

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. Потебні

**Кафедра електроніки, інформаційних систем  
та програмного забезпечення**

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

**перший (бакалаврський)**

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка охоронного пристрою на основі механічного датчику

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи 6.1530-с  
спеціальності 153 Мікро- та наносистемна  
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми 153 Мікро- та наносистемна  
техніка

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації 153 Мікро- та наносистемна техніка

(код і назва спеціалізації)

Кубасов В.С.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент,  
к.т.н., Небеснюк О.Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**  
**ім. Ю.М. Потебні**

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка  
(назва)

Освітня програма 153 Мікро- та наносистемна техніка  
(шифр)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Т.В.Критська

«    » травня 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кубасов Владислав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка охоронного пристрою на основі механічного датчику.

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 17 січня 2023 року № 91-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра 02 травня 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: охоронна система на основі магнітоконтального сенсора: чотири незалежні канали для контролю за трьома охоронними шлейфами та наявністю мережевої напруги 220 В, можливість колективної охорони та підключення зовнішніх пристроїв сигналізації та автономного живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз систем охоронної сигналізації, види датчиків 2 Охоронний пристрій на основі магнітоконтального сенсора. 3 Охорона праці та техногенна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Л1-Структурна схема пристрою. Л2- Схема електрична принципова охоронного пристрою. Л3 Топологія друкованої плати. Складальне креслення та результати моделювання

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
I	<i>Небеснюк О.Ю.</i>	<i>01.02.2023</i>
II	<i>Небеснюк О.Ю.</i>	<i>02.04.2023</i>
III	<i>Небеснюк О.Ю.</i>	<i>28.04.2023</i>

7. Дата видачі завдання 24.10.2022р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	<i>Аналіз матеріалу за темою кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.10.22-01.02.23</i>	
2	<i>Аналіз систем охоронної сигналізації та сенсорів.</i>	<i>02.02-28.03</i>	
3	<i>Розробка структурної схеми пристрою</i>	<i>01.03-17.03</i>	
4	<i>Розрахунок елементів, вибір елементної бази</i>	<i>20.02-12.03</i>	
5	<i>Розробка схеми електричної принципової охоронного приладу</i>	<i>12.03-28.03</i>	
6	<i>Розробка топології друкованої плати та виконання складального креслення</i>	<i>28.03-02.04</i>	
7	<i>Розділ охорони праці та техногенної безпеки</i>	<i>02.04-12.04</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень</i>	<i>13.04-28.04</i>	

Студент \_\_\_\_\_ *Кубасов В.С.*  
( підпис ) (прізвище та ініціали)Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ *Небеснюк О.Ю.*  
( підпис ) (прізвище та ініціали)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер \_\_\_\_\_ *Верьовкін Л. Л.*  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 68 стор., 8 рис., 10 табл., 1 додаток, 15джерел літератури.

Об'єкт дослідження – системи охоронної сигналізації

Ціль роботи - розробка бюджетного охоронного пристрою на основі магнітоконтантного сенсора, що відрізняється високою надійністю, незначними габаритними розмірами та малим енергоспоживанням.

Задачі роботи - розробити схему електричну структурну охоронного пристрою; провести розрахунок елементів схеми та вибір елементної бази; розробити схему електричну принципову запропонованого пристрою; розробити топологію друкованої плати; виконати складальне креслення.

Методика дослідження - проектування в програмному середовищі Splan.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено охоронний пристрій на основі магнітоконтантного сенсора, що має чотири незалежні один від одного канали для контролю за трьома охоронними шлейфами та наявністю мережевої напруги 220 В. Живлення здійснюється від мережі 220 В, в якості резервного джерела живлення можливе використання батарейки 9В. Габаритні розміри охоронного пристрою складають 70× 45.

Прогнозні пропозиції – запропонований охоронний пристрій може використовуватися для охорони офісів, складів, присадибних ділянок тощо.

ОХОРОННА СИГНАЛІЗАЦІЯ, МАГНІТОКОНТАКТНИЙ СЕНСОР,  
МІКРОСХЕМА, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, ТОПОЛОГІЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ,  
СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ

Кваліфікаційна робота виконана в Інженерному навчально-науковому інституті ім. Ю. М. Потебні, ЗНУ на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.09.2022 по 26.05.2023.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ. ....	8
ВИДИ ДАТЧИКІВ.....	8
1.1 Система охоронної сигналізації.....	8
1.2 Класифікація систем охоронної сигналізації .....	10
1.3 Датчики системи охоронної сигналізації .....	12
2 ОХОРОННИЙ ПРИСТРІЙ НА ОСНОВІ	
МАГНІТОКОНТАКТНОГО СЕНСОРА .....	24
2.1 Розробка електричної структурної схеми приладу .....	24
2.2 Розрахунок елементів електричної схеми .....	27
2.3 Розробка схеми електричної принципової .....	32
2.4 Розробка друкованої плати .....	35
2.5 Розрахунок надійності елементів схеми.....	44
2.6 Розробка складального креслення.....	52
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	55
3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих	
виробничих факторів .....	55
3.2 Заходи з поліпшення умов праці .....	59
3.3 Пожежна безпека.....	60
3.4 Техногенна безпека.....	61
3.5 Розрахунок захисного заземлення.....	62
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	65
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	66
Додаток А.....	68

## ВСТУП

Людство вступило в 21-е століття. Технології в багатьох галузях розвиваються в геометричній прогресії. Особливо це стосується електроніки. Великий прорив відбувся у області передачі, обробки і перетворенні даних. Це досягнуто завдяки новим відкриттям і програмованим мікросхемам. Застосування поверхневого монтажу дискретних елементів і “мініатюрної” друкарської плати з мікроконтролерами дозволило отримати прилад, який поміщається на “долоні”. Все це в даний час широко використовується в областях охоронної сигналізації, контролю доступу, телефонії. Тепер, в порівнянні з приладами, які широко застосовувалися всього лише 25 років тому, що мають розмір значного “ящика”, застосовуються малогабаритні пристрої. Можливості цих пристроїв збільшилися мінімум на порядок, а зовнішній вигляд їх став “ювелірним”, який не зіпсує дизайн офісу або квартири. Сучасні системи безпеки (охоронна сигналізація, відео і аудіодомофони, відеоокуляри) відносно недавно увійшли до нашого життя. Але із-за нестабільності економічної обстановки в країні, яка веде до загострення соціальних відносин, із-за підвищення рівня злочинності вони стали набувати великої актуальності. Наразі вони стають нормою і речами, що увійшли до повсякденного життя великої кількості населення. Не дивлячись на все велику популярність систем безпеки, існуючі підприємства зазвичай працюють з великими замовниками (в основному, юридичними особами) та і системи є достатньо коштовними. Тому актуальним є розробка бюджетного охоронного пристрою для невеликих офісів, дач або садово-городних ділянок.

# 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ. ВИДИ ДАТЧИКІВ

## 1.1 Система охоронної сигналізації

Охоронна сигналізація- це система датчиків, встановлених всередині будинку, квартири або інших об'єктів для оповіщення власника, оточуючих людей або охорони про злом, несанкціоноване проникнення або напад. Таку систему датчиків зазвичай називають охоронною системою. Охоронні системи не гарантують на 100% відсутність пригод, однак істотно знижують ризик, зменшують шкоди і збільшують шанси зловити зловмисників, які зазіхнули на ваше майно.

Принцип всіх систем охоронної сигналізації приблизно однаковий і різнитися тільки кількістю і принципом роботи датчиків. Датчики охоронної сигналізації отримують сигнал і передають його на головну панель. Вона передає сигнал охорони, власнику або включає звукові і світлові сигнали.

Сигналізація зазвичай не робить ніяких дій, щоб перешкодити зловмисникам, а тільки оповіщає власника, оточуючих людей або охоронну службу. Виняток – охоронні системи банків, фінансових установ, музеїв та інших місць, де зберігаються цінності. У таких місцях спеціалізовані системи, які можуть блокувати вікна і двері, викачувати повітря з приміщень сховища та опускати спеціальні ворота. Комплекти сигналізації можуть складатися з різних датчиків: відкриття дверей і вікон, розбивання вікон, руху. Також комплектації можуть бути доповнені датчиками пожежі (задимлення і контролю температури), затоплення, витоку газу і тривожною

кнопкою. Комплектація системи залежить від типу приміщення або об'єкта, виду сигналізації та інших особливостей і побажань клієнта.

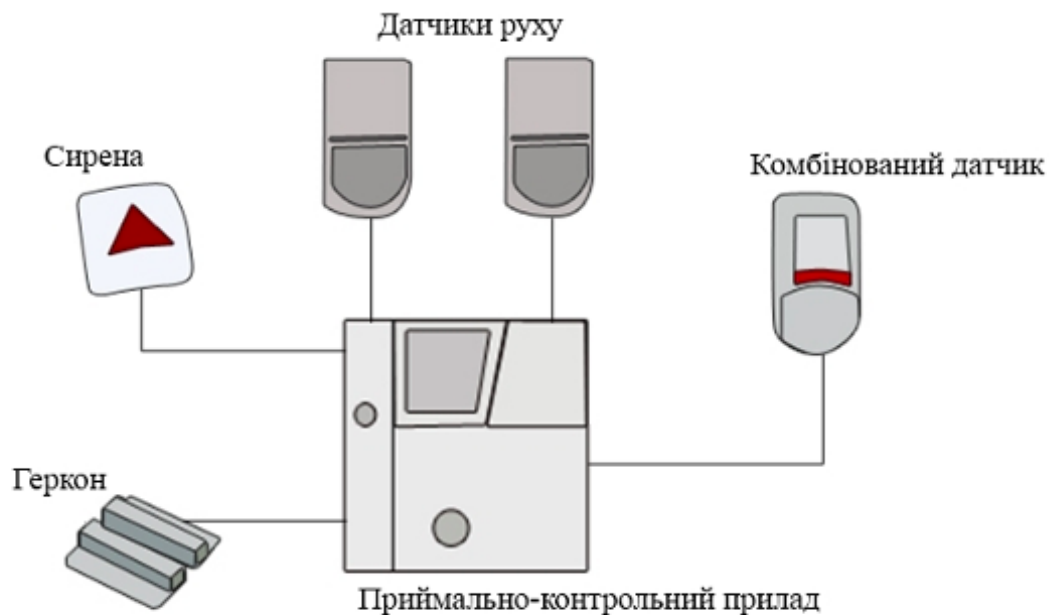


Рисунок 1.1- Типова система побудови охоронної сигналізації

Сучасний ринок пристроїв для безпеки пропонує різні варіанти систем сигналізації. Охоронні системи мають різні типи оповіщення та реагують на різні фактори ризику (рис.1.1).

Система залежить від типу об'єкта охорони і потреб власника: з широким набором функцій або вузькою спеціалізацією. Також сигналізації мають різну ступінь захисту об'єкта і самої системи.

Охоронна система об'єкта в загальному випадку складається з таких елементів:

- загородження (по периметру об'єкта) являє собою фізичний бар'єр, який перешкоджає або ускладнює прохід порушника на об'єкт;
- засоби виявлення, встановлені по периметру об'єкта, призначені для реєстрації вторгнення порушника на підході до основних будівель, утворюють 1-й рубіж охорони;



- сповіщувачі охоронні, що блокують отвори (вікна, двері) основних будівель об'єкта, призначені для виявлення спроб проникнення порушника ззовні і утворюють 2-й рубіж охорони;
- охоронні сповіщувачі, призначені для виявлення можливого переміщення порушника всередині будівель, утворюють 3-й рубіж охорони;
- прилад приймально-контрольний (ППК) призначений для збору і обробки інформації, поступає з сповіщувачів і засобів виявлення, а також для управління іншими системами:
- блок живлення;
- комунікації (провідні, бездротові) призначені для передачі сповіщень і подачі живлення на складові частини охоронної системи;
- сповіщувачі служать для подачі звукових і світлових сигналів;
- віддалені термінали призначені для дистанційного контролю ситуації на об'єкті (пульти, пейджери, телефони). – канали зв'язку призначені для забезпечення передачі тривожного повідомлення з ППК на віддалені термінали (провідний, радіоканал).

## 1.2 Класифікація систем охоронної сигналізації

Системи охоронної сигналізації класифікуються за наступними критеріями:

### 1. Класифікація за видом об'єкта охорони

У цій класифікації враховується вид об'єкта охорони:

- охоронна сигналізація для приватного будинку (включає територію навколо будинку);
- охоронна сигналізація в квартиру;
- охоронна сигналізація для гаража;
- охоронна сигналізація на дачу;
- охоронна сигналізація в офіс;

- охоронна сигналізація для складських і промислових приміщень.

## 2. Класифікація за видом реакції на загрози:

- автономна сигналізація – вмикає сирену і звуковий сигнал у відповідь на події. Гучний сигнал допомагає привернути увагу до зловмисників або до пожежі в будівлі. Сигнал про лихо нікуди не передається;
- GSM-сигналізація – має стандартний автономний набір датчиків, але має функцію автодозвону або СМС власнику. Сучасні системи забезпечені різними каналами зв'язку: Wi-Fi, GSM, LTE, 2G і інші, а також можуть сповіщати і охорону;
- пультова сигналізація – відправляє постійний сигнал про стан приміщення, сканованих датчиками, на пульт охорони. Якщо датчик або тривожна кнопка спрацьовують, інформація направляється на охоронну централь і на місце виїжджає загін охоронців.

## 3. Класифікація за тим, що розцінюється як загроза:

- сигналізація від злому і проникнення – оснащена датчиками, які реагують на рух в будинку (або квартирі) і прибудинкової території, розбиття вікон, відкривання дверей та інші дії пов'язані з проникненням зловмисників на територію володінь; протипожежна сигналізація – датчики системи повідомляють про задимлення приміщення, різкому підйомі температури, можуть повідомляти про місце загоряння і включати систему тривоги для евакуації;
- захист від чадного газу – датчики заміряють концентрацію небезпечних речовин в повітрі і повідомляють про витік власнику, система може бути частиною протипожежної сигналізації;
- захист від затоплення приміщення – датчики сигналізують про прориви труб, а також протікання пральних і посудомийних машин;

- комбінована система – включає в себе всі або частину датчиків для захисту від загроз злому, пожежі, витоку води або чадного газу.
4. Класифікація за способом передачі тривожного сигналу в системі:
- комбінована система – передача сигналів усередині системи відбувається за допомогою системи кабелів і бездротового зв'язку;
  - бездротова – передача сигналу відбувається по бездротовому зв'язку (GSM, радіосигнал і інші);
  - дротова – сигнал передається тільки за допомогою мережі кабелів.
5. Класифікація за способом оповіщення власника:
- кабельна сигналізація – в основному не оповіщає власника, а тільки може включати сирену або подавати сигнал на пульт охорони;
  - сигналізація на телефон – подає сигнал на телефон власника;
  - GSM-сигналізація – зв'язується з власником через функцію автодозвону;
  - інтернет сигналізація – тримає зв'язок з власником через інтернет-з'єднання, зазвичай подає сигнал на смартфон;
  - супутникова сигналізація – використовується в основному для автомобілів разом з GPS-маячком і протиугінною системою, може також бути пов'язана з охороною.

### 1.3 Датчики системи охоронної сигналізації

До технічних засобів виявлення охоронної сигналізації відносяться спеціальні датчики (сповіщувачі), призначені для фіксації факту несанкціонованого доступу на територію, що охороняється, і передачі сигналу тривоги.

Датчик – чутливий елемент, що перетворює параметр, який контролюється, в електричний сигнал.

Критерії вибору датчика:

- максимальна площа захоплення контрольованої зони;
- мінімальна ймовірність обходу перешкоди злочинцем;
- достатня вибірковість та чутливість до присутності, руху та інших дій зловмисника;
- можливість виключення “мертвих” зон і простота розміщення датчиків;
- висока надійність роботи у заданих кліматичних умовах;
- стійкість до природних випадкових завад;
- малий час виявлення зловмисника;
- простота і надійність конструкції;
- достатньо швидка і точна діагностика місця проникнення;
- можливість централізованого контролю подій; – прийнятна ціна.

Таблиця 1.1- Класифікація охоронних сповіщувачів

За типом сповіщувача	Пасивні сповіщувачі	Не є джерелами хвиль різної фізичної природи
	Активні сповіщувачі	Є джерелами хвиль різної фізичної природи
	Комбіновані сповіщувачі	Комбінація активного та пасивного режиму роботи в одному пристрої
За фізичним принципом дії випромінювача	Інфрачервоні сповіщувачі	Виявляють теплове (інфрачервоне) випромінювання рухомого об'єкта
	Ультразвукові сповіщувачі	Випромінюють ультразвукові коливання і приймають сигнал,

		відбитий від рухомого об'єкта
	Радіохвильові сповіщувачі	Випромінюють ультракороткохвильове коливання і приймають сигнал, відбитий від рухомого об'єкта
	Барометричні сповіщувачі	Формують сигнал тривоги у разі стрибкоподібної зміни атмосферного тиску у приміщенні, що захищається
За фізичним принципом дії випромінювача	Акустичні сповіщувачі	Формують сигнал тривоги при реєстрації у приміщенні характерного звуку
	Сейсмічні сповіщувачі	Формують сигнал тривоги у разі реєстрації в конструкції характерних коливань, що виникають при руйнуванні перешкоди відомими способами та інструментами
	Інерційні сповіщувачі	Формують сигнал тривоги з використанням інерційних властивостей предметів (похитування, поштовхи)
	П'єзоелектричні сповіщувачі	Використовують властивість наведення різниці потенціалів на протилежних сторонах п'єзоелектричного

		кристала при його деформації
	Магнітноконтатні сповіщувачі	Формують сигнал тривоги при розмиканні геркону внаслідок віддалення від нього магнітного елемента
	Електроконтактні сповіщувачі	Формують сигнал тривоги при розмиканні електричного контакту
	Комбіновані сповіщувачі	Поєднують два або більше фізичних принципів дії (інфрачервоний і ультразвуковий; ультразвуковий та радіохвильовий; акустичний та магнітно-контактний тощо)
За типом виявлених небезпечних подій	На рух	Інфрачервоні активні та пасивні, радіохвильові лінійні та об'ємні, ультразвукові
	На відкриття	Магнітноконтатні, барометричні
	На розбиття скла	Акустичні, ударно-контактні, електроконтактні
	На приближення	Ємнісні
	На вібрацію	Сейсмічні, вібраційні
За способом передавання даних	Провідні	
	Безпровідні (радіоканальні)	
За наявністю маскуванія	Маскувальні	
	Немаскувальні	

Найбільшого поширення серед детекторів руху набули інфрачервоні сенсори руху та присутності. Бувають сенсори двох видів – активні та пасивні.

Активні інфрачервоні (АІЧ) сенсори призначені переважно для охорони зовнішніх периметрів об'єктів, що охороняються, і складаються з інфрачервоного (ІЧ) випромінювача та приймача. Принцип дії такого сенсора ґрунтується на формуванні випромінювачем імпульсного ІЧ випромінювання, яке уловлюється приймачем. У момент перетину порушником ланки, що охороняється, ІЧ випромінювання не потрапляє на приймач і спрацьовує сигнал тривоги. Для зменшення кількості хибних спрацювань застосовують більше ніж один ІЧ промінь, внаслідок чого формування сигналу тривоги відбувається тільки при одночасному перетині всіх променів [3].

Пасивні інфрачервоні сенсори (ПІЧ) руху дають змогу виявляти проникнення людини в контрольовану зону за допомогою реєстрації зміни інтенсивності інфрачервоного випромінювання, що приймається, від рухомого об'єкта, а також виникнення пожежі. Ці сенсори використовуються для блокування підступів до ділянок, що охороняються, в закритих опалювальних і неопалюваних приміщеннях [1]. Сенсори відрізняються переважно формою зони чутливості і стійкістю до помилкових спрацювань. Зона чутливості сенсорів для систем охоронної сигналізації є сектором ( $90^{\circ}$ - $110^{\circ}$ ). У технічному описі сенсорів наводяться діаграми, які наочно демонструють зони чутливості сенсорів. Проте діаграма сповіщувача може бути змінена використанням змінних лінз Френеля, що додаються до сенсора, або накладки, які перекривають частину чутливого елемента сенсора. У простих пасивних інфрачервоних сенсорах опрацювання сигналу здійснюється аналоговими методами, в складніших – цифровими за допомогою вбудованого процесора. ПІЧ сповіщувачі

бувають як настінними, так і такими, що кріпляться до стелі [3].

Як АІЧ, так і ПІЧ є надійними та простими в обігу. Проте цю особливість не потрібно переоцінювати, оскільки промені зазвичай розміщуються близько до землі, а не до стелі, де, як правило, збирається дим. Тому необхідно мати на увазі те, що від пилу або диму інфрачервоні системи сигналізації можуть мимоволі вмикатися. Більш того, якщо вони встановлені на вулиці, дощ, листя, кущі або тварини можуть спровокувати їхнє увімкнення [4].

Сенсори ультразвукової системи охоронної сигналізації призначені для охорони закритих приміщень і видають сигнал тривоги як у разі появи порушника, так і у разі виникненні пожежі. Принцип їхньої дії заснований на реєстрації зміни ультразвукового поля, викликаного появою в приміщенні людини або виникненні пожежі. Вони характеризуються високою чутливістю, але і високим рівнем хибних спрацювань, наприклад, якщо порушник дуже повільно переміщується, то він може обійти систему сигналізації. Окрім цього, деякі матеріали поглинають звук і, якщо об'єкт, що охороняється, містить багато предметів, виготовлених з такого матеріалу, або великогабаритні предмети, то вони обмежують дію такого сенсора, створюючи ділянки екранування ("мертві зони"), в яких сенсор не реагує на рух порушника, а це, своєю чергою, створить труднощі у використанні системи. Налаштування таких сенсорів залежить від зміни навколишнього середовища, наприклад, повітряні потоки, що створюються кондиціонерами і опалювальними приладами, також можуть призвести до помилкового спрацювання системи сигналізації. Тому ці сенсори здебільшого використовують для охорони об'єктів, малих за об'ємом, наприклад, вітрин, музейних цінностей, салону автомобіля тощо[5].

У найпростішому випадку до складу сенсора входять блок опрацювання сигналу, акустичний випромінювач та акустичний приймач. Як випромінювальний елемент використовується



п'єзоелектричний ультразвуковий перетворювач, який перетворює електричну напругу, що виробляється генератором ультразвукових частот, на акустичні коливання повітря в об'ємі, що охороняється. Чутливим елементом сповіщувача є п'єзоелектричний ультразвуковий приймальний перетворювач акустичних коливань на змінний електричний сигнал. З виходу приймача сигнал надходить у схему блока опрацювання сигналів, яка залежно від закладеного в неї алгоритму формує те або інше повідомлення [6].

Детектори розбиття скла призначено для реєстрації навмисного руйнування скляних конструкцій: вікон, вітрин тощо. Вони реагують на звук розбиття скла, аналізуючи спектр звукових шумів у приміщенні. Якщо спектр шуму містить складову, яка збігається зі спектром пошкодженого, розбитого скла, то сенсор спрацьовує і видається сигнал тривоги. До складу цих сенсорів входять мікрофон і блок опрацювання сигналів [3]. Такі сенсори можуть охороняти скляні конструкції площею, що не перевищує  $10 \text{ м}^2$ . Існують також двопорогові сенсори розбиття скла, які крім реєстрації безпосередньо звуку розбиття скла, реагують на удар по склу. Отже, реєструючи відповідні сигнали, такий сенсор спрацьовує, що свідчить про можливість проникнення зловмисника у приміщення, яке охороняється.

Фотоелектричні сенсори використовуються для захисту внутрішнього та зовнішнього периметра, шляхом безконтактного блокування прольотів, дверей, ліфтів, отворів, коридорів тощо. Конструктивно такі сенсори складаються з передавача та приймача, які розміщують вздовж лінії охорони. Передавач випромінює інфрачервоний сигнал з довжиною хвилі близько  $1 \text{ мкм}$ , який надходить до приймача сигналу [2]. Під час спроби перетнути систему променів сенсор спрацьовує. Такі сенсори характеризуються високим рівнем надійності та стійкості роботи до впливу зовнішніх чинників.

Однією з характерних ознак таких сенсорів є можливість їхньої автономної роботи, за рахунок, наприклад, їхнього оснащення сонячними елементами підзарядки.

Радіохвильові сенсори призначено для реєстрації руху у контрольованій зоні. Працюють такі сенсори на частотах близько 10,5 ГГц. Випромінювання та приймання сигналу здійснюється за допомогою однієї антени [7]. Принцип дії заснований:

- на випромінюванні сигналу надвисокої частоти і прийомі відображеного сигналу, частота якого змінюється при русі порушника (ефект Доплера);
- на інтерференції радіохвиль сантиметрового діапазону, що випромінюється сенсором.

У плані охорони внутрішніх приміщень їхні характеристики аналогічні до характеристик вищеперелічених сенсорів, проте радіохвильові сенсори коштують значно більше та мають нижчу стійкість до помилкових спрацьовувань. Тривала дія випромінювання сенсора є шкідливою для здоров'я [3]. При охороні зовнішнього периметра сенсори цієї групи поступаються за своїми характеристиках активним інфрачервоним сенсорам.

Вібросенсори призначено для виявлення навмисного пошкодження різних будівельних конструкцій: бетонних стін і перекриттів, цегляних стін, дерев'яних (рами і двері) і стельових покриттів, а також сейфів і металевих шаф. Сенсори цього типу є контактними вимикачами різних видів, які сполучені або послідовно, або паралельно. Такі сенсори кріпляться на стовпах або сітках огорож і спрацьовують від гойдань, струсів або вібрацій. Принцип їхньої дії заснований на п'єзоефекті або ефекті електромагнітної індукції, коли постійний магніт переміщається уздовж обмотки котушки і тим самим наводить в ній змінний струм [7]. Електричний сигнал, пропорційний до рівня вібрації, підсилюють і опрацьовують схемою

сповіщувача за певним алгоритмом, щоб відокремити руйнівну дію від сигналу завади.

Як правило, у таких сенсорах використовують мікропроцесори для опрацювання сигналів від контактних вимикачів та формування сигналу тривоги. Відрізняються такі сенсори низькою вартістю і високим рівнем помилкових спрацьовувань [6]. У вітчизняній і зарубіжній літературі залежно від технічної реалізації такі сенсори називають електромагнітними, магніторезонансними.

Магнітоконтатні сенсори призначено для реєстрації відкриття дверей і вікон, на яких вони встановлені. Сенсори бувають двох видів: для зовнішнього і прихованого встановлення. Як правило, їх розміщують у верхній частині дверей або вікна [3]. Вони виконані на основі герконів. Геркони – це герметично запаяні в скляну трубку контакти, які замикаються або розмикаються у разі наближення (віддалення) постійного магніту. Зазвичай магніт кріпиться до рухомої частини дверей або вікна, а геркон до нерухомої. Такі сповіщувачі відрізняються один від іншого типом встановлення, матеріалом, з якого вони виготовлені, а також величиною робочого зазору, за якого сповіщувач перебуває в режимі очікування. Для підвищення надійності можуть встановлюватись по два сенсори, сполучені послідовно. Під'єднуються такі сенсори до охоронної сигналізації за допомогою дротяного шлейфу [8].

Сейсмічні сенсори (геофони) широко використовуються для охорони периметрів територій і будівель. Встановлюються такі сенсори приховано у ґрунт, під поверхні стін і будівельних конструкцій [6]. Формують сигнал тривоги при реєстрації коливання ґрунту від хвиль звукового діапазону частот, збуджених на поверхні землі, і відбитих від порід, що залягають на різних глибинах під землею чи характерних коливань в конструкціях при спробі їхнього руйнування. Геофони володіють надзвичайно високою чутливістю.

Їхня чутливість залежить від напрямку джерела коливань.

Максимальна чутливість спостерігається у вертикальному напрямі (уздовж осі сенсора), мінімальна чутливість – у перпендикулярному до осі напрямі [8]. Нині виготовляються два види сенсорів цього типу. Перший, рідинний, складається з двох укладених поряд у ґрунт шлангів з рідиною. Спрацьовування таких сенсорів відбувається у разі зміни тиску в одному з шлангів при проходженні порушника. Принцип дії сенсорів другого типу заснований на п'єзоелектричному ефекті, при якому відбувається зміна електричного сигналу у разі тиску на п'єзоелемент. Обидва види сейсмічних сенсорів чутливі до сторонніх вібрацій, що викликаються, наприклад, транспортом, що проїжджає, або сильним вітром.

Ємнісні сенсори застосовують для блокування місць можливого проникнення на об'єкт (віконні, дверні отвори), окремих предметів (сейфи, металеві шафи), а також для охорони об'єктів по периметру. Принцип їхньої дії заснований на реєстрації зміни ємності антени, викликаній наближенням до неї якого-небудь предмета. Як антена використовується звичайний дріт, металевий корпус сейфа, шафи, інші металеві предмети [1]. Сповіщувач видає сигнал тривоги при зміні електричної ємності металевого предмета, що охороняється, щодо землі, викликаній наближенням людини до цього предмета [6].

Електроконтактні сенсори призначено для реєстрації пошкоджень і руйнування конструкцій, на яких вони закріплені: скляного полотна вікон, дверей, склоблоків тощо в опалюваних і неопалюваних приміщеннях. Їх виготовляють з тонкої алюмінієвої фольги товщиною від 0,008 до 0,04 мм і шириною не більш ніж 12,5 мм. Фольга має клейовий шар. Іноді для тих самих цілей замість фольги використовують тонкий дріт [7]. При руйнуванні конструкції, на яку фольга наклеєна, стрічка рветься і розриває коло протікання електричного струму, внаслідок чого видається сигнал тривоги. Для під'єднання до кола охоронної

сигналізації стрічка і провідник затискаються в утримувачі, які клеються до тієї самої конструкції, що і стрічка [6].

Барометричні сенсори призначено для охорони закритих об'ємів приміщень. Сенсор формує сигнал тривоги при стрибкоподібному падінні атмосферного тиску в приміщенні, що охороняється [6]. Стійкий до дії шумів, вібрації, переміщення людей і тварин, не чинить шкідливого впливу на живий організм. Спрацьовує у момент відкриття дверей, вікон, кватирок або при руйнуванні стін, стелі, дверей і вікон. Доволі економічний (в деяких сенсорах струм споживання не перевищує 1 мА) [7].

П'єзоелектричні сенсори. До цього класу сповіщувачів належать різноманітні сенсори, у яких використовують п'єзоелектричні матеріали, що володіють властивістю наведення різниці потенціалів на протилежних сторонах п'єзоелектричного кристала при його деформації. До п'єзоелектричних належать детектори розбиття скла, сенсори контролю нерухомості встановлених (скульптура) або підвішених (картини) предметів тощо [6].

Інерційні сенсори. У сповіщувачах цього типу сигнал тривоги формується з використанням інерційних властивостей предметів і, як правило, при механічній дії на об'єкт, що охороняється. До групи інерційних належать вібраційні й ударно-контактні сенсори, що були вже розглянуті [6].

Комбіновані сповіщувачі. Ці сповіщувачі є ефективнішими та надійнішими нині. У них для кращої ефективності роботи використовується одночасно декілька фізичних явищ, що взаємно доповнюють один одного. Виконавши відповідне налаштування, можна отримати сенсор з необхідними конкретними характеристиками.

До прикладу, отримати задану чутливість при допустимій вірогідності помилкової тривоги [7]. Здебільшого такі сповіщувачі виконують з двома незалежними виконавчими реле, що відповідають кожному з каналів виявлення. У разі появи порушника у зоні виявлення спрацьовують обидва канали виявлення, при цьому видається сигнал тривоги розмиканням контактів вихідного реле [6].

Метою роботи є розробка бюджетного охоронного пристрою на основі магнітоконтального сенсора, що відрізняється високою надійністю, незначними габаритними розмірами та малим енергоспоживанням.

Задачі:

- розробити схему електричну структурну охоронного пристрою;
- провести розрахунок елементів схеми та вибір елементної бази;
- розробити схему електричну принципову запропонованого пристрою;
- розробити топологію друкованої плати;
- виконати складальне креслення.

## 2 ОХОРОННИЙ ПРИСТРІЙ НА ОСНОВІ МАГНІТОКОНТАКТНОГО СЕНСОРА

### 2.1 Розробка електричної структурної схеми приладу

Запропоновано охоронний пристрій, що має чотири незалежні один від одного канали для контролю за трьома охоронними шлейфами та наявністю мережевої напруги 220 В. Розрив мережі на кожному каналі фіксується незалежно від існуючого стану шлейфу, на двері, вікна, загорожі і т. інш. встановлюються герконові датчики, що спрацьовують на відкриття і вмикають сигналізацію. Тривалість подачі звукового сигналу тривоги обмежена на випадок, якщо власника немає вдома і через встановлений час сама автоматично відключається.

В розробці передбачена можливість організації колективної охорони - пристрій має вихід, до якого можна підключати охоронний шлейф іншого аналогічного пристрою ( центрального пульта або аналогічного пристрою у сусідів). При подачі сигналу тривоги стан цього виходу змінюється із замкненого на розімкнений (максимальний струм – 20 мА , напруга при розімкненні – не більше 30 В ). Також є можливість підключення зовнішніх пристроїв - сигналізації ( сигналізація із струмом споживання до 0.3 А ) та автономного живлення. Схема електрична структурна запропонованого пристрою представлена на рис. 2.1.

В кожен із трьох каналів входить блок регулювання, що контролює роботу і стан каналу. Він подає сигнал і контролює вмикання світлодіодів , які відображають стан кожного каналу. Блок регулювання складається з RS-тригера та RC-ланцюжка. При вмиканні блоку індикації шлейфу, вмикається

відповідний світлодіод ( у стані спокою все це не відбувається ) і інтегрований сигнал надходить на блок затримки.

За допомогою цього елемента відбувається тимчасова затримка ввімкнення сигналізації. Якщо інтегрований сигнал поступив і раптово зник на протязі 60 мс, то даний елемент не пропускає сигнал. У випадку, коли сигнал триває довше 60 мс, то блок затримки пропускає сигнал на RS – тригер, що контролює роботу кожного із трьох каналів.

RS – тригер також контролює взаємозв'язок колективної охорони. У разі обриву на одному чи двох каналах, наприклад, то сигнал колективної тривоги не вмикається, а якщо відбувається спрацювання на всіх трьох каналах, тоді автоматично вмикається канал колективної охорони і всі, під'єднані до системи, будуть проінформований про втручання.

У випадку спрацювання на одному або двох із каналів сигнал подається на блок перемикачів і за допомогою світлодіодів та звукової індикації (гучномовця) спрацює сирена. Таким чином блок перемикачів виконує функцію ключа, що вмикає та вимикає звукову чи світлову сигналізацію.

Блок контролю мережі подає напругу на кожну із мікросхем, стежить за перепадом струму та напруги мережі та забезпечує швидке перемикачів від мережевого живлення на автономне живлення від батареї (у разі вимкнення струму).

У разі спрацювання одразу трьох каналів, RS – тригер подає сигнал на лічильник. Лічильник спрацює після короткої затримки 20 мс, а потім сигнал подається на буферний підсилювач, де відбувається його підсилення і передача на канал колективної охорони.

Блок індикації колективної охорони (КО) складається з RS-тригера та RC-ланцюжка і призначений для подачі світлового сигналу.



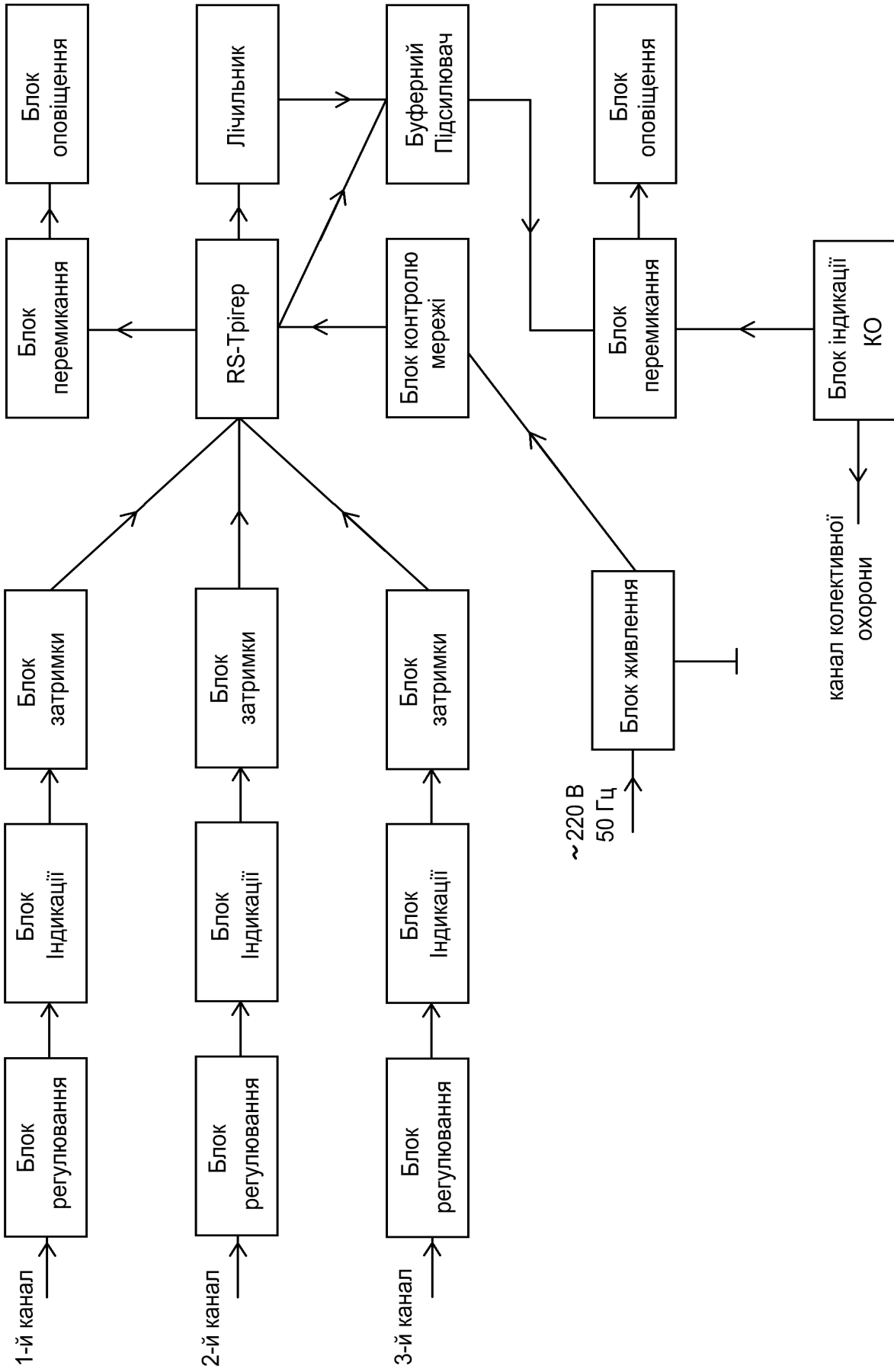


Рисунок 2.1- Схема електрична структурна

## 2.2 Розрахунок елементів електричної схеми

Випрямляч працює на навантаженні ємнісного характеру. Вихідні дані для розрахунку:

- випрямлена напруга в навантаженні  $U_{0н} = 9 \text{ В}$ ;
- випрямлений струм в навантаженні  $I_0 = 0,2 \text{ А}$ ;
- коефіцієнт пульсації випрямленої напруги на навантаженні  $K_{п.н} = 1\%$ ;
- напруга мережі  $U_1 = 220 \text{ В}$ ;
- частота мережі  $f_c = 50 \text{ Гц}$ ;
- робочий діапазон температур  $\Delta T_{окр} = -60 \div +80 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Схема випрямляча розраховується з урахуванням наступних вимог:

1. Коефіцієнт пульсації випрямленої напруги на вхідному конденсаторі  $C_{10,11}$  приймаємо  $K_{п.вх} = 5 \div 15 \%$  [8].

2. Коефіцієнт згладжування фільтру у відповідності з необхідністю забезпечення  $K_{п.л} = 1\%$  повинно складати  $q = K_{п.вх} \% / K_{п.н} \% = 15/1=15$ .

3. Оскільки  $q = 15 < 25$ , вибираємо в якості частини фільтру одноланковий LC-фільтр.

Розрахуємо потужність навантаження за формулою:

$$P_{0н} = U_{0н} * I_0 \quad (2.1)$$

$$P_{0н} = 9 * 0,2 = 1,8 \text{ Вт}$$

Напруга на виході схеми випрямлення  $U_0$  з урахуванням падіння напруги на LC-фільтрі визначається за формулою:

$$U_0 = U_{0н} [ 1 + 0,01 * (\Delta U_{\phi} / U_{0н}) \% ] \quad (2.2)$$

$$U_0 = 9 * (1 + 0,01 * 10) = 9,9 \text{ В}$$

$\Delta U_{\phi}, \%$  – обираємо за довідником

Основні параметри діодів визначаються за формулами:

$$I_{\text{пр.и.п}} = 3,5 * I_0 \quad (2.3)$$

$$I_{\text{пр.и.п}} = 3,5 * 0,2 = 0,7 \text{ A}$$

$$I_{\text{пр.ср}} = I_0 / 2 \quad (2.4)$$

$$I_{\text{пр.ср}} = 0,2 / 2 = 0,1 \text{ A}$$

$$U_{\text{обр.п.п}} = 1,5 * U_0 \quad (2.5)$$

$$U_{\text{обр.п.п}} = 1,5 * 9,9 = 11,4 \text{ В}$$

Відповідно до розрахунку обираємо діоди типу КД 202А з наступними параметрами:

$$I_{\text{пр.ср max}} = 5 \text{ A}$$

$$U_{\text{обр.п. max}} = 50 \text{ В}$$

$$U_{\text{пр.ср}} = 1 \text{ В.}$$

$$\Delta T = -60^\circ \div +130^\circ \text{C}$$

Активний опір обмоток трансформатора, зведений до вторинної обмотки  $r_{\text{тр}}$  :

$$r_{\text{тр}} = K_{\text{рс}} \frac{U_0}{I_0 * f_m * B} \sqrt[4]{\frac{S * f_c * B}{U_0 * I_0}} \quad (2.6)$$

де:  $K_{\text{рс}}$  – коефіцієнт, що залежить від схеми випрямлення=3,5;

$B$  – магнітна індукція в магніто провіднику трансформатора, Тл=1,4;

$f_c$  – частота мережі, Гц;

$S$  – кількість серцевин магнітопровідника, S=1

$$r_{\text{тр}} = 3,5 * \frac{9,9}{0,2 * 50 * 1,4} \sqrt[4]{\frac{1 * 50 * 1,4}{9,9 * 0,2}} = 6 \text{ Ом}$$

Диференційний опір діодів:

$$r_{\text{диф}} = N_{\text{посл}} * \frac{U_{\text{пр.ср}}}{3 * I_{\text{пр.ср}}}, \quad (2.6)$$

де  $N_{\text{посл}}$  – число послідовно поєднаних діодів, приймаємо  $N_{\text{посл}} = 1$ .

$$r_{\text{диф}} = 1 * \frac{1}{3 * 0,35} = 0,95 \text{ Ом.}$$

Активний опір фази випрямляча визначається за формулою:

$$r = 2 * r_{\text{диф}} + r_{\text{тр}} \quad (2.7)$$

$$r = 2 * 0,95 + 6 = 7,9 \text{ Ом}$$

Індуктивність розсіяння витків трансформатора визначається за формулою:

$$L_S = K_L * \sigma * \frac{U_0}{I_0 * f_c * B * \sqrt[4]{\frac{\sigma * f_c * B}{U_0 * I_0}}} \quad (2.8)$$

де :  $K_L$  - обрано за довідником  $5 * 10^{-3}$ ;  $\sigma = 1$

$$L_S = 5 * 10^{-3} * 1 * \frac{9.9}{0.2 * 50 * 1.4 * \sqrt[4]{\frac{1 * 50 * 1.4}{9.9 * 0.2}}} = 1.45 * 10^{-3} \text{ Гн.}$$

де  $L_S = 1,45 * 10^{-3}$ .

Відношення між активним і реактивним опором фази випрямляча ( $\text{tg}\varphi$ ) визначається:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\pi * f_c * L_s}{r_0} \quad (2.9)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2 * 3.14 * 50 * 1.45 * 10^{-3}}{7,9} = 0.057$$

$$\varphi = 3,26^\circ$$

Допоміжний коефіцієнт:

$$A = \frac{I_0 * \pi * r_0}{m * U_0} \quad (2.10)$$

де:  $m$  – коефіцієнт схеми, що дорівнює числу імпульсів випрямленої напруги,  $m=2$ .

$$A = \frac{0.2 * 3.14 * 7.9}{2 * 9.9} = 0,25$$

Розрахункові коефіцієнти  $B$ ,  $D$ ,  $F$  і  $H$ :

$$B = 1,45; D = 1,78; F = 4,3; H = 40000$$

Значення  $I_{\text{пр.и}}$  [8]:

$$I_{\text{пр.и}} = \frac{I_0}{2} * F \quad (2.11)$$

де  $F=4,3$ .

$$I_{\text{пр.и}} = \frac{0.2}{2} * 4.3 = 0,43 \text{ А}$$

$$I_{\text{пр.и}} = 0,43 \text{ A} < 5 \text{ A}$$

Електричні параметри трансформатора визначаються за допомогою розрахункових коефіцієнтів:

$$U_2 = B * U_0 \quad (2.12)$$

$$U_2 = 1,45 * 9,9 = 14,355 \text{ В}$$

$$I_2 = D \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad (2.13)$$

$$I_2 = 1,78 \frac{0,2}{\sqrt{2}} = 0,25 \text{ A}$$

$$I_1 = n_{21} * I_2 = \frac{U_2}{I_1} * I_2 \quad (2.14)$$

$$I_1 = \frac{14,355}{9,9} * 0,25 = 0,362 \text{ A}$$

$$P_{\Gamma} = 1,5 * P_0 = 1,5 * U_0 * I_0 \quad (2.15)$$

$$P_{\Gamma} = 1,5 * 9,9 * 0,2 = 2,97 \text{ Вт}$$

Перевірка обраного діоду за зворотною напругою виконується за формулою:

$$U_{\text{обр.и}} = 1,41 * U_2 \quad (2.16)$$

$$U_{\text{обр.и}} = 1,41 * 14,355 = 20,24 \text{ В} < 50 \text{ В}$$

Вхідна ємність фільтру  $C_{10,11}$  дорівнює:

$$C_{11} = \frac{100 * H}{K_{п.вх. \%} * r_0 * f_c} \quad (2.17)$$

$$C_{11} = \frac{100 * 40000}{15 * 7,9 * 50} = 675 \text{ мкФ}$$

Приймається найближче стандартне значення  $C_{11} = 1000 \text{ мкФ}$ .  
Вибираємо конденсатор К 50-35 з  $U_{раб} = 25 \text{ В}$ , при цьому значення  $U_{раб}$  визначається нерівністю:

$$U_{раб} < \sqrt{2}U_2 \quad (2.18)$$

$$U_{раб} = 1,41 * 14,355 = 20,24 < 25$$

Коефіцієнт пульсації, який відповідає вибраному  $C_{10,11}$ :

$$K_{п.вх. \%} = \frac{H * 100}{r_0 * C_0 * f_c} \quad (2.19)$$

$$K_{п.вх. \%} = \frac{40000 * 100}{7,9 * 1000 * 50} = 10,126 < 15\%.$$

### 2.3 Розробка схеми електричної принципової

На основі схеми електричної структурної розроблена схема електрична принципова (рис.2.2). Живлення приладу здійснюється від мережі 220 В, в якості резервного джерела живлення можливе використання батарейки 9В, або акумуляторної батареї напругою 7.5 .... 12 В. Працездатність приладу зберігається при зниженні напруги до 5.5 ...5 В. При споживанні струму близько 15 мА ( три замкнених дрота ) автономного живлення у вигляді звичайної батареї «Крона» вистачить приблизно на 1,5 доби. У якості охоронного шлейфу передбачено використання будь-яких датчиків та ліній

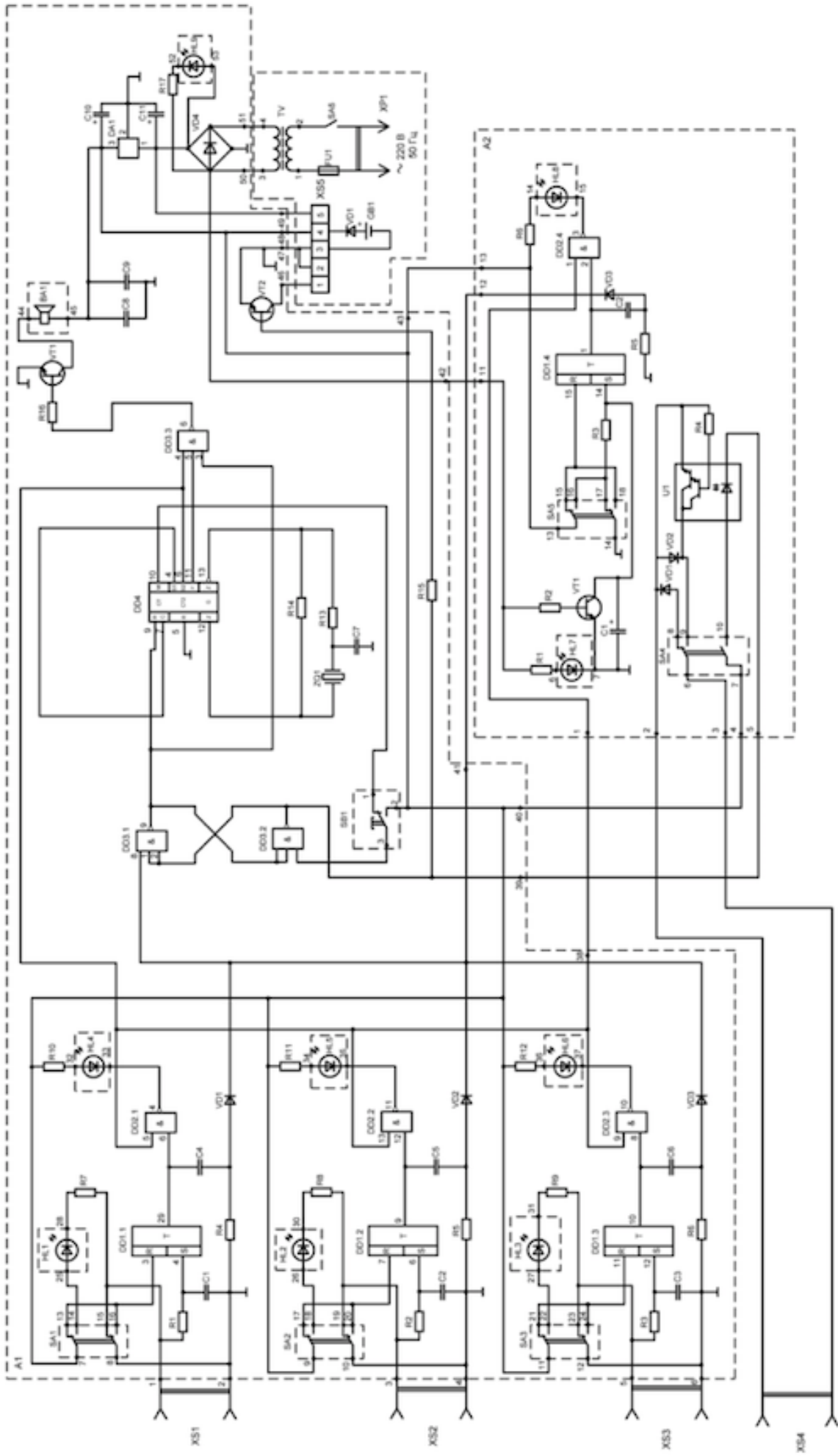


Рисунок 2.2 -Схема електрична принципова охоронного пристрою



загальним опором до 3 кОм (при діаметрі проводу 0.1 мм це трохи більше 1 км, а при 0.2 мм – близько 5 км).

Кожен канал має RS-тригер (у першому каналі DD1), буферний елемент (DD2.1) та два світлодіоди, один для індикації поточного стану контролюючого шлейфу (HL 1, HL2, HL3, HL4, HL5, HL7 зеленого кольору), а другий- для сигналізації про наявність розриву мережі (HL2, HL4, HL6, HL8), червоного кольору.

Тумблери SA1-SA2 показані у положенні, коли шлейфи відключенні. У цьому випадку струм через охоронні шлейфи не проходить, тригери DD1.1 – DD1.4 знаходяться у нульовому положенні. На виході елементу DD3.1 високий рівень, який забороняє роботу дільника на 60 мікросхемах DD4. Шлейф колективної охорони замкнений для правильної полярності вихідної напруги діодом VD9. У робочому режимі шлейф замикається транзистором оптрону U1. Така комутація виконана для визначення полярності підключеного шлейфу на іншій стороні.

При включенні одного з шлейфів в режим охорони по ньому протікає струм приблизно 4 мА, горить відповідний світлодіод, та низький рівень сигналу на обох входах RS-тригера. Менше значення струму може привести до помилки спрацювання. У разі обриву шлейфу (або збільшення його опору понад 10кОм) з затримкою у 300мс спрацьовує тригер і спрацьовує світлодіод тривожної сигналізації (HL2,HL4,HL6). RS-тригер, побудований на елементах DD3.1, DD3.2, переходять в стан з низьким рівнем сигналу на виході елементу DD3.1. Високий рівень сигналу з виходу DD1.2 відкриває транзистор VT2 та вмикається пристрій додаткового зовнішнього оповіщення. У разі колективної охорони, шлейф розмикається оптроном. Дільник на 60 мікросхем DD3.4 починає відлік часу та по закінченню 21с і RS-тронер, побудований на елементах DD.2, повернеться в початкове положення. Однак світлодіод спрацьованого каналу буде продовжувати горіти. У разі відновлення цілісності

шлейфу (про це можна судити по світлодіоду поточного стану шлейфа), то для повернення до режиму охорони по цьому каналу необхідно вимикати і вмикати відповідний шлейф.

Канал контролю наявності мережевої напруги працює аналогічно, за винятком того, що роль нормально замкнутого шлейфа виконує (при наявності мережевої напруги) транзистор VT3. Затримка на спрацювання збільшена в цьому каналі до 3 с для винятку хибного спрацювання при запуску потужного обладнання або виконання зварних робіт.

У разі необхідності більшого числа каналів, то додаткові блоки можна підключити паралельно існуючим. Але при цьому зростає енергоспоживання, що потрібно враховувати при виборі автономного джерела живлення.

Штриховими лініями на схемі показано варіант підключення 9-вольтової батареї в якості автономного джерела живлення.

По зовнішнім кільцям пропонується протягнути тонкий мідний дріт (оптимально 0.15 мм у діаметрі) у 3 яруси, а по внутрішньому кільцю близько 0.1...0.13 мм. Внутрішніх кіл може бути декілька у разі необхідності.

## 2.4 Розробка друкованої плати

На першому етапі конструювання обрано типорозмір друкованої плати, площа якої складає 6300 мм<sup>2</sup>. У якості матеріалу друкованої плати пропонується склотекстоліт, що менше підданий коробленню. Товщина друкованої плати вибирається з ряду, що рекомендується, попередньо приймається  $H_m = 1,5$  мм.

У відповідності з ГОСТ 23751-79 вибирається перший клас точності провідного малюнка, для якого ширина провідника і відстань між

провідниками, контактними площадками (КП) і провідником складає  $t_{\min} = S = 0,6$  мм; відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки  $b_m = 0,3$  мм і відношення мінімального діаметра металізованого отвору до товщини плати  $y = 0,5$ .

Приймається товщина провідного шару друкованого провідника  $h_\phi = 35$  мкм. Тоді для обраного класу точності гранична робоча напруга складає  $U_p = 100$  В (для схеми електронного захисту ( $7 \leq 30$  В)), граничний струм  $I_{гр} = 2600$  мА і погонний опір - 1,1 мОм/мм.

При топологічному проектуванні розробляється малюнок друкованої плати, включаючи розміщення ЕРЕ на робочій площі друкованої плати і трасування з'єднань між контактними площадками. Приймається крок координатної сітки 5 мм. Приймаються допуски на міжцентрову відстань отворів для кріплення елементів  $\pm 0,2$  мм. Всі ЕРЕ встановлюються з однієї сторони друкованої плати, що дозволяє використовувати пайку "хвилею припою".

Відповідно до ГОСТ 23751-79 розрахунок розмірів провідного малюнка друкованої плати повинний включати розрахунки [11]:

- діаметрів монтажних не металізованих і металізованих отворів;
- діаметра контактних площадок і ширини провідників;
- мінімальної відстані між елементами провідного малюнка.

Так само розраховуються електричні параметри друкованої плати: значення паразитної ємності між двома провідниками, взаємоіндукції між друкованими провідниками, падіння напруги в провідниках, потужності втрат.

Проводимо розрахунок діаметрів монтажних отворів. При  $H_n = 1,5$  мм діаметри монтажних отворів [9]:

$$d_n = d_B + r + |\Delta d_{H.O}|, \quad (2.20)$$

де  $r \leq 0,4$  мм для  $d = 0,4 \dots 0,8$  мм та  $r \leq 0,6$  для  $d > 0,8$  мм.

Для ЕРЕ з діаметрами виводів  $d_B = 0,5, 0,55$  і  $0,6$  мм приймається  $d_H = 0,9$  мм; для  $d_B = 0,7$  і  $0,8$  мм  $d_H = 1,1$  мм і для  $d_B = 1,1$  мм  $d_H = 1,6$  мм.

Допуски на обробку отворів встановлюються у відповідності до ГОСТ 23757-79: для діаметрів понад  $0,8$  мм

$\Delta d_m \geq 0,12$  мм; приймається  $d_{H1} = 0,9 + 0,2$  мм;  $d_{H2} = 1,1 + 0,2$  мм;  $d_{H3} = 1,6 + 0,2$  мм.

Допуски на параметри друкованої плати приймаються:

- на габаритний розмір друкованої плати  $> \pm 0,1$  мм (приймається  $0,1$  мм);
- на товщину друкованої плати -  $1,5 \pm 0,08$  мм;
- на погрішність розташування отворів щодо координатної сітки, менш  $\pm 0,005$  мм;
- на діаметр контактних площадок  $\pm 0,1$  мм.

Контактні площадки розраховуються з урахуванням технологічних факторів. Відповідно до ГОСТ 23751-79 мінімальний діаметр контактної площадки (КП) ОДП, виготовленої хімічним методом, складає:

$$D_{k \min} = \sqrt{1.28 * PO + d_{\max}} \quad , \quad (2.21)$$

де  $PO$  - мінімальна площа КП,  $\text{мм}^2$ ;

$d_{\max}$  - максимальний діаметр металізованого отвору, мм

При виготовленні отворів свердлінням  $PO = 2,5 \text{ мм}^2$

$$D_{k \min} = \sqrt{1.28 * 2.5 + 0.9} = 2,025 \text{ мм};$$

$$D_{k \min} = \sqrt{1.28 * 2.5 + 1.1} = 2,074 \text{ мм};$$

$$D_{k \min} = \sqrt{1.28 * 2.5 + 1.6} = 2,191 \text{ мм};$$

При виготовленні друкованої плати методом сіткографії максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{k \max} = D_{k \min} + C_3 \quad (2.22)$$

де  $C_3 = 0,44$  мм - обумовлено погрішністю через розтікання фарби і розтягування сітки.

Приймається метод виготовлення отворів свердлінням, тоді для  $d_{H1} = 1,1$  мм

$$D_{k \max} = 2.025 + 0.44 = 2,465 \text{ мм};$$

для  $d_{H2} = 1,3$  мм

$$D_{k \max} = 2.074 + 0.44 = 2,514 \text{ мм};$$

для  $d_{H3} = 1,8$  мм

$$D_{k \max} = 2.191 + 0.44 = 2,613 \text{ мм}.$$

Для прямокутних КП з урахуванням діаметра отвору приймається розмір контактної площі 2x3 мм, для круглих КП - 2,6 мм.

Друковані провідники повинні мати припустиму у виробництві ширину, мінімальне значення якої визначається, насамперед, адгезійними властивостями матеріалу підстави і гальваностійкістю оксидованого шару фольги. Для провідників на ОДП мінімальна вимірювана ширина провідника повинна складати:

$$b_{\min} = b_{\text{зад}} + 1,5h_{\phi} \quad (2.23)$$

де  $b_{\text{зад}}$  - задана мінімальна ефективна ширина провідника, мм;

$h_{\phi}$  - товщина провідного шару, мм;

$$b_{\min} = 0.5 + 1.5 * 0.035 = 0,553 \text{ мм}.$$

Відповідно до ГОСТ 23751-79 максимальна ширина провідника для ОДП, виготовленого хімічним методом [10]:

$$b_{\max} = b_{\min} + C_{16}$$

де  $C_{16} = 0,12$  для першого класу точності рисунку. При використанні сіткографії  $C_{16} = 0,32$ . Тоді:

$$b_{\max} = 0,553 + 0,32 = 0,873 \text{ мм.}$$

Приймається  $b_{\max} = 1 \text{ мм}$  і  $b_{\min} = 0,6 \text{ мм}$ . При розрахунку ширини друкованих провідників необхідно враховувати нагрівання друкованих провідників, що при нормальних умовах не повинно перевищувати  $353^{\circ}\text{K}$ .

Ця межа зберігається за умови:

$$b \geq I_{\text{дон}} 10^3 / i h_{\phi} \quad (2.25)$$

де  $I_{\text{дон}}$  - припустимий струм, для шин живлення мікросхем  $I_{\text{дон}} = 0,1 \text{ А}$ ;  $i$  - мінімальна щільність струму,  $\text{А}/\text{мм}^2$ ;

$$b \geq 0,1 * 10^3 / 20 * 35 \geq 0,14 \text{ мм.}$$

Так як  $b_{\min} = 0,6 \text{ мм}$ , тобто  $0,6 \text{ мм} > 0,14 \text{ мм}$ , то умова нагрівання виконується.

Падіння напруги  $\Delta U$  провіднику довжиною  $l$  не повинне перевищувати 1...2% номінальної напруги. Тоді з урахуванням питомого опору матеріалу  $p_n$  ширина провідника повинна складати:

$$b \geq 10 p_n I_{\text{дон}} / h_{\phi} \Delta U \quad (2.26)$$

$$b \geq 10 * 0,0175 * 18 * 0,1 / 35 * 1 = 0,009 \text{ мм}$$

Таким чином, при  $b_{\min} = 0,6 \text{ мм}$  падіння напруги складає:

$$\Delta U = 10 p_n I_{don} / b h_\phi \quad (2.27)$$

Для самого довгого провідника:

$$\Delta U = 10 * 0.0175 * 18 * 0.1 / 0.6 * 35 = 0.015 \text{ В}$$

чи

$$\Delta U = 0.015 * 100 / 15 = 0.01\%$$

Проводиться перевірка ширини провідника по припустимому струму в залежності від методу виготовлення. Відповідно до ГОСТ 23751-79 при  $b_{\min} = 0,6 \text{ мм}$ . і  $h_\phi = 35 \text{ мкм}$   $I_{don} = 0,32 \text{ А}$ , що задовольняє вихідним умовам.

Припустима робоча напруга при відстані між провідниками  $S \sim 0,5 \text{ мм}$  згідно  $U_{don} \sim 100$ , що більше робочого  $U_p = 30 \text{ В}$ .

Паразитна ємність між двома друкованими провідниками  $S = 0,5 \text{ мм}$  визначається з формули:

$$C_{\text{пар}} = 0,125 \varepsilon l_n / (\ln 2S / h_\phi + b) \quad (2.28)$$

де  $\varepsilon$  - діелектрична проникність;

$l_n$  - довжина взаємного перекриття провідників, см;

$S$  — ширина зазору між краями друкованих провідників, мм.

$$C_{\text{пар}} = 0.12 * 6 * 16 / (l_n 2 * 1.5 / 0.035 + 1) = 10,83 \text{ пФ}$$

Припустиме значення  $C_{\text{пар}}$  для випадку використання ІМС складає  $C_{\text{пар}} = 60 \text{ пФ}$ . Так як  $10,83 \text{ пФ} < 60 \text{ пФ}$ , то умова виконується:  $C_{\text{пар}} < C_{\text{пар.зад}}$

Таким чином, паразитна ємність менше припустимої.

Паразитна взаємоіндукція між друкованими провідниками характеризується коефіцієнтом взаємоіндукції  $M$ :

$$M = 2l_n(l_n 2l_n / S + 0.5(t_1 + t_2)) \quad (2.29)$$

де  $l_n$  - довжина провідника, см;  $t_1, t_2$  - ширина провідника першого і другого відповідно, мм.

$$M = 2 * 18(l_n 2 * 18 / 1.5 + 0.5(1+1))$$

Індуктивність друкованого провідника визначається:

$$L = L_{\text{пог}} l_n \quad (2.30)$$

де для провідника шириною  $b = 1$  мм погонна індуктивність

$$L_{\text{пог}} = 0,0135 \text{ мкГн/см}; \quad L = 0,0135 * 18 = 0,243 \text{ мкГн.}$$

При даній індуктивності перепад імпульсного струму в шині заземлення не повинний перевищувати 140... 120 мА для ІМС. При спрацьовуванні логічних елементів електронного захисту перепад струму не перевищує 24...30 мА. Тому прийняття довжини друкованих провідників припустимі. Припустима довжина трьох паралельно розташованих провідників при одночасному переключенні ІМС у двох активних ланцюгах  $l'_{\text{дон}} = 0.5l_{\text{дон}}$ . Тому що при перепаді імпульсного струму 80...90 мА припустима довжина складає 22...45 см, то  $l'_{\text{дон}} = 11...22$  см, що враховано при трасуванні друкованих провідників. Визначається потужність втрат друкованої плати:

$$P_n = 2\pi f C U^2 \text{tg} \delta \quad (2.31)$$

де  $f$  - частота живильної напруги схеми, при постійному струмі живлення;

$U$  - напруга живлення схеми;

$\text{tg} \delta$  — тангенс кута діелектричних втрат;



$tg\delta C$  - ємність друкованої плати, мкФ:

$$tg\delta C = 0,009 \varepsilon F / H_m \quad (2.32)$$

$tg\delta F$  - сумарна площа друкованих провідників, мм<sup>2</sup> ;

$tg\delta H_m$  — товщина плати, мм.

$$C = 0.099 * 6 * 2000 / 1.5 = 72 \text{ мкФ}$$

$$P_n = 2 * 3.14 * 1 * 72 * 9^2 * 0.002 * 10^{-6} = 7.325 * 10^{-5} \text{ Вт} = 73,25 * 10^{-6} \text{ Вт}$$

Таким чином, втрати потужності несуттєві.

Розроблена та розрахована друкована плата представлена на рис. 2.3

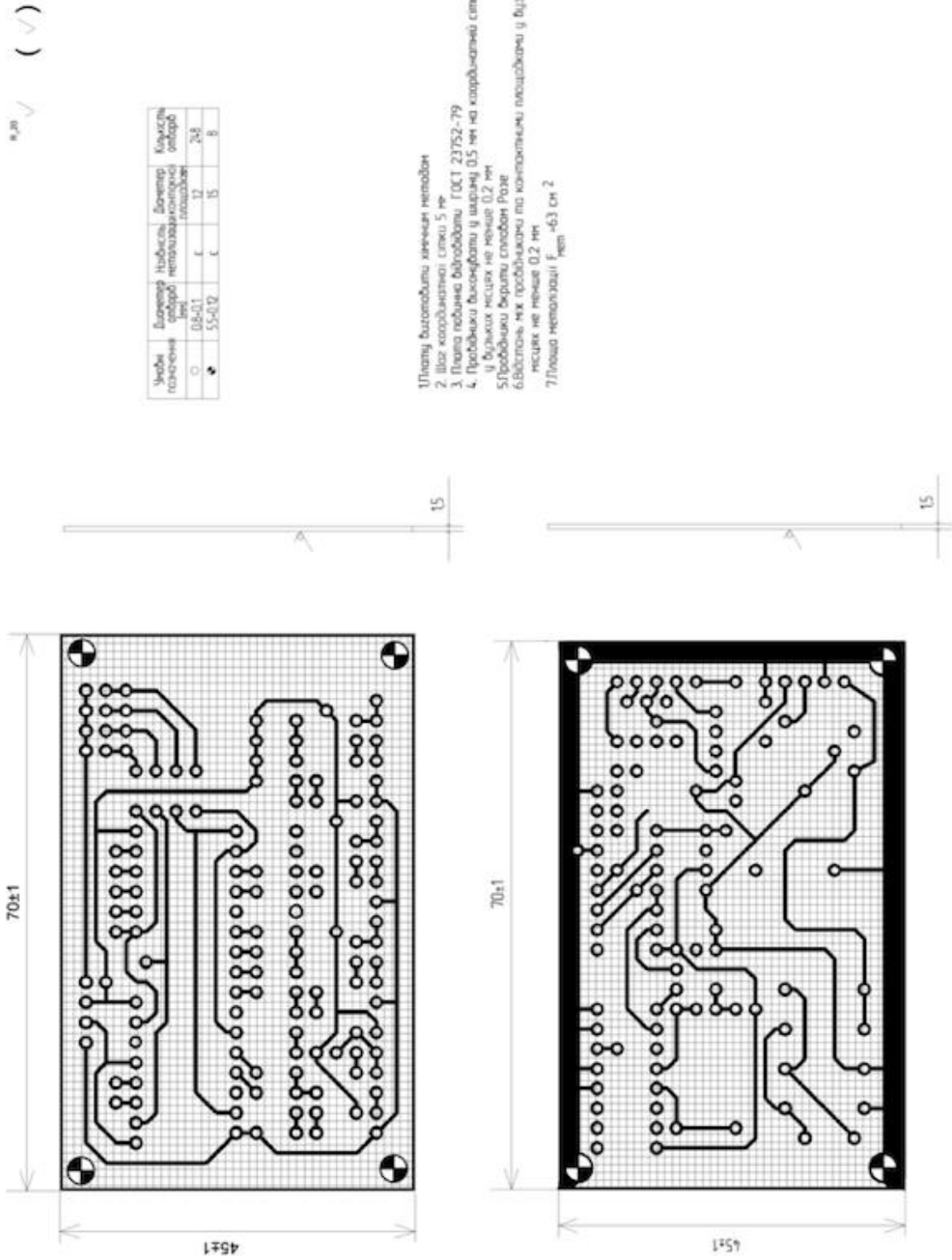


Рисунок 2.3 - Друкована плата охоронного пристрою

## 2.5 Розрахунок надійності елементів схеми

Надійність - це властивість системи виконувати задані функції протягом заданого часу, при заданих умовах експлуатації.

Надійність характеризується якісними і кількісними показниками надійності.

Для розрахунку надійності елементів схеми необхідно ввести певні припущення:

1. Розрахунок проводиться для періоду нормальної експлуатації.

Коли  $\lambda$  величина постійна.

2. Відмови – це події випадкові і незалежні.

3. Відмова одного елемента приводить до відмови всієї системи.

Розрахунок виконуємо за наступною формулою [11]:

$$\lambda_i = K_1 * K_2 * \dots * K_i \quad (2.35)$$

де:  $\lambda_i$  – загальна напрацювання конкретного електричного елемента;

$K_1 * K_2 * \dots * K_i$  - коефіцієнти надійності конкретного елемента, у кожного окремого елемента є власна кількість коефіцієнтів надійності, які вказані в довідниковій або технічній літературі і конструкторській документації.

Розрахунки у всіх елементів виконуються ідентично, а результати розрахунку представлені у таблиці 2.1.

Загальна надійність конкретної групи елементів розраховується за наступною формулою:

$$\lambda = \lambda_i * N \quad (2.36)$$

де:  $\lambda$  – загальна надійність елементів і-ого найменування;

$\lambda_i$  – надійність одного елемента конкретної групи;

$N$  – кількість елементів певної групи.

В розрахунку інтенсивності відмов конденсаторів використовували конденсатори типу К50 – 14, та К10-17

К50 – 14 - конденсатор постійної ємності, оксидно – електролітичний алюмінієвий.

Значення інтенсивності відмов ємностей в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.g} \cdot K_p \cdot K_e \cdot K_c \quad (2.37)$$

$$\lambda_e = 0,013 * 0,23 * 1,5 * 0,5 = 0,0022425 * 10^{-6} \left( \frac{1}{год} \right)$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1-Значення експлуатаційної інтенсивності відмов конденсаторів

Поз	Тип	$\lambda_{oc.g} \times 10^{-6}$	$K_p$	$K_e$	$K_c$	$\lambda_e \times 10^{-6} \frac{1}{год}$
С1	К10-17	0,013	0,23	1,5	0,5	0,0022425
С2	К10-17	0,013	0,23	1,5	0,6	0,002691
С3	К10-17	0,013	0,23	1,5	0,7	0,0031395
С4	К10-17	0,013	0,23	1,5	0,7	0,0031395
С5	К50-35	0,13	0,33	1,5	1	0,06435
С6	К10-17	0,013	0,23	1,5	1,2	0,005382
С7	К10-17	0,013	0,23	1,5	1,2	0,005382
С8	К50-35	0,13	0,33	1,5	1	0,06435
С9	К50-35	0,013	0,23	1,5	1,2	0,005382
С10	К10-17	0,013	0,23	1,5	1,2	0,005382
С11	К50-35	0,013	0,23	1,5	1,2	0,005382
С1	К50-35	0,013	0,23	1,5	1,2	0,005382
С2	К50-35	0,013	0,23	1,5	1,2	0,005382
Всього						0,1722045



Значення інтенсивності відмов діодів в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.r} \cdot K_p \cdot K_e \cdot K_\phi \cdot K_{sl} \cdot K_{дн} \quad (2.39)$$

$$\lambda_e = 0,5 \times 0,1 \times 2,5 \times 1 \times 0,7 \times 0,6 = 0,0525 \cdot 10^{-6} \frac{1}{год}$$

Результати розрахунку заносимо до таблиць 2.3 і 2.4.

Таблиця 2.3 - Розрахунок інтенсивності відмов діодів

Поз.	Тип	$\lambda_{oc.r} \cdot 10^{-6}$	$K_e$	$K_p$	$K_\phi$	$K_{дн}$	$K_{sl}$	$\lambda_e^*$ $10^{-6} \frac{1}{год}$
VD1	КД521А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD2	КД521А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD3	КД212А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD4	КД512А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD1	КД212А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD2	КД212А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
VD3	КЦ407А	0,5	2,5	0,1	1,5	0,6	0,7	0,0788
VD4	КЦ407А	0,5	2,5	0,1	1,5	0,6	0,7	0,0788
VD5	КД212А	0,5	2,5	0,1	1	0,6	0,7	0,0525
								0,5251

Таблиця 2.4 Розрахунок інтенсивності відмов фотодіодів та світлодіодів

Поз.	Тип	$\lambda_{oc.r} \cdot 10^{-6}$	$K_e$	$K_p$	$K_\phi$	$K_{дн}$	$K_{sl}$	$\lambda_e \cdot 10^{-6}$
HL1	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL2	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL3	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL4	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL5	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL6	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL7	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL8	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL9	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL1	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125

HL2	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL3	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL4	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL5	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL6	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL7	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
HL8	АЛ307Б	1	2,5	0,89	1	1	0,7	1,1125
								18,9125

Значення інтенсивності відмов транзисторів в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.r} \cdot K_p \cdot K_e \cdot K_\phi \cdot K_{sl} \cdot K_{дн} \quad (2.40)$$

$$\lambda_e = 18,9125 \cdot 2,5 \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 4,2553125 \cdot 10^{-6} \frac{1}{год}$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Розрахунок інтенсивності відмов транзисторів

Поз.	Тип	$\lambda_{oc.r} \cdot 10^{-6}$	$K_e$	$K_p$	$K_\phi$	$K_{дн}$	$K_{sl}$	$\lambda_e \cdot 10^{-6}$
VT1	КТ660А	0,29	2,5	0,2	1,5	0,6	0,5	0,0653
VT2	КТ927А	0,31	2,5	0,2	1,5	0,6	0,5	0,0653
VT1	КТ3156	0,26	2,5	0,2	1,5	0,6	0,5	0,0653
Всього								3,0653

Значення інтенсивності відмов роз'ємів в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.r} \times K_p \times K_{кк} \times K_{кс} \times K_e \quad (2.41)$$

$$\lambda_e = 0,0023 \times 0,58 \times 2,02 \times 0,39 \times 1,5 = 0,0016 \cdot 10^{-6} \frac{1}{год}$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Значення експлуатаційної інтенсивності відмов роз'ємів

Познач.	Тип	$\lambda_{\text{ос.г}} \times 10^{-6}$	$K_p$	$K_{\text{кк}}$	$K_{\text{кс}}$	$K_e$	$\lambda_e \times 10^{-6}$
XS1	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
XS2	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
XS3	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
XS4	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
XS5	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
XS6	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
XS7	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
XP1	ОНЦ-ВГ-10-5/16В	0,0023	0,58	2,02	0,39	1,5	0,0016
Всього							0,0128

Значення інтенсивності відмов комутаційних виробів в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_e = \lambda_{\text{ос.г}} \times K_p \times K_{\text{кк}} \times K_e \quad (2.42)$$

$$\lambda_e = 0,0128 \times 0,6 \times 1,6 \times 1,2 = 0,02359296 * 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$$

Для трансформатору значення інтенсивності відмов в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_i = (K_t / K_{t \text{ ср}}) \times \lambda_{\text{ос.г}} \times K_e \quad (2.43)$$

$$\lambda_e = (0,3/0,8) \times 0,5 \times 2 = 0,375 * 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$$



Для запобіжника значення інтенсивності відмов в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_e = (K_t / K_{т\text{cp}}) \times \lambda_{oc.r} \times K_e \quad (2.44)$$

$$\lambda_e = (0,5/0,8) \times 0,065 \times 1,3 = 0,053 * 10^{-6} \frac{1}{год}$$

Розрахунок значення експлуатаційної інтенсивності відмов мікросхем типу К561ЛН2, К561ТМ2 та КР176МЕ12.

КР142ЕН8А – стабілізатор напруги з вихідною напругою 9 В.

Для мікросхем значення інтенсивності відмов в умовах експлуатації розраховують по моделі:

$$\lambda_e = \lambda_{oc.r} \times K_{сп} \times K_e \quad (2.45)$$

$$\lambda_e = 1 \times 0,2 \times 0,2 = 1,5 * 10^{-6} \frac{1}{год}$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Значення експлуатаційної інтенсивності відмов мікросхем

Поз	Тип	$\lambda_e \times 10^{-6}$
DD1	К561ЛП2	1,68
DD2	К561ИЕ10	1,68
DD3	К561КЛ1	1,41
DD4	К176ТМ2	2,68
DA1	КР142ЕН8	2,54
Всього		9,992784

$$\lambda_{np} = \sum_{l=1}^N \lambda_e = 9,992784 \times 10^{-6} * 10^{-6} \frac{1}{год}$$

Розрахунок середнього часу приробітку виробу на одну відмову проводимо за формулою:

$$T_{\text{сер}} = 1/\lambda_{\text{пр}} \quad (2.46)$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{9,992784 \times 10^6} \approx 0,1 * 10^6 = 100073 \text{ год} \approx 11,4 \text{ років.}$$

де  $T_{\text{сер}}$  - середній час приробітку виробу на одну відмову ,год .

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи приладу:

$$P = e^{-\lambda t} \quad (2.47)$$

Розрахунок кроку  $t$  для графіка  $P=f(t)$  проведемо за допомогою наступної формули :

$$t = T_{\text{сер}}/5 \quad (2.48)$$

$t$  – час;

$$t = T_{\text{сер}}/5 = 0,1 * 10^6 / 5 = 0,02 * 10^6 = 2 * 10^4 \text{ год}$$

Вихідні данні для побудови графіку  $P=f(t)$  заносимо до таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Розрахунок імовірності безвідмовної роботи

$t * 10^4 \text{ год}$	0	2	4	6	8	10	12
$\lambda * t$	0	0,2121	0,4242	0,6364	0,8485	1,0606	1,0606
$P = e^{-\lambda * t}$	1	0,8089	0,6543	0,5292	0,4281	0,3462	0,1462

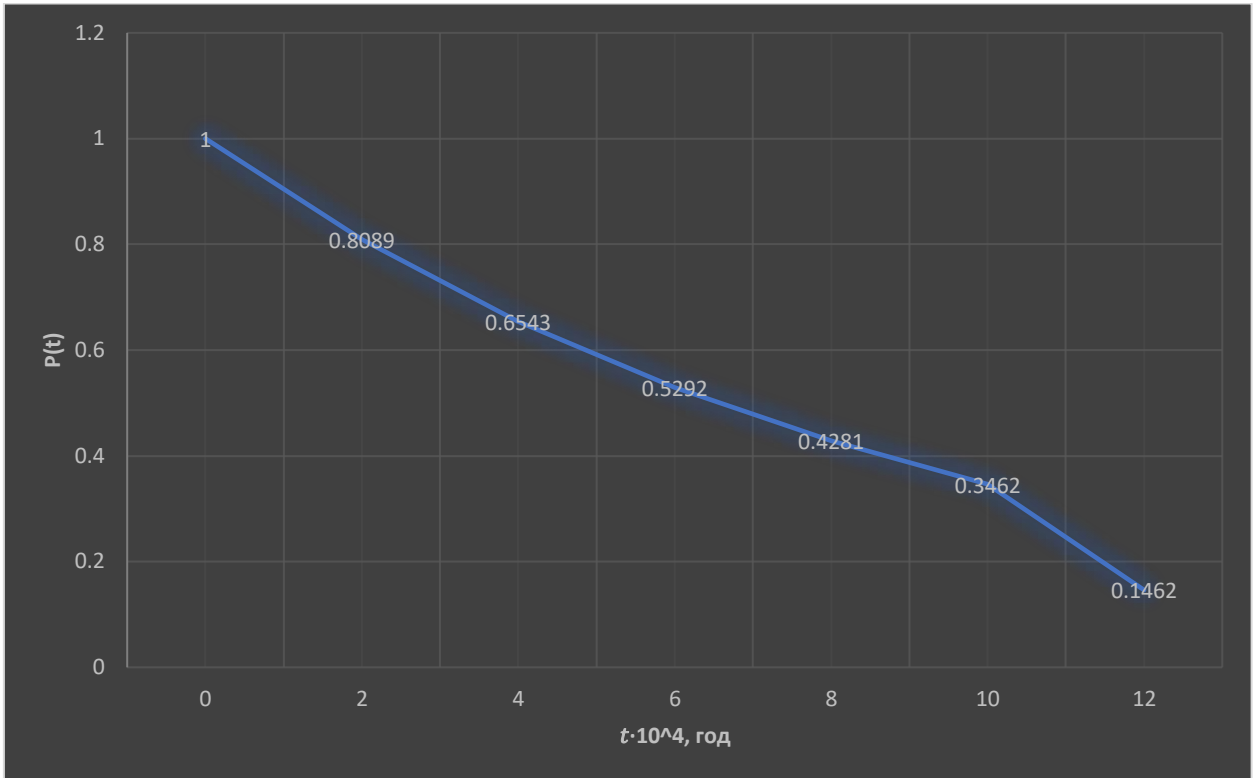


Рисунок 2.4- Залежність інтенсивності відмов від часу

## 2.6 Розробка складального креслення

Розробка складального креслення є важливою складовою частиною процесу виготовлення будь-яких виробів. Складальне креслення - це документ, який містить інформацію про розміщення деталей виробу та інструкції щодо їх збирання.

Першим етапом розробки складального креслення є аналіз конструкції виробу. Для цього потрібно визначити всі деталі, які потрібні для збирання виробу, та їх взаємозв'язки. Після цього потрібно визначити оптимальну послідовність збирання деталей виробу.

Другим етапом є вибір методу розміщення деталей на кресленні. Це може бути зображення деталей на площині або використання тривимірних

моделей. Вибір методу залежить від складності конструкції виробу та наявності відповідного програмного забезпечення.

Третім етапом є виконання самого креслення. На цьому етапі потрібно звернути увагу на розміщення деталей та їх позначення. Крім того, потрібно додати інструкції щодо збирання деталей виробу. Наприклад, такі інструкції можуть містити інформацію про необхідні інструменти, процес збирання деталей та порядок їх встановлення.

Нарешті, після виконання складального креслення потрібно його перевірити. Перевірка може включати в себе перевірку правильності розміщення деталей, позначень та інструкцій збирання. Якщо виявляються помилки, креслення виправляють та повторно перевіряють.

Узагальнюючи, розробка складального креслення є важливою частиною процесу виготовлення будь-яких виробів, тому що вона дозволяє ефективно збирати та контролювати якість виробів. Добре розроблене складальне креслення допомагає уникнути помилок під час збирання виробу, зменшує час виготовлення та підвищує його якість.

Крім того, складальні креслення використовуються не тільки для виробів, а й для складальних одиниць машин та обладнання. Їх використання допомагає ефективно контролювати процес збирання та ремонту машин та обладнання.

Отже, розробка складального креслення є важливим етапом виготовлення будь-яких виробів та складальних одиниць машин та обладнання. Вона дозволяє ефективно контролювати процес збирання та підвищувати якість виробів [12]. Розроблене креслення представлено на рис.2.5. Таким чином, запропоновано охоронний пристрій, що має чотири незалежні один від одного канали для контролю за трьома охоронними шлейфами та наявністю мережевої напруги 220 В. В розробці передбачена можливість організації колективної охорони та підключення зовнішніх

пристроїв - сигналізації ( сигналізація із струмом споживання до 0.3 А ) та автономного живлення.

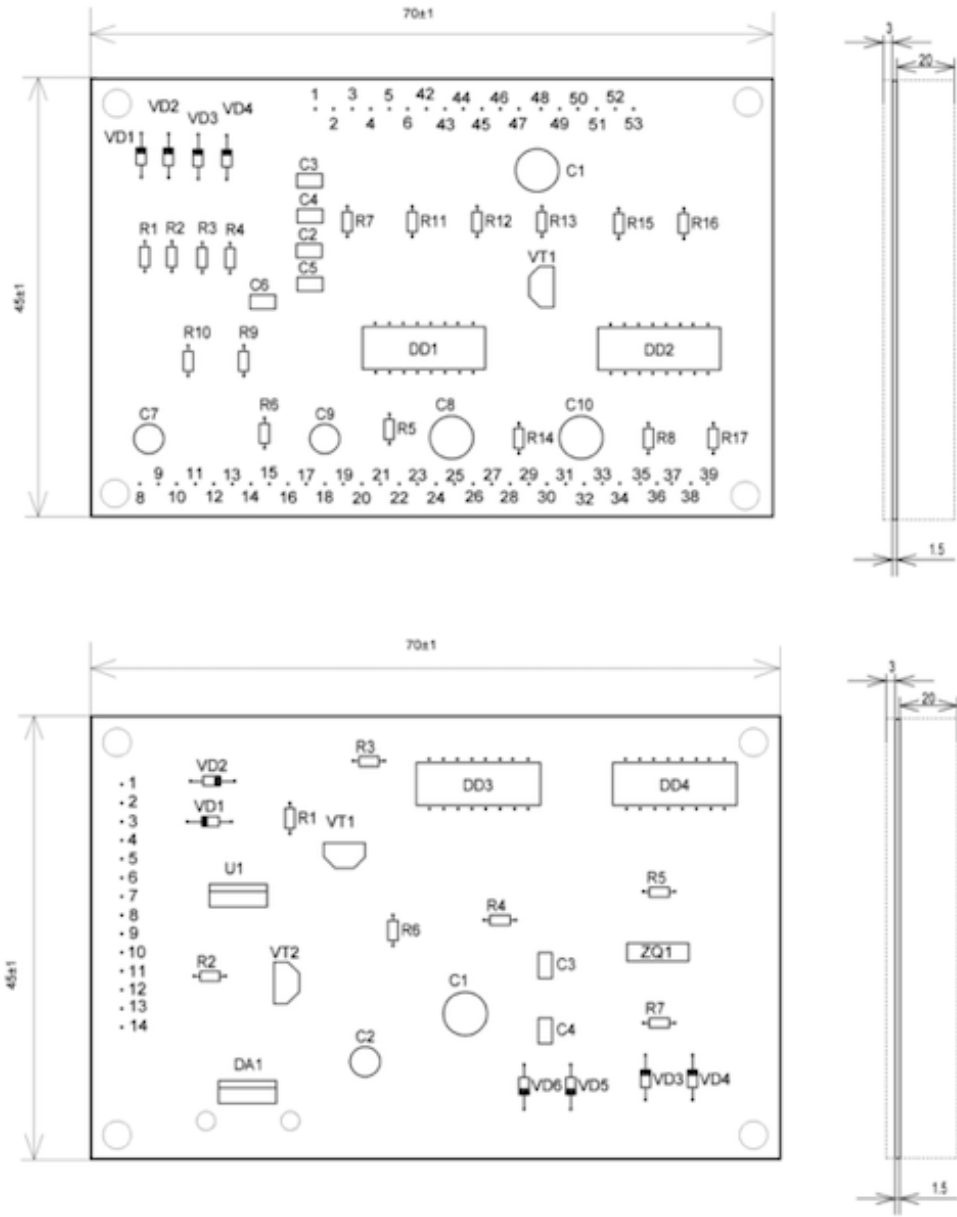
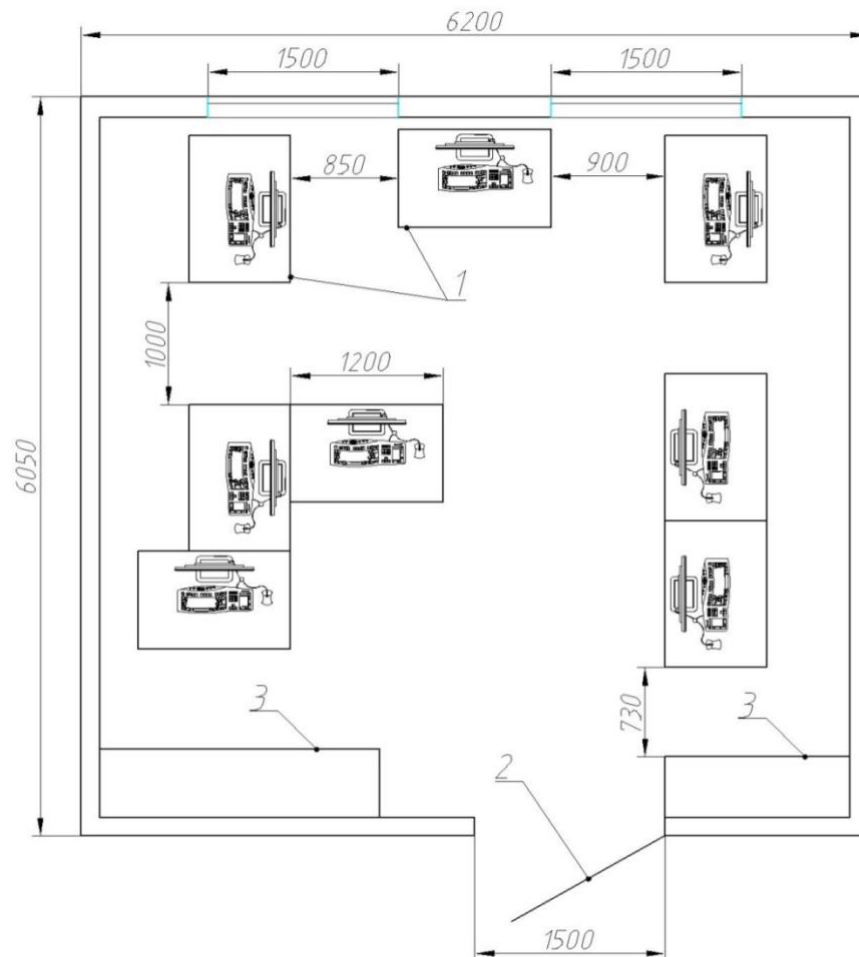


Рисунок 2.5 -Складальне креслення охоронного пристрою

### 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

#### 3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Даний об'єкт: приміщення лабораторії інформаційних технологій (рисунок 3.1).



1- робочі столи; 2 – двері; 3 – шафа.

Рисунок 3.1 – План розташування робочих місць

Розміри приміщення складають: довжина 6,05 м, ширина 6,2 м, висота 3 м. Загальна площа дорівнює 37,51 м<sup>2</sup>. У приміщенні працюють 8 співробітників, тобто на кожного доводиться по 4,7 м<sup>2</sup>. Забарвлення стін світло-коричневе, стеля - біла, підлога - паркетна, світло-коричнева. У приміщенні лабораторії є два вікна, які виходять на сонячну сторону будівлі. Скло на вікнах закривають жалюзі білого кольору. Джерело світла в приміщенні - люмінесцентні лампи, висота підвіски світильників 2,9 м, відстань між світильниками 1 м.

Особливістю негативного впливу комп'ютерних технологій на працездатність і здоров'я людини є комплексна одночасна дія декількох шкідливих факторів, при значній інтенсивності яких відбувається накопичення і акумулювання їх впливу, що викликає суттєві зміни в організмі людини, розлад функцій окремих органів і систем.

До основних негативних факторів належать: випромінювання різних діапазонів електромагнітного спектру (рентгенівське та оптичне випромінювання, високочастотні та низькочастотні ЕМП, ЕМП з надто низькими частотами, електростатичні поля), шум у джерелі ВДТ, психосоціальні фактори виробничого середовища, нервово-емоційна напруга та інші.

Робота ЕВМ і ВДТ призводить до зміни фонові концентрації іонів повітря. Так приблизно через 5 хвилин роботи монітору концентрація легких негативних іонів знижується в 5-10 разів (фонове значення цього показника становить 350-620 іонів/см<sup>3</sup>), а через 3 години роботи їх концентрація наближається до нуля. Знижується, також, концентрація середніх і тяжких негативних іонів, натомість концентрація позитивного заряджених іонів різко зростає, що дуже негативно відбивається на газообміні в легенях, загальному почутті людини. Значна кількість позитивних іонів, особливо тяжких, призводить до підвищення артеріального тиску, тахікардії, прояву болю в області серця, затруднення дихання, прискоренню швидкості осідання еритроцитів, розладу функцій центральної нервової системи (дратівливість,

головний біль, порушення сну, тонусу м'язів і ін., порушення травлення).

Оптимальним рівнем аероіонізації на робочому місці вважається вміст легких іонів від 150 до 5000 в 1 см<sup>3</sup> повітря.

Доза рентгенівського випромінювання перед екраном монітора на відстані 50 см від його поверхні є безпечною, вона не досягає межі допустимого рівня (50 мкР/год), але не вивчена дія цих променів у поєднанні з іншими, які генеруються ЕОМ на людину, що не дозволяє говорити відносно безпечної їх дії.

Згідно даних ВООЗ, електромагнітні випромінювання викликають розвиток катаракти. Потенційно сприяють розвитку катаракти іонізуюче, ультрафіолетове - А, інфрачервоне і мікрохвильове випромінювання [13].

На працездатність та самопочуття людини негативно впливає шум від роботи електронно-обчислювальних машин. При цьому тривала дія шуму призводить до зниження розумової працездатності на 10-15%, швидкої зорової втоми, послаблення уваги, порушення психофізіологічних процесів. Вплив шуму ВДТ є однією із причин розвитку стресу, погіршення настрою, сенсорного перевантаження, змін кровопостачання тканин і органів у зв'язку зі спазмами капілярів.

Професійна діяльність працівника на ВДТ є причиною функціональних змін нервово-м'язового апарата і кровопостачання ока, які призводять до розвитку астеноптичних скарг. Встановлено, що жінки частіше, ніж чоловіки, скаржаться на зоровий дискомфорт. При цьому відмічено, що в більшості випадків частота астенопії зростає зі збільшенням тривалості роботи за ВДТ.

Астеноптичні скарги пов'язані також з освітленням робочого місця, відблиском екрану, тремтінням та мерехтінням зображення, сухістю повітря тощо. Встановлено, що у 72% користувачів ВДТ мають місце скарги на біль в очах. Результатом напруженої тривалої зорової роботи на ЕОМ може бути не лише специфічний зоровий дискомфорт, але і виникнення головного болю.

Стресові стани, які розвиваються при довготривалій напруженій роботі



за ЕОМ, є однією із причин виникнення соматичних, фізіологічних, психологічних змін в організмі.

Фізіологічні порушення супроводжуються розладами функцій шлунково-кишкового тракту, серцево-судинної системи, скелетних м'язів, залоз внутрішньої секреції, шкіри, статеві системи. Встановлено, що ці розлади частіше мають місце у працівників з високою та середньою тривалістю роботи за ЕОМ.

До психологічних і поведінкових розладів відносяться: агресивність, фрустрація, нервозність, дратівливість, порушення сну, швидкий розвиток втоми тощо.

Зміни на соматичному, фізіологічному, психологічному і поведінковому рівнях працівників на електронно-обчислювальних машинах та відеодисплейних терміналах пов'язані з високим навантаженням при виконанні завдань, високою емоційно-психологічною напруженістю та дією негативних виробничих факторів.

Для визначення заходів поліпшення умов праці в даній лабораторії складена таблиця основних характеристик приміщення (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Узагальнена таблиця характеристик лабораторії інформаційних технологій [14]

№	Назва характеристик	Нормативне значення	Фактичне значення	Відхилення
1.	Загальна площа	-	37,51 м <sup>2</sup>	-
2.	Кількість робочих місць	-	8	-
3.	Площа 1-го робочого місця	6 м <sup>2</sup>	4,7 м <sup>2</sup>	-1,3 м <sup>2</sup>
4.	Джерело світла в приміщенні - комбіноване	>750лк	800лк	+50лк (норма)

### 3.2 Заходи з поліпшення умов праці

Організація робочого місця користувача відеотерміналу повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам, характеру та особливостям трудової діяльності. Площа одного робочого місця повинна бути не менше  $6 \text{ м}^2$ , а обсяг – не менше  $20 \text{ м}^3$ . Але данна вимога не відповідає дійсності в лабораторії інформаційних технологій, так як площа на одне робоче місце складає лише  $4,7 \text{ м}^2$ . Для дотримання ергономічних вимог необхідно перенести два робочих місця в інше приміщення, тим самим вирішиться питання зменшення випромінювання від ЕОМ сусідніх робочих місць.

Робочі місця для працюючих з дисплеями необхідно розташовувати таким чином, щоб до поля зору працюючого не потрапляли вікна та освітлювальні прилади. Відеотермінали повинні встановлюватися під кутом  $90 - 105$  градусів до вікон та на відстані, не меншій  $2,5-3\text{м}$  від стіни з вікнами.

До поля зору працюючого з дисплеєм не повинні потрапляти поверхні, які мають властивість віддзеркалювання. Покриття столів повинне бути матовим з коефіцієнтом  $0,25 - 0,4$ .

Відстань між робочими місцями з ПК повинна бути не меншою  $1,5$  м у ряду та не меншою  $1$  м між рядами. ПК повинні розміщуватися не ближче  $1$  м від джерела тепла.

Відстань від очей користувача до екрану повинна становити  $500 - 700$  мм, кут зору -  $10 - 20$  градусів, але не більше  $40$  градусів, кут між верхнім краєм відео терміналу та рівнем очей користувача повинен бути меншим  $10$  градусів. Найбільш вигідне є розташування екрану перпендикулярно до лінії зору користувача.

Для захисту від шуму у виробничому приміщенні та на робочих місцях

застосовуються шумопоглинальні засоби (негорючі спеціальні перфоровані плити, мінеральна вата, підвісні стелі й ін.). Під матричні принтери треба підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму.

Нормалізувати іонний склад повітря виробничої зони можна різними способами: механічна вентиляція, застосування іонізаторів, заземлених захисних екранів тощо [15].

### 3.3 Пожежна безпека

Дане приміщення за ступенем пожежної небезпеки можна віднести до класу «Е», тому що в роботі використовується папір, пластикові меблі й меблі з ДВП. За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до II категорії. Це відповідає нормам пожежної безпеки, зазначеним у СНіП 2.01.02-85.

Приміщення, в яких розташовані комп'ютери, повинні бути не нижче II ступеня вогнестійкості. Поруч з приміщенням не повинен бути приміщення пожежо-та вибухонебезпечних. У приміщеннях повинні зберігатися ті носії інформації, які необхідні для роботи, решта – в окремих приміщеннях на негорючих стелажах у залізних коробках. Підлоги повинні бути знімні і повинні бути виготовлені з негорючих або важко горючих матеріалів. Підпільний простір має бути оснащений системою автоматичної пожежної сигналізацією, автоматичною установкою пожежогасіння. Приміщення повинно бути оснащене сигналізацією з димоповістителями і пожежогасіння. У приміщенні повинні знаходитися переносні вуглекислотні вогнегасники 2 шт. на 20 м<sup>2</sup>.

В аналізованому приміщенні встановлені димоповістители та пожежною сигналізацією. Приміщення має II ступеня вогнестійкості, так само в приміщенні площею 10 м<sup>2</sup> є один переносний вуглекислотний вогнегасник, що відповідає нормам охорони праці.

### 3.4 Техногенна безпека

Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю чи споруду загалом. Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує часу настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до досягнення граничних для людини значень чинників пожежі (критичних температур, концентрацій кисню тощо).

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень будь-якого поверху, крім першого, в коридори, що ведуть на сходову клітку (в тому числі через хол); при цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від прилеглих коридорів перегородками з дверима;
- з приміщень у сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, що забезпечене виходами, зазначеними вище.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено. Евакуаційних виходів повинно бути не менше двох. Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель (приміщень). Допускається влаштування дверей з відкриванням усередину приміщення в разі одночасного перебування в ньому не більше 15 осіб. При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть зачинятись лише на внутрішні засуви, які легко відмикаються. Мінімальна ширина шляхів евакуації - не менше 1 м, дверей - не менше 0,8 м. Відстань від найвіддаленішої точки цеху або приміщення до евакуаційного виходу визначається згідно зі СНіП 2.09.02-85

залежно від ступеня вогнестійкості будівлі та кількості людей, що евакуюються.

З метою організації евакуації людей у випадку виникнення пожежі розроблений спеціальний план евакуації працівників будинку, який показаний на рисунку 4.1. Всі двері на шляху евакуації відкриваються тільки у бік виходу. Сумарна ширина сходів, дверей і проходів на шляху евакуації не менша 1 м, що задовольняє вимогам СНіП 2.01.02-85 [16].

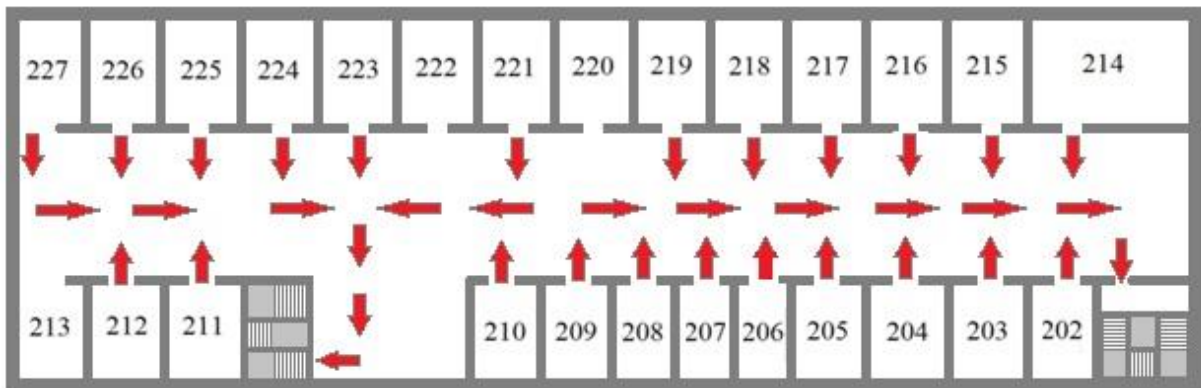


Рисунок 3.2 – План евакуації у випадку виникнення пожежі; 1 – приміщення в якому проводиться аналіз

### 3.5 Розрахунок захисного заземлення

Заземленню підлягають вимірювальні установки, напруга живлення яких 220В. У якості заземлювача візьмемо сталеві вертикальні стержні довжиною  $l = 2$  м, діаметром  $d = 0,03$  м, діаметр сполучної смуги  $b = 0,03$

Контур заземлення розташовано на горизонтальному майданчику біля корпусу академії. Ґрунт - суглинок.

Допустимий опір заземлюючого пристрою ( $R_n$ ) дорівнює 4 Ом. Визначимо питомий електричний опір ґрунту (суглинка),  $\rho$  якого дорівнює 100 Ом·м. Розрахуємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \ln \frac{4 \cdot 2}{0,03} = 44,46 \text{ Ом} \quad (3.1)$$

Прийmemo число заземлювачів:

$$n = \frac{R_l}{R_n} = \frac{44,46}{4} = 11,1 \approx 12 \quad (3.2)$$

Визначимо довжину горизонтальної смуги (по контуру):

$$l_r = a \cdot n = 2 \cdot 12 = 24 \text{ м} \quad (3.3)$$

де  $a$  - відстань між вертикальними електродами ( $a = 2$  м)

Опір горизонтальної смуги:

$$R_{2c} = \frac{\rho}{\pi l_r} \ln \frac{4 \cdot l_r}{b} = \frac{100}{3,14 \cdot 24} \ln \frac{4 \cdot 24}{0,03} = 10,7 \text{ Ом} \quad (3.4)$$

Коефіцієнт екранування для вертикального заземлювача [13]:

$$\eta_B = \frac{0,68 + 0,56}{2} = 0,62 \quad (3.5)$$

і для горизонтальної смуги

$$\eta_r = \frac{0,34 + 0,4}{2} = 0,37 \quad (3.6)$$

Опір групи вертикальних заземлювачів:

$$R_{гр} = \frac{R_{B3}}{n \cdot \eta_B} = \frac{44,46}{12 \cdot 0,62} = 5,97 \text{ Ом} \quad (3.7)$$

Опір горизонтальної смуги з врахуванням екранування:

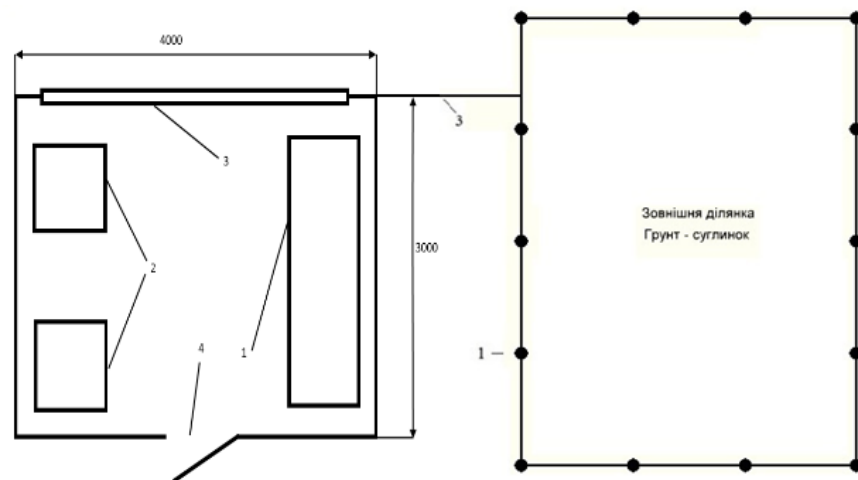
$$R_r = \frac{R_{го}}{\eta_r} = \frac{10,7}{0,37} = 28,91 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

Опір заземлювача в цілому:

$$R_3 = \frac{R_{\text{гп}} \cdot R_{\text{г}}}{R_{\text{гп}} + R_{\text{г}}} = \frac{5,97 \cdot 28,91}{5,97 + 28,91} = 4,94 \text{ Ом} \quad (3.9)$$

Як видно опір заземлювача перевищує нормативне (4 Ом), тому збільшимо кількість заземлювачів до  $n = 14$ , тоді опір заземлювача в цілому складе  $R_3 = 3,97 < R_{\text{н}}$ .

Число заземлювачів дорівнює 14, які розміщені по контуру зовнішньої ділянки, як показано на рисунку 3.3.



1 – заземлювачі; 2 - електроустаткування що заземлюється; 3 - сполучна смуга;

Рисунок 3.3 — Розміщення заземляючих електродів на зовнішній ділянці та сполученої смуги лабораторії проведення експерименту

Таким чином, для виконання захисного заземлення використовується 14 вертикальних стержнів діаметром 0,03 м, завдовжки 2 м. кожен з яких має опір 44,46 Ом. Опір сполучної смуги 10,7 Ом. Опір заземлювачів в цілому складе 3,97 Ом, що забезпечує безпечну роботу на установках лабораторії.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Запропоновано охоронний пристрій, що має чотири незалежні один від одного канали для контролю за трьома охоронними шлейфами та наявністю мережевої напруги 220 В. В розробці передбачена можливість організації колективної охорони - пристрій має вихід, до якого можна підключати охоронний шлейф іншого аналогічного пристрою. Також є можливість підключення зовнішніх пристроїв - сигналізації (сигналізація із струмом споживання до 0.3 А) та автономного живлення.

Живлення приладу здійснюється від мережі 220 В, в якості резервного джерела живлення можливе використання батарейки 9В, або акумуляторної батареї напругою 7.5 ... 12 В. У якості охоронного шлейфу передбачено використання будь-яких датчиків та ліній загальним опором до 3 кОм. Габаритні розміри охоронного пристрою складають 70×45.

Запропонована розробка може використовуватися для охорони офісів, складів, присадибних ділянок тощо.



## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокренко П.В. Елементи і пристрої фізичної та електронної охорони об'єктів. – Львів: Фенікс, 2000 – 185 с.
2. Фізичні основи електроніки: курс лекцій для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / під ред. Дрозденко К.С. К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021-153 с.
3. All about Circuits (Electrical Engineering & Electronics Community) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.allaboutcircuits.com> Дата доступу: березень 2023. – Назва з екрана.
4. Electronics Tutorials (Basic Electronics Tutorials and Revision) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.electronics-tutorials.ws> Дата доступу: березень 2023. – Назва з екрана.
5. Electronics Hub (Projects, tutorials, Courses) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.electronicshub.org> Дата доступу: квітень 2023. – Назва з екрана.
6. Стахів П. Г. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування. / П. Г. Стахів, В. І. Коруд, О. Є. Гамола. Львів: «Магнолія плюс», 2003- 208 с.
7. Будіщев М.С. «Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка» Львів: «Афіша», 2001- 424с.
8. Бойко В.І. Основи схемотехніки електронних систем: підручник / В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін. К.:Вища шк., 2004-527 с.
9. Верьовкін Л.Л. Цифрова схемотехніка: підручник/ Л.Л. Верьовкін, М.В. Світанько, Є.М. Кісельов, С.Л. Хрипко - Запоріжжя. Видавництво ЗДІА., 2016-214 с.
10. Виготовлення друкованих плат для електроніки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://is.gd/fDmQP5> Дата доступу: квітень 2023. – Назва з екрана.

11. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу : підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущатовський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с.
12. Виробнича санітарія та гігієна [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://is.gd/tyECpo> Дата доступу: квітень 2023. – Назва з екрана.
13. Русаловський А. В. Правові та організаційні питання охорони праці: Навч. посіб. – 4-те вид., допов. і перероб. – Київ: Університет «Україна», 2009. – 295с.
14. Сивко В.Й. Правові та організаційні основи охорони праці в Україні: Навчальний посібник. – Київ: КОНДОР, 2009. – 140с.
15. Желібо Є П., Заверуха Н. М., Зацарний В, В. Безпека життєдіяльності / За ред. Є П. Желібо. - К.: Каравела, 2010. - 328 с.

Поз. Кодовий	Найменування	Кіл.	Примітки
BA1	Гучномовець 0,5 ГДШ - 4 ДУК.843.001 ТУ	1	
FU1	Запобіжник плавкий АГО.481.303 ТУ	1	
HL1-HL9	Світлодіод АЛВ07Б ААО.336.137 ТУ	9	
GB1	Батарейка „Корона” ТУ 16 - 729.060 - 81	1	
SA1-SA5	Тумблер ПТ-1-1 ОЮЮ.360.016 ТУ	5	
XS1	Вилка П2-К ОЮО 360.049 ТУ	1	
SA6	Тумблер П122-К ОЮО 360.049 ТУ	1	
VT1	Діод ДЗ11А ААО.336.800 ТУ	1	
TV1	Трансформатор ДП.0523.	1	
XP1	Вилка ОНЦ-ВН-2-2/16-В17 ГОСТ 12368-78	1	
XS2-XS5	ГНІЗДО ОНЦ-ВГ-1-3/16-Р ГОСТ 12368-78	5	

<b>Знак</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Відом.</b>	<b>Дата</b>	<b>Охоронний пристрій</b> <b>Через елементи</b>				<b>Дис.</b>	<b>Дра.</b>	<b>Аркуші</b>
<b>Видат.</b>										1	4
<b>Пароль.</b>											
<b>Відмін.</b>											
<b>Н. Кодр.</b>											
<b>Зміни.</b>											





