

Міністерство освіти та науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інфокомунікацій
(повна назва)

Кафедра інформаційно-мережної інженерії
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Багатокритеріальний аналіз ефективності систем пожежної сигналізації
(тема)

Виконав:

Студент 2 курсу, групи ІМІМ-18-1
Жижченко О.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 172
"Телекомунікації та радіотехніка"
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма інформаційно-мережна інженерія
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Ширяєв А.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис) Безрук В.М.
(прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ інфокомунікацій _____
(повна назва)

Кафедра _____ інформаційно-мережної інженерії _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 172 "Телекомунікації та радіотехніка" _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ інформаційно-мережна інженерія _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Жижченко Олександрі Володимирівні _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування системи пожежної сигналізації за допомогою багатокритеріального аналізу

затверджена наказом університету від 31 жовтня 2019 р. № 1609Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 20__ р.

3. Вихідні дані до роботи Провести огляд способів побудови та сфер застосування СПС. Переглянути методи багатокритеріальної оптимізації. Дослідити складові СПС за допомогою багатокритеріального аналізу. Розрахувати надійність системи

4. Перелік запитань, що необхідно опрацювати в роботі _____
Вступ

Огляд способів побудови та сфер застосування СПС

Огляд методів багатокритеріальної оптимізації

Дослідження складових СПС за допомогою багатокритеріального аналізу

Розрахунок надійності системи, Висновок

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслень, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) назва та мета роботи, вступ, приклад розташування компонентів СПС, порівняння обладнання вітчизняних виробників, огляд методів багатокритеріальної оптимізації, план приміщень Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку "Ялинка", технічні характеристики датчиків СПС, вага характеристик, результати матриці залежності, план захищаних приміщень, схема підключення ППКП, розрахунок надійності, висновок

Консультанти розділів роботи (п. 6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним в п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
<i>Основна частина</i>	<i>доц. Ширяєв А.В.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ</i>	<i>31.10.19</i>	
2	<i>Підбір літератури за темою роботи.</i>	<i>01.11-12.11.19</i>	
3	<i>Виконання розділу 1</i>	<i>11.11-15.11.19</i>	
4	<i>Виконання розділу 2</i>	<i>16.11-20.11.19</i>	
5	<i>Виконання розділу 3</i>	<i>21.11-26.11.19</i>	
6	<i>Виконання розділу 4</i>	<i>27.11-04.12.19</i>	
7	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>04.12-09.12.19</i>	
8	<i>Оформлення презентаційного</i>	<i>10.12-11.12.19</i>	
	<i>матеріалу, підготовка до захисту у ЕК</i>		

Дата видачі завдання 02 листопада 2019 р.

Студент Жижченко О.В.
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Ширяєв А.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 66 с., 22 рис., 6 табл., 12 джерел, 1 додаток

СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ, БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ, GSM, ТИПИ ДАТЧИКІВ, ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ

Мета дипломної роботи – розробка системи пожежної сигналізації та перевірка її надійності.

Об’єкт дослідження – процеси функціонування систем пожежної сигналізації.

Предмет дослідження – основні елементи системи пожежної сигналізації.

У атестаційній роботі розроблена система пожежної сигналізації, яка передбачає можливість гнучкого масштабування мережі, оптимального резервування, територіального рознесення, причому вузли можуть бути розташовані на значній відстані від пульта центрального спостереження. Проведене дослідження обладнання трьох вітчизняних виробників для вибору оптимального обладнання за допомогою багатокритеріального аналізу. Розрахована надійність спроектованої системи.

Складністю побудови СПС є неможливість застосування єдиного набору обладнання. Тому однією з істотних проблем при проектуванні та експлуатації СПС є ігнорування методу багатокритеріального аналізу характеристик датчиків для вибору оптимального варіанту.

THE ABSTRACT

Explanatory note: 66p., 22 fig., 6 tabl., 12 sources, 1 app.

FIRE ALARM SYSTEMS, MULTIPLE CRITERIA ANALYSIS, GSM, TYPES OF SENSORS, ASSESSMENT OF RELIABILITY.

The purpose of the thesis is to develop a fire alarm system and check its reliability.

Object of study - the processes of operation of fire alarm systems.

The subject of study - the main elements of the fire alarm system.

The fire alarm system has been developed in the certification work, which provides for the possibility of flexible scaling of the network, optimal redundancy, territorial diversity, and the nodes can be located at a considerable distance from the remote control center. The equipment of three domestic manufacturers for the selection of the optimum equipment by means of multicriteria analysis was conducted. The reliability of the designed system is calculated.

The difficulty of building an ATP is the inability to use a single set of equipment. Therefore, one of the major problems in the design and operation of the ATP is to ignore the multi-criteria analysis of sensor characteristics to select the best option.

	С.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД СПОСОБІВ ПОБУДОВИ ТА СФЕР ЗАСТОСУВАННЯ СПС	10
1.1 Актуальність застосування систем пожежної сигналізації	10
1.2 Класифікація систем пожежної сигналізації	11
1.2.1 Безадресні системи пожежної сигналізації	11
1.2.2 Адресні системи пожежної сигналізації.	13
1.2.3 Адресно-аналогова пожежна сигналізація	14
1.3 Типові рішення побудови систем від виробників	15
1.4 Порівняння обладнання відчезняних виробників	16
1.5 Типи датчиків	20
1.5.1 Класифікація пожежних сповіщувачів	20
1.5.2 Розміщення пожежних сповіщувачів	24
1.6 Огляд телекомунікаційних технологій, що застосовуються при побудові системи передачі тривожних сповіщень	25
1.6.1 Технологія Zigbee	25
1.6.2 GSM сигналізація	27
1.6.3 Wifi СПС	27
2 ОГЛЯД МЕТОДІВ БАГАТОКРИТОРИАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	30
2.1 Метод Уея	30
2.2 Метод Коггера і Ю	31
2.3 Метод Сааті	32
3 ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ СПС ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ	36
3.1 Технічні характеристики пожежних сповіщувачів	36
3.2 Опис об'єкта проектування	39
3.3 Вибір оптимальних датчиків для проектування СПС	40
3.4 Вибір датчиків для проектування СПС приміщень Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку «Ялинка»	41

	7
4 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ	46
4.1 Надійність одиничного елемента	46
4.2 Надійність елемента, що працює до першої відмови	48
4.3 Надійність системи з незалежними елементами, що працюють до першої відмови	51
4.4 Розрахунок надійності спроектованої системи	53
ВИСНОВОК	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	56
ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ	57

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ААСПС – Адресно-аналогова система пожежної сигналізації;
МРЛ – модуль релейних ліній;
МЦА – модуль цифрового автодозвону;
ПЗ – програмне забезпечення;
ПС — пожежний сповіщувач;
ППКП – прилад приймально-контрольний пожежний;
ПЦС – пульт централізованого спостереження;
СЗО – світло-звуковий сповіщувач;
СПС – система пожежної сигналізації;
ШС – шлейф сигналізації.

ВСТУП

Ефективним способом своєчасно виявити осередок загоряння та вжити відповідних заходів є установка пожежної сигналізації. Попередити пожежу набагато легше, ніж ліквідувати вже виниклий, який може призвести до незворотних наслідків. За рахунок своєчасного попередження людей про пожежу можна значно зменшити а інколи і уникнути несприятливих наслідків пожежі

Метою дипломної роботи є проведення багатокритеріального аналізу існуючих датчиків, за допомогою якого вибрати найкращі на основі яких спроектувати систему пожежної сигналізації та оцінити надійність розробленої системи.

Тема «Багатокритеріальний аналіз ефективності систем пожежної сигналізації» була обрана в якості дипломної роботи, тому що вона актуальна в даний час тим, що пожежні сигналізації є невід'ємною частиною оснащення будь-яких будівель та конструкцій з перебуванням людей або матеріальних цінностей. Пожежна сигналізація повинна бути правильно та надійно встановлена щоб люди не боялись пожеж, та не боялись за своє життя і здоров'я.

1 ОГЛЯД СПОСОБІВ ПОБУДОВИ ТА СФЕР ЗАСТОСУВАННЯ СПС

1.1 Актуальність застосування систем пожежної сигналізації

Актуальність методів і засобів забезпечення безпеки різних об'єктів на сучасному етапі набуває все більшого значення. Ринок технічних засобів безпеки - один з найбільш динамічних ринків товарів і послуг. Існують спеціальні нормативні документи, в яких наводиться повний перелік будівель і приміщень, для яких необхідна установка пожежної сигналізації.

Це дасть гарантію, що власник об'єкта або підприємства не потерпить великі збитки в разі несподіваної надзвичайної ситуації.

Установка пожежної сигналізації - це ефективний спосіб своєчасно виявити осередок загоряння для того, щоб вжити відповідних заходів. Попередити пожежу набагато легше, ніж ліквідувати вже виниклий, який може призвести до незворотних наслідків. Несприятливі наслідки пожежі можуть бути значно зменшені за допомогою їх запобігання шляхом своєчасного оповіщення населення про виникнення пожежі.

Система пожежної сигналізації - це комплекс технічних засобів метою роботи яких є виявлення пожежі, оброблення, подавання в заданому вигляді повідомлення про пожежу та/чи подавання команд на увімкнення автоматичних установок пожежогасіння і технічного обладнання [8].

Основними завданнями, що стоять перед системою пожежної сигналізації, є:

- виявлення ознак пожежі на початковій стадії її розвитку, що забезпечує успішну боротьбу з вогнем;
- передавання тривожних сповіщень до відповідних пристроїв (приймальних станцій) з метою вжиття першочергових необхідних заходів;
- формування сигналів та управління системами протипожежного захисту й іншого інженерного обладнання;
- попередження про виникнення несправностей та сигналізування про їх виявлення.

Завдяки установці пожежної сигналізації вчасно і професійно, можливо оперативно виявити загоряння і швидко його запобігти. Нехтувати установкою пожежної сигналізації ні в якому разі не варто, це обов'язковий та незамінний факт.

Пожежна безпека - це важлива вимога до об'єктів і будівель. До категорії особливо небезпечних об'єктів відносяться висотні будівлі, оскільки в разі небезпеки евакуювати людей звідти досить складно.

1.2 Класифікація систем пожежної сигналізації

Пожежна сигналізація за своїми завданнями і функціями, поділяється на кілька видів. На практиці використовуються всього три види. Різниця між ними полягає в способах організації контролю шлейфів.

- Безадресні (порогові);
- Адресні (адресно-порогові);
- Адресно-аналогові.

1.2.1 Безадресні системи пожежної сигналізації

Застосування неадресних систем є доцільним на невеликих об'єктах. При цьому датчики мають фіксований поріг чутливості і об'єднані загальним шлейфом в одну або декілька груп. У разі спрацьовування одного з датчиків формується загальний сигнал тривоги. При цьому можна встановити джерело спрацьовування лише з точністю до номера шлейфа [8].

Безадресні сповіщувачі реагують на сигнал в шлейфі, який передається сповіщувачем на контрольний пункт. При цьому, невідомо, який саме прилад послав сигнал. До одного шлейфу може бути підключено кілька пожежних сповіщувачів, точна кількість яких залежить тільки від обмежень даної конкретної системи. Система індикації безадресного контрольного приладу, являє собою ряд світлодіодів, кожен з яких відповідає за певний шлейф. Якщо діод світиться зеленим кольором - порядок, червоним - "пожежа" або будь-яке несанкціоноване вплив на прилад. Коли приходить сигнал, система індикації "не знає" який саме сповіщувач послав його. Тобто, дано сигнал, що будівлю потрібно евакуювати, а що сталося і чи потрібно гасити пожежу, а також де, це можна буде вирішити потім [5].

Найпростіші ПС при виявленні факторів пожежі забезпечують замикання й розмикання контактів. Сповіщувачі з нормально-замкнутими контактами включаються у дводровий шлейф послідовно (рис.2.1). У черговому режимі шлейф перебуває під напругою й по ньому протікає певний струм, який прийнято називати черговим. При спрацьовуванні одного або декількох сповіщувачів черговий струм миттєво падає до нуля, що і є ознакою пожежі.

Але такий спосіб визначення факту спрацьовування сповіщувача має суттєвий недолік: обрив шлейфа сприймається як пожежа. Обрив шлейфу повністю виводить систему з ладу. Для усунення цього недоліку застосовують шлейфи з шунтуючими (обвідними) резисторами (рис.1.1). В цьому випадку

паралельно з вихідними контактами кожного нормально-замкненого сповіщувача встановлюється шунтуючий резистор [5].

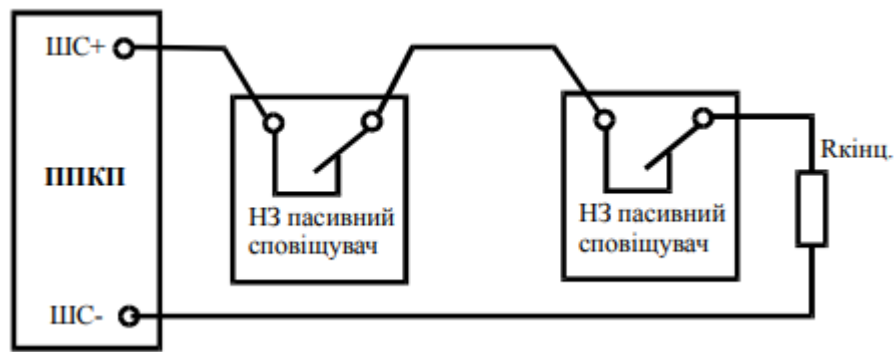


Рисунок 1.1 - Схема підключення нормально-замкнених сповіщувачів в дводротовий шлейф:

Rкінц. – кінцевий елемент

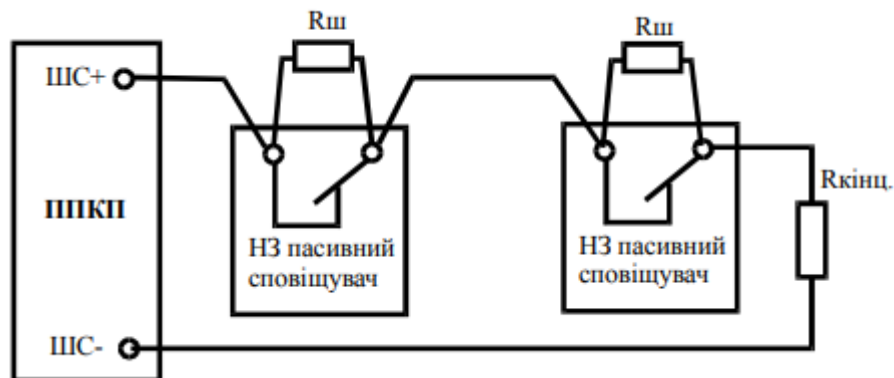


Рисунок 1.2. - Схема підключення нормально-замкнених сповіщувачів з шунтуючим резистором в дводротовий шлейф

Rш – шунтуючий резистор; Rкінц. – кінцевий елемент

В черговому режимі значення струму визначається опором кінцевого елемента (як правило, пасивного резистора), так як опір контактів сповіщувача значно менший за опір шунтуючого резистора, то струм проходить через контакти сповіщувача. У цьому випадку при спрацьовуванні сповіщувача, його контакти розмикаються і струм починає проходити через шунтуючий резистор. В наслідок чого його величина зменшується за рахунок підвищення сумарного опору шлейфу.

По величині зменшення струму можна визначити не тільки факт спрацьовування сповіщувача, але й кількість сповіщувачів, що спрацювали в шлейфі. При обриві шлейфу струм падає до нуля. Така схема підключення

(рис.1.1) дозволяє ідентифікувати такі несправності, як обрив лінії та коротке замкнення [5].

Загальним недоліком безадресних систем, є те, що неможливо визначити який зі сповіщувачів спрацював. У найкращому разі визначається тільки напрямок — номер шлейфу. Більша частина часу йде на пошук сповіщувача, що спрацював, і губиться час. У цьому плані набагато зручніше адресні системи пожежної сигналізації, що дозволяють точно визначити номер сповіщувача, що спрацював.

Такий підхід зручний на невеликих об'єктах. Домогтися ж більшої локалізації такої системи можна лише за рахунок збільшення кількості шлейфів, а це вже значне ускладнення системи і неминуче збільшення кількості проводів. Як наслідок, знижується надійність системи. Однак, на допомогу приходять адресні контрольні прилади, позбавлені таких недоліків [5].

1.2.2 Адресні системи пожежної сигналізації.

У адресних системах пожежної сигналізації. переважає кільцева схема підключення пожежних сповіщувачів, в якій кожен сповіщувач по черзі опитується. В кільце можуть включатися не тільки адресні пожежні сповіщувачі, а й виконавчі пристрої і модулі інформаційних входів. Це дозволяє на базі адресної системи пожежної сигналізації побудувати систему протипожежної диспетчеризації.

Адресний контрольний прилад постійно здійснює двосторонній зв'язок з датчиками-сповіщувачами. Кожен адресний елемент (адресні пожежні сповіщувачі, виконавчі пристрої і модулі інформаційних входів) має свою адресу і текст про місце установки. Такий принцип дії дозволяє не тільки точно визначити, який датчик послав сигнал, але розпізнати характер сигналу (наприклад, "вогонь", "дим" тощо). Максимальна кількість адресних елементів в кільці може бути від 60 до 256 [9].

В адресних системах обмін інформації здійснюється у двійковому коді. ПКП посилає сигнал опитування. ПС сприймає сигнал. Якщо номер запиту збігається з номером ПС, то даний ПС формує відповідь стану — черговий режим або небезпека [5].

У коді відповіді може міститися інформація про параметри контрольованого середовища. Крім того, по команді від ПКП сповіщувач може переводитися в режим підвищеної небезпеки, якщо параметри середовища викликають підозри. Наприклад, температура в нормі, але досить

швидко змінюється. По цій команді збільшується число вимірів в одиницю часу. Якщо тривоги не виникає, то ПС знову вертається в черговий режим [5].

Основний недолік системи - складність системи. Багато інформації це, звичайно, добре, але більша частина з неї знадобиться хіба що інженеру при черговому обслуговуванні, та й то не вся. Зате при установці системи треба буде розв'язати ряд завдань, для вирішення яких необхідно володіти певними знаннями і навичками роботи конкретно з цією системою. При підключенні системи доведеться в документацію включити розділ "конфігурація" або "проект пусконаладження". Може знадобитися провести додаткову роботу за призначенням адреси кожному пристрою (звичайно, це залежить від моделі, в деяких це відбувається автоматично, в інших на кожному датчику це потрібно робити вручну).

Застосування такого виду пожежного оповіщення актуально для великих об'єктів, де за пару хвилин не вийде обійти і частини території.

1.2.3 Адресно-аналогова пожежна сигналізація

В адрес-аналоговій СПС закладено якісніші алгоритми обробки даних, які надходять від датчиків до панелі управління. При цьому пульт управління фіксує різні фактори, які можуть змінити свідчення сенсорів, відсіваючи їх. А це створює умови уникнути практично повністю помилкових включень.

Важливою відмінністю ААСПС є те, що в них пожежний сповіщувач є тільки вимірником параметра і транслює на ППКП його значення і свою адресу, а ППКП, в свою чергу, оцінює величину і швидкість зміни цього параметра, а також управляє індикацією пожежних сповіщувачів - включає режим "несправність" або "Пожежа". Всі компоненти шлейфу сигналізації: сповіщувачі пожежної сигналізації, блоки контролю і управління та сповіщувачі мають власні унікальні адреси [5].

На відміну від раніше описаних систем, адресно-аналогова пожежна сигналізація здійснює принцип - сповіщувач - тільки вимірювальний прилад, а ППКП - мозок системи.

Кільцева архітектура шлейфа сигналізації, в якій шлейфи виконують роль шин даних, що забезпечують двосторонню передачу, контролюючих та керуючих сигналів дозволяють ППКП, при обриві шлейфа сигналізації, фіксувати місце обриву і формувати відповідне повідомлення, але всі інші компоненти шлейфу сигналізації продовжують працювати в звичайному режимі. Можливість зміни чутливості пожежних сповіщувачів - одне з найважливіших переваг ААСПС. Граничні значення параметрів і швидкість їх зміни можуть бути змінені і в меншу, і в більшу сторону, що дозволяє

управляти пожежної обстановкою на об'єкті в залежності від особливостей контрольованих приміщень, пов'язаних з їх функціонального призначення (підвищена температура, особливо чиста кімната, запилене приміщення, властивості вентиляції та ін.). Крім того, існує право установки порогового значення для кожного сповіщувача пожежної сигналізації не лише для рівня "пожежа", але і проміжного порогового значення "попередження", що дозволяє виявляти осередки загоряння на більше ранніх стадіях і прискорювати процес локалізації та гасіння [5].

Подібні системи дозволяють зробити гнучку адаптацію до умов на об'єкті.

Єдиний недолік, який має адресно-аналогова пожежна сигналізація - це її досить велика вартість. Але вона себе виправдовує, якщо охороняються об'єкти зі значними матеріальними цінностями [5].

1.3 Типові рішення побудови систем від виробників

Пожежна сигналізація (ПС) це комплекс технічних засобів, призначення яких виявити загоряння, задимлення або пожежу і своєчасно оповістити про це людину. Основне її завдання порятунок життя людей, мінімізація завданих збитків та збереження майна.

Вона може складатися з наступних елементів(рис.1.3):

- прилад приймально-контрольний пожежний (ППКП) - мозок всієї системи, здійснює контроль над шлейфами і датчиками, включає і відключає автоматику (пожежогасіння, димовидалення), управляє сповіщувачами і передає сигнали на пульт охоронного підприємства або локального диспетчеру (наприклад, охоронцю);

- різні типи датчиків, які можуть реагувати на такі фактори, як - дим, відкрите полум'я і тепло;

- шлейф пожежної сигналізації (ШС) - це лінія зв'язку між датчиками (сповіщувачами) і ППКП;

- оповіщувач - пристрій покликане привертати до себе увагу, бувають світловими, звуковими – сирени.

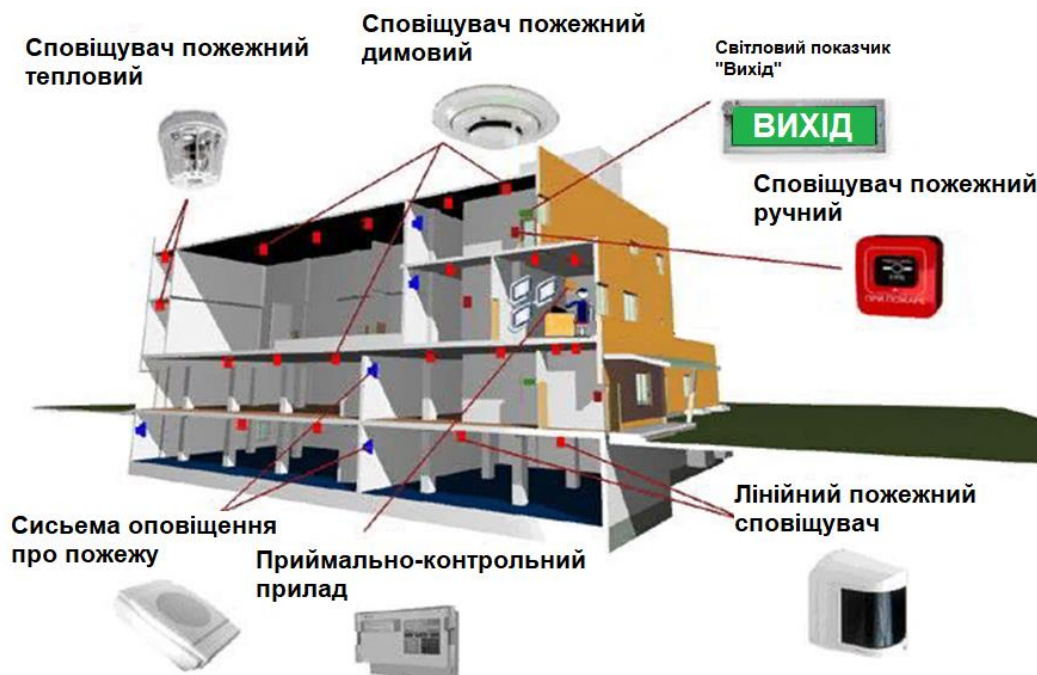


Рисунок 1.3 – Приклад розташування компонентів СПС

1.4 Порівняння обладнання вітчизняних виробників

Для порівняння було взято три виробника :

- СКБ Електронмаш, м. Чернівці;
- Тірас, м. Вінниця;
- АРТОН, м. Чернівці

Для початку розглянемо пропозиції обладнання СКБ Електронмаш, м. Чернівці. Їх приймально-контрольний пожежний прилад має назву «Варта-1/4», «Варта-1/8» (рис.1.4) та має наступні характеристики:

- чотири (вісім) рівнозначних ШС (стабілізовану напругу живлення 24 В, обмеження струму 26 мА);
- чотири виходи типу «Відкриттів колектор» К1, К2, К3, К4;
- два виходи оптореле Реле 1 і Реле 2;
- один вихід «СЗО»;
- телефонний комунікатор з гальванічною розв'язкою від телефонної лінії і пам'яттю на 255 подій для передачі повідомлень на ПЦС;
- вихід для живлення зовнішніх пристроїв
- напруга живлення ШС (24 ± 2) В
- акумуляторна батарея повинна бути кислотно-свинцевого типу герметична обслуговуюча перезаряджається з номінальною напругою 12 В і місткістю не менше 7 А · год, здатна працювати в буферному режимі заряду.
- напрацювання на відмову приладу не менш 30000 ч.
- термін служби приладу не менше 10 років.

- габаритні розміри приладу не більше 364x260x87 мм.
- маса приладу без акумулятора не більше 4 кг [10].



Рисунок 1.4 - Прилад приймально-контрольний пожежний «Варта-1/4»,
«Варта-1/8»

Також ця фірма виробляє ряд сповіщувачів описаних нижче.

Сповіщувач пожежний димовий ИПК-8 (рис.1.5)

Сповіщувач представляє собою автоматичний оптоелектронний пристрій, що здійснює електричну і оптичну сигналізацію про перевищення порогового значення щільності диму в місці його установки.

2-дротове підключення, напруга живлення (10-30) В.

Робочі умови експлуатації:

- температура оточуючого повітря від мінус 10 до 50°C;
- відносна вологість оточуючого повітря від 35 до 95% при температурі 35°C;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа [11].



Рисунок 1.5 - Сповіщувач пожежний димовий ИПК-8

Сповіщувач пожежний тепловий ИПК-9

Сповіщувач пожежний «ИПК-9» призначений для виявлення загорянь в закритих приміщеннях будівель і споруд, що супроводжуються виділенням тепла.

Робочі умови експлуатації аналогічні умовам ИПК-8. Номінальна температура спрацювання $62 \pm 8^\circ\text{C}$.

Сповіщувач пожежний ручний ИПР-1 (рис.1.6)

Сповіщувач пожежний ручний «ИПР-1» призначений для ручного керування сигналом пожежної тривоги в системах пожежної сигналізації та пожежогасіння.

Прилад обладнаний відкидною прозорою кришкою, струм комутації до 20 мА, напруга до 30В, без світлодіодної індикації.



Рисунок 1.6 - Сповіщувач пожежний ручний ИПР-1

Наступний виробник це - АРТОН, м. Чернівці.

Його приймально-контрольний пожежний прилад має назву «АРТОН-08П» та він аналогічний приладу «Варта-1/8», але замість 1-го виходу ОСЗ має можливість підключення до 4 -х незалежних оповіщувачів з контролем цілісності ланцюгів.

Сповіщувачі які він випускає аналогічні сповіщувачам першого виробника та мають назви: пожежний димовий сповіщувач СПД-3, пожежний тепловий сповіщувач ТПТ-3, пожежний ручний сповіщувач SPR-1.

На відміну від «СКБ Електронмаш» виробляє ще й сповіщувачі пожежні димовий лінійні пропущеного світла, які називаються «Артон-ДЛ1» (рис.1.7).

Сповіщувач призначений для виявлення займань в закритих приміщеннях великих розмірів, що супроводжуються появою диму. Сповіщувач є двокомпонентним і складається з БІ і БП. Дальність дії, від 10м до 100м. Чутливість відповідає оптичній щільності середовища, дБ $1,5 \pm 0,5$ [12].



Рисунок 1.7 - Сповіщувач пожежний димовий лінійний пропущеного світла Артон-ДЛ1

Останнім розглядається виробник «Tiras», м. Вінниця.

Один з приладів який вони пропонують називається «TIPAC-8П».

Він аналогічен приладам описаним висче однак, на відміну від інших має можливість:

- підключення модуля релейних ліній МРЛ (МРЛ 2.2 або МРЛ 2.1);
- підключення комунікатору МЦА чи МЦА-GSM для передавання інформації на ПЦС;
- системна шина RS-485 для підключення додаткового обладнання ПУіЗ «Tiras-1», M-OUT8R, МКІ, ПКІ «Tiras».

Сповіщувачі які випускаються у цього виробника по характеристикам майже однакові з висче перекисленими та мають назви: пожежний димовий сповіщувач СПД2-TIPAC, тепловий пожежний сповіщувач СПТ-Tiras, сповіщувач пожежний ручний СПР "Tiras". На відміну від інших виробників випускають пожежні комбіновані сповіщувачі СПК-Tiras. Усі пипи сповіщувачів можна замовити і в іскро безпечному виконанні.

Для забезпечення пожежної охорони в вибухобезпечних приміщеннях виготовляють модуль бар'єрного іскрозахисту МБІ-2.

Для зручності знаходження спрацювання датчика в шлейфі виробляють виносний пристрій оптичної сигналізації ВПОС (рис.1.8). Який призначений для зовнішньої індикації спрацювання сповіщувача, який знаходиться за підвісною стелею чи в іншому недоступному для огляду місці.



Рисунок 1.8 - Виносний пристрій оптичної сигналізації ВПОС

По результатам порівняння зрозуміло, що не обов'язково вибирати обладнання лише в одного виробника. Всі елементи однаково гарно працюють в комбінації як з обладнанням іншого виробника так і з рідним. Компоненти обрані в різних виробників дають більш широкий обсяг можливостей.

1.5 Типи датчиків

1.5.1 Класифікація пожежних сповіщувачів

Пожежний сповіщувач – пристрій, що реагує на виникнення небезпечних проявів пожежі (дим, надмірне тепло чи світло, полум'я), після чого перетворює їх в електричний сигнал та здійснює передавання на приймально-контрольний прилад.

Пожежний сповіщувач перетворює зміну контрольованої первинної ознаки пожежі, в корисний сигнал (як правило електричний), здійснює його первинну обробку і передає сповіщення про пожежу або несправність по лінії зв'язку на пожежний приймально-контрольний прилад [5].

Існуючі модифікації пожежних сповіщувачів можна класифікувати за наступними ознаками.

1) За способом приведення в дію:

- ручні пожежні сповіщувачі (рис.1.9) (аварійні кнопки пожежної сигналізації)– це сповіщувачі, які приводяться в дію за допомогою людини;

Конструктивно ручний сповіщувач може бути реалізований із кнопкою, що фіксується, (перемикачем) або спеціальною рукояткою. У більшості випадків у сповіщувачах застосовуються геркони, що управляються магнітами, з постійними магнітами, розміщеними в рукоятці сповіщувача



Рисунок 1.9 - Ручний пожежний сповіщувач

- автоматичні пожежні сповіщувачі, це сповіщувачі, які реагують на чинники, що супроводжують пожежі (первинні ознаки пожежі – температура, дим, полум'я).

2) За видом ознаки пожежі, що контролюється:

- теплові (рис.1.10) – автоматичні пожежні сповіщувачі, які реагують на певне значення температури і (або) швидкість її зростання;

Сповіщувач конструктивно складається з підстави з клемми для підключення проводів шлейфа пожежної сигналізації і змонтованим на двох стійках термочутливим елементом, що закривається легкоз'ємним захисним ковпачком.

Принцип роботи цього сповіщувача наступний. Термочутливий елемент сповіщувача являє собою нерозбірний вузол, що складається з термочутливої магнітної системи у виді двох кільцевих постійних магнітів із установленим між ними термочутливим феритом 4 з низькотемпературною крапкою Кюрі (близько 70 °С). Термочутливий феритовий магнітопровід і обоє кільцевих магнітів укріплені за допомогою спеціального клею на колбі магнітокерованого реле (геркона). Також між магнітами і феритами знаходяться алюмінієві радіатори [6] .

За температур нижче граничної температури сповіщувача контакти геркона замкнуті під впливом подовжнього магнітного поля магнітної системи термоелемента. Під впливом підвищеної температури, що перевищує крапку Кюрі для феромагнітного матеріалу, з якого виготовлений термочутливий феррит сповіщувача, магнітна проникність ферита практично падає до нуля. Це приводить до різкого зменшення подовжнього магнітного поля, що утримувало раніше контакти геркона у замкнутому стані, у результаті чого контакти розмикаються, сигналізуючи про перевищення температури в місці установки сповіщувача понад 70 °С.



Рисунок 1.10 - Тепловий пожежний сповіщувач

- димові (рис.1.11) – автоматичні пожежні сповіщувачі, які реагують на появу аерозольних продуктів горіння;

Димові пожежні сповіщувачі для виявлення диму використовують два методи: оптико-електронний і радіоізотопний.

Оптико-електронний метод, покладений в основу роботи переважної більшості розроблених і експлуатованих моделей димових ПС, полягає в аналізі стану середовища в місці установки ПС шляхом зондування локального об'єму робочої камери ПС за допомогою оптичного променя. При цьому в алгоритм роботи ПС звичайно закладається один із двох критеріїв прийняття рішення про пожежу в приміщенні, що захищається [5]:

- світловий потік, що проходить через контрольну ділянку, менше припустимої величини;
- світловий потік, розсіяний на контрольній ділянці, перевищує припустиму величину.

Оптико-електронні сповіщувачі контролюють оптичний стан середовища шляхом просвічування його джерелом світла й оцінки потоку, що пройшов через середовище, або відбитого від часток диму. З метою забезпечення перешкодозахищеності сповіщувачів, вони використовують для просвічування середовища інфрачервоні модульовані коливання



Рисунок 1.11 - Димовий пожежний сповіщувач

- полум'я (рис.1.12) – автоматичні пожежні сповіщувачі, що реагують на електромагнітне випромінювання полум'я;

Сповіщувач полум'я - сповіщувач, що реагує на електромагнітне випромінювання полум'я або тліючого вогнища.

Сповіщувачі полум'я застосовуються, як правило, для захисту зон, де необхідна висока ефективність виявлення пожежі, оскільки виявлення пожежі сповіщувачами полум'я відбувається в початковій фазі загорання, в той час коли температура в приміщенні ще далека від значень, при яких спрацьовують теплові сповіщувачі. Сповіщувачі полум'я забезпечують можливість захисту зон із відкритими майданчиками та значним теплообміном, де неможливе застосування теплових і димових сповіщувачів. Застосовуються при аваріях для організації контролю наявності перегрітих поверхонь агрегатів, наприклад, для

виявлення пожежі в салоні автомобіля, під обшивкою агрегату, контролю наявності твердих фрагментів перегрітого палива на транспортері.



Рисунок 1.12 – Сповіщувач полум'я

– автоматичні пожежні сповіщувачі, які чутливі до газоподібних продуктів згоряння та/або теплового розпаду.

Сповіщувач пожежний газовий являє собою прилад, що реагує на газ, що виділяються при горінні або тлінні матеріалів. Під чутливістю сповіщувача розуміється мінімальне газове значення концентрації, при якій відбувається спрацьовування сповіщувача.

Встановлюються в технологічних приміщеннях з високою категорією за вибухопожежною безпекою реагують на появу горючих газів, наприклад, водню в результаті розгерметизації трубопроводів / корпусів апаратів / установок, інших аварійних ситуацій.

- комбіновані (рис.1.13) – автоматичні сповіщувачі, що реагують на декілька ознак пожежі, наприклад, на температуру і аерозольні продукти горіння, на температуру і електромагнітне випромінювання полум'я [5].



Рисунок 1.13 – Комбінований автоматичний сповіщувач

3) За видом порога спрацьовування:

- максимальні – автоматичні сповіщувачі, що спрацьовують при досягненні та перевищенні параметром, що контролюється, певного (порогового) значення:

- диференціальні – автоматичні сповіщувачі, що реагують на швидкість зміни параметра, що контролюється; спрацьовують при досягненні та перевищенні певного (порогового) значення швидкості зміни параметра, що контролюється (наприклад, швидкість зміни температури);

- максимально-диференціальні – автоматичні сповіщувачі, що реагують як на досягнення контрольованим параметром певного значення, так і на швидкість зміни параметра, що контролюється (температури) [5].

4) За способом формування сигналу:

- пасивні – сповіщувачі, які при спрацюванні формують сигнал у вигляді розмикання або замикання електричних контактів;

- активні – сповіщувачі, на виході яких з'являється сигнал у вигляді зміни величини струму або напруги, що генерується сповіщувачем.

5) За видом зони, що контролюється:

- точковий – сповіщувач, що спрацьовує за наявності явища, що контролюється, у визначеній точці.

- лінійний – сповіщувач, що спрацьовує за наявності явища, що контролюється поблизу визначеної лінії.

- багатоточковий – сповіщувач, що спрацьовує за наявності явища, що контролюється, яка виявлена поблизу декількох визначених точок.

б) За видом опиту пожежним приймально-контрольним приладом:

- неадресовані – сповіщувачі, за інформацією від яких в системі неможливо судити, від якого конкретно сповіщувача вона надійшла (неможлива ідентифікація місця виникнення пожежі);

- адресовані – сповіщувачі, в яких передбачена можливість установки для кожного з них індивідуального коду (адреси), що передається на ППКП та дозволяє судити про стан середовища в приміщенні та власну працездатність сповіщувача [5].

1.5.2 Розміщення пожежних сповіщувачів

Кількість і розміщення автоматичних пожежних сповіщувачів залежить від їх типу, геометричних параметрів приміщення, місця застосування, а також умов навколишнього середовища в приміщеннях, які підлягають захисту.

Рекомендації щодо вибору виду пожежного сповіщувача для захисту конкретного об'єкту наведено в ДБН В.2.5-56:2014. Він же визначає і схеми

розміщення пожежних сповіщувачів в приміщеннях, які підлягають захисту. При виборі типу пожежного сповіщувача потрібно ґрунтуватися на необхідності надійного виявлення пожеж на початковій стадії, виключення сигналів помилкової тривоги та інших факторів.

У ДБН В.2.5-56:2014 зазначені максимально припустимі значення контрольованої площі для різних сповіщувачів, з урахуванням їх принципу дії і переважної геометрії на місці їхньої установки. Також зазначені максимально припустимі відстані, яких не можна перевищувати при установці сповіщувачів у приміщеннях, що захищаються [5].

Пожежні сповіщувачі розміщуються на підставі умови їхнього оптимально-симетричного розподілу по площі, що захищається. При цьому, кожна точка площі приміщення, що захищається, повинна контролюватися пожежними сповіщувачами.

1.6 Огляд телекомунікаційних технологій, що застосовуються при побудові системи передачі тривожних сповіщень

Системи передачі тривожних повідомлень здійснюють дозвон на пульта централізованої охорони або власнику на мобільний телефон по зайнятим лініях зв'язку.

Інформація про пожежу, повинна оперативно передаватися на пульт охорони, також як і сама інформація повинна збиратися з максимальною достовірністю, тому завдання розробки радіоелектронної системи передачі тривожних повідомлень є важливою і актуальною.

Серед численних пристроїв і систем пожежної сигналізації дані системи займають особливе місце. Це обумовлено, з одного боку важливими додатковими перевагами, такими, як відсутність сполучних проводів і швидкість установки, з іншої, виникнення ряду специфічних особливостей, пов'язаних з надійністю каналу зв'язку, завадостійкістю, ресурсом джерел живлення та іншими особливостями. Сучасні технології дозволяють здійснювати передачу СПТС засобами приведеними нижче.

1.6.1 Технологія Zigbee

Основне завдання, яке вирішується за допомогою ZigBee, - передача невеликих обсягів даних на середні відстані. Специфічність призначення ZigBee полягає в тому, що приймально-передавальні пристрої цього стандарту повинні мати мінімальне енергоспоживання. З IEEE 802.15.4 і ZigBee не можна

передавати якісне потокове аудіо або відео високої чіткості, зате можна реалізувати складні схеми моніторингу.

Протокол ZigBee працює на частотному діапазоні 2,4 ГГц, що дозволяє збільшити пропускну спроможність безпроводного каналу при зменшенні енергоспоживання окремих безпроводних пристроїв і, отже, збільшити місткість системи [7].

Системи пожежної сигналізації, що використовують радіоканал для збору інформації від датчиків побудовані з використанням автономних безпроводних датчиків з радіопередавальним модулем і локальною аудіовізуальною індикацією режимів роботи. Передача даних через радіоканал здійснюється тільки від датчиків до і контрольних модулів, що дозволило значно скоротити енергоспоживання датчиків. В результаті, для живлення датчика досить однієї батареї, при незначному програші в надійності роботи системи (в порівнянні з аналогічними системами з двостороннім обміном). Для скорочення енергоспоживання застосовують прийоми схемотехніки і спеціальні алгоритми роботи мікроконтролера, що входить до складу датчика диму. Кожному датчику в системі присвоєний індивідуальний номер, який задається на виробництві у момент занесення програми в пам'ять МК, або при розгортанні системи, з використанням апаратних засобів приймального модуля. Кожен приймально-контрольний модуль системи має ідентифікатор, який, разом з номером, заноситься в пам'ять датчика. Це необхідно для побудови адресної системи пожежної сигналізації із закріпленням за датчиком або групою датчиком своєї зони відповідальності. В результаті, утворюються так звані стільники, кожна з яких включає себе певну кількість датчиків і один приймально - контрольний модуль.

Система здатна обслуговувати до 255 датчиків в межах стільника за наявності перешкод і декількох працюючих паралельно систем пожежної сигналізації. Можливе розширення системи до 1024 датчиків за відсутності постійних радіоперешкод і інтерференції з іншими радіосигналів. Дальність передачі від датчиків до приймального модуля складає більше 30 метрів усередині приміщень і більше 300 метрів на відкритому просторі. Надійність передачі даних через радіоінтерфейс забезпечується завадостійким кодуванням інформації і корекцією помилок на стороні приймального модуля. Термін роботи датчика диму при живленні від стандартної батареї 9Вт місткістю 400 мАч складає не менше одного року [7].

1.6.2 GSM сигналізація

Інноваційним проривом у галузі виробництва СПС стали GSM- системи безпеки. Принцип роботи GSM сигналізації побудований на використанні потенціалу стільникових мереж з метою миттєвої передачі сигналів тривоги від об'єкту, що охороняється, до власника або служби охорони.

Сигнал тривоги від електронного блоку сигналізації до абонентів передається аналогічно тому, як це відбувається при телефонних дзвінках з використанням мобільних телефонів. Принцип роботи GSM мереж полягає в передачі сигналу від пристрою з GSM- адаптером до базової станції, яка його перенаправляє до контролера локальної зони, а він у свою чергу транслює сигнал на комутатор, що забезпечує пошук номера, на який йде сигнал, і відповідний канал зв'язку, що виділяє для нього.

Завдяки такому принципу зв'язку сигнал від об'єкту, що охороняється, за лічені секунди може поступити власникові будинку, який знаходиться за сотні кілометрів від будинку. Це дозволить швидко зреагувати в ситуації, що склалася, і викликати підмогу до свого дому.

Ефект від використання технологій безпроводної передачі даних в системах промислової автоматики є очевидним - економія матеріальних і людських ресурсів, зниження збитків від простою устаткування, збільшення точності вимірів. Проте цей стандарт передачі даних, окрім явних переваг, має також цілий ряд обмежень. Наприклад, використання GSM технології не підходить для потоків даних, критичних до часу доставки. Тому стільниковий зв'язок не рекомендується використати при побудові систем управління реального часу. В першу чергу це пов'язано з тим, що якість стільникового зв'язку залежить від завантаженості мережі, віддаленості від базових станцій, кількості активних абонентів мережію.

1.6.3 Wifi СПС

WiFi GSM сигналізація

Ця система є комплексом, який підтримує різні функціональні датчики. Якщо датчик виявляє ознаку пожежі система передасть відповідний сигнал на системний блок, а він у свою чергу оповістить власника об'єкту і ЦПС. Для сповіщення може вбиратися GSM - або інтернет-мережа.

Завдяки впровадженню передових інноваційних технологій обробки і передачі сигналів пожежна сигналізація GSM WiFi може ефективно застосовуватися як для домашнього використання (захист квартир, приватних

будинків, дач котеджів, гаражів), так і для комерційного застосування (захист офісів, магазинів, складських приміщень, учбових закладів і ін.).

На відміну від стандартних GSM- комплексів WiFi GSM IP сигналізація для будинку, є інноваційною платформою, в якій об'єднані дві технології обміну даними, - GSM і GPRS. Пріоритетною є передача інформації із застосуванням глобальної мережі Інтернет, що є дуже зручним і рентабельним рішенням, оскільки не залежить від завантаження стільникової мережі і балансу на використовуваній SIM- карті. Передача через інтернет-мережу здійснюється із застосуванням спеціальних PUSH- повідомлень, відправка яких вимагає мінімум трафіку - всього декілька кілобайт. Таке повідомлення легко буде відправлено навіть при мінімальній швидкості інтернету.

За відсутності доступу до інтернету, з яких-небудь причин, сигналізація автоматично переходить на роботу за технологією GSM. В цьому випадку повідомлення про небезпеку опрацюється у вигляді SMS/MMS повідомлення або дозвону на запрограмований номер.

GSM WiFi сигналізація відрізняється широким спектром переваг. Серед основних можна відмітити:

- можливість передачі сигналів тривоги за допомогою технологій WiFi, GSM і GPRS;
- розсилка повідомлень про безпеку у вигляді SMS, MMS або PUSH повідомлень;
- застосування спеціалізованого ПЗ на платформах Android і iOS;
- підтримка підключення різних по функціональності датчиків;
- підтримка двостороннього звукового зв'язку;
- підтримка провідних і безпроводних зон;
- можливість видаленого управління вихідними реле.

Автономний WiFi датчик

WiFi датчик - сучасний безпроводний технічний засіб для організації СПС, який працює без центрального блоку сигналізації лише з Wi - Fi роутер з доступом в інтернет.

Для датчика є можливість встановити спеціальне програмне забезпечення на смартфон, яке відкриє ряд корисних функцій. У випадку якщо датчик зафіксує дим або підвищення температури в приміщенні, власникові негайно прийде повідомлення. Датчик також дозволяє робити моніторинг в режимі реального часу. Подання сигналу тривоги - при виявленні диму або підвищенні температури, здійснюється на мобільний пристрій.

У цьому розділі було розглянуто актуальність та види СПС. Сьогодні не має єдиного математичного підходу, щоб одна система підходила до різних типів об'єктів. Це обумовлено різним призначенням об'єктів, геометричними

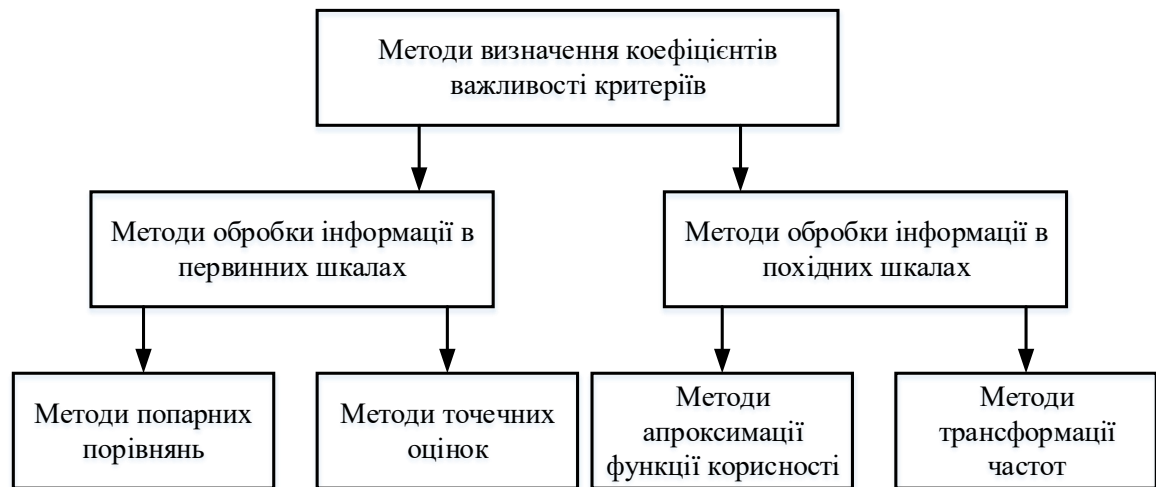
параметрами приміщень, місцем застосування, умовами навколишнього середовища в приміщеннях, які підлягають захисту, та ін.

Відповідно до завдання на дослідницьку роботу, проведемо аналіз ефективності застосування різних типів датчиків для захисту приміщень Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку «Ялинка». Також необхідно виконати проектування телекомунікаційної мережі, обрати вид системи передачі тривожних сповіщень та оцінити надійність СПС.

2 ОГЛЯД МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

При виборі найкращого варіанту проектування СПС виникає завдання визначення важливості (пріоритету) вимог, що пред'являються до параметрів систем пожежної сигналізації. У сучасній математичній теорії вимірювання розрізняють два види вимірювання: в первинних шкалах (найменувань, порядку, інтервалів і т.д.), в похідних шкалах (функцій корисності та частот переваг).

Ієрархічна класифікація методів визначення коефіцієнтів важливості вимог наведена на рисунку 2.1.



Рисунк 2.1 – Ієрархічна класифікація методів визначення коефіцієнтів важливості вимог

При розв'язанні задач багатокритеріального вибору виникає складність проведення експертизи та трудомісткість отримання вихідної експертної інформації, яка часто є неповною та протирічливою. У цих об'єктивно існуючих умовах доцільно вибрати ті методи, які потребують найменшого часу спілкування з експертами. Цій умові найповніше відповідає група методів попарного порівняння з обробкою інформації в первинних шкалах. До цієї групи методів визначення вагових коефіцієнтів належать методи Уея, Сааті та Коггера і Ю [3].

Розглянемо ці методи більш детально.

2.1 Метод Уея

Цей метод ґрунтується на даних матриці попарних порівнянь:

$$A = \|a_{ij}\|, \quad a_{ij} \in \{-1, 0, 1\}, \quad (2.1)$$

де $a_{ij} = -1$ означає перевагу параметра x_j над параметром x_i ;
 $a_{ij} = 0$ – рівноцінність x_j та x_i ;
 $a_{ij} = 1$ – перевагу параметра x_j над x_i .

Зважаючи на незручності роботи з негативними числами матрицю попарних порівнянь можна перетворити в не негативну матрицю

$$A^+ = \|a^+_{ij}\|, a_{ij} \in \{0,1,2\}, \quad (2.2)$$

де числа $\{0,1,2\}$ мають вищезазначений зміст.

Склавши числа по кожній з рядків матриці, матимемо числові характеристики важливості параметрів, а розділивши їх на загальну суму – отримаємо пріоритетні коефіцієнти параметрів (формула 2.3).

Недоліком цієї формули є те, що вона не враховує важливість «нічийних» (рівноцінності x_i і x_j) та «програшних» (коли x_j перевершує x_i) порівнянь.

$$\lambda_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n a^+_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a^+_{ij}}. \quad (2.3)$$

Якщо усунути цей недолік, то пріоритетними коефіцієнтами по суті є координати власного вектору, відповідного максимальному характеристичному числу матриці попарних порівнянь.

2.2 Метод Коггера і Ю

В цьому методі перетворюємо матрицю експертних оцінок A у матрицю T за таким правилом:

$$T = \|t_{ij}\|, t_{ij} = a_{ij} \text{ при } j > i, t_{ij} = 0 \text{ при } j < i$$

Отримуємо перетворену матрицю T , у якій всі елементи вище діагоналі залишаються незмінними, а елементи, що розташовані нижче діагоналі, отримують значення нуль.

Визначаємо матрицю D за допомогою таких правил:

$$D = \|d_{ij}\|, d_{ij} = n - i + 1 \text{ при } i = j, d_{ij} = 0 \text{ при } i \neq j$$

Для розрахунку вектору пріоритету скористаємось рівнянням:

$$D^{-1}T\bar{\Lambda} = \bar{\Lambda}, \quad (2.4)$$

де $\bar{\Lambda}$ – вектор пріоритету.

Після віднімання одиниці від головної діагоналі, складемо систему рівнянь, в якій останнє рівняння замінимо умовою нормування

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} = 1$$

Перевагою методу є те, що він менш трудомісткий в обчислювальному відношенні, ніж метод Сааті.

2.3 Метод Сааті

Нехай експерт аналізує S об'єктів. Порівнюючи їх попарно між собою, він визначає S^2 чисел λ_{ij} ($i = 1, \dots, S; j = 1, \dots, S$), кожне з яких характеризує, на думку експерта, відносну значимість i -го об'єкту в порівнянні з j -м. Величина λ^*_{ij} представляє оцінку (наближене значення) істинної важливості λ_{ij} порівнюваних об'єктів. Сукупність експертних оцінок можна записати у вигляді квадратної матриці

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \lambda^*_{11} & \lambda^*_{12} & \dots & \lambda^*_{1S} \\ \lambda^*_{21} & \lambda^*_{22} & \dots & \lambda^*_{2S} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda^*_{S1} & \lambda^*_{S2} & \dots & \lambda^*_{SS} \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

Елементи цієї матриці (відносні важливості об'єктів) можна розглядати як відношення справжніх важливостей

$$\lambda_{ij} = \frac{a_i}{a_j}; \quad i, j = 1, 2, \dots, S \quad (2.6)$$

При оцінці відносних важливостей λ^*_{ij} використовується зазвичай дев'ятибальна шкала.

Таблиця 2.1 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	Рівноцінність критеріїв
3	Помірна перевага одного критерію над іншим
5	Істотна перевага одного критерію над іншим
7	Очевидна перевага одного критерію над іншим
9	Абсолютна перевага одного критерію над іншим
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома оцінками

З формули (2.6) випливає, що із загального числа всіх елементів матриці попарного порівняння незалежними є лише $\frac{S \cdot (S - 1)}{2}$. По-перше, діагональні елементи матриці дорівнюють одиниці. По-друге, при зміні порядку порівняння оцінка відносної важливості об'єкту повинна змінюватися на протилежну оцінку:

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{\lambda_{ji}}. \quad (2.7)$$

Це означає, що елементи матриці попарного порівняння, розташовані симетрично щодо головної діагоналі, являють собою взаємно обернені числа.

Вибір вирішення виконується в наступному порядку. Спочатку експерти заповнюють матриці парних порівнянь. Потім для кожної матриці визначаються оцінки переваги альтернатив над іншими, тобто знаходяться суми рядків матриць за формулою:

$$c_i^k = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.8)$$

де k – число експертів;

n – число альтернатив.

Після цього визначаються узагальнені оцінки переваги альтернатив над іншими (з урахуванням думки всіх експертів)

$$c_i = \sum_{j=1}^k c_i^j \quad (2.9)$$

та знаходиться сума всіх оцінок

$$C = \sum_{j=1}^k c_j. \quad (2.10)$$

Знаходяться коефіцієнти пріоритету альтернатив за формулою:

$$V_i = \frac{c_i}{C}; \quad i = \overline{1, n}. \quad (2.11)$$

Кращою вважається альтернатива, що має найбільшу вагу.

Таким чином, з урахуванням вище згаданої інформації можна відмітити те, що алгоритми методів попарного порівняння схожі, але наявність відмінностей між ними може дати різні пріоритетні коефіцієнти важливості критеріїв що, в свою чергу, може призвести до отримання невірному результату. Іншою проблемою є ступінь узгодженості оцінок експертів. У методах попарного порівняння експерт висловлює свою думку про співвідношення важливості всіх можливих пар критеріїв у вигляді інтенсивності відносної важливості, яка кількісно визначається за допомогою шкали відносної важливості. Відносний ступінь переваги (домінування) одного критерію над іншим задає експерт на основі своїх знань про реальні процеси, які відбуваються у вузлах системи з біометричними характеристиками людини, тобто ця кількісна оцінка має суб'єктивний характер. Отже, вектор коефіцієнтів пріоритету буде залежати від кількості експертів і рівня їхньої досвідченості та кваліфікації.

Для визначення оптимального методу автентифікації, проаналізуємо найбільш розповсюджені показники біометричних систем, такі як [3]:

1) Визнання користувачами: згода людей на збір даних, ступінь психологічного комфорту (різні системи та методи визначення біометричних характеристик здатні викликати негативну реакцію користувачів, страх або сумнів), пропускну спроможність (час, який потрібен людині для взаємодії з цим пристроєм), біометричний пристрій має функціонувати чітко й точно.

2) Стійкість до підробок та атак: можливість використання різних «дублікатів», таких як зліпки, магнітофонні записи тощо.

3) Вартість.

4) Простота використання.

5) FRR – частота відмов в обслуговуванні (точність, ймовірність збою в роботі) – «помилки першого роду»: прийняття заявленої особистості за несправжню, хоча вона такою не є.

6) FAR – частота помилкових спрацьовувань (надійність) – «помилки другого роду»: прийняття заявленої особистості за істинну, хоча насправді це зловмисник.

7) Час розпізнавання об'єкту: час, який потрібен для обслуговування одного користувача. Він залежить від того, яким способом ми будемо порівнювати наданий нам біометричний зразок. Розпізнавання може бути влаштовано двома методами:

- «один до багатьох» (за кількома атрибутами): ідентифікація – процес порівняння біометричного зразка або коду, отриманого від зразка, з усіма відомими біометричними еталонними шаблонами у файлі.

- «один до одного» (за одним атрибутом): процес порівняння наданого біометричного зразка з унікальним біометричним еталоном однієї особистості зі списку, яка вимагає перевірки. Еталонному шаблону не обов'язково перебувати у великій базі даних, його можна носити з собою на смарт-карті або іншій пристрої захисту. Якщо процес перевірки відмінно налагоджений, біометрична інформація не вводиться в систему, а видається лише результат: підтверджується збіг або розбіжність. Така процедура отримала назву верифікація (перевірка), яка відрізняється високою швидкістю і пред'являє мінімальні вимоги до обчислювальної потужності комп'ютера.

8) Розмір шаблону: чим більше розмір образу, тим повільніше йде розпізнавання.

9) Стабільність роботи при старінні та хворобах.

Використаємо для оцінювання найбільш ефективний метод власних векторів – метод Сааті. Для цього проведемо ранжування отриманих показників за шкалою важливості (табл. 2.1) .

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ СПС ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

3.1 Технічні характеристики пожежних сповіщувачів

Пожежні сповіщувачі, як елементи системи пожежної сигналізації, характеризуються різними технічними показниками, які дозволяють їх оцінити і вірно експлуатувати в різноманітних умовах.

У практиці проектування та експлуатації систем пожежної сигналізації найважливішими є наступні технічні характеристики автоматичних пожежних сповіщувачів:

- поріг спрацьовування;
- величина контрольованої області (максимальна дальність дії);
- інерційність спрацювання;
- діапазон напруг живлення;
- споживана потужність у черговому режимі і режимі «Тривога», Вт;
- габаритні розміри, маса;
- діапазон робочих температур;
- клас захисту сповіщувача.

Поріг спрацьовування — мінімальна величина контрольованого параметра (або швидкість його зміни), при якій спрацьовує сповіщувач. Для теплових максимальних пожежних сповіщувачів це температура спрацювання в градусах по Цельсію (°C). При досягненні небезпечної температури ПС формує сигнал тривоги. Значення порога спрацювання для теплових ПС перебуває в межах 60..80 °C (для ПС класів А1, А2, В за ДСТУ EN-54-5-2003), або має більше високе значення для ПС інших класів (до 150 °C). Для теплових диференціальних ПС це швидкість зміни температури, (°C/хвил) [5].

Для оптичних ПС чутливість визначається граничним значенням оптичної щільності контрольованого середовища. При проходженні променя світла через задимлену область світловий потік послабляється (внаслідок відбиття й поглинання світла частками диму).

Величина контрольованої області — це простір поблизу сповіщувача, у межах якого гарантується його спрацювання при виникненні пожежі. Для точкових сповіщувачів цей параметр виражається площею приміщення, контрольованою сповіщувачем з необхідною надійністю. Площа, що захищається, істотно залежить від висоти установки сповіщувача й характеристик приміщення

Для сповіщувачів полум'я область, що захищається, визначається максимальною дальністю виявлення відкритого тестового вогнища пожежі й кутом огляду, що залежить від типу й конструкції сповіщувача полум'я. Як правило, сповіщувачі полум'я мають три рівні чутливості 1 – високий, 2 – середній і 3 – низький.

Інерційність спрацювання — проміжок часу між двома подіями – від досягнення в контрольованій точці величини порога спрацьовування, до моменту, коли сповіщувач спрацює. Варто розрізнити апаратурну й фактичну інерційність. Апаратурна інерційність обумовлена особливостями принципу дії, конструкції й застосованими схемотехнічними рішеннями. Фактична інерційність характеризує здатність виявлення пожежі конкретним сповіщувачем у конкретних умовах. Вона залежить від параметрів приміщення й параметрів осередку пожежі [5].

Наприклад при збільшенні швидкості зростання температури фактична інерційність теплових сповіщувачів зменшується. Апаратурна інерційність є нормованою величиною і є основним критерієм для оцінки придатності сповіщувача для виявлення пожежі певного класу.

Таким чином, інерційність спрацювання може трактуватися наступним чином: апаратурна інерційність — проміжок часу від моменту досягнення контрольованим параметром пожежі величини порога спрацьовування чутливого елемента пожежного сповіщувача до моменту видачі ним сигналу "Пожежа"; фактична інерційність — час від початку впливу контрольованого параметра пожежі на чутливий елемент пожежного сповіщувача до моменту видачі ним сигналу "Пожежа" [5].

Технічні характеристики сповіщувачів визначають їх якість. Врахування технічних характеристик дозволяє вибрати і порівняти різні зразки обладнання, якісно виконати проектні роботи та провести експертизу системи пожежної сигналізації.

Зведемо у таблицю (табл. 3.1) характеристики приведених раніше датчиків.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики датчиків СПС

Назва сповіщувача	Тип сповіщувача	Поріг спрацьовування (чутливість)	Величина контрольованої області	Діапазон напруг живлення	Діапазон робочих температу р, °С	Клас захисту сповіщувача
СПД-3	димовий	не більше 10с	до 15м	від 9 до 30В	54-70	IP30
ИПК-8	димовий	0,05дБ/м - 0,2дБ/м	до 15м	від 10 до 30В	від -10 до +50	IP40
СПД2-ТІРАС	димовий	0,05дБ/м - 0,2дБ/м	до 15м	від 8 до 28В	від -10 до +55	IP30
ТІПТ-3	тепловий	54-70 °С	до 15м	від 9 до 30В	54-70	IP30
ИПК-9	тепловий	не більше 10с	до 15м	від 10 до 30В	62±8	IP30
СПТ-Тірас	тепловий	54-70 °С	до 15м	від 8 до 28В	від -10 до +55	IP30
ИРП-1	ручний		до 30 м	від 10 до 30В	62±8	IP54
SPR-1	ручний		до 30м	до 30В	від -10 до +55	IP30
СПР"Тірас"	ручний		до 30м	від 8 до 28В	від -10 до +55	IP20
Артон ДЛ1	лінійний	1,5±0,5дБ	до 100м	від 10 до 30В	55±30	IP30
СПК "Тірас"	комбінований	0,05дБ/м - 0,2дБ/м	до 15м	від 8 до 28В	від -10 до +55	IP30

3.2 Опис об'єкта проектування

Спальний корпус Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку "Ялинка" знаходиться в сільській місцевості за адресою: Харківська область, Валківський район, с. Піски, вул. Соснова, 10-а, загальною площею – 661,4 м²

Захисту підлягають приміщення будинків охорони здоров'я, відповідно Додатку А ДБН В.2.5-56:2014 таблиці А.1 п.8 Будинки охорони здоров'я (лікувально-профілактичні, санаторно-профілактичні заклади, установи судово-медичної експертизи, аптечні заклади, санаторії та санаторії-профілакторії, заклади відпочинку та туризму) п. 8.1 Умовною висотою до 26,5 м включно)[1].

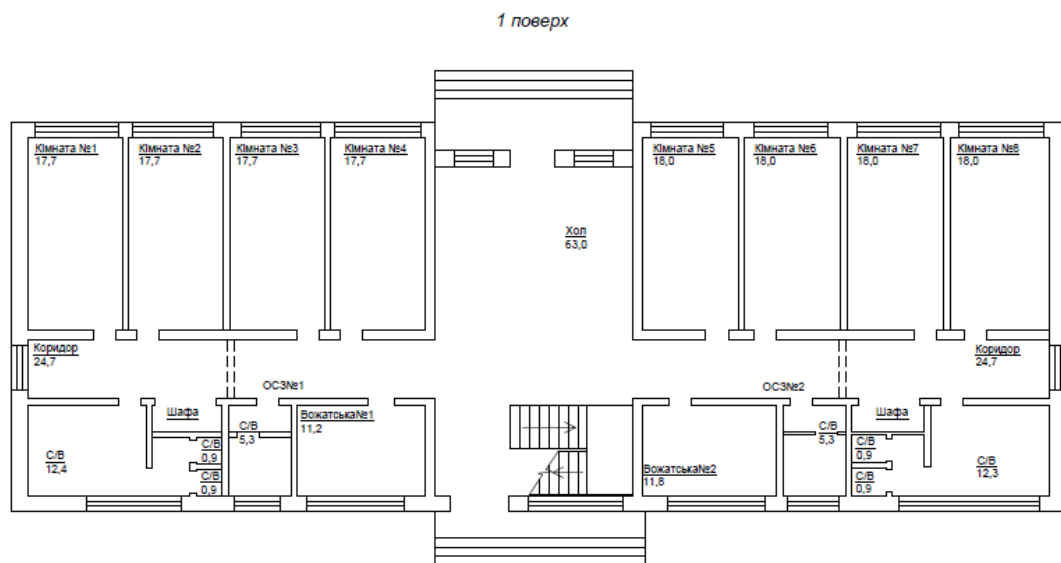


Рисунок 3.1 - План 1-го поверху приміщень Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку "Ялинка"

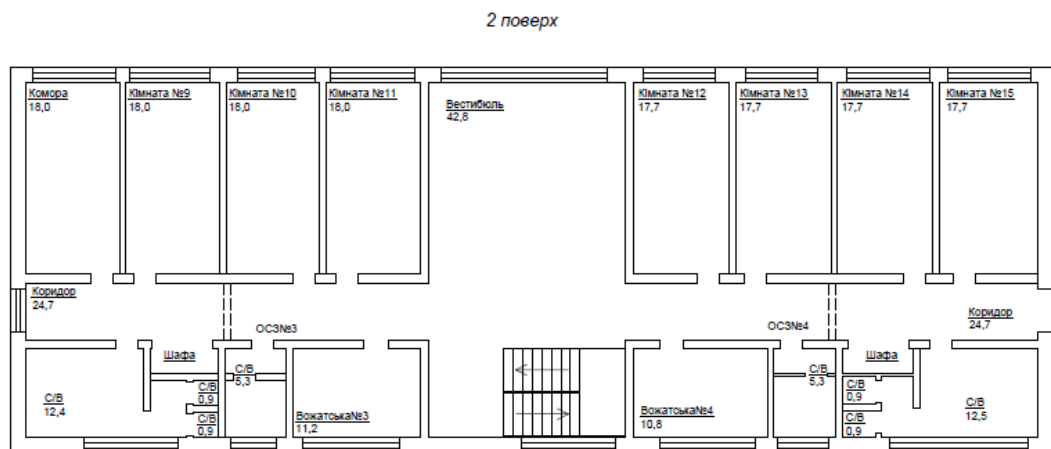


Рисунок 3.2 - План 2-го поверху приміщень Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку "Ялинка"

3.3 Вибір оптимальних датчиків для проектування СПС

По технічним даним проставила вагу характеристикам кожного датчика для загального випадку

Таблиця 3.1 – Вага характеристик

Назва сповіщувача	Поріг спрацьовування (чутливість)	Величина контрольованої області	Діапазон напруг живлення	Діапазон робочих температур, °С	Клас захисту сповіщувача
	A	B	C	D	E
СПД-3	8	3	9	9	5
ИПК-8	6	3	8	8	7
СПД2-ТІРАС	6	3	7	8	5
ТІПТ-3	7	3	9	9	5
ИПК-9	8	3	8	7	5
СПТ-Тірас	7	3	7	8	5
ИРП-1	1	5	9	7	9
SPR-1	1	5	8	8	5
СПР"Тірас"	1	5	7	8	3
Артон ДЛ1	4	9	9	6	5
СПК "Тірас"	6	3	7	8	5

Розрахувала вагу кожної строки матриці за формулою:

$$M=A_n+B_n+C_n+D_n+E_n \quad (3.1)$$

Де M – Вага строки;

A, B, C, D, E – Ваги характеристик.

Також розрахувала коефіцієнт кожної строки за формулою:

$$K=M^{(1/5)} \quad (3.2)$$

Таблиця 3.2 – Результати матриці залежності коефіцієнтів характеристик датчиків

Назва сповіщувача	Вага строки	Коефіцієнт
СПД-3	9720	6,273837
ИПК-8	8064	6,0438
СПД2-ТІРАС	5040	5,501563
ТПТ-3	8505	6,108504
ИПК-9	6720	5,827387
СПТ-Тірас	5880	5,673819
ИРП-1	2835	4,90355
SPR-1	1600	4,373448
СПР"Тірас"	840	3,844642
Артон ДЛ1	9720	6,273837
СПК "Тірас"	5040	5,501563

З розрахунків видно, що сповіщувачі СПД-3, ТПТ-3 та Артон ДЛ1 мають найкращі показники характеристик.

3.4 Вибір датчиків для проектування СПС приміщень Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку «Ялинка»

Із опису об'єкту видно, що на об'єкті не має приміщень, в яких при пожежі на початковій стадії передбачається тепловиділення (Кухні, котельні тощо.) , тому теплові датчики враховувати не має сенсу. Також немає приміщень великою площею (складів, спортивних залів тощо) тому лінійні датчики також непотрібно використовувати. При виборі датчиків також слід звернути увагу, на те, що такі характеристики, як поріг спрацювання та величина контрольованої області значно важливіші, а ніж діапазон напруг живлення, діапазон робочих температур та клас захисту сповіщувачів.

Враховуючи особливості об'єкта введемо коефіцієнт важливості характеристик, та приберемо зайві датчики.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти важливості характеристик

Характеристики	Коефіцієнт
Поріг спрацьовування (чутливість)	0,3
Величина контрольованої області	0,4
Діапазон напруг живлення	0,1
Діапазон робочих температур, °С	0,1
Клас захисту сповіщувача	0,1

Розрахуємо аналогічно таблиці 3.2 вагу строк та коефіцієнт, завдяки якому побачмо які датчики потрібно використати в нашому випадку.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків

Назва сповіщувача	Тип сповіщувача	Поріг спрацьовування (чутливість)	Величина контрольованої області	Діапазон напруг живлення	Діапазон робочих температур, °С	Клас захисту сповіщувача	Вага строки	Коефіцієнт
		0,3	0,4	0,1	0,1	0,1		
СПД-3	димовий	2,4	1,2	0,9	0,9	0,5	1,1664	1,031263
ИПК-8	димовий	1,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,4704	0,85999
СПД2-ТІРАС	димовий	1,8	1,2	0,7	0,8	0,3	0,36288	0,816493
ИРП-1	ручний	0,3	2,8	0,9	0,9	0,9	0,61236	0,90657
SPR-1	ручний	0,3	3,2	0,9	0,9	0,5	0,3888	0,827838
СПР"Тірас"	ручний	0,3	2	0,7	0,8	0,3	0,1008	0,631964
СПК "Тірас"	комбінований	1,5	1,2	0,7	0,7	0,3	0,2646	0,76651

З таблиці видно, що нам потрібно використовувати СПД-3 та ИПР-1.

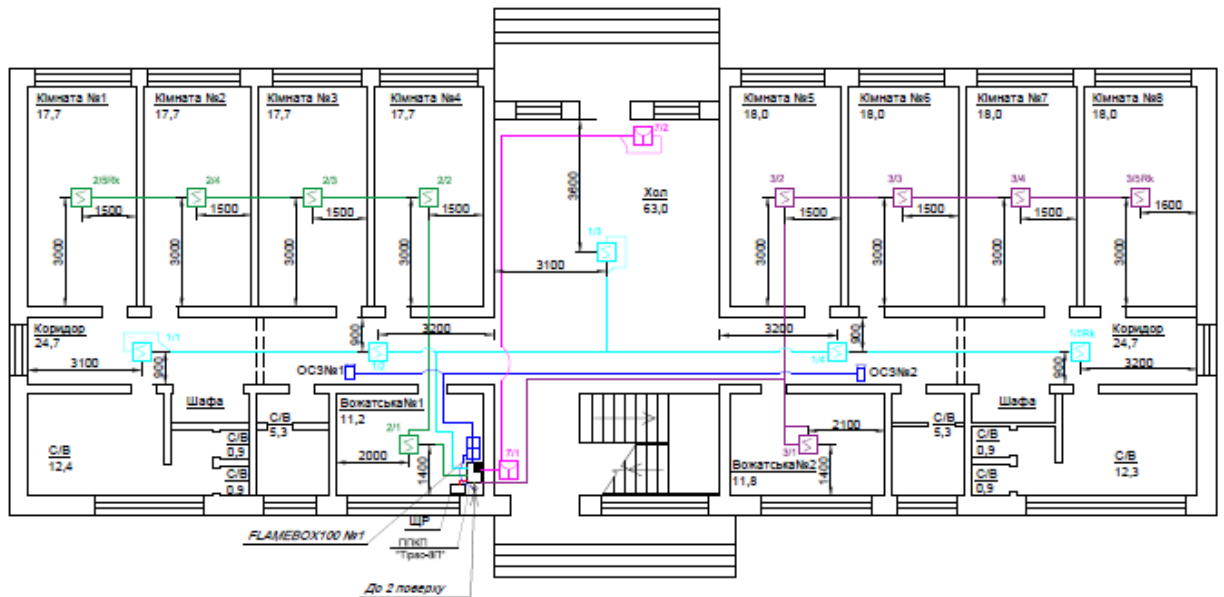


Рисунок 3.3 - План захищаних приміщень 1-го поверху

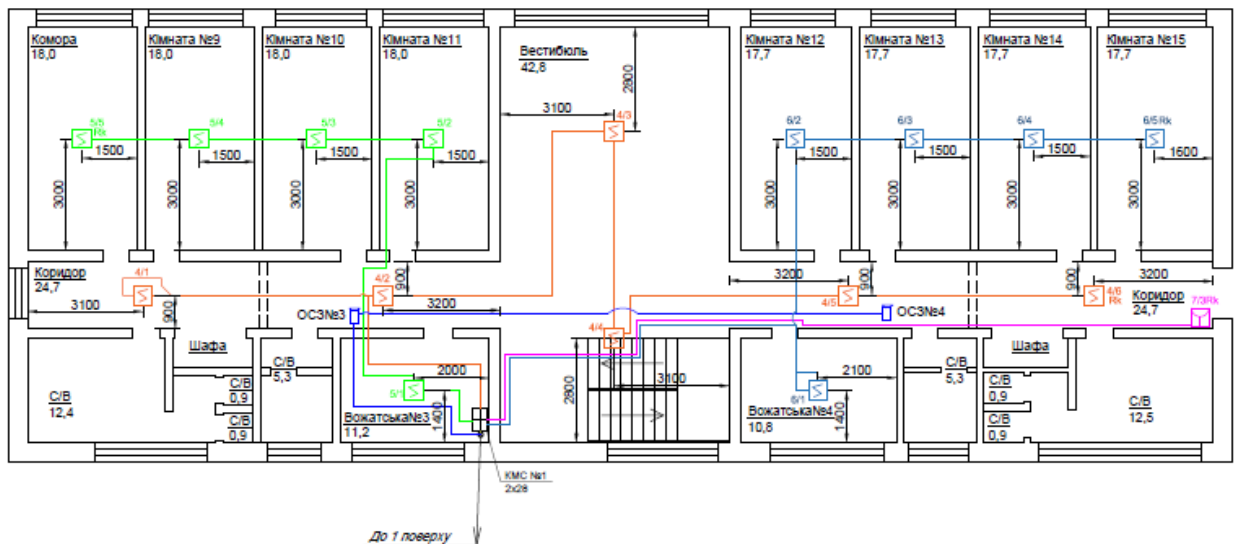


Рисунок 3.4 - План захищаних приміщень 2-го поверху

Виконаємо проектування мережі для системи передачі приводних сповіщень. На основі аналізу наведеного в п.1.3 Тірас-8П був обраний в якості центрального елемента мережі, до якого будуть під'єднуватися всі датчики (рис.3.5).

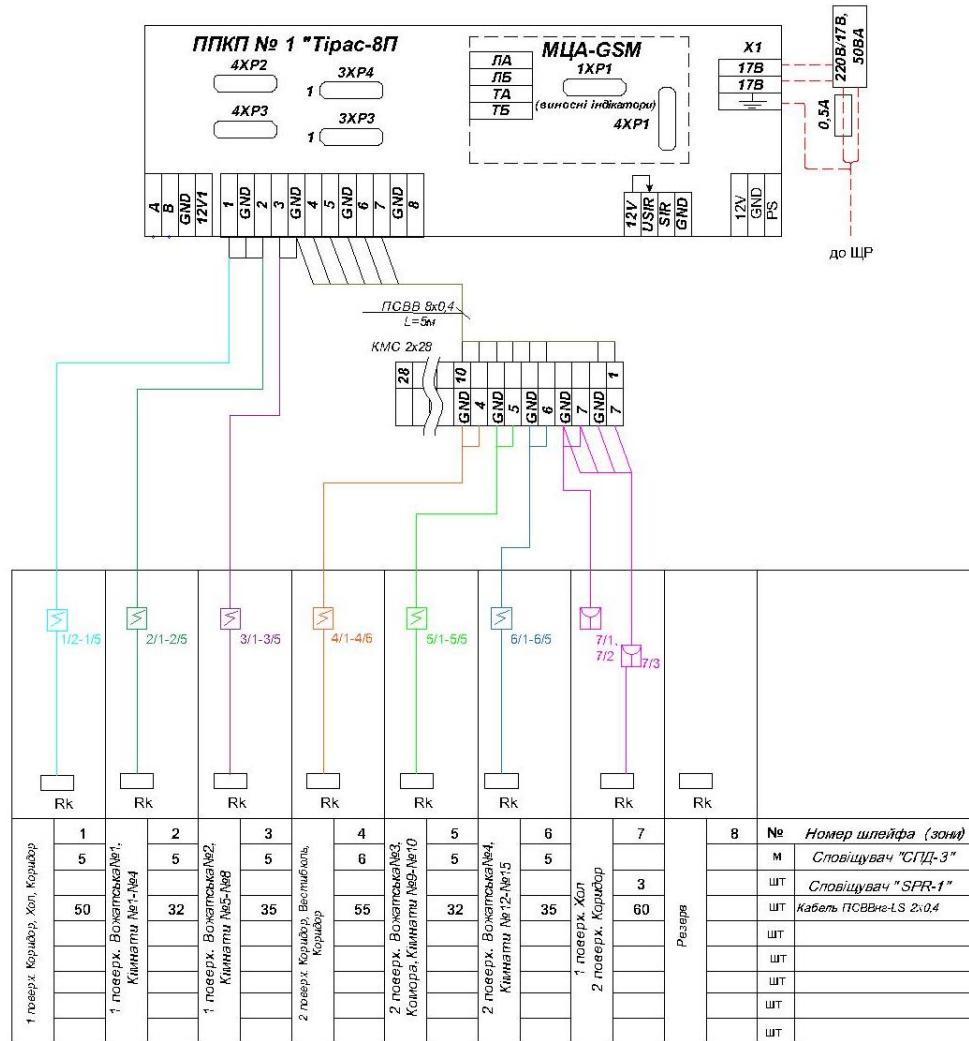


Рисунок 3.5 – Схема підключення приймально-контрольного приладу

Для здійснення трансляції тривожних сповіщень на ЦПС у ППКП передбачений модуль цифрового автодозвону МЦА. Для передачі сигналу по каналу стандарту GSM 850/900/1800/1900 МГц передбачено пристрій передавання пожежної тривоги та попередження про несправність «Лунь-9С». Для використання мереж мобільного зв'язку у пристрій встановлюється одна або дві SIM-картки, для кожної індивідуально налаштовуються параметри передавання даних. Протоколи зв'язку: тоновий ContactID, імпульсний зі швидкістю 20біт/с.

4 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ

4.1 Надійність одиничного елемента

Під надійністю елемента або системи розуміється їх властивість виконувати свої функції протягом заданого проміжку часу або заданої напрацьованості [2].

Існує багато причин, що обумовлюють недостатню надійність елементів і систем.

Першу групу становлять помилки, допущені при конструюванні, визначенні умов експлуатації, виготовленні та монтажі обладнання. Ці помилки виражаються в підвищеній частоті відмов, особливо при освоєнні і запуску у виготовлення нових виробів.

Інша група факторів призводить до поступової втрати елементів або системою своїх первинних властивостей. Це явище виражається - різними видами старіння. Проте результат цих закономірних змін може проявитися раптово, тобто має випадковий характер [2].

Третя група-це непередбачені дії на елемент або систему, найчастіше фізичного характеру, звані стресами. Ці впливи призводять до катастрофічних або миттєвих відмов.

Ці три групи викликають незворотні зміни властивостей елементів і систем — система приходиться в непридатність часткову або повну [2].

Існують впливи, які викликають тимчасову відмову, дія якої зникає після зникнення причин, що викликали відмову. Такі тимчасові або відмови які самоусуваються іменуються збоями. Наприклад, збій може з'явитися в електронній системі в результаті перешкод (наприклад, в телевізорі). Резюмуючи все вищевикладене, можна відзначити, що у всіх випадках відмова елемента системи є випадковою подією і тому може описуватися апаратом теорії ймовірностей [2].

Слід зазначити, що отримання достатньо достовірних математичних висновків можливо лише при дуже великому обсязі інформації про відмови, і в цьому головний недолік цього методу.

Для різних елементів і систем вирішальну роль мають різні показники надійності, так як нас цікавлять досить різні показники роботи в різних випадках. Елемент або система може мати безліч станів, що розрізняються між собою з точки зору надійності. Для опису зв'язку конкретних елементів безлічі

та зв'язку цих елементів між собою потрібно розробити математичну модель, що описує цю безліч [2].

Загальний підхід до побудови моделей надійності полягає в наступному.

В якості першого кола побудови математичної моделі необхідно вибрати відповідний фазовий простір системи або елемента $G = \{x\}$ ("Безліч G містить x елементів").

З часм в складових частинах системи відбуваються різні зміни, наприклад старіння. Тому, якщо в момент часу t_1 стан системи описувалося точкою x_1 , то в момент t_2 стан системи описується точкою x_2 . При цьому може виявитися, що $x_1 \neq x_2$. Якщо позначити через $x(t) \in G$ (x функція від t належить множині G) стан системи в момент часу t , то послідовність станів $x(t)$, де $t \geq 0$ можна розглядати, як процес, що протікає в часі. Оскільки зміни залежать від випадкових причин, то $x(t)$ можна розглядати як траєкторію випадкового процесу, що протікає в фазовому просторі G [2].

Другим кроком побудови математичної моделі є визначення цього випадкового процесу в залежності від конкретних умов завдання. Тобто необхідно знайти математичну закономірність еволюції процесу [2].

Третій крок полягає у виборі різних числових характеристик надійності системи. Такий вибір залежить від конкретних умов і призначення системи. У найзагальнішому плані характеристики надійності можна розглядати як математичне очікування від деякого функціонала Φ , визначеного на траєкторіях $x(t)$ (Функціоналом в даному випадку є деяке числове значення, що характеризує значення функції на траєкторії, що лежить в просторі сталої роботи системи або елемента) [2].

Другим кроком побудови математичної моделі є визначення цього випадкового процесу в залежності від конкретних умов завдання. Тобто необхідно знайти математичну закономірність еволюції процесу [2].

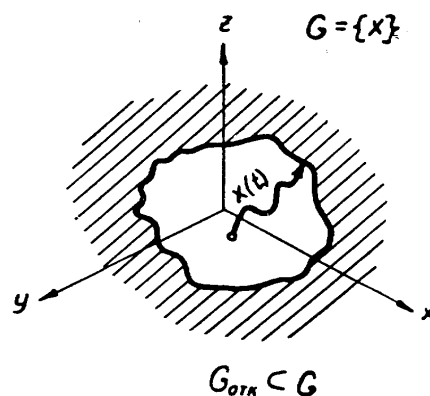


Рисунок 4.1 - Схематична модель фазового простору і траєкторії випадкового процесу.

Функціонал Φ визначено на процесі $x(t)$, якщо кожній траєкторії $x(t)$ ставиться у відповідність деяке число $\Phi[x(t)]$. Показник надійності φ визначається як математичне очікування від цього функціоналу, тобто

$$\varphi = M\Phi[x(t)]. \quad (4.1)$$

Такий підхід фактично полягає в тому, що кожній траєкторії процесу ми приписуємо деяку вагу (значущість), а потім за показник надійності приймаємо середнє значення цієї ваги (рис. 4.1)

Задано фазовий простір $G = \{x\}$. В ньому визначено підмножина $G_{отк} \subset G$, в якому система буде вважатися непрацездатною, оскільки її стан $x(t) \in G$.

Відмова системи настане тоді, коли траєкторія $x(t)$ досягне кордону підмножини $G_{отк}$ і ввійде в нього.

Кількісний показник надійності системи в кожній точці траєкторії буде визначатися деяким числовим значенням, що визначається за формулою (4.1).

Така в загальному вигляді методика підходу до визначення характеристик надійності [2].

4.2 Надійність елемента, що працює до першої відмови

Під елементом, працюючим до першої відмови, розуміється невідновлювальний елемент, якій після виходу з ладу не може бути відремонтований. Нехай в момент $t = 0$ елемент почав роботу, а в момент $t = \tau$ відбулася відмова. Тоді τ буде час життя елемента, його істинний ресурс[2].

Якщо τ випадкова величина і відомий її закон розподілу, то ймовірність відмови аналогічних елементів визначиться з формули

$$Q(t) = P\{\tau < t\}, \quad (4.2)$$

де $P\{\tau < t\}$ - імовірність відмови елемента до моменту t , визначена на множині елементів, термін життя яких менш розглянутого моменту[2].

Передбачається, що $Q(t)$ неперервна, і існує безперервна щільність імовірності відмови, яка виразиться першою похідною

$$q(t) = Q'(t) \quad (4.3)$$

де $q(t)$ - щільність імовірності відмови.

Відзначимо, що припущення τ випадковою величиною є серйозним припущенням, яке на практиці, очевидно, не завжди справедливо[2].

Функція $Q(t)$ повністю визначає надійність елемента. Однак це визначення є формальним і не відображає фізичної сутності старіння. Поряд з функцією (4.2) застосовується й інша функція

$$P(t) = 1 - Q(t) = P\{\tau > t\}. \quad (4.4)$$

Формула (4.4) визначає середню ймовірність безвідмовної роботи за час t . Цю функцію найчастіше називають функцією надійності. Зразковий вид функцій надійності та ненадійності показаний на рис. 4.2.

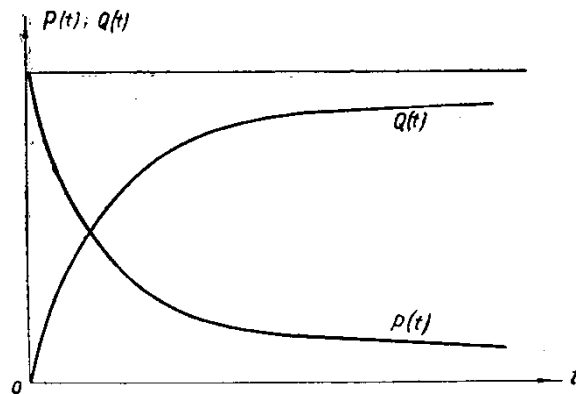


Рисунок.4.2 - Вид функцій: надійності - $P(t)$, і ненадійності - $Q(t)$

Функція монотонно убиває $P(0) = 1$, $P(t) \rightarrow 0$, при $t \rightarrow \infty$; $Q = 0$ та $Q(t) \rightarrow 1$ при $t \rightarrow \infty$.

Функцію $P(t)$ можна наближено знайти з досвіду. На випробування ставиться N елементів і випробовується в однакових умовах протягом часу $t = t_0$. Якщо до моменту t_0 не відмовило n елементів, то по теоремі Бореля[2]

$$\frac{n}{N} \approx P(t_0) \text{ при } N \rightarrow \infty$$

що дозволяє з деяким наближенням вважати

$$\frac{n}{N} \approx P(t_0). \quad (4.5)$$

Можна функцію $P(t)$ знайти для всіх значень $t \leq t_0$. Для цього при проведенні випробувань необхідно зазначати істинне час відмов елементів. За моментами відмов можна визначити функцію $n(t)$, яка чисельно дорівнює числу елементів, не відмовили до моменту t . У початковий момент (при $t = 0$) $n(t) = N$, а в момент кожного відмови зменшується на одиницю [2].

Тоді формулу (4.5) можна записати наступним чином:

$$P_{N(t)} = \frac{n(t)}{N}. \quad (4.6)$$

Ставлення (4.6) називається емпіричною функцією надійності. З ростом N ця функція рівномірно наближається до $P(t)$ і для великих N

$$P_N(t) = \frac{n(t)}{N} \approx P(t). \quad (4.7)$$

Функцію $P(t)$ в загальному випадку не можна екстраполювати за межі дільниці випробування. Для оцінки функції $P(t)$ потрібно набагато більший обсяг випробувань, ніж для функції $P(t_0)$ (при однаковій точності). Тому часто

ці функції не визначаються, а надійність характеризують числовими величинами [2].

Найважливішою з них є середній час безвідмовної роботи, який визначається як математичне сподівання випадкової величини τ

$$T_0 = M_\tau = \int_0^{\infty} tq(t)dt. \quad (4.8)$$

Після перетворення:

$$T_0 = \int_0^{\infty} P(t)dt. \quad (4.9)$$

Формула (4.9) показує, що T_0 (середній час безвідмовної роботи) геометрично виражається площею фігури, обмеженої осями координат та кривою $P(t)$ (рис. 4.2).

Середній час можна визначити за результатами випробувань. Для цього, необхідно визначити

$$\bar{\tau} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n}{N} \quad (4.10)$$

де: $\bar{\tau}$ - Середній час життя елемента;

$\tau_{1,2}$ - час життя i -го елемента;

N - число елементів, підданих випробуванню.

Відповідно до закону великих чисел з імовірністю одиниця

$$\bar{\tau} \rightarrow T_0 \text{ при } N \rightarrow \infty$$

при великому N

$$\bar{\tau} \approx T_0. \quad (4.11)$$

На жаль, подібні випробування нездійсненні, тому не можна чекати, поки відмовлять всі елементи (велика втрата часу). Тому можна оцінити наближено

$$T_0 > \frac{\tau + \tau_{21} + \dots + \tau_n + (N - n)t}{N} \quad (4.12)$$

n - число відмовили елементів;

T_0 - середній час безвідмовної роботи;

τ_i - Час життя елемента.

Цією оцінкою можна користуватися при n , близькому до N .

Під технічною системою розуміється будь-який пристрій, що складається з частин, які називаються елементами. Елементами можуть бути як найпростіші нерозкладних частини системи, так і окремі вузли та агрегати. Єдиним і

обов'язковою умовою є те, що надійність усіх елементів, що входять в технічну систему, повинна бути відома, тобто обчислено заздалегідь.

Структура системи і характер її роботи повинні бути відомі настільки, щоб для будь-якого елемента або групи можна сказати: чи викликає відмова одного елемента або групи елементів відмову системи (повну або часткову) [2]..

4.3 Надійність системи з незалежними елементами, що працюють до першої відмови

Для виведення розрахункових залежностей, крім зазначених вище умов, введемо наступне: елементи відмовляють незалежно один від одного, тобто відмова будь-якої групи елементів не змінює надійності інших елементів.

Розглянемо спочатку роботу системи до її першої відмови. У цьому випадку її надійність цілком визначається функцією надійності $P(t)$, яка дорівнює ймовірності безвідмовної роботи системи протягом часу t .

Нехай система складається з n числа елементів, функцію надійності яких ми позначимо через $p_1(t); p_2(t); \dots p_n(t)$.

Завдання полягає в тому, щоб висловити функцію надійності системи $P(t)$ через функції надійності елементів. Розглянемо кілька можливих випадків.

Всі елементи системи мають основне (послідовне) з'єднання

Вище вказувалося, що основним або послідовним з'єднанням вважається (в сенсі надійності) таке, коли відмова одного з елементів призводить до відмови всієї системи в цілому. Даний випадок є найпростішим і найбільш важливим[2].

Для безвідмовної роботи системи протягом часу t потрібно, щоб кожен елемент працював безвідмовно протягом цього ж часу. Так як елементи незалежні в сенсі надійності, то функції надійності елементів перемножуються

$$P(t) = p_1(t) p_2(t) \dots p_n(t) \quad (4.13)$$

або

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t). \quad (4.14)$$

Висловимо функції надійності через інтенсивності відмов

$$\lambda(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \dots + \lambda_n(t). \quad (4.15)$$

При основному (послідовному) з'єднанні елементів інтенсивності відмов складаються. Зокрема, для експоненціального закону, коли $\lambda_k(t) = \lambda_k = \text{const}$,

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (4.16)$$

тоді

$$P(t) = \exp\left[-\sum_{i=1}^n \lambda_i\right]. \quad (4.17)$$

Якщо надійність елементів підпорядковується експоненціальним законом, то надійність системи також буде підкорятися експоненціальним законом.

Позначимо T_0 - середній час життя системи, а через T_k - середній час життя K -того елемента.

$$T_0 = \frac{1}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \dots + \frac{1}{T_n}}. \quad (4.18)$$

У складній системі завжди можуть бути групи однакових елементів, що виконують однакові функції, надійності яких можна прийняти однаковими. Для них формули (4.13) і (4.14) запишуться так

$$P(t) = [P_1(t)]^{n_1} \cdot [P_2(t)]^{n_2} \dots [P_s(t)]^{n_s}, \quad (4.19)$$

$$\lambda(t) = n_1 \lambda_1(t) + n_2 \lambda_2(t) + \dots + n_s \lambda_s(t), \quad (4.20)$$

де n_i - число елементів в групі від 1 до s .

Для експоненціального закону

$$\lambda = n_1 \lambda_1 + n_2 \lambda_2 + \dots + n_s \lambda_s, \quad (4.21)$$

$$T_0 = \frac{1}{\frac{n_1}{T_1} + \frac{n_2}{T_2} + \dots + \frac{n_s}{T_s}}. \quad (4.22)$$

В окремому випадку, коли всі елементи мають однакову надійність $p_k(t) = p(t)$

$$P(t) = [p(t)]^n \quad (4.23)$$

$$\lambda(t) = n \lambda_1(t), \quad (4.24)$$

Всі елементи системи мають резервне (паралельне) з'єднання

Резервним або паралельним, з точки зору надійності, називається таке з'єднання елементів системи, коли відмова одного з елементів не призводить до відмови системи і відмову системи настає тоді, коли відмовлять всі елементи.

Так як елементи незалежні (така умова обумовлено в самому початку), то при паралельному з'єднанні перемножуються ймовірності відмови

$$Q(t) = q_1(t) \cdot q_2(t) \dots q_n(t). \quad (4.25)$$

Приватний випадки, якщо елементи однаково надійні, отримаємо

$$Q(t) = q^n(t), \quad (4.26)$$

n - число елементів в системі.

Якщо надійність кожного елемента підпорядковується експоненціальним законом, то надійність системи вже не буде підкорятися цьому закону. Наприклад, для випадку елементів з однаковою надійністю[2].

4.4 Розрахунок надійності спроектованої системи

Останнім етапом проектування системи, є розрахунок надійності її елементів.

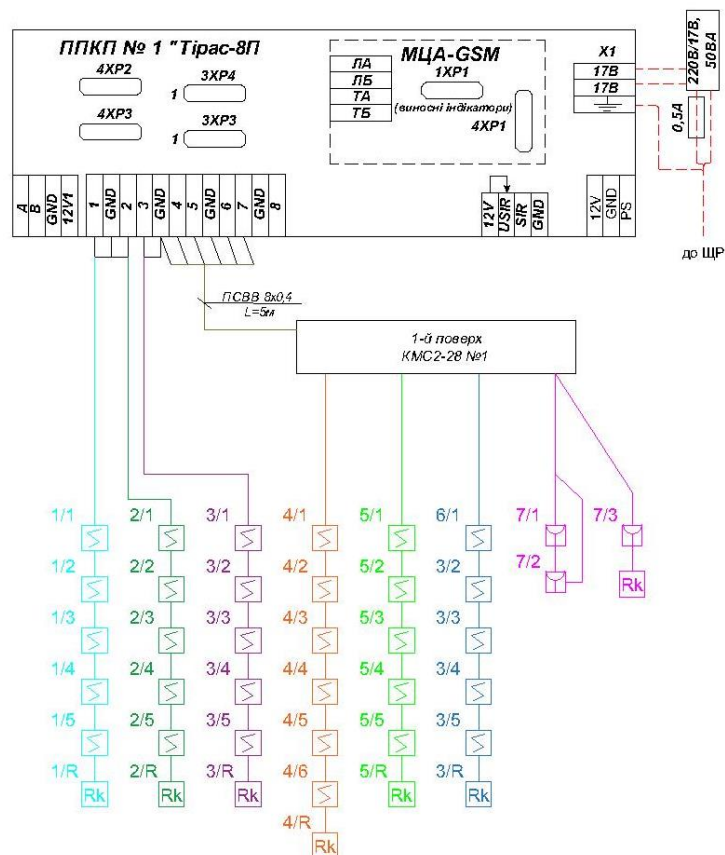


Рисунок 4.3 – Схема з'єднання датчиків як елементів системи

Згідно із загальними технічними вимогами ймовірність відмови одного димового сповіщувача за 10 років дорівнює $P_{\text{відм}1} = 0,87$, ручного с сповіщувача $P_{\text{відм}2} = 0,92$, а кінцевого резистора $P_{\text{відм}3} = 0,96$.

Розрахуємо надійність елементів системи

Шлейфи №1, №2, №3, №5 та №6 мають послідовне з'єднання однакової кількості одноманітних елементів, тому $P_1(t) = P_2(t) = P_3(t) = P_5(t) = P_6(t)$.

$$P_1(t) = P_{\text{відм}1}^5 \times P_{\text{відм}3} = 0,87^5 \times 0,96 = 0,48.$$

$$P_4(t) = P_{\text{відм}1}^6 \times P_{\text{відм}3} = 0,87^6 \times 0,96 = 0,42.$$

Шлейф №7 має попарне паралельне з'єднування елементів

$$P_{7(7/1,7/2)}(t) = P_{\text{відм}2}^2 = 0,92^2 = 0,85.$$

$$P_{7(7/3,7/Rk)}(t) = P_{\text{відм}2} \times P_{\text{відм}3} = 0,92 \times 0,96 = 0,88.$$

$$P_7(t) = P_{7(7/1,7/2)}(t) + P_{7(7/3,7/Rk)}(t) - P_{7(7/1,7/2)}(t) \times P_{7(7/3,7/Rk)}(t) = 0,85 + 0,88 - 0,85 \times 0,88 = 0,982.$$

Також розрахуємо надійність з'єднувальної коробки. До неї паралельно надходять шлейфи №4, №5, №6 та №7.

$$P_{4,5}(t) = P_4(t) + P_5(t) - P_4(t) \times P_5(t) = 0,42 + 0,48 - 0,42 \times 0,48 = 0,7.$$

$$P_{6,7}(t) = P_6(t) + P_7(t) - P_6(t) \times P_7(t) = 0,48 + 0,982 - 0,48 \times 0,982 = 0,99.$$

$$P_{4,5,6,7} = P_{4,5}(t) + P_{6,7}(t) - P_{4,5}(t) \times P_{6,7}(t) = 0,7 + 0,99 - 0,7 \times 0,99 = 0,997.$$

Розрахуємо надійність спроектованої системи. Для цього розрахуємо надійність ППКП. До нього паралельно входять шлейфи з 1 по 3 та шлейфи з'єднані коробкою.

$$P_{1,2}(t) = P_1(t) + P_2(t) - P_1(t) \times P_2(t) = 0,48 + 0,48 - 0,48 \times 0,48 = 0,73.$$

$$P_{3,4,5,6,7}(t) = P_3(t) + P_{4,5,6,7}(t) - P_3(t) \times P_{4,5,6,7}(t) = 0,48 + 0,997 - 0,48 \times 0,997 = 0,998.$$

$$P_{\text{ППКП}}(t) = P_{1,2}(t) + P_{3,4,5,6,7}(t) - P_{1,2}(t) \times P_{3,4,5,6,7}(t) = 0,73 + 0,998 - 0,73 \times 0,998 = 1.$$

Дивлячись на розрахунки можна побачити, що елементи як і сама система мають високий рівень надійності.

ВИСНОВОК

У ході виконання дипломної роботи вивили що завдяки установці пожежної сигналізації вчасно і професійно, можливо оперативно виявити загоряння і швидко його запобігти. Розглянула способи побудови, класифікацію та сфери застосування СПС. Дослідила обладнання вітчизняних виробників. Перечислила існуючі типи датчиків та їх характеристики. Провела огляд телекомунікаційних технологій, що застосовуються при побудові СПС.

Вперше застосована багатокритеріальну оптимізацію для вибору засобів захисту від пожежі, внаслідок якої вибрала димові та ручні датчики СПД-3 та ИПР-1.

Була спроектована система пожежної сигналізації приміщень Позаміського закладу оздоровлення та відпочинку "Ялинка". До її складу увійшов приймально-контрольний прилад Тірас-8П вибраний на основі дослідження вітчизняних виробників. Для здійснення передачі тривожних сповіщень на ЦПС у ППКП передбачили модуль цифрового автодозвону для передачі сигналу по каналу стандарту GSM.

Останнім розділом провели розрахунок надійності спроектованої системи і її елементів, результати показали велику надійність як системи так і її елементів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Луковська А.О., ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту, 2001.- 127 с.
2. Технологическое обеспечение надежности и работоспособности изделий машиностроения / Моргунов А.П., Деркач В.В. – Омский государственный университет, 2007. – 113с.
3. Колешко В. М., Традиційні методи біометричної аутентифікації та ідентифікації [Текст]: учеб.пособ. / В. М. Колешко, Е. А. Воробей, П. М. Азізов – М. : БНТУ, 2009. – 107 с.
4. Євген Бойко., Пожежні сповіщувачі, Індивідуальне навчально-дослідне завдання, 2014
5. Бондаренко С.М., Дерев'янка О.А., Христич В.В., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації: Текст лекцій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – 144 с.
6. Технічні характеристики пожежних сповіщувачів. [Електронний документ] - Режим доступу до ресурсу http://ni.biz.ua/10/10_4/10_43688_izveshchatel-pozharniy-teplovoy-ip---.html 15.10.2019 г. - Загл. з екрану.
7. Застосування і реалізація безпроводної технології Zigbee в пожежних системах безпеки . [Електронний документ] - Режим доступу до ресурсу http://4ua.co.ua/life/za3bd78b5d43b88421306c26_0.html 20.10.2019 г. - Загл. з екрану.
8. Пожежна сигналізація [Електронний документ] - Режим доступу до ресурсу <http://dozor.kiev.ua/posluhy/protypozhezhni-systemy/pozhezhna-syhnalizatsiia> 2.11.2019 г. - Загл. з екрану.
9. Адресні системи пожежної сигналізації [Електронний документ] - Режим доступу до ресурсу https://7-vz.com/ua/category/adresnye_sistemy_pozharnoy_signalizatsii/ 2.11.2019 г. - Загл. з екрану.
10. Прилад приймально-контрольний пожежний «Варта-1/832», Керівництво з експлуатації, 61с.
11. Сповіщувач пожежний «ИПК-8», Паспорт, 20с
12. Извещатель пожарный дымовой пропущенного света АРТОН-ДЛ1, паспорт, 12с.