

Під час активації системи, сигналізатор тиску вказує на зниження тиску, після чого автоматично включається основний водоживильник. Цей пристрій забирає воду з вододжерела і подає її у дренчерну мережу, що дозволяє ефективно охолодити зону пожежі та локалізувати вогонь.

Структурну схему дренчерної водяної системи пожежогасіння можна побачити на рисунку 1.11» [9].

Така система має ряд переваг, оскільки вона швидко реагує на зміни в оточуючому середовищі і може забезпечити водяним потоком велику площу, що є особливо важливим на об'єктах з високим ризиком пожеж або у випадках, коли необхідно оперативно охолодити великі приміщення.

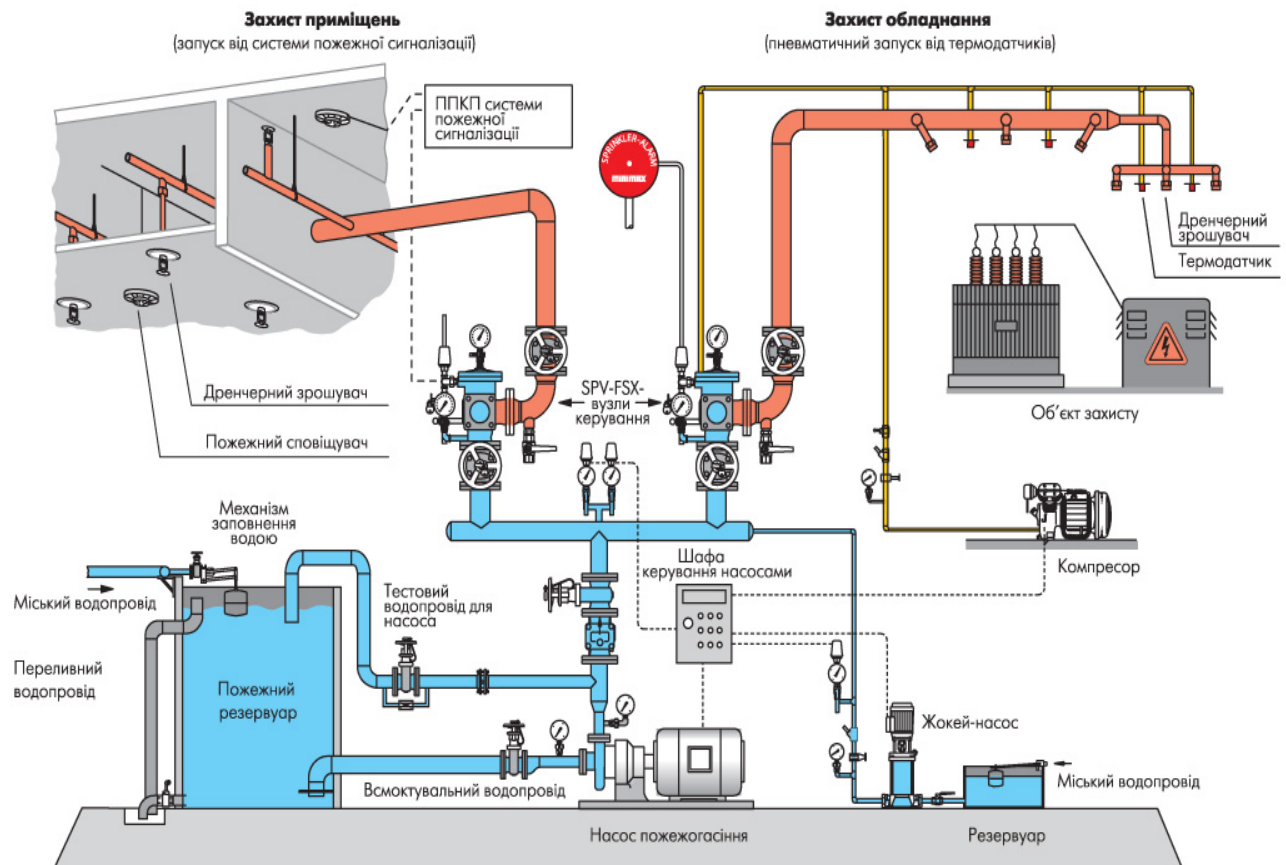


Рисунок 1.11 — Схема конструкції дренчерної водяної системи для гасіння пожеж

Дренчерні системи водяного пожежогасіння, аналогічно до спринклерних систем, є потужним засобом для швидкого гасіння пожеж на їх початкових стадіях. Головна перевага дренчерних систем полягає у їх спроможності подати значну кількість води в зону займання, що сприяє не тільки локалізації вогню, але й зниженню температури в приміщенні, що сповільнює поширення пожежі.

Важливим компонентом є швидка реакція спонукальних систем, які знижують тиск і забезпечують подачу води до дренчерних зрошувачів. Це

дозволяє максимально ефективно гасити вогонь на ранніх стадіях пожежі. З погляду науки, цей процес стосується термодинамічних явищ, коли швидке охолодження повітря і будівельних конструкцій водяним потоком допомагає не лише зупинити поширення вогню, але й знизити теплову інерцію матеріалів, що зменшує ймовірність виникнення повторного займання.

Дренчерні системи охолоджують не лише осередок пожежі, але й всі прилеглі поверхні, що має великий науковий інтерес з точки зору вивчення теплопередачі та впливу високих температур на фізичні властивості матеріалів. Це важливий аспект для розробки більш ефективних методів запобігання пожежам на об'єктах з високим ризиком, таких як промислові підприємства, склади чи місця масового перебування людей.

Таким чином, дренчерні системи водяного пожежогасіння є універсальним і надійним засобом в умовах великого ризику, адже вони забезпечують швидку реакцію на загрози і охоплюють великі площі для гасіння вогню, підвищуючи безпеку в найбільш небезпечних умовах.

2. ІНСТРУМЕНТАРІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ, МОНІТОРИНГУ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

2.1. Дослідження функціональних можливостей центральних модулів опрацювання сигналів у протипожежних комплексах

Центральний модуль обробки сигналів виступає ключовою ланкою в архітектурі протипожежної сигналізації, забезпечуючи координацію всіх підсистем. Його фундаментальними завданнями є: діагностика стану сигнальних ліній, накопичення даних від детекторів, трансляція інформації на диспетчерський пункт. За умов автономного функціонування центральний модуль координує систему сповіщення персоналу, механізми автоматичного пожежогасіння та димовидалення.

Типологія «центрального модуля» включає наступні категорії:

- за функціональним спрямуванням: командні, протипожежні, комбіновані охоронно-протипожежні;
- за обсягом інформаційного потоку: базові (два типи сповіщень), розширені (до п'яти типів) та професійні (понад п'ять типів сповіщень);
- за методом комунікації: дротові та радіоканальні;
- за топологією мережі: зміни та кільцева архітектура;
- за температурною адаптацією: для низькотемпературних чи опалених приміщень;
- за механізмом активації: індивідуальний, груповий, гібридний;
- за конфігурацією резервного живлення: інтегроване чи зовнішнє;
- за масштабістю: компактні (до 5 ліній), середні (5-20 ліній), масштабні (20-100 ліній)» [11]

Окрему категорію формують спеціалізовані модулі для об'єктів з підвищеною вибухонебезпечністю.

Інтелектуальний центральний модуль «FP2000 від компанії Aritech, підрозділу General Electric Security, представляє нове покоління обладнання для створення адаптивних протипожежних систем у спорудах різного призначення. Модель підтримує підключення 2-8 сигнальних ліній (шкірна лінія розрахована на 128 сенсорів). Інтерфейс включає сенсорну панель керування та LCD-дисплей для візуалізації системних параметрів. При інтеграції в масштабні об'єкти, модулі FP2000 об'єднуються через мережу ARCNET, формуючи розподілену систему безпеки з можливістю інтеграції додаткової підсистеми життєзабезпечення будівлі. Це робить FP2000 оптимальним вибором для об'єктів з розвиненою інженерною інфраструктурою» [9].



Рисунок 2.1 Демонструє адресно-аналоговий приймально-контрольний прилад Aritech серії FP2000

Цей прилад призначений для цілодобового протипожежного контролю об'єктів у системах активного пожежогасіння.

Інноваційний інтелектуальний прилад приймально-контрольного типу «ГАММА 102-САТ» (рисунок 2.2) являє собою високотехнологічний багатофункціональний комплекс, призначений для комплексного моніторингу, миттєвого прийому та багаторівневої обробки

диференційованих сигналів від автоматизованих протипожежних детекторів, ПЦС, сигналів про несправності системи пожежогасіння, управління системами видалення диму тощо. Він може застосовуватися в газових, порошкових, аерозольних, водяних, пінних системах активного пожежогасіння. Призначений для протипожежного захисту 1-го напрямку.



Рисунок 2.2- Зовнішній вигляд ППКП ГАММА 102-САТ

ППКП «ГАММА-102 САТ» сумісний з широким спектром пожежних сповіщувачів, а також забезпечує прийом сигналів, візуальну і звукову сигналізацію, контроль справності ШС, акумуляторної батареї, захист від несанкціонованого доступу, скидання пожежної тривоги тощо» [9].

ППКП «Тірас-А» (рисунок 2.3) високоінтелектуальний прилад призначений для комплексної розбудови та системної інтеграції протипожежних сигналізаційних комплексів на диференційованих об'єктах - від гранично простих до надскладних багаторівневих.



Рисунок 2.3- ППКП «Тірас-А»

Широкі функціональні можливості ППКП Тірас-А дозволяють спроектувати систему пожежної сигналізації з урахуванням індивідуальних вимог будь-якого об'єкта. Інтегрована багатокomпонентна система, що складається з високоінтелектуального базового блоку керування (БК) та багаторівневої адресної панелі диспетчеризації (АПК), які забезпечують максимально уніфіковане та диференційоване управління протипожежними сигналізаційними механізмами» [12].

БК відповідає за організацію зв'язку між елементами системи, обробку команд і сповіщень, збереження налаштувань, ведення журналу та взаємодію з ПЦС. АПК забезпечує індикацію сповіщень і керування системою.

Основні технічні характеристики Тірас-А представлено у Додатку А.:

Крім адресних пожежних сповіщувачів, до приладу можна підключати і неадресні. Для підвищення стійкості системи до грозових завад передбачена гальванічна розв'язка системного інтерфейсу між компонентами.

Шлейф пожежної сигналізації - це електричне коло, що об'єднує сповіщувачі та додаткові елементи системи. Шлейфи розрізняють за структурними особливостями та вимогами до їх функціонування в умовах пожежі.

Блок шлейфу адресного типу БШ-А виконує функцію живлення кільцевого шлейфу, захищеного від короткого замикання, та забезпечує зв'язок між пристроями в його межах. Приклад зовнішнього вигляду БШ-А 35 наведено на малюнку



Рисунок 2.4 - БШ-А

Блок БШ-А організовує зв'язок шлейфа з системою, забезпечуючи зберігання конфігурації та адресацію шлейфа. Він також відповідає за зберігання й обробку логіки роботи зон і груп шлейфа, реєстрацію сигналу “Блокування” з контакту тампера та передачу стану джерела живлення в систему.

На БШ-А розміщені 4 світлодіодні індикатори, що відображують режими роботи блоку, а також вилки для адресації шляхом установки джамперів.

Максимальна кількість пристроїв, що «можуть бути включені в адресний шлейф - 127 адресних сповіщувачів і 40 блоків вводу-виводу БВВ-А. Власне споживання БШ-А без шлейфа не перевищує 50 мА, а струм споживання самого шлейфа - не більше 300 мА. Напруга на релеїних виходах “РЕЛЕ1”-”РЕЛЕ4” не більше 42 В змінного або 60 В постійного струму, комутований струм - до 0,1 А.

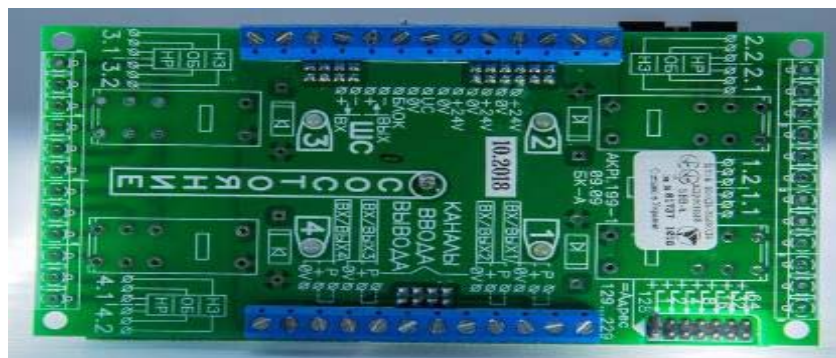


Рисунок 2.5 —БВВ-А

Блок вводу-виходу адресного типу БВВ-А презентує унікальну лінійку надскладних технічних рішень з диференційованими функціональними модифікаціями:

БВВ-А високоінтелектуальний пристрій, спроможний приймати сигнали в унікальних діапазонах (0-20) мА, (0-5) мА, (0-1) В та генерувати багатоканальні управляючі сигнали потужністю до 100 мА по чотирьох незалежних комунікативних каналах.

БВВ-А-01 - модернізована версія з ідентичним базовим функціоналом, яка додатково забезпечує інтегроване управління чотирма вбудованими реле з подвійними перемикаючими контактами.

БВВ-А-02 - багатофункціональний комплекс живлення та моніторингу чотирьох сигналізаційних шлейфів з двопровідними безадресними сповіщувачами, що здійснює комплексне управління та реєстрацію диференційованих станів “увага” та “пожежа”.

БВВ-А-02-01 – це спеціалізований пристрій, призначений для отримання сигналів від незалежних сухих контактів реле чи перемикачів, з подальшим включенням цих сигналів до загальної системи та відображенням станів адресних елементів» [13].

Усі модифікації БВВ-А забезпечують можливість індивідуального налаштування режимів функціонування кожного каналу, а також їх автономного увімкнення або вимкнення. Зв'язок із ППКП і програмування здійснюються через адресний шлейф, проте є опція ручного встановлення адреси за допомогою спеціальних перемичок.

2.2 Аналіз принципів функціонування пожежних сповіщувачів

Сигнальні пристрої, або датчики, призначені для передачі сигналу тривоги при виникненні якісного результату на об'єкті. Вони відрізняються за принципом роботи, контрольованими параметрами та способом передачі

інформації на панель пожежної сигналізації. У таких системах застосовуються різні види датчиків, зокрема:

- для виявлення диму;
- температурні;
- світлові;
- ручні сповіщувачі.

Кожен тип сигналізатора має свої основні технічні характеристики, визначені відповідними стандартами. Водночас навіть такі за типом датчики мають відмінності в конструкції, зручності використання та рівні надійності, що є факторами при конкретному виборі пристрою чи виробника. Проте така класифікація елементів та системи пожежної сигналізації не повністю відображає різноманітність доступних пристроїв сповіщення. Загальну класифікацію за принципом дії показано на малюнку 2



Рисунок 2.6- Демонструє класифікацію пожежних сповіщувачів відповідно до їх принципу дії

За значенням кількості різновидів та модифікацій структура побудови пожежних споживачів може бути зведена до загальної схеми, представленій на рисунку 2.7.

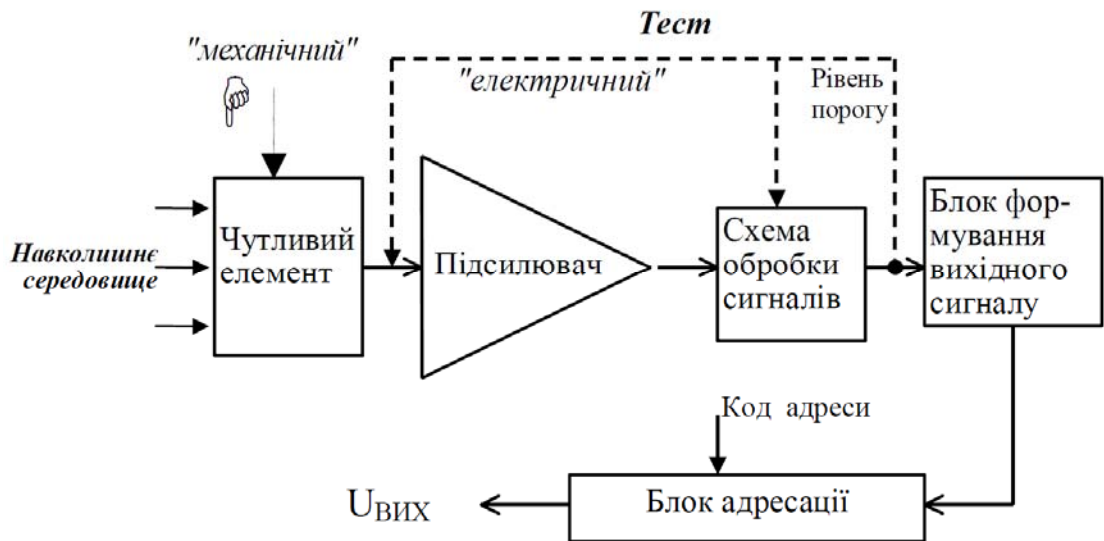


Рисунок 2.7- Схему пожежного сповіщувача

Чутливий елемент сповіщувача служить аналоговим перетворювачем контрольованого параметра в електричний або механічний сигнал, який після підсилення надходить до схеми обробки сигналу. Ця схема виконує фільтрацію сигналів, характерних для пожежі, від сторонніх перешкод і, за наявними умовами, активує сигнал «Пожежа». Блок формування вихідного сигналу створює його у вигляді зміни електричного струму (у випадку активних сповіщувачів) або розмиканням чи замиканням ланцюга шлейфу для пасивних сповіщувачів. Якщо пристрій оснащений блоком адресації, сформованому сигналу додається код адреси сповіщувача.

На початкових етапах пожежі часто домінує теплове випромінювання, яке передається через потоки повітря, теплопровідність середовища та випромінювання в зоні вогню. Загальноприйняті теплоспоживачі реагують на перевищення певної граничної температури або на швидкість підвищення температури в контрольованому середовищі. Як зазначалося, теплові споживачі за порогом реагування розділені на максимальні та диференційні. Робота максимальних теплових споживачів, які спрацьовують при

перевищенні порогу температури навколишнього середовища, описана на схемі на рисунку 2.8.

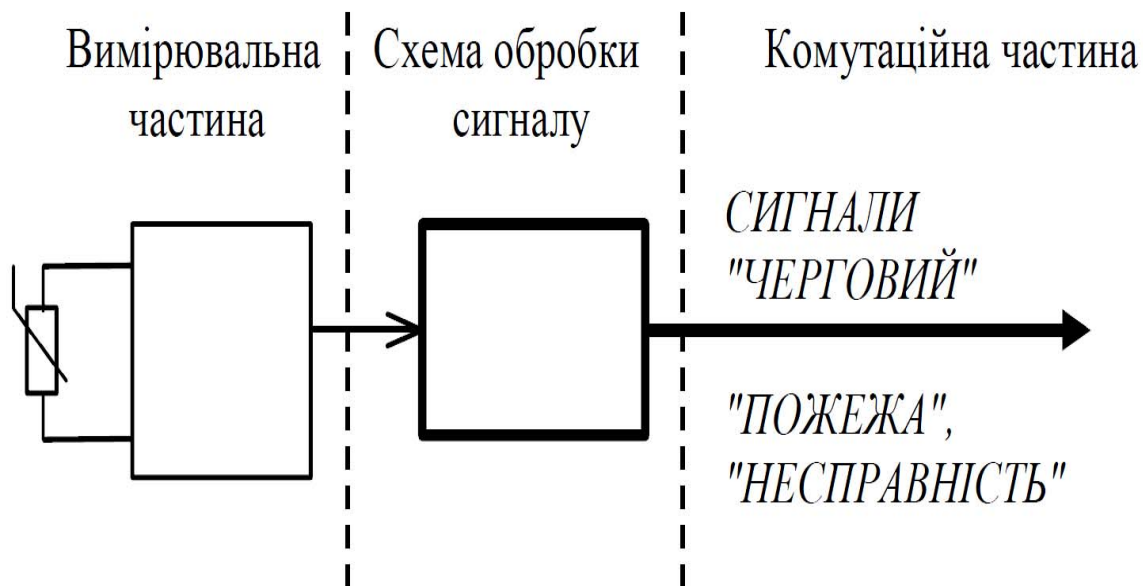
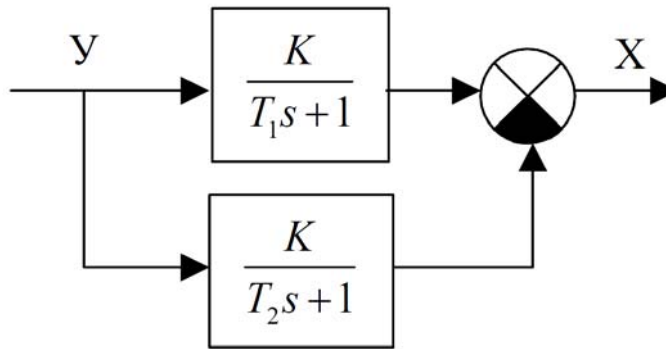


Рисунок 2.8- Принцип робочого функціонування сповісвача

На відміну від «диференційних теплових сповісвачів, максимальні теплові сповісвачі більш стійкі до помилкових спрацьовувань у середовищах зі значними коливаннями температури. Хоча диференційні сповісвачі здатні швидше реагувати на пожежу, їх робота може бути нестабільною в умовах нестабільної температури.

Для підвищення точності диференційних сповісвачів використовують два чутливі елементи з різними сталими часу (T_1 і T_2), з'єднані паралельно (рис. 3.2). Це дозволяє нівелювати вплив флуктуацій температури та отримати більш стабільну реакцію на динамічні зміни» [14].

Таким чином, максимальні теплові сповісвачі демонструють кращу стійкість до хибних спрацьовувань у складних температурних умовах, а диференційні - швидшу реакцію на пожежу. Вибір типу сповісвача визначається вимогами до системи пожежної сигналізації на конкретному об'єкті.



X - це вихідний сигнал, сформований сповіщувачем. Y - вхідний сигнал, тобто температура.

Рисунок 2.9- Структурно-динамічна схема диференціального теплового пожежного сповіщувача зображена

Диференціальне рівняння даної структурнодинамічної схеми має вигляд:

$$T_1 \cdot T_2 \cdot \frac{d^2}{d\tau^2} \bar{x} + (T_1 + T_2) \cdot \frac{d}{d\tau} \bar{x} + \bar{x} = K \cdot (T_1 - T_2) \frac{d}{d\tau} \bar{y}, \quad (2.1)$$

де

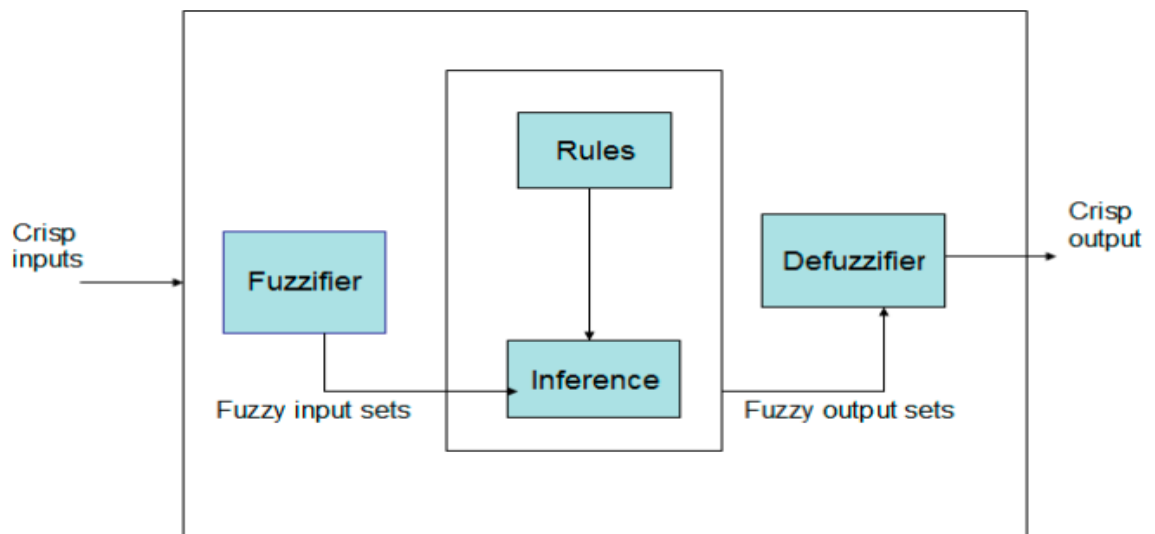
Димові сповіщувачі є «важливим елементом сучасних систем пожежної безпеки. Їх функціонування засноване на виявленні продуктів горіння, які змінюють оптичні властивості повітря. Найпоширенішими типами димових сповіщувачів є фотоелектричні та іонізаційні. Фотоелектричні датчики виявляють дим шляхом розсіювання світлового променя на частинках диму. Іонізаційні датчики ж реагують на зміну провідності повітря під впливом продуктів горіння» [15].

Системи управління пожежною безпекою об'єкта з використанням підходу нечіткої логіки, яка забезпечує високу адаптивність та ефективність при роботі в умовах невизначеності. Унікальність підходу полягає у застосуванні інноваційного процесу фазифікації, виведення та дефазифікації з використанням комбінованих методів: одиничної фазифікації, мінімально-максимального виведення та центроїдної дефазифікації. Такий підхід

дозволяє знизити навантаження на обчислювальні ресурси та оптимізувати використання пам'яті.

Запропонована система нечіткої логіки (FLS) динамічно підлаштовується під лінгвістичні змінні, такі як температура, час та вологість, визначаючи нечіткі множини для кожної змінної. Це дає змогу точно обчислити ймовірність належності елементів до цих множин за допомогою функцій належності, значення яких змінюються в діапазоні від 0 до 1.

Загальна архітектура запропонованої системи нечіткої логіки (FLS) показана на рисунку 1. У ширшому розумінні нечітка логіка відноситься до нечіткої множини [10]. Зазвичай, нечітка множина SSS визначається як пара (U, m) , де U — це універсум дискурсу (множина), який характеризується функцією належності $m_S: U \rightarrow [0, 1]$, тобто $m_S: U \rightarrow [0, 1]$.



- Crisp inputs → Чіткі входні значення, - Fuzzifier → Фазифікатор, - Fuzzy input set → Нечіткі входні множини, - Rules → Правила, - Inference → Виведення, Fuzzy output sets → Нечіткі вихідні множини, - Defuzzifier → Дефазифікатор, - Crisp output → Чітке вихідне значення

Рисунок 2.10-.Блок-діаграма запропонованого методу Fuzzy Logic для управління пожежною безпекою

Новизна підходу включає також використання нечітких операторів “і” та “або” для розрахунку об’єднання та перетину множин, що слугують основою для визначення сили правил у процесі прийняття рішень.

Універсум дискурсу та функція належності відіграють ключову роль у цьому підході. Нечітку множину можна представити як множину впорядкованих пар елементів

Ймовірність того, що елемент e належить S , визначається через функцію належності $mS(e)$. У запропонованому підході використовуються три параметри (три нечіткі підмножини множини S (A , B та C)). У рівняннях (2) та (3) $mA(x)$ визначає ступінь належності x до A , $mB(x)$ — ступінь належності x до B , а $mC(x)$ — ступінь належності x до C . У цьому випадку змінна A представляє температуру, змінна B — час, а змінна C — вологість. Враховуючи це, нечітка множина об’єднання та нечітка множина перетину визначаються як:

$$A \cup B \cup C = \{x, \max(mA(x), mB(x), mC(x)) | x \text{ є елементом } S\} \quad (2.2)$$

$$A \cap B \cap C = \{x, \min(mA(x), mB(x), mC(x)) | x \text{ є елементом } S\} \quad (2.3)$$

У цьому підході рівняння (2) та (3) використовуються для розрахунку сили правил. У рівнянні (2) об’єднання трьох нечітких підмножин виконується за допомогою нечіткого оператора “або”, комбінуючи нечіткі вхідні дані з використанням нечіткої комбінації. Подібно до цього, у рівнянні (3) для обчислення перетину трьох підмножин використовується нечіткий оператор “і”, шляхом обрізання вихідної функції належності на рівні сили правила. Згідно з запропонованою роботою, рівняння (3) реалізується з трьома вхідними даними, оскільки у цьому підході потрібно отримати силу правила, комбінуючи нечіткі вхідні дані, а також обрізає вихідну функцію належності на рівні сили правила. Зазвичай нечітка множина описує значення лінгвістичних змінних як кількісно, так і якісно. Функція належності визначає, що кожна точка відображається у значення належності між 0 та 1 у визначеній Універсальній множині.

Додатково, система використовує гнучку базу знань на основі правил “якщо-то”, що дозволяє ефективно інтерпретувати й застосовувати накопичені знання для моделювання сценаріїв пожежної безпеки. Це забезпечує комплексне врахування умов, таких як комбінації температури, часу і вологості, для запуску відповідних алгоритмів реагування на ризики займання.

Звідси розробка адаптивної та високоефективної системи, що включає інтеграції нечіткої логіки, підвищує точність і швидкість реагування на потенційні загрози пожежної безпеки, навіть за умов високого рівня невизначеності.

Пожежі, що виникають внаслідок повільного тління матеріалів з високим вмістом целюлози, становлять особливу небезпеку, оскільки можуть тривалий час розвиватися без помітних ознак горіння. Димові сповіщувачі дозволяють виявити такі пожежі на ранніх стадіях, коли концентрація продуктів горіння ще недостатня для спрацювання теплових датчиків.



Рисунок 2.11- Димовий точковий сповіщувач

Принцип роботи точкових оптичних димових сповіщувачів серії ПП 212-ХХ, класифікованих за НПБ 76-98, заснований на явищі дифузного розсіювання світлового випромінювання світлодіода на димових частинках. Світлодіод, розташований у чорній пластиковій димовій камері, випромінює світловий потік, який частково відбивається від димових частинок і потрапляє на фотодіод. Чутливість сповіщувача залежить від розміру

димових частинок: чим дрібніші частинки, тим ефективніше вони розсіюють світло.

Для компенсації старіння світлодіода та фотодіода, а також забезпечення стабільної роботи в широкому діапазоні температур, сповіщувачі оснащені відповідними схемами. Варто зазначити, що на роботу сповіщувачів можуть впливати сторонні фактори, такі як пил, комахи та інші забруднення. Тому рекомендується регулярно проводити їх очищення та перевірку працездатності.



Рисунок 2.12- Димові лінійні сповіщувачі

Димові лінійні сповіщувачі «працюють за принципом оптичного бар'єру: дві частини пристрою, випромінювач і приймач, розміщені на деякій відстані одна від одної. Дим, що з'являється між ними, ніби завіса, затуляє світловий промінь, і сповіщувач спрацьовує. Така конструкція дозволяє виявляти пожежу на ранній стадії, коли вогонь ще не перетворився на велику пожежу» [17].

Оптичні сповіщувачі, (рисунок 2.13) до яких належать і «лінійні, мають широкий кут огляду, подібно до променів ліхтаря. Вони чутливі як до тліючих вогнищ, так і до відкритого полум'я. Завдяки своїй конструкції, лінійні сповіщувачі ідеально підходять для великих приміщень, таких як ангари, виробничі цехи та тунелі. Однак, вони мають і свої недоліки: висока вартість, складність монтажу та можливість помилкових спрацювань у забрудненому середовищі» [19]



Рисунок 2.13- Оптичний сповіщувач

Комбіновані сповіщувачі - це «універсальні “солдати” серед систем пожежної безпеки. Вони поєднують в собі два датчики: димовий та тепловий, працюючи як єдиний злагоджений механізм. Димовий датчик чутливий до частинок диму, а тепловий - до підвищення температури. Таким чином, комбінований сповіщувач, наприклад, модель “ІП212/101-2” серії “Еко” від SYSTEM SENSOR, спрацьовує при будь-якому спалаху, будь то повільне тління або швидке горіння. Це робить його ідеальним вибором для приміщень, де можливі різні сценарії пожежі, наприклад, гаражі, кухні або котельні» [20].

Комбіновані сповіщувачі (рисунок 2.14), як вірні сторожі, забезпечують більш надійний захист, оскільки реагують на різні ознаки пожежі. Вони дозволяють виявити вогонь на ранній стадії, коли вогонь ще не перетворився на велику пожежу. Однак, варто зазначити, що комбіновані сповіщувачі, як правило, дорожчі за окремі датчики. Крім того, їх установка може вимагати додаткових знань та навичок.



Рисунок 2.14— Комбінований сповіщувач

Просту систему пожежної сигналізації можна створити, встановивши автономні димові сповіщувачі, оскільки вони оснащені власним джерелом живлення, яке потрібно змінювати (рисунок 2.15). Ця система функціонує автономно, оскільки не залежить від електромережі й не потребує зовнішнього джерела живлення. У корпусі сповіщувача інтегровано чутливий елемент — димовий сенсор, а також звуковий сигналізатор (сирену), який забезпечує гучність у діапазоні від 85 до 120 дБ.

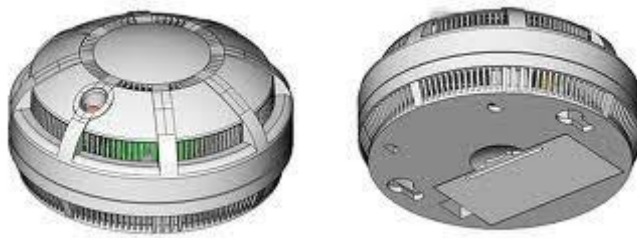


Рисунок 2.15 – Автономні сповіщувачі

Хоча автономні сповіщувачі можуть бути дорожчими за традиційні моделі, які не мають власного джерела живлення та сирени, система пожежної сигналізації на основі таких пристроїв виявляється значно економічнішою. Це пояснюється відсутністю необхідності в прокладанні проводки, використання приймально-контрольних панелей та організації резервного живлення,

2.3 Аналіз компонентів автоматичних систем пожегасіння

Насосна станція виступає основною функціональною одиницею стаціонарних комплексів протипожежного захисту на водній основі (рисунок 2.16). Її «підключення здійснюється до різноманітних водних ресурсів - від централізованої мережі водопостачання до спеціально обладнаних резервуарів чи баків. За певних обставин допускається забір води безпосередньо з природних водоймищ. Інфраструктура системи охоплює

розгалужену мережу протипожежних трубопроводів, насосні агрегати для транспортування води до визначених локацій, а також допоміжне обладнання: з'єднувальні елементи, компенсаційні пристрої, фланцеві адаптери для інтеграції клапанів, спеціалізовані камери для розміщення запірної арматури та пожежні гідранти, що забезпечують оперативний доступ до води» [21].



Рисунок 2.16- BEDJ 2500/8-220-225-30

Насосна станція є серцем системи стаціонарного водяного пожежогасіння. Її ефективність безпосередньо впливає на швидкість гасіння пожежі та збереження майна. Сучасні насосні станції часто оснащуються високоефективними центробежними насосами, здатними забезпечити необхідний напір і продуктивність для подачі води на значні відстані. Для трубопроводів найчастіше використовують сталеві труби, що відрізняються високою міцністю і стійкістю до високих температур.

Конструкція насосної станції залежить від специфіки об'єкта. Наприклад, для промислових підприємств характерні більш потужні насоси і розгалужена мережа трубопроводів, тоді як для житлових будинків достатньо компактних установок. Важливу роль відіграє автоматика, яка забезпечує автоматичне включення насоса при спрацюванні пожежної сигналізації і підтримує необхідний тиск у системі.

Сучасні тенденції в розвитку насосних станцій пов'язані з використанням частотних перетворювачів, що дозволяють плавно

регулювати продуктивність насоса і знизити енергоспоживання. Крім того, все ширше застосування знаходять системи дистанційного моніторингу, які дозволяють оперативно відстежувати стан обладнання і своєчасно виявляти можливі несправності.

Центральним елементом насосної станції є інтелектуальний блок керування представлений схематично на рисунку 2.17. Цей блок відповідає за моніторинг та управління роботою протипожежних насосів на основі даних, отриманих із сенсорів, інтегрованих у колекторну систему та основні трубопроводи.

Існує кілька способів «активації протипожежної станції»:

- автоматичний запуск через спринклерну систему (реакція на зміну тиску);
- використання зовнішніх командних пристроїв;
- дистанційне керування;
- ручна активація через панель управління (актуально для дренажних систем).

Після отримання сигналу тривоги активується програмований таймер затримки, що дозволяє забезпечити гнучкість управління: можливість призупинення, перезапуску або продовження відліку часу. Тривалість затримки задається через графічний інтерфейс під час налаштування обладнання. Кожен етап супроводжується світловою та звуковою сигналізацією.

Протягом часу затримки система здійснює багаторівневий контроль тиску в магістралі за допомогою спеціалізованих датчиків, що є особливо важливим для спринклерних систем. По завершенні відліку запускаються основні насосні агрегати.

Для підтвердження успішної активації проводиться надійна верифікація:

- підтвердження від системи плавного пуску;
- сигнал від частотного перетворювача;

- відгук від контакторного модуля.
- перевірка досягнення необхідного робочого тиску за допомогою - спеціального сенсора на напірному патрубку» [22].

При успішній верифікації починається подача вогнегасної речовини в розподільчу мережу. Якщо робочий режим не підтверджується, система автоматично переключається на резервні насоси, вимикаючи несправний модуль.

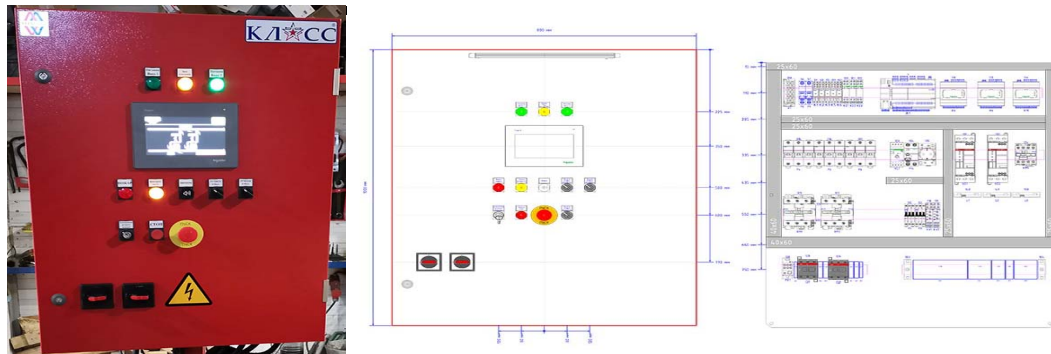


Рисунок 2.17- Блок управління насосною протипожежною станцією

Деактивація протипожежного комплексу здійснюється двома способами: через систему віддаленого доступу або шляхом активації кнопки екстреної зупинки, інтегрованої в фронтальну панель контрольного модуля. Система також обладнана автоматичним захистом від “сухого ходу”, що миттєво припиняє роботу при виявленні критичних умов експлуатації.

Інтерфейс керування, розміщений на фронтальній частині контрольного блоку, забезпечує інтуїтивне управління протипожежними насосними агрегатами. Світлодіодна індикація включає: зелені сигнальні елементи, що відображають, активність електроживлення і функціональність для обох силових входів. Статус головного комутаційного пристрою включає перевірку наявності напруги в керуючих контурах. Де слідуючий етап коли, червоний активаційний елемент включає можливість ініціації протипожежного режиму.

Центральним елементом моніторингу виступає інтерактивний дисплей, який візуалізує:

- загальний актуальний стан технологічного обладнання;
- експлуатаційні параметри системи;
- робочі показники насосних агрегатів;
- діагностичні повідомлення та аварійні сигнали.

Інтегрована система логування зберігає розширений архів подій об'ємом до 1024 записів, забезпечуючи детальний аналіз роботи комплексу.

Спеціалізований «модуль продувки та опресування (рисунок. 2.18) застосовується для проведення пневматичної діагностики та очищення магістральних колекторів і розподільчої мережі протипожежної системи. При роботі з даним модулем необхідне суворе дотримання технічних регламентів щодо експлуатації вимірювальних приладів, компресорного обладнання та редуційних вузлів» [23].



Рисунок 2.18- Пристрій для продувки й опресування систем автоматичного пожежогасіння

Установка для видалення диму (рисунок 2.19) являє «собою мобільний пристрій, призначений для очищення приміщень від диму, газоподібних продуктів згоряння та газових речовин після спрацьовування систем газового пожежогасіння. Установка містить вентилятор, розміщений у корпусі, два патрубки, а також гнучкі гофровані рукави, що забезпечують транспортування газів із приміщення до зони викиду (на вулицю або в повітроводи стаціонарної системи димовидалення). Для зручного переміщення пристрій оснащений двома парами поворотних коліс» [19].



Рисунок 2.19- Установка димовидалення

Водяний спринклерний зрошувач (рисунок 2.20) «служує для виявлення пожежі, автоматичного запуску системи пожежогасіння та розпилення води безпосередньо над вогнищем загоряння. Існують два основні типи чутливих елементів спринклерних зрошувачів:

- легкоплавка вставка;
- скляна колба.

У випадку з легкоплавною вставкою, коли температура в приміщенні досягає критичного значення (рисунок 2.20а), вставка плавиться. Після цього замок розпадається на частини, випускаючи пластини та механізми з важелями 2, 3, 4 і пробкою 5. Потік води спрямовується на розетку 6, закріплену на дужках 7, і розпилюється над осередком пожежі, швидко розширюючи покриття» [24].

Інший механізм дії передбачає використання скляної колби, наповненої рідиною з високим коефіцієнтом лінійного розширення (рис. 2.20б). При підвищенні температури рідина в колбі розширюється і спричиняє її розрив, що активує спринклер і розпилення води.

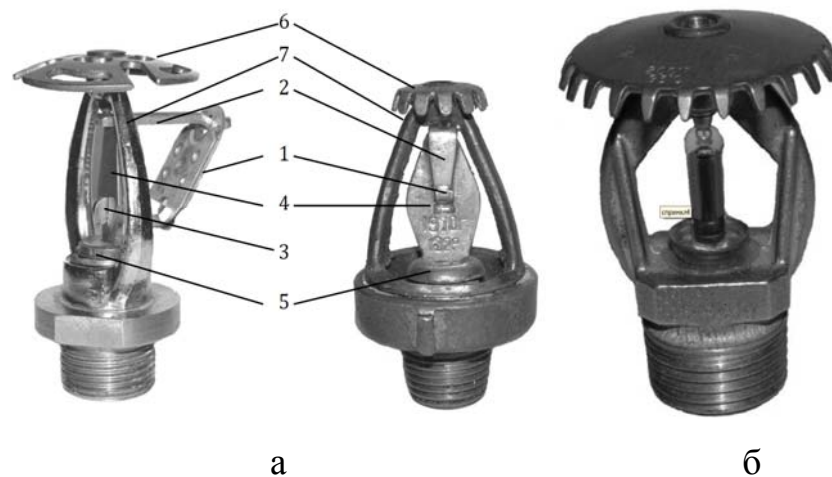


Рисунок 2.20 Спринклерні зрошувачі автоматичної системи пожежегасіння

Дренчерні системи пожежогасіння, є важливим та потужним інструментом для боротьби з вогнем, особливо на великих об'єктах. На відміну від спринклерних систем, які спрацьовують локально, дренчери одночасно

покривають всю захищувану зону водяною завісою. Серце такої системи – термочутливий замок, який під дією високої температури розплавляється, запускаючи механізм відкриття клапана і подачі води. Ця технологія забезпечує швидке і ефективне гасіння, але має свої нюанси. Дренчерні системи ідеально підходять для захисту великих відкритих просторів, складів, виробничих цехів, але вимагають ретельного проектування та встановлення. Важливо враховувати особливості об'єкта, тип матеріалів, що зберігаються, і рівень пожежної небезпеки. Сучасні дренчерні системи оснащуються додатковими функціями, такими як дистанційне управління і моніторинг, що підвищує їхню ефективність і надійність. Обираючи між спринклерною та дренчерною системою, необхідно провести детальний аналіз і врахувати всі фактори, щоб забезпечити максимальний рівень пожежної безпеки.



Рисунок 2.21- Дренчерний зрошувач

Різноманітність сучасних систем автоматичного пожежогасіння, що постійно вдосконалюються, дозволяє підібрати оптимальне рішення для будь-яких умов. Завдяки використанню новітніх матеріалів, компонентів та інженерних рішень, ці системи стають все більш адаптивними та гнучкими,

здатними ефективно працювати в різних умовах та швидко реагувати на зміни ситуації. Це забезпечує високу ефективність гасіння та мінімізацію збитків, роблячи системи пожежогасіння надійним захистом об'єктів різного призначення.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ БЕЗПЕКОЮ

3.1 Розробка та опис моделі алгоритму протипожежної системи у програмному середовищі розробки UML-діаграм

Для створення детальної моделі алгоритму роботи протипожежної системи використовується функціональний CASE-засіб Rational Rose, який застосовує об'єктно-орієнтований підхід для представлення системи як сукупності взаємопов'язаних об'єктів, таких як датчики, сповіщувачі, виконавчі механізми тощо.

Наприклад, при моделюванні активації системи пожежогасіння можна створити діаграму послідовності, що чітко зобразить кроки — від виявлення загоряння до запуску механізму гасіння. Кожен об'єкт в діаграмі представлений окремим елементом, а їх взаємодія відображена у вигляді послідовних повідомлень.

Однією з ключових переваг Rational Rose є «можливість створювати гнучкі, масштабовані моделі, що легко адаптуються під змінні потреби системи. Використання діаграм класів дозволяє детально описати структуру даних, а діаграми станів допомагають моделювати різні стани системи та переходи між ними.

Для верифікації та перевірки моделей застосовуються такі методи, як експертний аналіз, зіставлення моделей з початковими вимогами та симуляція функціонування системи. Це дозволяє виявляти помилки ще на ранніх етапах розробки, забезпечуючи відповідність моделі реальним вимогам» [25].

Для побудови деталізованих моделей систем автоматичного пожежогасіння в Rational Rose ми використовуємо різноманітні діаграми UML. Діаграми топології дозволяють візуалізувати фізичне розташування

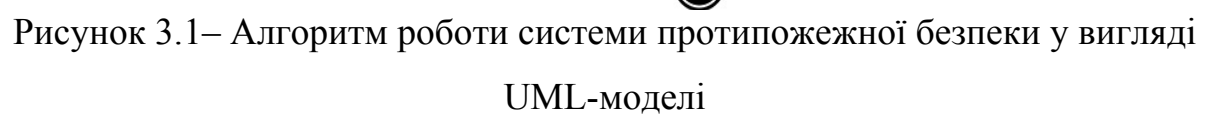
компонентів системи, їхні зв'язки та взаємодії. Наприклад, ми можемо зобразити, як датчики диму, теплові датчики та ручні пожежні сповіщувачі з'єднані з контрольною панеллю.

Діаграми послідовності допомагають проаналізувати сценарії спрацювання системи. Ми можемо змодельовати, як сигнал від датчика диму передається на контрольную панель, а потім на виконавчі механізми системи гасіння. Діаграми станів дозволяють описати різні стани системи (нормальний режим, режим тривоги, режим гасіння) та переходи між ними. Діаграми компонентів відображають архітектуру системи, показуючи, як різні програмні модулі взаємодіють між собою.

Об'єктно-орієнтований підхід, реалізований в Rational Rose, дозволяє нам розглядати систему пожежогасіння як сукупність взаємодіючих об'єктів: датчики, сповіщувачі, контролери, виконавчі механізми. Це спрощує розуміння системи, полегшує її модифікацію та підтримку.

Створена в Rational Rose модель може бути використана для різних технологічних процесів. Для розробки програмного забезпечення важливою є модель служить основою для створення програмного коду, який керує системою пожежогасіння. Також модель повинна забезпечувати чітке і зрозуміле представлення системи для всіх зацікавлених сторін. За допомогою моделі можна проводити симуляції різних сценаріїв і оцінювати ефективність роботи системи.

Завдяки використанню Rational Rose ми отримуємо детальну, структуровану та гнучку модель системи автоматичного пожежогасіння, що дозволяє оптимізувати процес її розробки, впровадження та експлуатації. Алгоритм розпочинається з одночасного зчитування сигналів від датчиків та кнопок на панелі керування, після чого дані з датчиків обробляються через три паралельні етапи. Перший етап полягає в обробці сигналів від детекторів диму та температурних датчиків: значення кожного з них порівнюється з заданим пороговим рівнем (уставкою). Якщо значення перевищує уставку, система фіксує спрацювання датчика.



У випадку активації тільки одного датчика диму, вмикається попереджувальна сигналізація, а якщо спрацьовують кілька датчиків диму або хоча б один температурний датчик, запускається світлозвукова сирена. Другий етап передбачає перевірку натискання кнопки блокування подачі води: якщо кнопку не натиснуто, система активує подачу води з резервуара для гасіння вогню, а при натисканні кнопки подача води блокується на час її утримування. Третій етап відповідає за моніторинг рівня води в резервуарі: якщо рівень води знижується нижче мінімального, вмикається насос для поповнення резервуара до досягнення максимального рівня, а якщо рівень падає до критичної позначки (сухий хід) або досягається верхнього критичного рівня, насос автоматично вимикається. Також, резервуар можна заповнити вручну, утримуючи кнопку на панелі керування, якщо рівень води опустився нижче мінімально допустимого рівня для нормальної роботи насоса.

3.2 Розробка підсистем підтримування заданого рівня рідини в резервуарі та автоматичного пожежогасіння

Підсистема контролю рівня рідини в резервуарі складається з чотирьох датчиків: верхнього та нижнього рівня, датчика сухого ходу та датчика критичного (максимального) рівня. Її основна функція – підтримка рівня рідини (води або іншої рідини для гасіння) в межах між верхнім та нижнім датчиками. Принцип роботи підсистеми такий: коли рівень рідини опускається нижче обох датчиків, спрацьовує насос, який починає заповнювати резервуар. Як тільки рідина досягає нижнього датчика, насос автоматично зупиняється. Для забезпечення безперервного процесу поповнення, активується система «самопідхвату», яка дозволяє насосу працювати далі до досягнення верхнього датчика рівня. Після цього насос вимикається і чекає на зниження рівня рідини нижче мінімуму для

повторного запуску. Цей цикл постійно повторюється, забезпечуючи стабільний рівень рідини в резервуарі (рисунок 3.2).

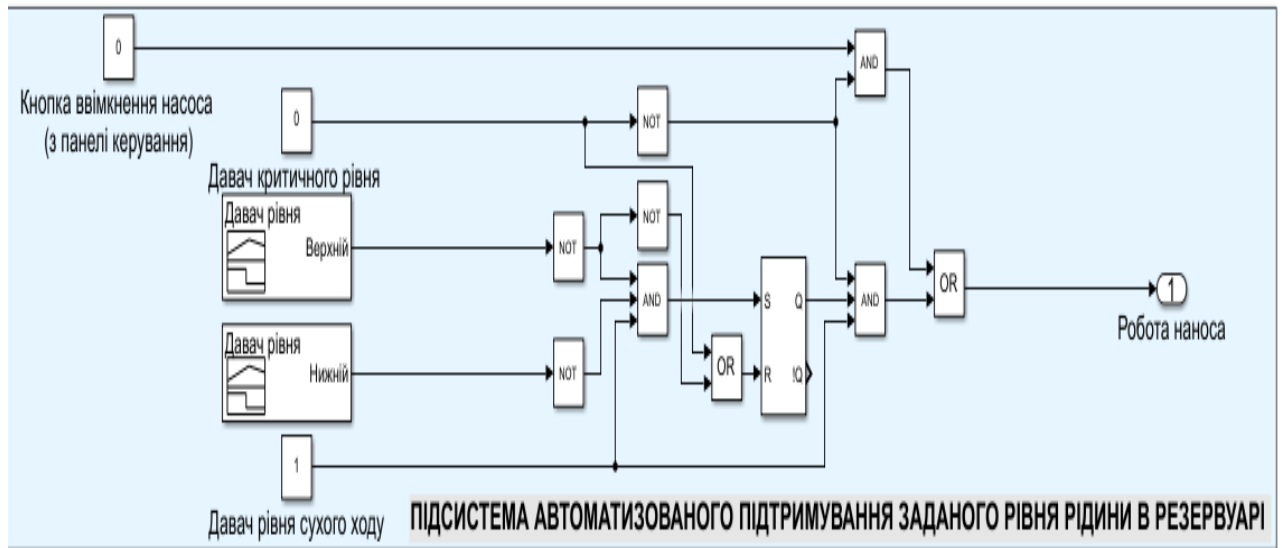
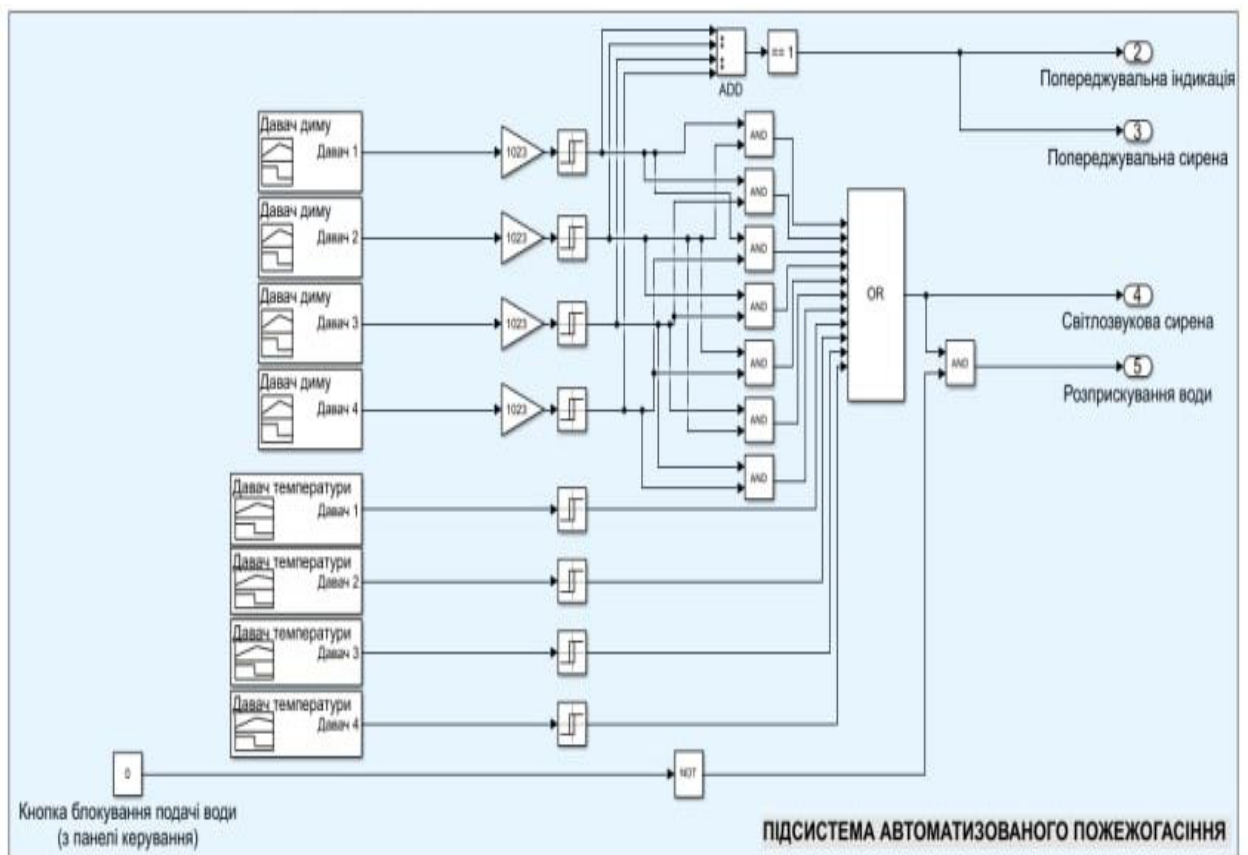


Рисунок 3.2- Модель підсистеми автоматизованого підтримування заданого рівня рідини в резервуарі

Система працює наступним чином: коли датчики верхнього та нижнього рівня видають сигнал «0», а датчик сухого ходу — сигнал «1» (рівень рідини перевищує цей датчик), на вхід S-R тригера подається логічна одиниця, що ініціює процес самопідхвату. Отримавши сигнал «1» на вхід «S(set)», тригер починає генерувати логічну одиницю на виході «Q» і продовжує це робити навіть після зникнення сигналу з входу «S», до тих пір, поки не надійде сигнал з датчика верхнього рівня на вхід «R(reset)». Коли тригер активований і датчик сухого ходу спрацьовує, але датчик критичного рівня не дає сигналу, вмикається насос, що працює на самопідхваті до моменту, поки рівень рідини не досягне датчика верхнього рівня.

Якщо датчик верхнього рівня не спрацює, рівень рідини буде продовжувати підніматися, і як тільки він досягне критичного рівня, насос автоматично зупиниться до того часу, поки рівень не опуститься нижче цього рівня, після чого самопідхват буде скинуто. Крім того, насос не включатиметься, якщо рівень рідини опуститься нижче рівня сухого ходу. У

Автоматизована підсистема пожежогасіння складається з двох груп датчиків: детекторів диму та датчиків температури. Кількість датчиків у кожній групі визначається специфікою об'єкта та умовами їх розташування. Для моделювання було обрано по чотири датчики в кожній групі (. рисунок 3.3).



61

Датчики диму генерують аналоговий сигнал, який через блок «Gain» перетворюється на дискретні значення в межах від 0 до 1023 (10 біт). Значення 0 відповідає повній відсутності диму, а 1023 — максимальному рівню задимлення для конкретного датчика. В реальних умовах, в залежності від типу датчика, діапазон цих значень може змінюватися. Наприклад, при мінімальному задимленні на вході може бути значення 200, а при максимальному — 950. Для моделювання була вибрана уставка спрацьовування на значенні 700. Система зберігатиме активність спрацювання датчика, поки рівень задимлення не знизиться нижче значення 300.

Датчики температури генерують цифрові сигнали, які напряду корелюють зі значенням температури в середовищі. У нашій моделі, якщо температура досягає критичного значення в 50 градусів Цельсія, система розпізнає це як надзвичайну ситуацію. Після того, як температура знизиться нижче 35 градусів, система вважає ситуацію безпечною. Ці порогові значення можуть варіюватися залежно від конкретного об'єкта та його вимог, але для наших розрахунків ми приймаємо стандартну температуру промислового приміщення близько 25 градусів, а максимальне допустиме значення — 35 градусів. Таким чином, температура 50 градусів у моделі однозначно вказує на можливу пожежу. Спрацювання системи відбувається наступним чином: якщо спрацював лише один датчик диму, система подає звуковий сигнал та візуальне попередження, дозволяючи персоналу спробувати самотійно ліквідувати джерело загоряння. Якщо ж спрацювали два або більше датчиків диму, або хоча б один датчик температури, система автоматично ініціює процес пожежогасіння та вмикає гучну світлозвукову сигналізацію. Система приймає рішення про необхідність гасіння пожежі на основі комбінації сигналів від датчиків диму та температури, що забезпечує високу надійність та мінімізує ризик помилкових спрацювань. Ключовими особливостями системи є гнучкість налаштувань порогових значень,

надійність завдяки комбінованому аналізу сигналів та забезпечення як автоматичного, так і ручного гасіння пожежі. Перевагами системи є своєчасне виявлення загоряння, мінімізація збитків та простий в управлінні інтерфейс.

Іншим варіантом для вдосконалення системи є запуск пожежогасіння не одразу після спрацювання одного з датчиків, а тільки у випадку активації хоча б одного датчика диму і одного датчика температури або двох датчиків температури. Однак це рішення залежить від специфіки діяльності підприємства та конкретних умов, за яких датчики можуть спрацювати. В рамках цієї симуляції ці варіанти не були враховані.

На панелі управління системою є кнопка, що дозволяє блокувати розпилення води під час її утримання. Це дає можливість персоналу приймати рішення про припинення подачі води в разі, якщо пожежу можна ліквідувати без неї, або коли потрапляння води, наприклад, на гаряче масло, може призвести до вибуху. У такому випадку безпечніше використовувати вогнегасник або інші методи гасіння.

Ця кнопка може бути звичайною (натискання — блокування, відпускання — скасування блокування), кнопкою «EStop» з фіксацією натискання або взагалі бути відсутньою, залежно від конкретних вимог підприємства.

Для зручності й кращого розуміння, модель підсистеми автоматизованого підтримування рівня рідини в резервуарі та підсистеми автоматизованого пожежогасіння об'єднано в одну систему. Ця модель максимально наближена до реального прототипу, що включає датчики, контролер і виконавчі механізми (рисунок 3.4). Отже, модель включає три основні групи сенсорів: давачі рівня рідини, детектори диму та температурні сенсори. На панелі керування розташовані дві функціональні кнопки: для запуску насоса та для блокування подачі води. Основою системи є контролер, оснащений як аналоговими, так і дискретними входами та релейними

виходами, що забезпечує взаємодію з обладнанням, перемикаючи його режими роботи через релейні виходи.

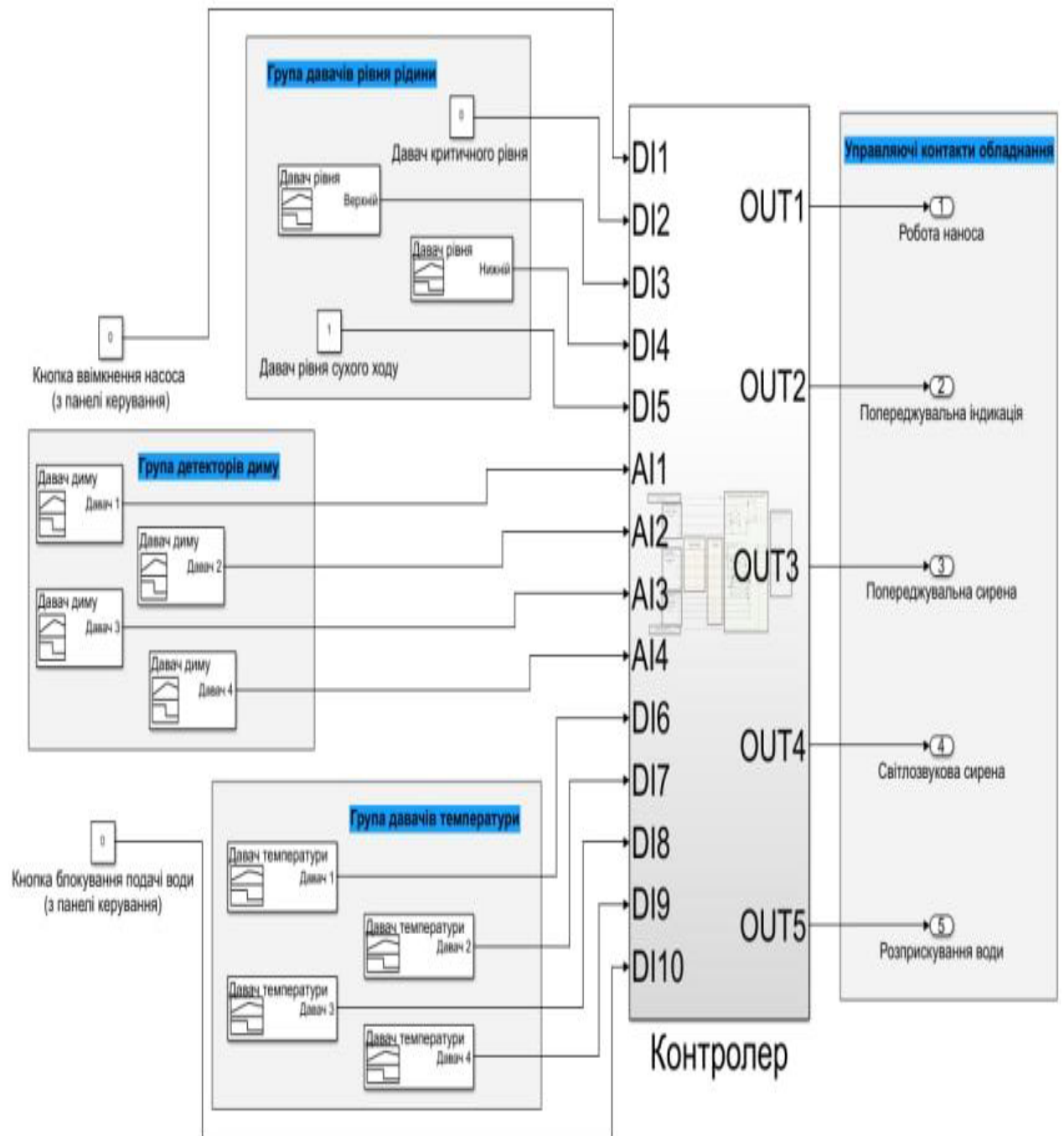


Рисунок 3.4- Модель системи пожежегасіння

Модель відтворює блок-підсистему в середовищі Simulink, яка симулює функції реального контролера пожежогашіння з аналоговими та дискретними входами й релейними виходами (рисунок 3.5).

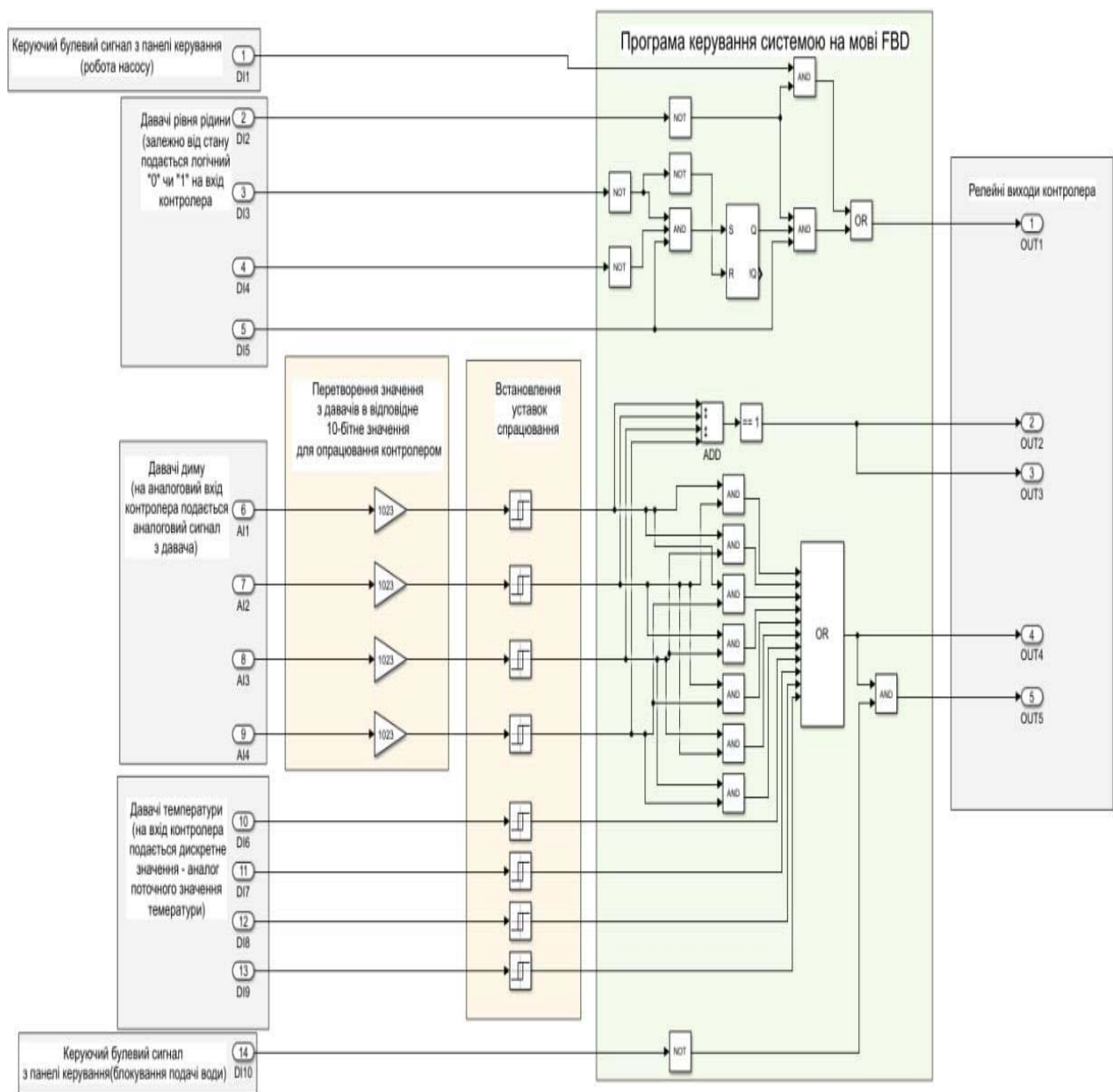


Рисунок 3.5- - Внутрішній зміст створеного блоку-підсистеми «Контролер»

У контролері передбачено 5 цифрових входів (DI1-DI5): чотири використовуються для зчитування сигналів від датчиків рівня, а один — для прийому булевого керуючого сигналу з панелі керування для запуску насоса. Додатково є 4 аналогові входи (AI1-AI4) для обробки сигналів від детекторів диму та ще 5 цифрових входів (DI6-DI10): чотири з них приймають дискретні сигнали від датчиків температури, а один відповідає за керуючий булевий сигнал для блокування подачі води. Після надходження на аналогові входи

контролера сигнали від детекторів диму перетворюються у відповідне 10-бітне значення для подальшої обробки.

Зчитані значення, включаючи сигнали від датчиків температури, передаються в блоки типу «relay», де налаштовуються уставки для спрацювання (рисунок 3.6).

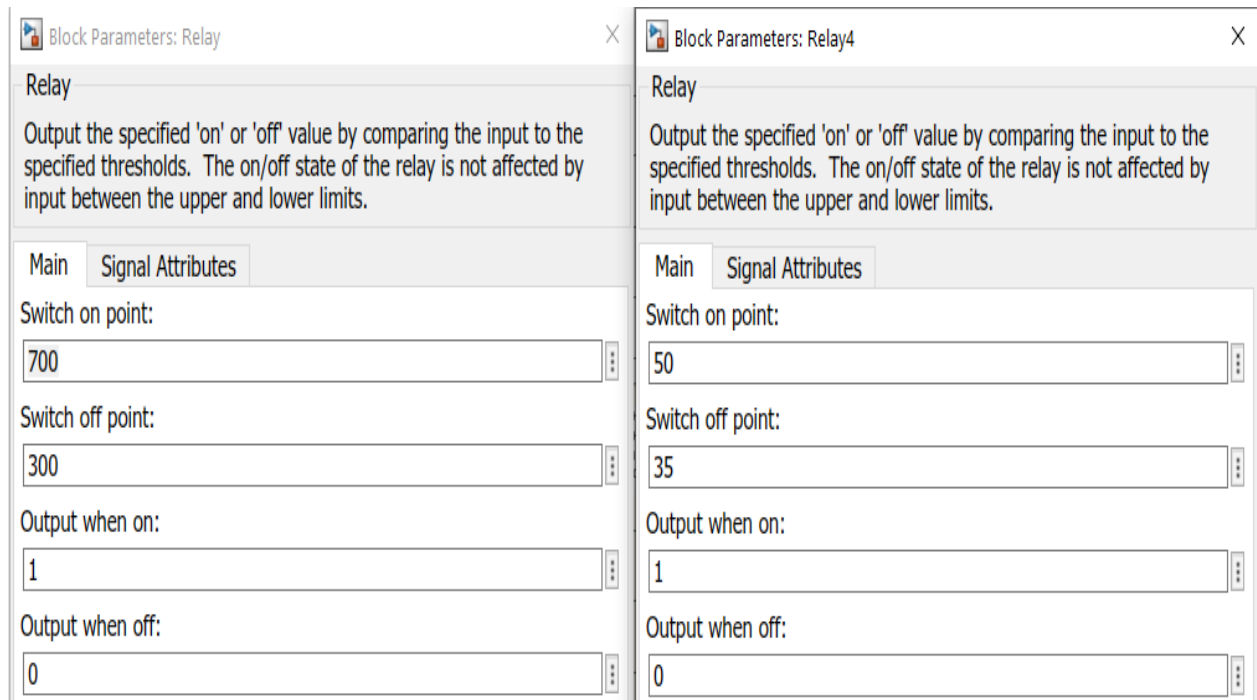


Рисунок 3.6- Налаштування уставок спрацювання блоків «relay» для датчиків диму (ліворуч) та датчиків температури (праворуч)

Коли значення з димового датчика досягає порогу 700, реле змінює свій вихідний стан з «0» на «1» і утримує його, поки показники датчика не знизяться нижче 300. Для температурного датчика аналогічні порогові значення складають 50°C для активації та 35°C для скидання вихідного сигналу до «1». Подальша логіка роботи розгортається на основі логічних елементів, і її реалізація майже повністю відповідає функціональним можливостям мови FBD (Function Block Diagram) за стандартом IEC 61131-3 [23], яка широко використовується для програмування промислових контролерів.

Важливою відмінністю між реалізацією цієї програми в середовищі Simulink та на мові FBD у програмному забезпеченні для промислових контролерів (наприклад, CODESYS) є можливість виконання самопідхвату. Це один із базових механізмів, який спрощує програмування на FBD [24] та LD [25] і забезпечує надійну фіксацію станів у промислових контролерах. Однак у Simulink неможливо реалізувати цей метод самопідхвату у такому ж форматі, як це зазвичай робиться у промисловому середовищі, що може обмежувати точне відтворення логіки роботи (див. рис. 3.7).

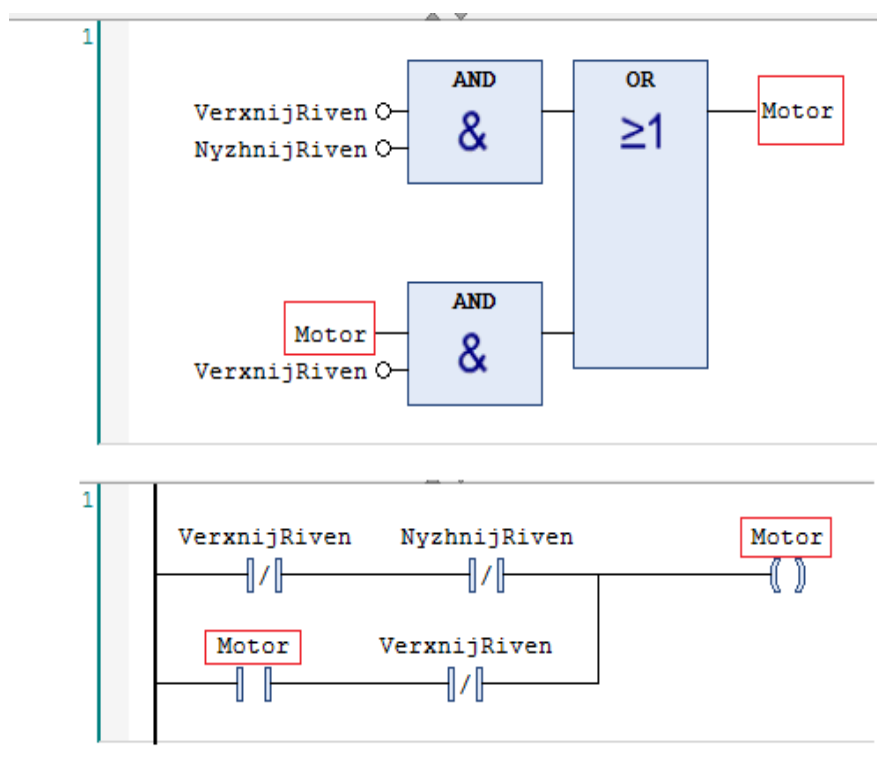


Рисунок 3.7- Базова реалізація самопідхвату на мовах Function Block Diagram (згори) та Ladder diagram (знизу)

Коли значення з димового датчика досягає порогу 700, реле змінює свій вихідний стан з «0» на «1» і утримує його, поки показники датчика не знизяться нижче 300. Для температурного датчика аналогічні порогові значення складають 50°C для активації та 35°C для скидання вихідного сигналу до «1». Подальша логіка роботи розгортається на основі логічних

елементів, і її реалізація майже повністю відповідає функціональним можливостям мови FBD (Function Block Diagram) за стандартом IEC 61131-3 [23], яка широко використовується для програмування промислових контролерів.

Важливою відмінністю між реалізацією цієї програми в середовищі Simulink та на мові FBD у програмному забезпеченні для промислових контролерів (наприклад, CODESYS) є можливість виконання самопідхвату. Це один із базових механізмів, який спрощує програмування на FBD [24] та LD [25] і забезпечує надійну фіксацію станів у промислових контролерах. Однак у Simulink неможливо реалізувати цей метод самопідхвату у такому ж форматі, як це зазвичай робиться у промисловому середовищі, що може обмежувати точне відтворення логіки роботи (рисунок. 3.7).

3.3 Симуляція роботи системи пожежогасіння

На основі розроблений підсистем розроблено загальна система пожежогасіння яка представлена на рисунку 3.8. Для зручності відстеження діяльності системи при моделюванні було додано елементи «Display» на блоки формування сигналів для відстеження поточного значення.

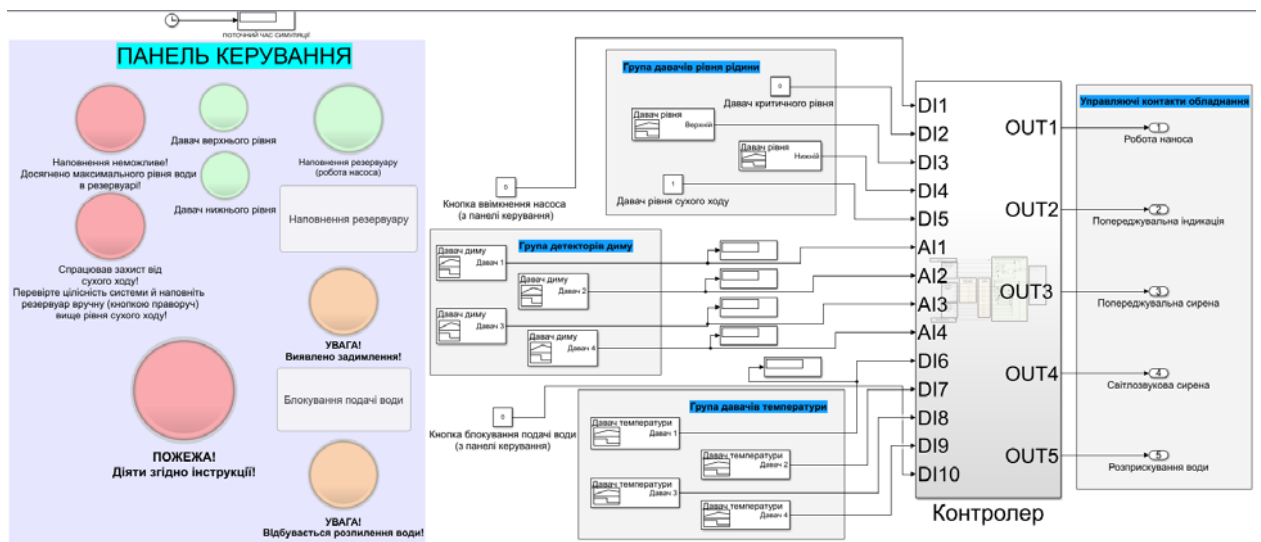


Рисунок 3.8- Зовнішній вигляд системи пожежогасіння

Крім того створено панель керування з індикацією певних змінних і кнопок, для керування насосом та блокування подачі води при моделюванні (рисунок. 3.9)



Рисунок 3.9 - Панель керування системою з індикаторами станів

Моделювання роботи системи триває 20 секунд, а швидкість моделювання змінена в 0.8 разів для демонстрації можливостей самого середовища моделювання (рисунок 3.10).

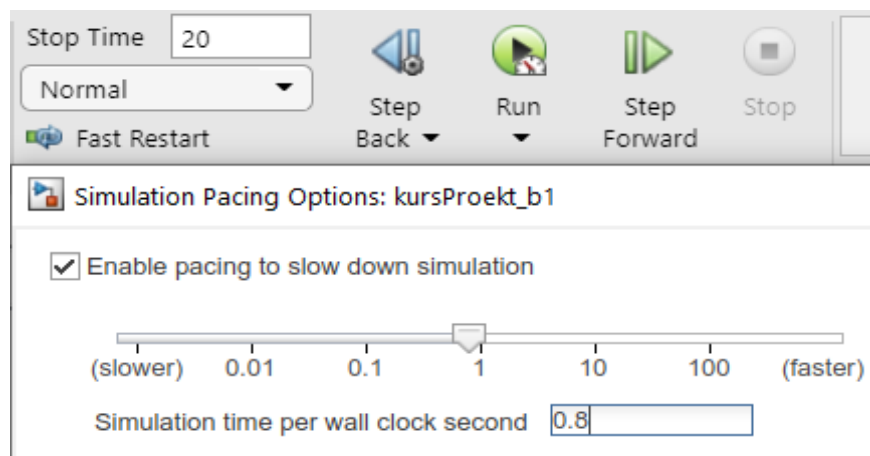


Рисунок 3.10 - Налаштування тривалості моделювання (Stop Time, тривалість моделювання з боку комп'ютера й побудови графіків) та швидкості відтворення моделювання (сповільнення чи пришвидшення для зручнішого спостереження людиною, що виконує дане моделювання)

Для автоматизації моделювання в якості джерел більшості сигналів було обрано блок Simulink «Signal Builder», що дозволяє налаштувати зміну значень сигналів на протязі всього часу моделювання.

Для давачів рівня налаштовано наступну динаміку сигналів рисунок 3.11.

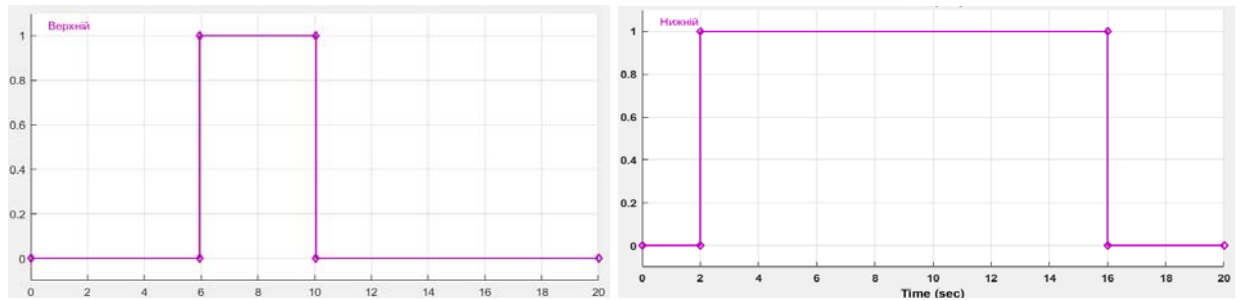


Рисунок 3.11 - Налаштування динаміки сигналів з давачів верхнього та нижнього рівнів

Згідно даного сценарію при запуску моделювання одразу вмикається наповнення резервуару, на 2 секунді спрацьовує давач нижнього рівня й загоряється відповідна індикація на панелі керування, після чого на 6 секунд спрацьовує давач верхнього рівня, починають горіти обидва індикатори, а робота насоса припиняється.

На 10 секунд гасне індикатор верхнього рівня, але насос залишається в режимі очікування доки не настане 16 секунда й цикл не почнеться спочатку. Значення детекторів диму змінюються наступним чином (рисунок 3.12).

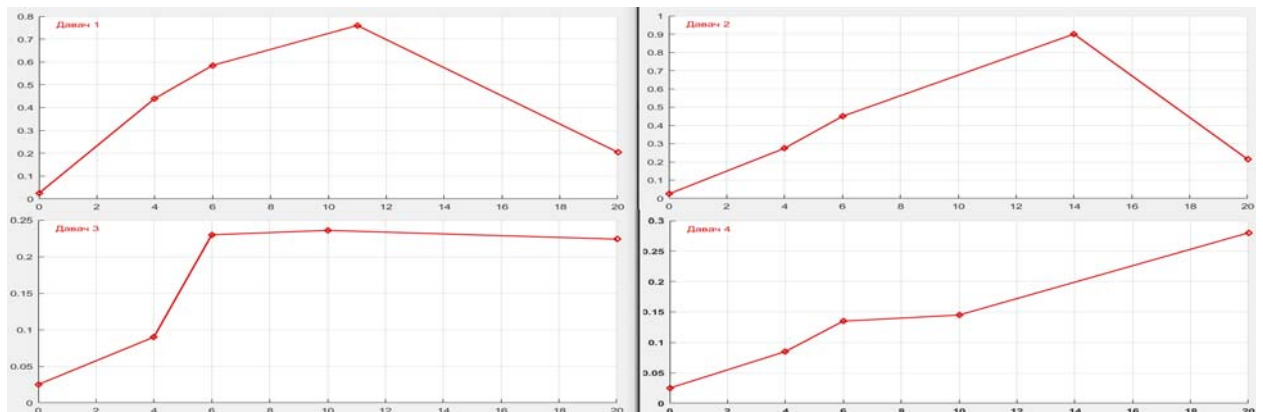


Рисунок 3.12 - Налаштування динаміки сигналів з детекторів диму

Згідно даного сценарію після 9,5 секунди давач 1 перетинає позначку в 0.7 одиниць, що після домноження на 1023 блоком «Gain» дає значення більше 700, що сигналізує систему про спрацювання давача. А тому на в цей момент спрацює індикатор, що попереджає про виявлення задимлення, а також ввімкнеться попереджувальна сирена.

Після 10,5 секунд давач 2 перетне межу й в результаті спрацює два давачі й система розпочне розприскування води й ввімкнеться світлозвукова сирена й засвітиться відповідна індикація на панелі керування.

Якщо в цей час оператор натисне кнопку блокування подачі води, то розприскування води припиниться, але сирена продовжить сповіщати персонал про надзвичайну ситуацію.

Після 19 секунди значення на давачах впадуть нижче нижнього порогу блоку «relay» й вся індикація сповіщення стосовно задимлення й пожежі вимкнеться.

Тут також важливо зауважити, що є детектори диму чи інші давачі, що видають значення протилежного характеру: умовні 1023 – відсутність задимлення; 0 – абсолютне задимлення. Тому все що потрібно – змінити значення уставок й значення на виході в блоці «relay» й система в результаті працюватиме аналогічно, просто давач спрацює при перевищенні значення 300, а скине стан при досягненні значення в 700 одиниць (динаміку сигналів в «Signal Builder» для моделювання відповідно теж необхідно буде підлаштувати під нові значення).

Тепер розглянемо роботу системи автоматизованого пожежогасіння виключно на роботі одного давача температури (рисунок 3.13).

На 6 секунд значення температури перевищує уставку спрацювання, а тому розпочнеться процес ліквідації пожежі (як вказувалося раніше, в даному варіанті системи необхідно для ввімкнення розприскування води як мінімум 2 давачі диму або 1 давач температури; залежно від специфіки роботи системи на конкретному підприємстві, ці умови можна змінити).

Після ввімкнення розприскування води температура починає падати й на 15 секунд падає нижче порогу утримування пожежогасіння.

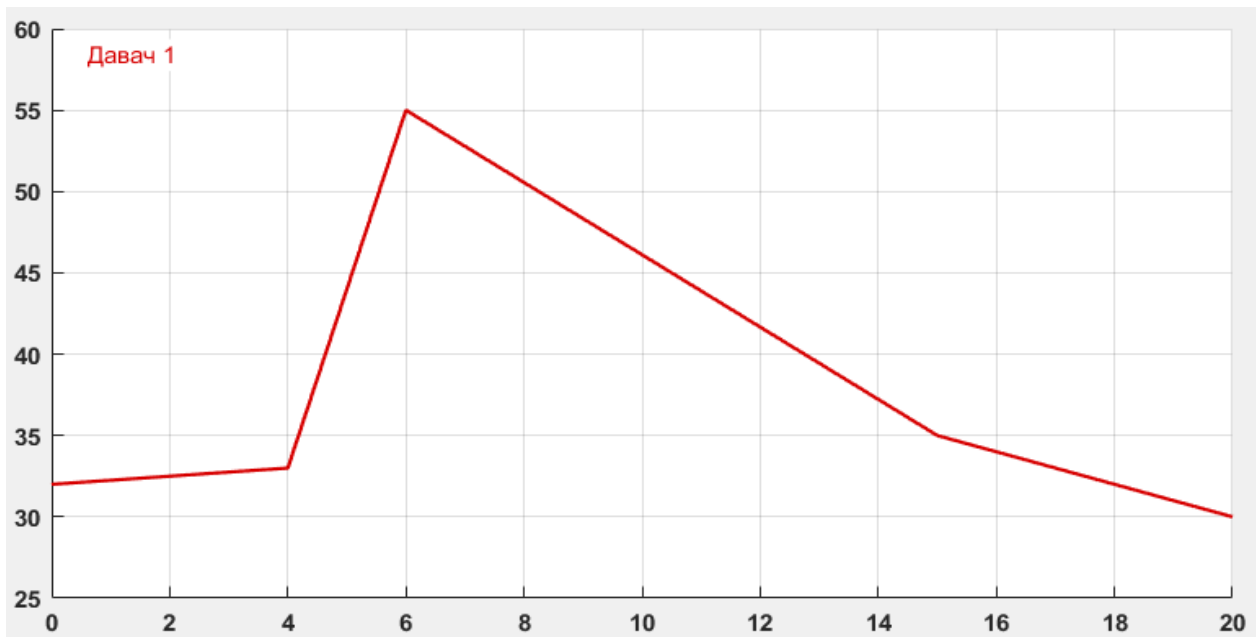


Рисунок 3.13 - Налаштування динаміки сигналів з датчика температури

Варто зауважити, що якщо рівень задимлення не впаде нижче уставок, то процес пожежогасіння не зупиниться на 15 секунд в цьому варіанті моделювання й триватиме до падіння значень на датчиках диму нижче уставок, тому гасіння може бути зупинене достроково лише оператором.

Важливо додати, що будь який процес в підсистемі автоматизованого підтримування заданого рівня рідини в резервуарі чи підсистемі автоматизованого пожежогасіння не заважає роботі іншої підсистеми.

Тобто якщо відбувається ліквідація вогню й рівень води впав нижче нижнього рівня, то паралельно розпочнеться автоматичне поповнення резервуару.

Якщо немає змоги відслідковувати усі процеси паралельно, або є потреба в побудові графіків сигналів чи відслідковування сигналів на панелі керування не є зручним, можна скористатися вбудованим блоком осцилографа.

Розглянемо роботу з блоком «Score» на прикладі підсистеми підтримування заданого рівня рідини в резервуарі. Для цього додано в схему блок осцилографа, а його входи під'єднано до сигналів, які бажаємо відслідковувати (рисунки 3.13-3.14).

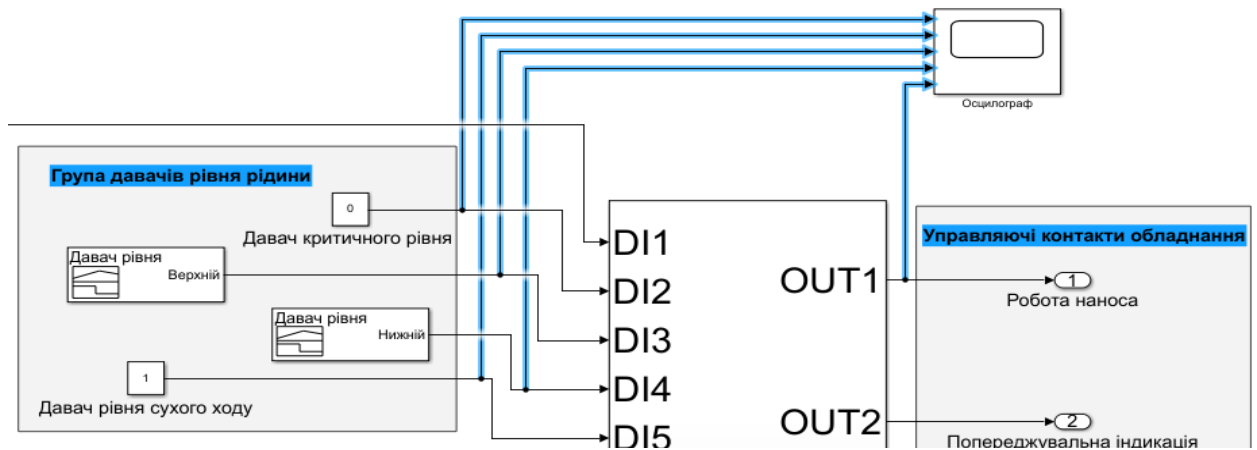


Рисунок 3.14- Рисунок 3.14 - Додавання блоку осцилографа для побудови графіків сигналів

Після запуску симуляції вікно осцилографа матиме вигляд представлений на рисунку 3.15.

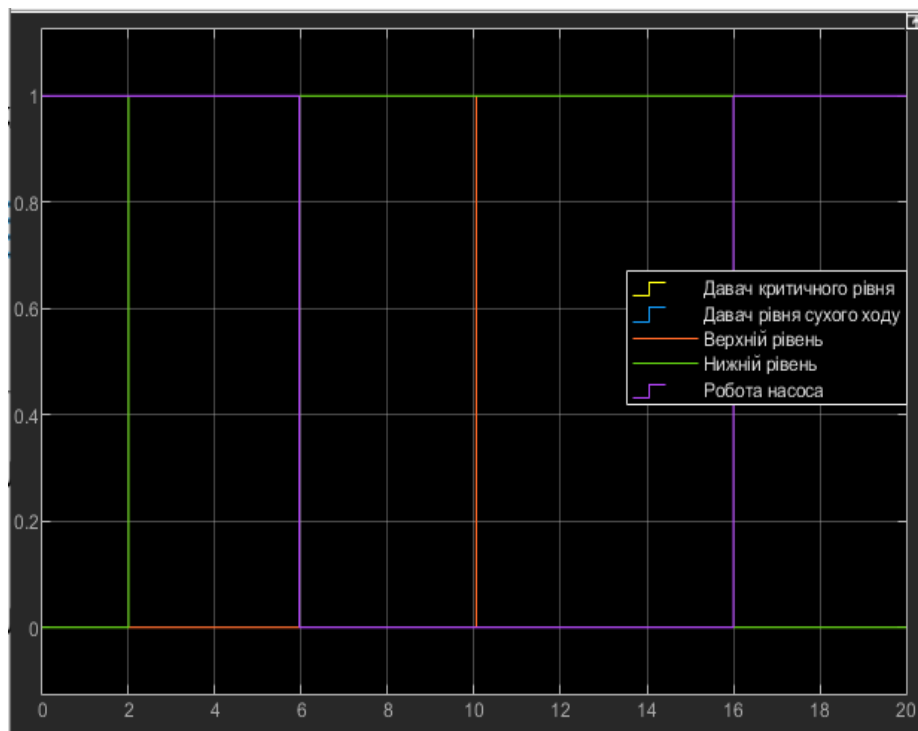


Рисунок 3.15 - Графік динаміки сигналів підсистеми

Таке представлення не є зручним для спостереження, тому зручніше буде змінити налаштування для побудови п'яти окремих графіків, а не накладання усіх сигналів в одне вікно.

Для цього необхідно перейти в меню «View -> Layout» і обрати найзручніше представлення (рисунок 3.16).

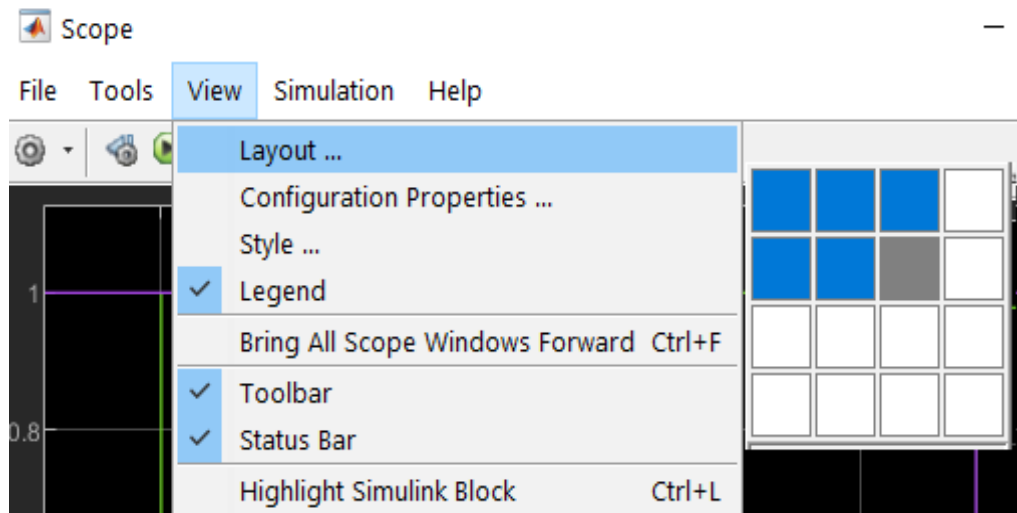


Рисунок 3.16- Зміна параметрів відображення графіків

В результаті отримуємо п'ять окремих графіків, за допомогою яких можна з легкістю відслідковувати зміну вихідних значень (роботи насоса) залежно від вхідних значень (давачів рівня) в конкретний проміжок часу (рисунок 3.17).

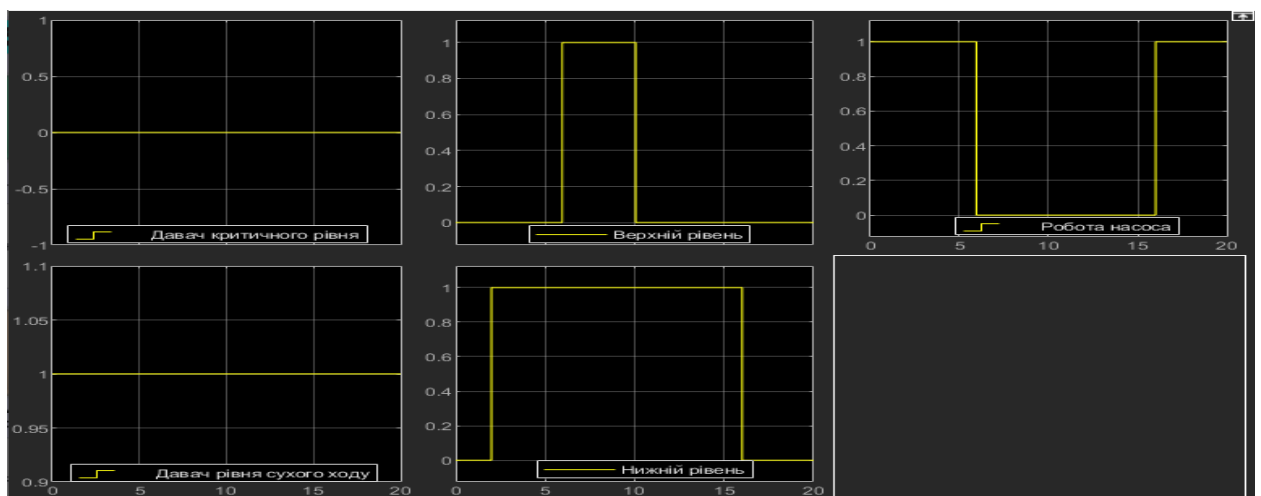


Рисунок 3.17 - Графіки зміни значень сигналів в процесі моделювання

Порядок розміщення графіків у вікні осцилографа залежить від порядку сигналів на входах осцилографа. Аналогічним чином можна відслідковувати динаміку будь-яких сигналів у системі у процесі моделювання.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано запропоновані на ринку компоненти систем пожежної сигналізації та оповіщення. Обрано найкращі компоненти, що використовуються для розробки системи проти пожежної безпеки, яка включає в себе виявлення пожежі та запускання системи її гасіння.

У програмному середовищі Simulink було розроблено автоматизовану модель системи пожежогасіння в основі якої лежить дві підсистеми: підсистема автоматизованого підтримування заданого рівня рідини в резервуарі, вода з якого використовуватиметься в ліквідації пожежі, та підсистема автоматизованого пожежогасіння на основі груп давачів диму та температури.

Кінцеву модель системи представлено у вигляді груп давачів, контролера з аналоговими та дискретними входами й релейними виходами, який опрацьовує дані з давачів й керує управляючими контактами виконавчих механізмів.

Для зручності відстеження діяльності системи при моделюванні було створено панель керування у вигляді панелі оператора на дверці щита управління з індикацією станів змінних системи й кнопок для управління.

Сценарій автоматизованого моделювання роботи системи створено заданням зміни сигналів з давачів відносно часу за допомогою блоку «Signal Builder». Результати моделювання представлено графічно за допомогою вбудованого в Simulink блоку осцилографа у вигляді графіків динаміки сигналів.

При використанні даної системи кількість детекторів диму та давачів температури, а також логіка опрацювання сигналів з давачів контролером не є сталою й може адаптуватися до специфіки реалізації системи на конкретному об'єкті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Задорожний О.В. Інтеграція IoT-технологій у системи пожежного моніторингу / О.В. Задорожний, К.В. Шевченко // Збірник матеріалів міжнародної наукової конференції «Інновації в технологіях безпеки» (ІТБ-2024), Харків, 2024. – С. 59-64.
2. Мельник О.В. Автоматизовані системи управління пожежною безпекою на промислових об'єктах / О.В. Мельник // Журнал «Цивільний захист», Харків, 2023. - С. 12-18.
3. Петренко І.В. Використання IoT у системах управління пожежною безпекою / І.В. Петренко, С.М. Іванюк // Збірник наукових праць НУЦЗУ, Харків, 2023. - С. 45-49.
4. Digital Twin-Based Fire Safety Management Framework for Smart Buildings / J. Smith, A. Khaled, M. Ahmed // Buildings, Vol. 14, No. 1, 2024. - P. 1-18.
5. BIM and Computer Vision-Based Framework for Fire Emergency Evacuation Considering Local Safety Performance / S. Astani, J. Liu // Sensors, Vol. 21, No. 11, 2021. - P. 3851-3865.
6. Коваленко О.П. Сучасні тенденції автоматизації систем пожежної безпеки / О.П. Коваленко // Матеріали конференції «Системи автоматизації об'єктів», Київ, 2023. - С. 67-70.
7. IoT-Based Fire Detection Systems: A Review / S. Johnson, P. Wang // IEEE Transactions on Systems, 2022. - P. 94-102.
8. Михайленко В.І. Цифрові рішення в управлінні безпекою об'єктів / В.І. Михайленко // Праці конференції «Розумні міста», Одеса, 2023. - С. 30-35.
9. Real-Time Fire Safety Monitoring Using AI and IoT / M. Gupta, R. Sharma // SpringerLink, 2022. - P. 120-135.
10. Сидоренко Л.В. Інтегровані системи управління пожежною безпекою в Україні / Л.В. Сидоренко // Збірник наукових праць ДСНС України, 2023. - С. 25-29.

11. Advances in Fire Safety Engineering: Smart Approaches / A. Jones, B. Smith // ResearchGate, 2021. - P. 45-62.
12. Харченко О.А. Ефективність інтеграції автоматизованих систем пожежного моніторингу / О.А. Харченко // Збірник праць НУЦЗУ, Харків, 2023. - С. 51-55.
13. Cloud-Based Fire Alarm Systems for Smart Cities / P. Kumar, S. Singh // Taylor & Francis, 2022. - P. 88-97.
14. Fire Safety Systems and Their Integration with Smart Buildings / M. Adams // MDPI, 2021. - P. 102-120.
15. Романенко С.М. Використання BIM у системах управління пожежною безпекою / С.М. Романенко // Збірник наукових праць КПІ, Київ, 2023. - С. 40-45.
16. Fire Safety in High-Rise Buildings: Challenges and Solutions / G. Brown // Springer, 2020. - P. 77-85.
17. Smart Fire Safety Solutions for Urban Areas / D. White, J. Green // ScienceDirect, 2022. - P. 90-105.
18. Digital Solutions for Fire Risk Assessment in Industrial Buildings / F. Garcia, L. Alvarez // Elsevier, 2021. - P. 135-150.
19. AI-Based Emergency Response Systems for Fire Safety / N. Patel, S. Shah // IEEE Transactions on AI, 2023. - P. 200-215.
20. BIM for Fire Safety Evacuation Planning / K. Lee, H. Park // Taylor & Francis, 2023. - P. 78-90.
21. Іванченко Л.О. Використання цифрових двійників у безпеці промислових об'єктів / Л.О. Іванченко // Праці наукового семінару «Цифрові технології у промисловості», Дніпро, 2023. - С. 14-19.
22. Edge Computing in Fire Safety Management / J. Taylor, M. Brown // Springer, 2022. - P. 112-130.
23. Fire Protection Systems for Modern Infrastructure / P. Roy // Elsevier, 2021. - P. 60-75.

24. IoT and AI-Driven Fire Safety Monitoring in Smart Homes / K. Chen, L. Wu // MDPI, 2022. - P. 45-62.
25. Василенко Ю.П. Системи автоматичного пожежогасіння в умовах цифровізації / Ю.П. Василенко // Матеріали конференції «Інноваційні технології безпеки», Львів, 2024. - С. 22-27.

ДОДАТОК А

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТІРАС-А

- Підтримка до 16 адресних кільцевих шлейфів з 125 адресними компонентами в кожному
- 500 зон
- Журнал ємністю 1000 подій
- Релейні виходи "Пожежа" і "Несправність"
- Можливість підключення комунікатора для передачі даних на ПЦС
- Основна та резервна системні шини для підключення додаткових модулів
- Вбудований блок живлення та місце для акумулятора 18 А·год
- Інтерфейси USB і RS-485 для під'єднання до ПК та ПЗ

ДОДАТОК Б

SIMULINK МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПОЖЕЖЕГАСІННЯ

