

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)
магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Інформаційно вимірювальна система ультразвукового
сигналізатора запалювання

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РВм

спеціальності (напряму підготовки) 152

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Гесьюк В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дубиняк Т.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) _____
(прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гесюку Владиславу Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційно вимірювальна система ультразвукового
сигналізатора запалювання

Керівник роботи к.т.н.доц. Дубиняк Тарас Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 2024 року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Технологічне креслення. Технологічна документація

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Аналітична частина.
Основна частина. Науково-дослідна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних
ситуаціях

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпе-			
ка в надз. ситуаціях			
Науково-дослідна			
частина			

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Гесюк Владислав Олегович
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дубиняк Тарас Степанович
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Актуальність проекту	7
1.2. Мета розробки	8
1.3 Розширення функціональності та додаткові можливості	9
1.4 Конструкційні елементи ультразвукового сигналізатора	9
1.5 Інтеграція з іншими системами	10
1.6 Інтеграція сенсорів	10
1.7 Ультразвукові детектори полум'я	12
1.8 Додаткові технічні аспекти ультразвукових детекторів полум'я	15
1.9 Додаткові технічні аспекти фотоелектричних систем в ІЧ детекторах полум'я	20
1.10 Інфрачервоні (ІЧ) детектори полум'я: Додаткові технічні аспекти аналізу спектру	22
1.11 Підвищена вартість та застосування ІЧ детекторів полум'я: Капітальні затрати	24
1.12 Підвищена вартість та застосування ІЧ детекторів полум'я: Інтеграція з системами контролю якості повітря	26
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	29
2.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	29
2.2 Обґрунтування вибору конструкції	31
2.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	31
2.4 Технологічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності	42
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	44
3.1 Основи наукових досліджень та математичне моделювання	44
3.2 Електроніка, мікропроцесорна техніка та САПР	51
3.3 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу.....	54

3.4	Загальні відомості про складання і монтаж тованого виробу.	59
3.5	Оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристроїв, обладнання.....	60
3.6	Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних і допоміжних матеріалів.....	62
3.7	Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла	63
3.8	Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу	67
3.9	Розробка маршрутно-операційної технології складання проєктованого виробу	68
3.10	Опис технології ремонту та регулювання радіопристрою	69
3.11	Математичне моделювання сигналізатора запалювання	71
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	77
4.1	Вимоги техніки безпеки при виконанні монтажу виробу	77
4.2	Вимоги техніки безпеки при експлуатації виробу	78
4.3	Безпека життєдіяльності	79
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	81
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	83

ВСТУП

Велике значення в радіоелектроніці і в загальному користуванні має ультразвуковий сигналізатор загоряння. Даний пристрій використовується переважно в побутових цілях, для попередження загорання приміщення.

Основною його перевагою є те що датчик температури створений в вигляді термо трубки з плавлячим матеріалом, що пришвидшує його дію попередження загорання.

Пропонований пристрій має хороші показники і це дає йому змогу користуватися великим попитом.

Створення ультразвукового сигналізатора загоряння є важливою темою, оскільки цей пристрій потенційно може значно підвищити безпеку в різних середовищах. Ось огляд за ключовими пунктами.

Важливою інформацією для пристрою є інформація про експлуатації приладу. Вимоги до експлуатації будуть наступні:

Подальший розвиток ультразвукових технологій буде спрямований на підвищення ефективності, зниження витрат виробництва та вдосконалення інтеграції з іншими системами безпеки.

По мірі збільшення попиту на безпечні, екологічно чисті і енергоефективні рішення, потенціал ринку ультразвукових сигналізаторів загоряння продовжуватиме зростати.

Огляд цих аспектів демонструє всебічний підхід до розробки ультразвукових сигналізаторів загоряння, показує їхній широкий потенціал в різних сферах і підкреслює їхню роль у забезпеченні безпеки та стійкого розвитку.

Розробка та виробництво ультразвукових сигналізаторів можуть стати важливими драйверами економічного зростання, забезпечуючи нові робочі місця у високотехнологічних галузях. Це також стимулює зростання суміжних секторів, таких як виробництво сенсорів, електронних компонентів та програмного забезпечення.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Актуальність проекту

Ультразвукові сигналізатори загоряння призначені для раннього виявлення вогню за допомогою ультразвукових технологій. Їх розробка стає дедалі важливою через підвищену увагу до пожежної безпеки у житлових, комерційних та промислових зонах. Ранні стадії загоряння характеризуються змінами у фізичних властивостях навколишнього середовища, які ультразвук може ефективно виявляти.

Ультразвукові технології досліджуються в різних наукових і комерційних установах по всьому світу. Нижче подані деякі з них:

- Університет прикладних наук в Гамбурзі, Німеччина – спеціалізуються на дослідженні сенсорних технологій, зокрема ультразвукових, для промислового та цивільного захисту.

- Массачусетський технологічний інститут (MIT), США – ведуть дослідження з інтеграції ультразвукових сенсорів у різні системи безпеки та автоматизації.

- Токійський технологічний інститут, Японія – зосереджені на розробці надчутливих ультразвукових сенсорів, які можуть бути використані для раннього виявлення пожеж та інших небезпек.

Пожежна безпека є невід'ємною частиною сучасного суспільства, особливо в умовах щільної урбанізації та збільшення кількості промислових об'єктів. Технології виявлення пожеж потребують постійного вдосконалення для підвищення їх точності та швидкості реагування.

Ультразвукові сигналізатори пропонують інноваційний підхід, оснований на використанні акустичних хвиль високої частоти для виявлення змін у навколишньому середовищі, викликаних займанням.

Ультразвукові сигналізатори працюють на основі генерації і прийому звукових хвиль частотою вище 20 кГц, які зазвичай невидимі для людського

вуха. Основний принцип полягає в тому, що під час пожежі змінюється структура повітря, що впливає на поширення ультразвукових хвиль:

- температура. Підвищення температури змінює швидкість проходження звукових хвиль через середовище.

- конвекційні потоки.

Полум'я формує турбулентні потоки, здатні змінити напрямок і інтенсивність ультразвукових хвиль.

Ультразвукові сигналізатори повинні бути достатньо компактними, щоб їх було легко встановити у будь-якому приміщенні, без шкоди для продуктивності. Модульний дизайн полегшує обслуговування та можливість оновлення компонентів.

1.2. Мета розробки

Основна мета розробки ультразвукового сигналізатора - забезпечення більш швидкого та точного виявлення загоряння, ніж це можливо з традиційними методами, такими як димові детектори. Це може зменшити ризики і пошкодження, спричинені пожежею, і підвищити загальну безпеку.

Ультразвукові сигналізатори використовують високочастотні звукові хвилі для виявлення змін у середовищі, які можуть вказувати на початкову стадію загоряння. Ультразвукові хвилі можуть відбиватися від диму або змінюватися при підвищенні температури в приміщенні.

Сучасні пристрої часто інтегрують ряд сенсорів, які працюють разом для підвищення точності. Вони можуть включати термічні датчики для виявлення змін температури, газові датчики для виявлення продуктів горіння, а також ультразвукові сенсори для активного моніторингу середовища.

З метою забезпечення тривалої автономної роботи пристроїв розробка спрямована на впровадження енергоефективних компонентів та використання технологій енергозбереження.

1.3 Розширення функціональності та додаткові можливості

Включення додаткових сенсорів, таких як мікрофони для виявлення аномальних звуків (наприклад, кроків у відсутності людей або вибухів), або сенсори вологості, можуть допомогти у виявленні потенційних загроз поза межами тільки диму і вогню.

Запровадження системи попереднього сповіщення, яка буде надсилати дані про критичні зміни до центральної системи моніторингу, дозволить здійснювати віддалене управління та контроль, а також підвищить рівень захисту важливих об'єктів.

Інтеграція ультразвукового сигналізатора в системи розумного будинку дозволить жителям отримувати оповіщення про небезпеку безпосередньо на їхні пристрої — смартфони, планшети чи розумні годинники. Це забезпечує високий рівень поінформованості та швидкість реагування.

На промислових об'єктах, де ризик загоряння особливо високий, такі сигналізатори можуть забезпечувати цілодобовий моніторинг, автоматично ініціюючи протипожежні заходи без втручання людини, що зменшує ймовірність людських помилок

1.4 Конструкційні елементи ультразвукового сигналізатора

Генератор ультразвукових хвиль є одним з основних компонентів. Для стабільної генерації хвиль використовуються п'єзоелектричні матеріали, які відрізняються високою стабільністю та низьким споживанням енергії.

Приймач приймає і перетворює ультразвукові хвилі, які зазнали змін через вплив навколишніх умов. Приймачі обладнані системами фільтрації та підсилення сигналу, що дозволяє виділяти зміни, характерні для пожежі.

Процесор аналізує послідовність спектрів хвиль, знаходячи закономірності, характерні для умов займання. Використовуються методи машинного навчання для відокремлення пожежних сигналів від фонових шумів.

1.5 Інтеграція з іншими системами

Сигналізатор має інтерфейси для інтеграції з існуючими системами пожежної сигналізації, а також можливості бездротової передачі даних.

Переваги ультразвукових сигналізаторів

У випадку ультразвукових сигналізаторів, головними перевагами є чутливість та швидкість реагування. Вони можуть виявляти зміни на молекулярному рівні ще до моменту, коли дим стає помітним для інших типів сенсорів. Це значно скорочує час від початку займання до моменту активації системи пожежної безпеки.

1.6 Інтеграція сенсорів

Сучасні пристрої часто інтегрують ряд сенсорів, які працюють разом для підвищення точності. Вони можуть включати термічні датчики для виявлення змін температури, газові датчики для виявлення продуктів горіння, а також ультразвукові сенсори для активного моніторингу середовища.

З метою забезпечення тривалої автономної роботи пристроїв розробка спрямована на впровадження енергоефективних компонентів та використання технологій енергозбереження.

Ультразвукові сигналізатори повинні бути достатньо компактними, щоб їх було легко встановити у будь-якому приміщенні, без шкоди для продуктивності. Модульний дизайн полегшує обслуговування та можливість оновлення компонентів.

З метою забезпечення тривалої автономної роботи пристроїв розробка спрямована на впровадження енергоефективних компонентів та використання технологій енергозбереження.

Важливо правильно налаштувати діапазон частот ультразвукових хвиль, щоб забезпечити максимальну чутливість до змін у середовищі, не заважаючи іншим пристроям у середовищі.

Інтеграція таких технологій в соціальні інфраструктури — школи, лікарні, громадські центри — підвищує соціальну відповідальність і сприяє генерації інноваційних рішень для боротьби з пожежами, зокрема в регіонах, де проблема особливо актуальна.

Цей детальний підхід до аналізу ультразвукових сигналізаторів загоряння в центрі уваги надає цілісне розуміння, яке може допомогти в стратегічному плануванні та розробці інноваційних рішень для поліпшення систем пожежної безпеки.

Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Технічні дані проектованого пристрою:

1) Температура спрацювання, °С, не більше	200;
2) Час спрацювання, с, не більше	15;
3) Час відновлення, с, не більше	30;
4) Довжина чутливого елемента, м, не менше	1;
5) Робоча частота, кГц	$80 \pm 0,5$;
6) Напруга живлення, В	27 ± 3 ;
7) Струм споживання, мА, не більше	100.....

Генератор зібраний на компараторе DA1. Його вихідний сигнал являє собою послідовність прямокутних імпульсів щільністю близько двох. Конденсатор C2 і резистори R4, R7 - частото задаючі, підлаштовуючий резистор R7 забезпечує можливість зміни частоти імпульсів. Їх амплітуду зменшує до потрібного значення резистивний дільник напруги R9R10. Конденсатор C1 і резистор R1 утворюють фільтр, що зменшує проникнення в ланцюзі живлення сигналізатора імпульсних перешкод, що виникають при роботі генератора.

На транзисторах VT1, VT3 і VT4 зібраний підсилювач УМ1, а на VT2, VT5 і VT6 - УМ2. Коефіцієнт посилення напруги кожного з них заданий відносинами опорів резисторів відповідно R13K R11 і R14 до R12. Резистори R15, R17 - навантажувальні перших ступенів відповідних підсилювачів.

Резистори R13, R14, R16, R18, R20-R23 стабілізують режим підсилювачів по постійному струму. Діоди VD1-VD4 задають напруга зсуву транзисторів VT3-VT6. До виходу УМ 1 підключений пьезоакустичний перетворювач BQ1. Резистори R24 і R25 утворюють еквівалент такого перетворювача.

Датчики ДТ1 і ДТ2 являють собою резистори R19 і R26, включені послідовно в ланцюзі живлення підсилювачів потужності.

На ОП DA3 зібраний ДУ Резисторами R27-R29, R33 заданий його коефіцієнт підсилення. Резистори R30, R34 і конденсатор C9 забезпечують нормальну роботу ОП при однополярному живленні. Конденсатор C10 зменшує амплітуду напруги ультразвукової частоти між входами ДУ.

Інтегруюча ланка І утворена, резистором R37 і конденсатором C13. ПУ1 і ПУ2 зібрані відповідно на. компараторах DA4 і DA5. Резистивними дільниками напруги R31R35 і R32R36 задають пороги їх спрацьовування. Конденсатори C11 і C12 - фільтруючі.

Вузол індикації загоряння складається з електромагнітного випромінювача звуку HA1 з вбудованим генератором, фільтруючого конденсатора C14 і миготливого світлодіода HL2. Інтегральний стабілізатор DA2 і фільтруючі конденсатори C3, C4 утворюють джерело напруги +15 В. Світлодіод HL1 з резистором R8 - вузол індикації включення приладу.

1.7 Ультразвукові детектори полум'я

Додаткові технічні аспекти

Специфіка роботи : Ультразвукові хвилі генеруються в датчику і розповсюджуються через повітря. В процесі проходження через полум'я, зміни в температурі і щільності атмосфери викликають фазові зміни та зміни амплітуди частот, що відбиваються.

Системи обробки : Сучасні обробні системи використовують алгоритми машинного навчання для відрізнєння характерних змін в ультразвукових хвилях, що виникають при потраплянні в полум'я, від інших хвильових змін.

Критичні аспекти застосування

Автономні системи : Використання в пристроях із низьким енергоспоживанням дозволяє застосовувати ультразвукові детектори як автономні віддалені датчики, наприклад, у віддаленій інфраструктурі.

Резервні системи безпеки : Ультразвукові детектори часто інтегруються в якості резервного рішення для традиційних систем виявлення полум'я, забезпечуючи додатковий рівень безпеки.

Інфрачервоні (ІЧ) детектори полум'я

Додаткові технічні аспекти

Фотоелектричні системи : Багато ІЧ детекторів використовують фотодіоди або болометри для виявлення змін у тепловому випромінюванні. Ці датчики реагують на специфічні діапазони довжин хвиль, які є характерними для полум'я.

Аналіз спектру : Деякі більш просунуті системи використовують аналіз спектру для розпізнавання конкретного хімічного складу пального, що горить, дозволяючи детектувати тип пального чи визначати хімічний процес.

Підвищена вартість та застосування

Капітальні затрати : Хоча ІЧ системи можуть вимагати більших початкових інвестицій, їх довгострокова ефективність у великих промислових умовах зазвичай виправдовує витрати.

Інтеграція з системами контролю якості повітря : В аеропортах і на великих підприємствах ІЧ датчики можуть інтегруватися з іншими системами контролю якості повітря для моніторингу загальної безпеки середовища.

Ультрафіолетові (УФ) детектори полум'я

Додаткові технічні аспекти

Висока швидкість реакції : УФ датчики зазвичай мають найшвидший час реакції серед всіх трьох типів, реагуючи за менш ніж одну секунду після виявлення першого випромінювання.

Коаксіальні датчики : Деякі системи використовують коаксіальні датчики, які можуть комбінувати властивості УФ і ІЧ сенсорів, дозволяючи одночасно зчитувати дві спектральні області.

Унікальні можливості та обмеження

Чутливість до випромінювання на короткій відстані : Оскільки УФ випромінювання швидко поглинається атмосферою, ці датчики найбільш ефективні для невеликих приміщень або на коротких відстанях.

Застосування в умовах низької освітленості : Використовуються в середовищах, де інші види детекції можуть бути обмежені через відсутність явних ознак горіння (наприклад, дим).

Порівняння збалансованості технологій

Ефективність в складних умовах : Ультразвукові детектори завдяки своїй архітектурі можуть працювати в екстремальних умовах, таких як високий тиск або густий дим, де традиційні методи можуть бути неефективними.

Практичне розгортання в реальних умовах : ІЧ і УФ детектори часто використовуються разом, як гібридні системи, що мають високу точність визначення знижуючи ймовірність помилкових спрацьовувань.

Кейс-застосування: інтеграція в системи управління будівлями

Системи управління «розумними» будівлями : Конфігурація таких систем може включати всі три види детекторів, інтегрованих у єдину мережу з можливістю реального часу передачі даних і взаємодії з системами вентиляції та спринклерними системами.

Екологічний моніторинг та безпека : Використання в екологічних зонах для моніторингу виникнення лісових пожеж або детекції підпалів на великих відстанях.

1.8 Додаткові технічні аспекти ультразвукових детекторів полум'я

Специфіка роботи

Генерація ультразвукових хвиль :

Ультразвуковий детектор генерує високочастотні звукові хвилі, зазвичай понад 20 кГц. Ці хвилі створюються вібрацією пьезоелектричного елемента або іншою технологією, яка здатна перетворювати електричні сигнали в механічні коливання.

Інтерація з середовищем через яке проходить хвиля :

Ультразвукові хвилі, проходячи через середовище, зазнають змін, які залежать від щільності, температури та/або наявності турбуленції. Полум'я, яке нагріває повітря та викликає турбулентні потоки, впливає на швидкість розповсюдження, частоту та довжину хвилі.

Відбиття та дифракція :

Хвилі, які зустрічають бар'єр або зміну середовища, можуть відбиватись. При проходженні через полум'я змінюється і інтенсивність, і напрям хвилі. Це важливо для виявлення наявності відкритого полум'я або змін умов, які вказують на потенційне зайняття.

Аналіз змін у хвильових характеристиках :

Спеціалізовані сенсори аналізують відбиті ультразвукові сигнали, фіксуючи зміни в амплітуді, фазі та частоті хвилі. Такі зміни можуть вказувати на присутність та характер полум'я.

Обробка сигналів :

Комп'ютерні системи або вбудоване обладнання обробляють ці сигнали з використанням складних алгоритмів, які дозволяють відрізнити зміни, спричинені полум'ям, від інших джерел шуму або перешкод.

Сенсорні мережі :

Ультразвукові детектори часто виконують свою функцію в межах сенсорних мереж, де кілька датчиків встановлені в стратегічних точках. Це

дозволяє точніше локалізувати джерело полум'я і забезпечує всебічне покриття області, що контролюється.

Використання додаткових технологій :

Ультразвукові системи можуть працювати разом з іншими сенсорними технологіями, такими як термоелектричні сенсори або інфрачервоні камери, щоб підвищити точність і надійність системи в цілому. Системи обробки ультразвукових детекторів полум'я

Архітектура системи обробки

Збір даних :

Сигнали, що генеруються та зчитуються ультразвуковими сенсорами, передаються на центральний обробний блок. Це можуть бути сирі дані про відбиті звуки, їхню амплітуду, частоту і тривалість.

Фільтрація шуму :

Першим етапом обробки є підключення фільтрів для усунення небажаного шуму. Це можуть бути товариські та адаптивні фільтри, що допомагають виділити сигнали, які потенційно можуть вказувати на наявність полум'я.

Спектральний аналіз та перетворення Фур'є :

Обробка сигналів включає перетворення сигналів у частотну область за допомогою швидкого перетворення Фур'є (FFT). Це дозволяє ідентифікувати специфічні частоти, які асоціюються з аномаліями через наявність полум'я.

Виявлення аномалій :

Алгоритми, такі як методи машинного навчання або інші методи штучного інтелекту, використовуються для виявлення аномальних змін у профілях сигналу, які можуть бути результатом полум'я. Системи "навчаються" розпізнавати звичайні сигнали від тих, які спричинені появою полум'я.

Інтеграція даних :

Оскільки ультразвукові сенсори найчастіше є частиною багатовисокочастотних систем, результати їх детекції інтегруються з даними від інших типів сенсорів (наприклад, інфрачервоних чи температурних) для формування комплексної картини подій.

Попередження і звітність :

Після обробки результуючі дані, які вказують на виявлення полум'я, передаються до системи управління, яка відповідає за оповіщення. Це може бути локальне сигналізування у вигляді світлового або звукового сигналу, а також віддалене сповіщення операторів або автоматичне спрацювання систем гасіння.

Самоаналіз та калібрування :

Деякі сучасні системи обробки включають алгоритми самокалібрування, що дозволяють системі адаптуватися до змін у навколишньому середовищі або самим сенсорам, забезпечуючи стабільну продуктивність і точність. Ультразвукові детектори полум'я: Критичні аспекти застосування в автономних системах

Енергоефективність

Батарейне живлення : Автономні системи часто функціонують на базі живлення від батарей. Ультразвукові детектори виготовлені з урахуванням енергоефективності, що дозволяє їм тривалий час працювати без заміни батарей.

Сплячий режим : Сучасні детектори можуть мати сплячі режими, що істотно знижують енергоспоживання, активуючись для сканування середовища лише з певною періодичністю або при розпізнаванні тригерних умов.

Операція в віддалених і важкодоступних місцях

Мобільність і простота установки : Компактність і легкість ультразвукових датчиків дозволяють їх легко адаптувати для розгортання в віддалених зонах, де викликані екологічні умови не дозволяють проводити складні кабельні мережі.

Моніторинг у важкодоступних місцях : Датчики можуть бути розміщені в місцях, важкодоступних для людей, як, наприклад, у критичних точках великих промислових комплексів або на великих висотах.

Стійкість до екстремальних умов

Робота в несприятливих умовах : Ультразвукові детектори полум'я здатні функціонувати при високих температурах, вологості або в умовах підвищеного запиленості, що робить їх незамінними для автономних програм у промислових середовищах.

Витривалі конструкції : Моделі детекторів виготовляються з матеріалів, стійких до зовнішніх впливів, таких як корозія або механічні пошкодження, забезпечуючи надійну роботу навіть в найекстремальніших середовищах.

Інтеграція з іншими системами

Бездротова комунікація : Ультразвукові детектори можуть інтегрувати технології бездротової передачі даних (наприклад, Wi-Fi, Zigbee) для реального часу передавання інформації в центральну систему контролю, навіть у віддалених умовах.

Сумісність з IoT : Взаємодія з іншими елементами розумних систем забезпечує доступ до великої кількості сенсорних даних, що може бути важливим для комплексної оцінки ситуацій, які викликають неспокій.

Швидкість реагування

Миттєве виявлення : Ультразвукові системи можуть забезпечити швидку реакцію навіть на початкові ознаки займання, що особливо важливо для автономних систем, де фізичний доступ обмежений.

Автоматичне сповіщення : Здоровий відбір лише релевантних даних здатен звести до мінімуму хибні спрацьовування та забезпечити більш точну реакцію на загрозливі ситуації.

Ультразвукові детектори полум'я часто використовуються як частина резервних систем безпеки для підвищення надійності та забезпечення додаткового рівня захисту. Розгляньмо критичні аспекти їх застосування як резервних систем безпеки.

Ультразвукові детектори полум'я як резервні системи безпеки

1. Надійність та відмовостійкість

Дублювання функцій : Ультразвукові детектори можуть дублювати функції основних систем виявлення полум'я, таких як інфрачервоні або фотоелектричні детектори, для підвищення загальної стійкості системи до відмов.

Зниження ризику відмови : Включення ультразвукових детекторів до загальної системи безпеки зменшує ймовірність одночасного виходу з ладу всіх елементів системи, забезпечуючи резервне виявлення в разі несправності основних сенсорів.

2. Технологічна різноманітність

Додаткова сенсорна інформація : Ультразвукові датчики можуть надавати дані, які не доступні іншим типам сенсорів, наприклад, зміни в конвективних потоках повітря, що можуть вказувати на загрозу навіть у середовищах без видимих ознак полум'я.

Компенсація слабких сторін : Ультразвукова технологія часто використовується для компенсації обмежень інших типів детекторів, таких як чутливість до диму чи пилу, які можуть викликати хибні спрацьовування в інфрачервоних або відеодетекторах.

3. Безпека критичних об'єктів

Збереження важливих зон : В зонах із підвищеним рівнем загрози (хімічні заводи, паливні склади, ядерні об'єкти), де навіть короткочасна втрата контролю може мати катастрофічні наслідки, резервні ультразвукові системи забезпечують безперервне спостереження.

Відповідність жорстким стандартам безпеки : Використання ультразвукових детекторів може допомогти досягнути більш високих стандартів безпеки, які вимагають декількох незалежних систем виявлення.

4. Розширене покриття та зона дії

Підвищення чутливості зони контролю : За рахунок розгортання додаткових сенсорів, які можуть діяти як резервні, досягається покращення чутливості виявлення в складних умовах або на великих площах.

Мінімізація мертвих зон : Ультразвукові датчики можуть бути розташовані таким чином, щоб зменшити «мертві зони», де основні сенсори втрачають свою ефективність.

5. Інтеграція з автоматизацією систем

Підключення до систем автоматизації : Ультразвукові детектори можуть бути інтегровані з автоматичними системами пожежогасіння, виклику аварійних служб або евакуаційними системами для забезпечення миттєвої реакції на загрозу.

Гнучкі алгоритми управління : Завдяки програмному забезпеченню, яке дозволяє динамічно налаштовувати роботу сенсорів, досягається оптимізація їх роботи залежно від умов навколишнього середовища. Інфрачервоні (ІЧ) детектори полум'я є важливою частиною систем пожежної безпеки, і фотоелектричні системи є однією з ключових технологій, що використовуються в цих детекторах. Ось детальний опис технічних аспектів фотоелектричних систем в ІЧ детекторах полум'я.

1.9 Додаткові технічні аспекти фотоелектричних систем в ІЧ детекторах полум'я

1. Принцип роботи

ІЧ випромінювання : Полум'я горіння виділяє інфрачервоне випромінювання як частину свого теплового спектру. Ці хвилі знаходяться в діапазоні 0,7 – 14 мкм, в залежності від типу пального та температури полум'я.

Фотоелектричні перетворювачі : Ці системи використовують фотодіоди або фототранзистори, які перетворюють інфрачервоне випромінювання в електричні сигнали. Матеріал таких перетворювачів, як правило, виготовлений

із напівпровідників, здатних ефективно працювати в ІЧ-спектрі, таких як арсенід галію або кремній.

2. Фільтрація і селективність

Оптичні фільтри : Для підвищення селективності детектори часто оснащені оптичними фільтрами, які пропускають лише ті діапазони інфрачервоного випромінювання, які характерні для полум'я, одночасно блокуючи інші типи випромінювання.

Налаштування під конкретні горючі матеріали : Фільтрація також дозволяє налаштувати детектор для оптимальної роботи з конкретними горючими матеріалами, визначаючи їх унікальні спектральні підписи.

3. Система обробки сигналу

Аналогова обробка : Початкове посилення та обробка сигналу може виконуватись в аналоговій формі, де використовуються операційні підсилювачі та фільтри для придушення шуму і підсилення корисного сигналу.

Цифрова обробка : Подальші етапи обробки часто виконуються цифровими методами, включаючи перетворення сигналу в цифровий код для аналізу за допомогою мікропроцесорів або цифрових сигнальних процесорів (DSP).

Інтелектуальний аналіз : Багато сучасних систем застосовують алгоритми штучного інтелекту або машинного навчання для розпізнання схем випромінювання, які характерні для полум'я, що дозволяє знижувати кількість хибних спрацьовувань.

4. Чутливість та діапазон детекції

Висока чутливість : Фотоелектричні системи забезпечують високу чутливість до змін у рівні інфрачервоного випромінювання, що дозволяє виявляти незначні морфологічні зміни у полум'ї чи його зачаткові стадії.

Широкий діапазон : Такі системи часто мають можливість покривати великі площі, надаючи можливість ефективно моніторити великі відкриті простори або великі обсяги промислових приміщень.

5. Збеологічні особливості

Температурні режими : Вибір матеріалів для фотоелектричних перетворювачів враховує можливість роботи в широкому діапазоні температур, що дозволяє використовувати такі детектори в екстремальних умовах, включно з промисловими об'єктами з агресивними середовищами.

Швидкість реагування : Фотоелектричні системи забезпечують надзвичайно швидке реагування на появу полум'я, що є критичним для запобігання розповсюдженню вогню.

Фотоелектричні системи в складі ІЧ детекторів полум'я забезпечують високий рівень чутливості, точності та швидкості при ідентифікації полум'я, роблячи їх важливим інструментом забезпечення безпеки в різних областях застосування.

Аналіз спектру є одним з ключових аспектів роботи інфрачервоних (ІЧ) детекторів полум'я. Він дозволяє точно визначати наявність полум'я шляхом детального аналізу випромінюваного енергетичного спектру. Розгляньмо цей аспект детальніше.

1.10 Інфрачервоні (ІЧ) детектори полум'я: Додаткові технічні аспекти аналізу спектру

1. Основи спектрального аналізу

Спектральна характеристика полум'я : Коли речовина горить, вона випромінює енергію на різних частотах, залежно від хімічного складу пального та температури полум'я. ІЧ детектори налаштовані на визначені діапазони довжин хвиль, які є характерними для полум'я, що дозволяє їм ідентифікувати зміни в спектрі випромінювання.

Частотна область : Полум'я від органічних матеріалів зазвичай випромінює в діапазоні від 1 до 5 мкм. Детектори можуть бути налаштовані на певні конкретні довжини хвиль всередині цього спектра, щоб зменшити ймовірність хибних спрацьовувань.

2. Технології та інструменти спектрального аналізу

Фур'є-спектрометрія : В ІЧ детекторах часто використовуються фур'є-спектрометри, які дозволяють здійснювати швидке та точне вимірювання спектру випромінювання. Ця технологія допомагає розкласти складний сигнал на його складові частоти.

Мультиспектральні сенсори : Замість простого сенсора, що виявляє одну довжину хвилі, можуть використовуватися сенсори, які захоплюють декілька довжин хвиль одночасно. Це дозволяє покращити точність та знизити ймовірність хибних спрацьовувань.

3. Комп'ютерний аналіз спектральних даних

Алгоритми розпізнавання образів : Інфрачервоні системи використовують алгоритми розпізнавання образів і машинного навчання для аналізу спектральних підписів, пов'язаних з полум'ям. Ці алгоритми покращують здатність системи відрізняти полум'я від інших інфрачервоних джерел, таких як гарячі поверхні або сонячне випромінювання.

Аналіз змін спектру в реальному часі : Завдяки швидкодії обчислювальних ресурсів, сучасні детектори можуть здійснювати спектральний аналіз в реальному часі, що дозволяє негайно реагувати на будь-які зміни у випромінюванні, які можуть вказувати на полум'я.

4. Удосконалення селективності

Фільтрація шуму : Застосування вузькосмугових фільтрів допомагає в ізоляції сигналів, що надходять з визначених частотних діапазонів, позбавляючи систему від перешкод від інших джерел.

Комбінація з іншими технологіями : ІЧ детектори часто поєднуються з ультрафіолетовими або візуальними сенсорами для подальшого підвищення надійності та мінімізації хибних тривог.

5. Застосування в різних середовищах

Програмованість під конкретні умови : Деякі системи дозволяють налаштовувати параметри аналізу спектру для специфічних умов експлуатації, таких як об'єкти з низьким або високим рівнем освітленості.

Відсутність впливу на довкілля : ІЧ детектори не є інвазивними, тому їх можна застосовувати в зонах, де інші методи детекції можуть заважати операціям або бути небезпечними.

Спектральний аналіз на базі ІЧ детекторів полум'я забезпечує високу точність і швидкість виявлення займання, роблячи його найдієвішим засобом у запобіганні пожежам і забезпеченні безпеки на об'єктах різноманітного призначення.

Інфрачервоні (ІЧ) детектори полум'я є одними з ключових компонентів у системах пожежної безпеки завдяки їх високій чутливості та точності. Однак, одна з головних особливостей цього типу детекторів — це підвищена вартість, яка включає як початкові капітальні затрати, так і витрати на обслуговування. Давайте детальніше розглянемо ці аспекти.

1.11 Підвищена вартість та застосування ІЧ детекторів полум'я:

Капітальні затрати

1. Складність технології та матеріалів

Висока вартість виготовлення : ІЧ детектори використовують складні технології, такі як напівпровідникові матеріали для фотодетекторів (наприклад, арсенід галію, індій), які є дорогими в виробництві. Ці матеріали забезпечують ефективну роботу в інфрачервоному діапазоні, але їх вартість значно впливає на загальну ціну пристрою.

Чутливі оптичні системи : Конструкція ІЧ детекторів включає використання високоточних оптичних систем і фільтрів, які підвищують чутливість і селективність, але потребують дбайливого монтажу і регулювання, збільшуючи вартість виробництва.

2. Інвестиції в дослідження і розвиток

Постійна інновація : Для того щоб залишатися на передовій лінії розвитку технологій безпеки, виробники інвестують значні кошти в дослідження та розвиток. Це включає розробку нових типів датчиків, алгоритмів обробки сигналів та покращення чутливості до різних типів полум'я.

Тестування та сертифікація : Оскільки ІЧ детектори часто використовуються в критичних застосуваннях, вони підлягають суворим тестуванням і сертифікації, що також додає до їх загальної вартості.

3. Витрати на установку і інтеграцію

Професійна установка : Зазвичай детектори потребують професійної установки, що включає правильне калібрування та інтеграцію з існуючими системами пожежної безпеки. Це вимагає додаткових витрат на кваліфікованих спеціалістів, які мають необхідні навички.

Складність інтеграції : Інфрачервоні системи можуть потребувати складної інтеграції з іншими системами безпеки (такими як відеомоніторинг або системи сповіщення), щоб забезпечити повноцінний контроль і управління безпекою.

4. Обслуговування та експлуатаційні витрати

Регулярне обслуговування : ІЧ детектори вимагають регулярного технічного обслуговування для підтримання високої ефективності, особливо в умовах, що можуть викликати забруднення оптичних компонентів (пил, димові частинки).

Технологічне оновлення : У міру вдосконалення технологій може виникати потреба в апгрейді систем для збереження конкурентоспроможності та відповідності сучасним стандартам безпеки.

5. Застосування в критичних галузях

Інфраструктурні об'єкти : Через свою високу вартість, ІЧ детектори часто застосовуються на об'єктах, де помилка може мати значні фінансові або

екологічні наслідки, таких як хімічні заводи, аеропорти, нафтопереробні комплекси та ядерні електростанції.

Технічні та енергетичні об'єкти : Включають електростанції, де безперебійна робота та висока надійність є критично важливими.

Підвищена вартість ІЧ детекторів полум'я є результатом їх складності, необхідності високоякісних матеріалів та інтенсивних процесів тестування і сертифікації. Проте їх здатність забезпечувати швидке і точне виявлення полум'я виправдовує такі інвестиції в умовах, де безпека є пріоритетною.

Інтеграція інфрачервоних (ІЧ) детекторів полум'я з системами контролю якості повітря є важливим аспектом сучасних рішень у сфері безпеки та екологічного моніторингу. Ця комбінація забезпечує комплексний підхід до виявлення небезпек і контролю навколишнього середовища, що особливо актуально для промислових об'єктів і критичних інфраструктур. Розгляньмо детальніше цей аспект.

1.12 Підвищена вартість та застосування ІЧ детекторів полум'я: Інтеграція з системами контролю якості повітря

1. Синергетичні переваги інтеграції

Комплексне виявлення загроз : ІЧ детектори полум'я, інтегровані із системами контролю якості повітря, можуть одночасно виявляти полум'я і аналізувати якість повітря, що дозволяє ідентифікувати забруднюючі речовини, які можуть виникнути під час горіння, такі як дим, сажа та токсичні гази.

Підвищена точність : Інтеграція систем дозволяє використовувати покращені алгоритми аналізу, що враховують дані з різних сенсорів, зменшуючи ризик хибних спрацьовувань та підвищуючи загальну ефективність системи безпеки.

2. Технічні вимоги та виклики

Сумісність обладнання : Інтеграція потребує сумісності між різними типами сенсорного обладнання, що включає правильно налаштоване програмне забезпечення і стандартизовані протоколи обміну даними.

Калібрування і налаштування : Системи контролю якості повітря мають бути ретельно відкалібровані, щоб вміло інтегруватись з ІЧ детекторами без втрати точності та чутливості до змін у навколишньому середовищі.

3. Капітальні і експлуатаційні витрати

Інвестиції в інтеграційні технології : Розробка комплексних інтегрованих систем може вимагати значних початкових інвестицій у технології, що об'єднують різні платформи сенсорів. Це включає впровадження сучасних ІТ-рішень та засобів зв'язку.

Підтримка та обслуговування : Комплексні системи потребують регулярного технічного обслуговування, включно із заміною фільтрів, калібруванням датчиків та оновленням програмного забезпечення, що може потребувати додаткових витрат.

4. Застосування в різних галузях

Промислове середовище : У важкій промисловості, де виділення шкідливих газів може супроводжувати процеси горіння, інтегровані системи пропонують вирішення для моніторингу не лише пожежної безпеки, але й безпеки робочого середовища.

Громадські та комерційні об'єкти : У великих громадських будівлях і торгових центрах контроль якості повітря разом з пожежним моніторингом забезпечує захист від потенційних екологічних загроз і підвищує загальний рівень безпеки.

Енергетика та транспорт : В електростанціях і транспортних вузлах ці системи допомагають не лише виявляти пожежі, але й оцінювати викиди шкідливих речовин, що утворюються при спалюванні палива.

5. Переваги для управління безпекою

Миттєва реакція на небезпеку : За рахунок інтеграції з системами контролю якості повітря, ІЧ детектори можуть забезпечувати швидке виявлення

і реагування на потенційні нові загрози до розповсюдження полум'я або викидів токсичних речовин.

Підвищення екологічної безпеки : Безперервний моніторинг повітря поряд з виявленням пожеж сприяє покращенню екологічної ситуації на об'єктах і прилеглих територіях, що важливо для дотримання екологічних стандартів і норм.

Інтеграція ІЧ детекторів полум'я з системами контролю якості повітря надає безліч переваг, зокрема підвищення рівня безпеки, точності та оперативності виявлення загроз. Попри підвищені капітальні затрати, такі рішення є виправданими в умовах, де екологічна і техногенна безпека мають критичне значення.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Опис конструювання виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

Вибір високоякісних та екологічно чистих матеріалів для виробництва значно підвищує довговічність та безпечність пристрою. Термостійкі полімери або легкі металеві сплави можуть бути використані для корпусу, що є також підлягає рециклінгу.

Незважаючи на високий потенціал, розвитку ультразвукових сигналізаторів загоряння супроводжують певні виклики, такі як чутливість до акустичних завад, потреба у частій калібруванні сенсорів та обмеження в роботі під впливом екстремальних умов (наприклад високих або низьких температур). Робота над цими викликами є критичною для підвищення надійності та стабільності

Як і будь-яка технічна система, ультразвукові сигналізатори можуть зазнавати збоїв через різноманітні технічні проблеми, такі як зношення компонентів, збій у софті або хакерські атаки. Регулярне технічне обслуговування.

Пристрій сконструйовано у пластиковому корпусі. Друкований модуль зі складовими елементами схеми закріплений на шасі, яке вставляється в корпус. Для зручного користування, компоненти на корпусі розміщені таким чином: На передній панелі пристрою знаходяться світлодіоди та перемикач живлення. На задній панелі розміщено роз'єм для підключення джерела живлення. Оскільки на задній панелі немає індикаторів чи регульовальних механізмів, роз'єм можна розміщувати у будь-якій позиції в залежності від підключення до плати.

Для друкованого модуля будуть реалізовані наступні вимоги щодо конструювання: ми забезпечимо оптимальну щільність розміщення компонентів і усунемо небажані електричні взаємодії, які можуть впливати на технічні характеристики пристрою.

Компонування буде виконано автоматично за допомогою програм Altium Designer і графічного редактора КОМПАС. Вимоги до габаритних розмірів плат будуть визначені технологією їх виробництва. Розміри плат будуть зроблені економічно доцільними, щоб дотримуватися обмежень на типорозміри для стандартизації інструментів та обладнання.

Розміри плати мають відповідати стандарту ГОСТ 10317-72, який рекомендує співвідношення сторін від 1:1 до 2:1. Максимальна ширина не повинна перевищувати 500 мм. Рекомендовані товщини варіюються в мм: 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3.

Якщо електронні компоненти мають штифтові виводи, то їх встановлюють у отвори на друкованій платі, згинають під кутом 60° , обрізають до меж контактних майданчиків і запаюють методом пайки «хвилею припою». Така методика дозволяє збільшити щільність монтажу, розміщуючи більше компонентів на одній платі. При розміщенні електронних компонентів на друкованій платі слід враховувати наступне:

1) Напівпровідникові пристрої та мікросхеми слід розташовувати на відстані від елементів, які генерують значну кількість тепла, а також від джерел інтенсивних магнітних полів, таких як постійні магніти або трансформатори.

2) Необхідно забезпечити можливість повітряної конвекції в зоні, де розташовані елементи, що виділяють багато тепла.

3) Має бути передбачена легкість доступу до елементів, які можуть потребувати налаштування під час регулювання схеми.

Якщо у елемента є електропровідний корпус, під яким проходить провідник, слід забезпечити ізоляцію корпусу або провідника. Це можна зробити, одягнувши на корпус елемента ізоляційні трубки, нанеся тонкий шар епоксидної смоли на плату в зоні розташування корпусу (так звану епоксидну маску), або наклеївши на плату тонкі ізоляційні прокладки.

Параметри таких електронних приладів, як габарити, вага, надійність та завадостійкість, залежать від правильного розташування мікросхем на друкованій платі. Відстань між інтегральними мікросхемами визначається

необхідною щільністю компонування, температурними режимами модулів, методом розробки топології плат (ручний чи автоматизований), типом корпусу та складністю електричної схеми. Рекомендується відстань між ІМС в 2,5 мм, а зазори між корпусами повинні бути не менше 1,5 мм. ІМС з висновками розміщуються на одній стороні плати, оскільки монтаж за допомогою штифтових виводів проводиться через наскрізні отвори. Корпуси ІМС надійно фіксуються на платі шляхом пайки виводів і здатні витримувати майже будь-які механічні навантаження.

2.2 Обґрунтування вибору конструкції

Цей виріб складається з корпусу, друкованого модуля, перемикача та світлодіодів. Верхня та нижня кришки мають "коритоподібну" форму, причому по кутах розташовані стійки, які з'єднують кришки за допомогою саморізів. Кришки виготовляються методом лиття під тиском. До верхньої панелі прикріплюється отвір для світлодіода та перемикач для ввімкнення/вимкнення пристрою.

На задній панелі розташоване гніздо для підключення живлення. Друкований модуль зафіксовано до нижньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів, а трансформатор також кріпиться до неї гвинтами. Корпус виготовлено з пластмаси, що забезпечує низку переваг: зменшення ваги, спрощення виробничого процесу, зниження вартості виробу та привабливий зовнішній вигляд. Розташування елементів конструкції сприяє технологічності складання і регулювання. Для з'єднання компонентів, розміщених на корпусі, із друкованим модулем використовуються перемички.

2.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Нові матеріали, такі як нано-покриття для сенсорів чи суперконденсатори для енергозабезпечення, можуть значно підвищити ефективність і довговічність

сигналізаторів. Постійні інновації в матеріалознавстві забезпечують пристрої, здатні працювати в несприятливих умовах довше та ефективніше.

Під час вибору елементної бази для проектного виробу основними критеріями слід вважати, наступні вимоги для дипломного проектування це:

- відповідність номіналів елементів вказаних в схемі електричній принциповій;
- наявність даних елементів на виробництві;
- технічні вимоги поставлені до конструкції;
- економічна вигода;
- універсальність радіоелементів;
- стабільність параметрів;
- мінімальна кількість розмірів корпусів;

В проектованому виробі була використана сучасна елементна база.

При виборі елементів враховувалося співвідношення між ціною радіоелемента та його технічними характеристиками, а також забезпечення необхідних електричних параметрів та надійності в діапазоні температур, вологості та механічних впливів.

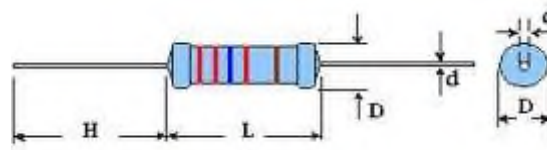
Виходячи із цих умов, вибираємо наступні електрорадіоелементи:

В даному пристрої використовуються резистори типу С1-4-0,125. Резистори С1-4-0,125 – постійні, металоплівкові, лаковані, теплостійкі. Металодіелектричні з метало електричним провідним шаром, неізолювані, для навісного монтажу, призначені для роботи в електричних постійного, змінного та імпульсного струмів.

Ці резистори часто використовуються, тому їх знайти дуже легко, також, даний тип резисторів є не дорогим, що зменшує вартість виробу.

У цих резисторах використовують кольорове маркування, що дає змогу полегшити їх монтаж. Такі резистори мають хороші електричні параметри: діапазон номінальних опорів $= 1...3 \times 10^6$ Ом, номінальна потужність $= 0,125$ Вт, гранична напруга становить становить 350 В, діапазон робочих температур $-60...+70^\circ\text{C}$, допустимі відхилення опору становлять $\pm 10\%$, що зменшує розкид параметрів в схемі.

Всі ці параметри добре підходять до моєї схеми і дають змогу зменшити габарити виробу.



$$L = 6 \text{ мм}; \quad H = 20 \text{ мм}; \quad D = 2,2 \text{ мм}; \quad d = 0,5 \text{ мм}$$

Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд та габаритні розміри резистора C1-4-0,125

Конденсатори електролітичні алюмінієві полярні з радіальними виводами "Jamicon" із серії ЕСАР – призначені для використання в побутовій техніці.



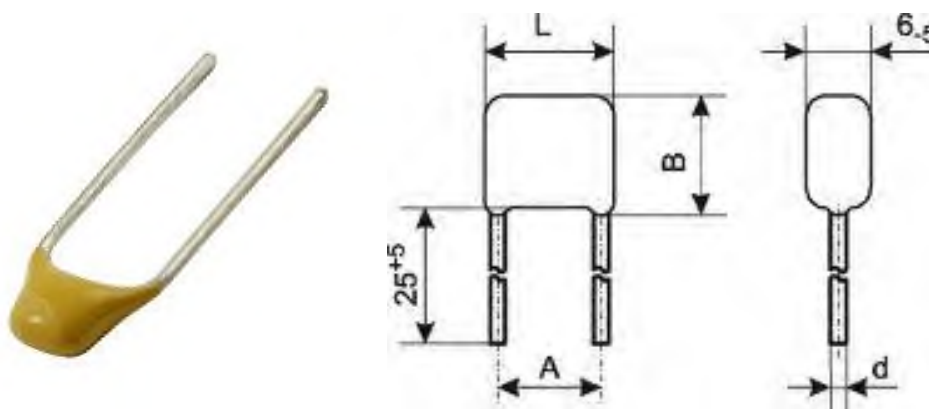
Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд конденсаторів "Jamicon"

Основні технічні характеристики:

- номінальна ємність, мкФ.....0,1-15000;
- номінальна напруга, В.....6,3-450;
- тангенс кута діелектричних втрат:
0,14 – при номінальній напрузі 25 В;
0,10 – при номінальній напрузі 50 В;
- діапазон робочих температур, °С.....-40...+85;
- допустиме відхилення ємності від номіналу, %.....±20.

Було використано такі номінали ємностей даного конденсатора: 1 мкФ і 1000 мкФ з номінальними напругами 25 і 35 В відповідно.

Вибрано даний тип електролітичного конденсатора у зв'язку з доступністю, дешевизною та відносно хорошою якістю.



$$L = 7,5 \text{ мм} \quad B = 7,5 \text{ мм} \quad A = 5 \text{ мм} \quad d = 0,6 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Рисунок 2.3 Зовнішній вигляд та габаритні розміри конденсатора СС4

Експлуатаційні дані:

- робоча напруга 50 В;
- температурний коефіцієнт ємності (ТКС) Н20;
- тангенс кута втрат, не більше 0,035;
- постійна часу для номінальної ємності вище 0,025 мкФ, не менше 100 МОм×мкФ;
- проміжне значення номінальних ємностей відповідає ряду Е24;
- допуск: $\pm 10\%$ (Н20);
- робоча температура -60...+125 °С.

Використовуємо в проектованому пристрою 1 конденсатор даного типу з номінальною ємністю 0,01 мкФ. Вибираємо його тому, що він має малі габарити, являється дуже дешевими та доступними, його електричні параметри є задовільними. Використання конденсаторів такого типу дає нам можливість автоматизувати процес виготовлення виробу.

В даному виробі було використано діоди таких типів: КД522

Діоди КД522 – епітаксіально-планарні кремнієві імпульсні діоди, призначені для роботи в імпульсних пристроях. Конструктивно оформлені в скляному корпусі з гнучкими виводами. Маркуються умовним кольоровим кодом – одною широкою і двома вузькими кольоровими полосками зі сторони позитивного виводу (анода).



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд та габаритні розміри діода КД522

Основні параметри:

- постійна зворотня напруга, В.....200;
- максимальний постійний прямий струм, мА.....15;
- максимальний постійний зворотній струм, мА.....1,7.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд світлодіода АЛ307Б

Електричні параметри:

- Колір свічення.....червоний;
- Довжина хвилі, нм.....665;
- Сила світла I_v , мкд.....900;
- Колір лінзи.....червоний;
- Форма лінзи.....кругла;
- Пряма напруга, В.....2;
- Прямий струм, мА.....10;
- Максимальний прямий струм, мА.....22;
- Максимальний прямий імпульсний струм, мА.....100;
- Максимальна зворотня напруга, В.....2;
- Робоча температура, °C.....-60...+70.

Параметри приведені при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В схемі використовується для індикації.

Мікросхема K554CA3A виготовлена за біполярною технологією та являє собою компактор напруги. Завдяки малим вхідним струмам і великому коефіцієнту посилення може під'єднуватися до високоомних датчиків, використовуватися в прецизійних перетворювачах сигналів, генераторах імпульсів. Можлива спільна робота з ЕСЛ-, ТТЛ- і МОП- схемами, для чого напруга живлення на колектор вихідного транзистора подається від зовнішнього джерела в залежності від типу логіки.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд мікросхеми K554CA3A

Мікросхема КР142Е08В ТО220 — являє собою потужний стабілізатор напруги з фіксованою вихідною напругою позитивної полярності та струмом навантаження до 1,5 А. Має захист від перевантажень за струмом і перегрівання кристала. Містить 29 інгредієнтів. Нестабільність за струмом: 0,67 %/А; Нестабільність за напругою: 0,05%/В;



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу KP142EH8V TO220

Основні параметри:

- Тип.....	нерегулюючий;
- вихідна напруга, В.....	8;
- струм навантаження, А.....	1,5;
- тип корпуса.....	TO-92;
- максимальна вхідна напруга, В.....	30;
- нестабільність по напрузі, %.....	0,05;
- нестабільність по струму, %.....	0,01;
інтервал робочих температур, °С.....	-10...+70.

В даному пристрої мікросхема використовується в якості операційного підсилювача середньої точності з високим посиленням, малими вхідними струмами, внутрішньою частотною корекцією і захистом виходу від короткого замикання.



Рисунок 2.8 Зовнішній вигляд мікросхеми K140UD6

Технічні параметри мікросхеми:

Кількість каналів.....	1
Напруга живлення, В	± 15
Частота, МГц	0.35
Напруга зсуву, мВ	± 10
Температурний діапазон, С.....	-10 ... +70
Тип корпусу	8to5

Транзистори КТ503Г кремнієві епітаксiально-планарні структури n-p-n універсальні. Призначені для застосування в підсилювачах низької частоти, операційних і диференціальних підсилювачах, перетворювачах, імпульсних пристроях.



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд транзистора КТ503Г

Технічні параметри транзистора:

Структура	NPN
Макс. напр. до-б при заданому зворотному струмі до і розімкнутого ланцюга е.. (Uкбо макс), В	60
Максимально допустимий струм до (Iк макс.).....	0.15
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв.....	80
Гранична частота коефіцієнта передачі струму f_{gr} МГц.....	5
Максимальна розсіює потужність, Вт.....	0.25
Корпус тис.	т-26

Транзистори КТ814 біполярні кремнієві планарні епітаксійні транзистори зі структурою р-п-р.

Призначені для використання в підсилювачах низької частоти на вихідному каскаді, критичному каскаді та інших компонентах широко використовуваних електронних пристроїв в пластиковому корпусі з гнучкими выводами



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд транзистора КТ814

Технічні параметри транзистора:

Структура.....	pnp
Макс. напр. до-б при заданому зворотному струмі В	60
Максимально допустимий струм до (I_k макс.)	4
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	750
Гранична частота коефіцієнта передачі струму f_{gr} МГц	200
Максимальна розсіює потужність, Вт	8
Корпус	kt-27-2



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд транзистора КТ815

Технічні параметри транзистора:

Структура.....	pnp
Макс. напр. до-б при заданому зворотному струмі В	60
Максимально допустимий струм до (I_k макс.)	4
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e} хв	750
Гранична частота коефіцієнта передачі струму f_{gr} МГц	200
Максимальна розсіює потужність, Вт	8
Корпус	kt-27-2

2.4 Технологічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

Проведення ретельного аналізу витрат на розробку та переваг від впровадження ультразвукових сигналізаторів на великих об'єктах дозволить оцінити їхню економічну вигідність. Цей тип пристрою призначений для широкого кола споживачів, серед яких переважають люди із середнім рівнем доходу, тому необхідно створити продукт, який буде доступним за ціною і відповідатиме високим стандартам якості.

При розробці друкованої плати для вимірювача артеріального тиску було обрано недорогі та поширені електронні компоненти, які характеризуються великим розкидом параметрів, але здатні забезпечити належну роботу за відповідних умов експлуатації. Пристрій розрахований на функціонування в нормальних кліматичних умовах і не призначений для роботи за екстремально низьких або високих температур. Хоча пристрій можна адаптувати для роботи в складних умовах, це суттєво збільшить вартість компонентів, що може негативно вплинути на його ринкову привабливість.

Корпус пристрою виготовлений з пластмаси, що надає йому певні переваги та недоліки. Перевагами цього матеріалу є його низька вартість, привабливий дизайн, можливість виготовлення деталей будь-якої складності, чого часто не можна досягти з металом, а також його легкість. Проте пластмаса має низьку механічну міцність і погану теплопровідність, тому для пристроїв, які сильно нагріваються, зазвичай використовують металеві корпуси. Таким чином, ми створили пристрій, який є недорогим і, отже, привабливим для людей із середнім рівнем доходу, водночас зберігаючи хороші електричні характеристики за нормальних умов експлуатації.

Розглянемо процес розрахунку споживаної потужності пристрою. Для цього використовується формула активної потужності:

$$P = U \cdot I \quad (2.1)$$

де: U — напруга живлення пристрою, що дорівнює 220 В; I — струм споживання пристрою, що становить 0,25 А.

Таким чином, для проектованого вимірювача артеріального тиску, живленого від батареї з постійною напругою 23 В, споживана потужність при максимальному навантаженні становитиме 0,23 Вт.

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Основи наукових досліджень та математичне моделювання

Кожен компонент сигналізатора, включаючи ультразвукові сенсори, блок живлення, оброблювач сигналу та комунікаційний модуль, повинен пройти окреме тестування. Це тестування включає перевірку відповідності технічним вимогам, стійкості до зовнішніх впливів та довговічності. Наприклад, випробування на термостійкість і водостійкість оцінюють здатність пристрою функціонувати в складних умовах. У новому поколінні ультразвукових сенсорів використовуються передові матеріали і технології для підвищення їх чутливості та надійності. Сенсори, що базуються на п'єзоелектричних кераміках, забезпечують високу стабільність і малу чутливість до електромагнітних завад, що є критично важливим для точних вимірювань в умовах високого рівня звуку або вібрації.

Система повинна працювати стабільно в різних умовах, включаючи високі температури, наявність диму і забруднень у повітрі. Оскільки відмови та відновлення працездатності є випадковими подіями, їх точне місце і час виникнення передбачити неможливо, тому надійність оцінюється через ймовірнісні характеристики.

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елементу $p(t)$ або системи $p_c(t)$ – це імовірність того, що в межах заданого напрацювання t при визначених умовах експлуатації не виникне жодної відмови

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елемента $p(t)$ або системи $p_c(t)$ визначається як ймовірність того, що протягом заданого періоду напрацювання t при певних умовах експлуатації не відбудеться жодної відмови. Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ описує умовну щільність ймовірності виникнення відмов пристрою, визначену для конкретного моменту часу за умови, що на цей момент жодних відмов не сталося.

Зв'язок між інтенсивністю відмов та ймовірністю безвідмовної роботи можна визначити наступним чином:

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] \quad (3.1)$$

Надійність при раптових експлуатаційних відмовах (де λ_0 є сталою) оцінюється для періоду нормальної експлуатації, коли пристрій вже пройшов фазу введення в експлуатацію, але ще не піддався зношуванню та старінню. Для складної апаратури, що включає різні типи компонентів, інтенсивність відмов системи можна вважати постійною навіть у фазі зношування.

В основу розрахунку покладений принцип визначення показників надійності системи по характеристикам надійності комплектуючих елементів, що дає можливість здійснювати розрахунок в процесі проектування апаратури, яка складається з відомих елементів та вузлів. Для цього необхідно уточнити отримані вище вирази для показників надійності елементів $p(t)$, $q(t)$, $\omega(T)$, T_{CP} , T_0 з урахуванням постійності інтенсивності відмов.

Розрахунки базуються на принципі визначення показників надійності системи шляхом аналізу надійності її компонентів. Це дозволяє виконати розрахунки на етапі проектування апаратури, яка складається з відомих елементів та модулів. Для цього необхідно уточнити раніше отримані вирази для показників надійності елементів $p(t)$, $q(t)$, $\omega(T)$, T_{CP} , T_0 враховуючи сталість інтенсивності відмов.

Формула для визначення ймовірності безвідмовної роботи виглядає наступним чином.

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] = \exp(-\lambda_0 t) \quad (3.2)$$

Ця залежність відома як експоненціальний закон надійності. Параметр t описує не календарний час, а інтервал, протягом якого оцінюється надійність. За припущенням, що λ_0 є сталою, ймовірність безвідмовної роботи протягом однакових інтервалів часу t не залежить від вибору початкової точки відліку цього інтервалу.

Тоді середній час до відмови можна визначити.

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} p(t) dt = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda_0 t) dt = \frac{1}{\lambda_0}. \quad (3.3)$$

Згрупувавши елементи з однаковою надійністю, отримуємо:

$$p_c(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right), \quad (3.4)$$

де λ_{0j} — інтенсивність відмов для (j)-ї групи; N_j — кількість елементів у (j)-й групі; m — кількість груп з однаковою надійністю елементів.

Загальна інтенсивність відмов пристрою:

$$\lambda_c = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j. \quad (3.5)$$

Приблизний розрахунок надійності здійснюється на етапі технічного проектування з використанням наведених вище формул. Значення характеристик λ (інтенсивності відмов) елементів пристрою визначаються на основі довідникових даних. Уточнений розрахунок надійності враховує вплив умов експлуатації, температури та електричного режиму за допомогою наступних співвідношень.

$$p_c(t) = \exp\left(-k_{\lambda} \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right), \quad (3.6)$$

$$\lambda_c = k_{\lambda} \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j, \quad (3.7)$$

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \alpha_j, \quad (3.8)$$

$$k_{\lambda} = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}, \quad (3.9)$$

де λ_j — інтенсивність відмов для (j)-ї групи елементів в заданих умовах експлуатації; λ_{0j} — інтенсивність відмов для таких же умов, але в номінальному режимі; α_j — коригувальний коефіцієнт інтенсивності відмов для (j)-ї групи, що враховує вплив температури навколишнього середовища та електричне навантаження на елемент.

Коригувальний коефіцієнт k_{λ} враховує умови експлуатації радіоелектронної апаратури; $k_{\lambda 1}$ — вплив механічних факторів (вібрація, ударні навантаження), $k_{\lambda 2}$ — вплив кліматичних умов (температура, вологість), $k_{\lambda 3}$ — умови роботи при зниженому атмосферному тиску.

Значення коригувального коефіцієнта α в залежності від температури та коефіцієнта навантаження k_H , так само як і інтенсивність відмов елементів пристрою, визначаються за довідниковими таблицями. При цьому коефіцієнт

навантаження розраховується як відношення фактичного навантаження за певним параметром (наприклад, потужність, струм, напруга), що діє на елемент, до його номінального навантаження, встановленого нормативно-технічною документацією:

Коефіцієнт навантаження по потужності:

Коефіцієнт навантаження за потужністю:

$$K_P = \frac{P_P}{P_H}, \quad (3.10)$$

де P_P – робоче значення потужності розсіювання;

P_H – номінальне значення потужності розсіювання.

де P_P — робоче значення потужності розсіювання; P_H — номінальне значення потужності розсіювання.

Коефіцієнт навантаження за напругою:

$$K = \frac{U_P}{U_H}, \quad (3.11)$$

де U_P — робоче значення напруги; U_H — номінальне значення напруги.

В процесі проектування коефіцієнт електричного навантаження зазвичай приймають у діапазоні від 0,4 до 0,8. Температура та коефіцієнт навантаження можуть визначатися експериментально під час випробувань дослідного зразка або шляхом розрахунків. Типові значення коригувальних коефіцієнтів також можна знайти в довідковій літературі. Для розрахунку надійності радіопристрою необхідні наступні дані:

перелік компонентів (елементів);

кількість елементів кожного типу;

умови експлуатації;

довідкові дані щодо інтенсивності відмов електронних компонентів.

Розрахунок надійності виконується в такій послідовності:

Складіть таблицю вхідних даних для розрахунку. Необхідно визначити конструктивні характеристики компонентів (наприклад, для транзисторів:

кремнієвий чи германієвий, або польовий; для конденсаторів: електролітичний чи керамічний і т.д.).

Визначте кількість елементів за групами і за таблицею знайдіть значення коригувальних коефіцієнтів α_i та початкові значення інтенсивності відмов λ_0 . Обчисліть інтенсивність відмов λ_i для кожної групи компонентів.

2. Щоб врахувати умови експлуатації, використовуйте таблиці для визначення коригувальних коефіцієнтів відповідно до умов, в яких планується експлуатація розроблюваного радіопристрою, і розрахуйте загальний коефіцієнт K_λ . Якщо умови експлуатації відповідають лабораторним, значення K_λ приймається рівним 1.

3. Виконайте розрахунок інтенсивності відмов за допомогою відповідної формули.

4. Обчисліть середній час напрацювання до відмови згідно з формулою (3.3), враховуючи формулу (3.1).

5. Розрахуйте ймовірність безвідмовної роботи радіопристрою за формулою (3.2) для заданих значень часу t_R . Рекомендується вибрати від 6 до 10 значень t_R .

6. На основі розрахунків побудуйте графік залежності ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою від часу t_R .

Використання комп'ютерної програми NAD_Release значно скорочує час на розрахунок надійності радіоелектронної апаратури. Щоб розрахунок був ефективним, до програми пред'являються такі вимоги:

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи та середнього напрацювання до відмови радіоелектронної апаратури із врахуванням умов експлуатації.

Збереження результатів розрахунку у вигляді файлу з можливістю виведення на друк, а також із можливістю подальшої обробки результатів іншими програмами (наприклад в програмі MatchCAD).

Візуалізація результатів розрахунку у вигляді графіку залежності імовірності безвідмовної роботи від часу роботи пристрою.

Наявність комп'ютерної бази даних інтенсивності відмов різних електрорадіоелементів та електромеханічних блоків РЕА.

Можливість редагування бази даних для урахування особливостей різних пристроїв.

Можливість поповнення бази даних характеристиками нових елементів;

Можливість корегування даних щодо інтенсивності відмов та інших експлуатаційних характеристик радіоелементів в процесі розрахунку;

Зручний та зрозумілий для користувача інтерфейс програми.

Вікно програми зображено на рисунку 3.1

Результати які виводяться у файл:

таблиця вхідних даних (список компонентів пристрою – назва групи компонентів, кількість елементів в групі, інтенсивність відмов, поправочний коефіцієнт, сумарна інтенсивність відмов для даного типу елементів; значення коефіцієнтів впливу $k_{\lambda 1}$, $k_{\lambda 2}$, $k_{\lambda 3}$; сумарна інтенсивність відмов пристрою; середній час напрацювання до відмови; дані для побудови графіку залежності імовірності безвідмовної роботи від терміну роботи.

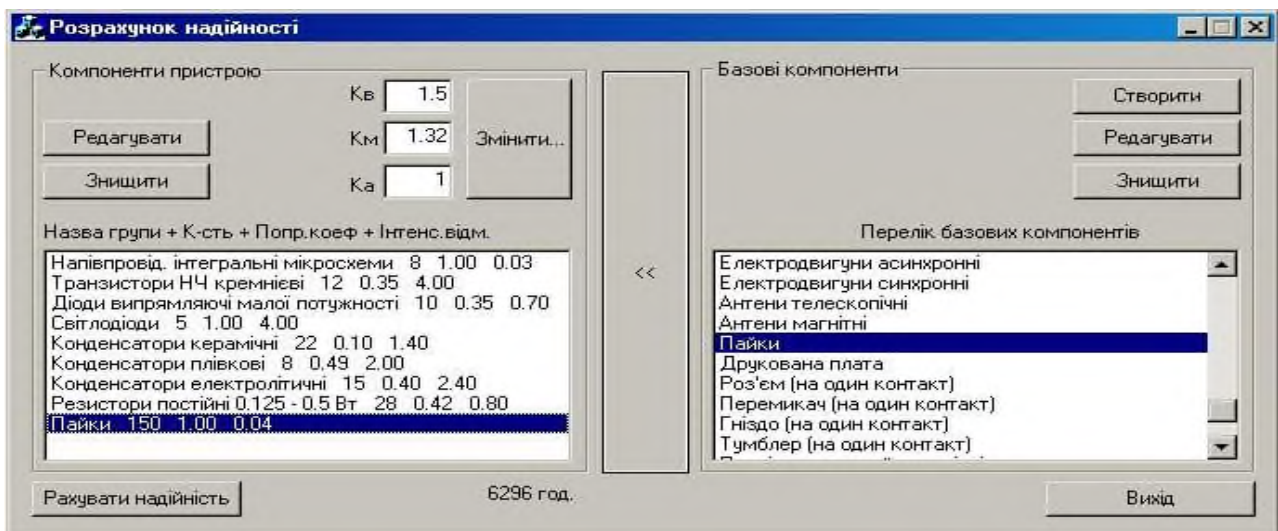


Рисунок 3.1 – Головне вікно програми розрахунку надійності

В результаті розрахунку отримано наступні результати:

Розрахунок надійності проектного приладу.

Вхідні дані:

Розрахунок надійності проектного приладу.

Вхідні дані:

№	Назва групи елементів	К-сть	Кпопр	Івідм*1e-06	К-сть*Кнав
п/п		шт.	1/год.	*Івід*1e-06	

1	Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	5	1	0.03	0.15
2	Транзистори НЧ кремнієві	6	0.35	4	8.4
3	Діоди випрямляючі малої потужності	4	0.35	0.7	0.98
4	Конденсатори керамічні	5	0.1	1.4	0.7
5	Конденсатори електrolітичні	5	0.4	2.4	4.8
6	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	28	0.42	0.8	9.408
7	Пайки	160	1	0.02	3.2
8	Друкована плата	1	1	0.1	0.1

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 2.7738×10^{-5} 1/год

Середня наробка до відмови: 36051.6 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999723$;

$t = 100$ год. $P(t) = 0.997230$;

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.972643$;

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.757766$;

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.062424$

При розрахунку надійності пристрою, було розраховано всі елементи враховуючи коефіцієнти механічних впливів, вологості і температури і було розраховано середнє напрацювання до відмови 36051.6 год.

Для підвищення надійності сигналізатора важливо забезпечити його здатність до адаптації в розмірі закритих приміщень та швидкості зміни умов

навколишнього середовища, автоматично підлаштовуючи чутливість сенсорів чи частоту сканування.

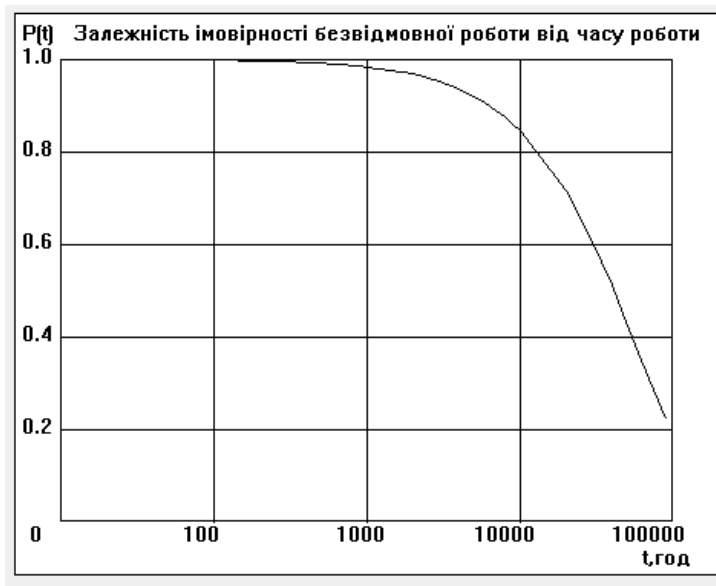


Рисунок 3.2 – Графік залежності $P = f(t)$

Регулярне обслуговування і перевірка функціонування необхідні для гарантії стабільної роботи. Це включає у себе очищення сенсорів, перевірку цілісності електричних з'єднань і тестування відповіді на штучні пожежні умови для перевірки справності системи.

3.2 Електроніка, мікропроцесорна техніка та САПР

Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для розрахунку стабілізаторів напруги на інтегральних мікросхемах зазвичай потрібні такі початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{СТ ВИХ НОМ}$; граничні значення вихідної напруги $U_{СТ ВИХ min}$ та $U_{СТ ВИХ max}$; мінімальний і максимальний струми навантаження $I_H min$ та $I_H max$; температурна нестабільність вхідної напруги αU ; нестабільність вихідної напруги $K_{НСТУ}$ або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги K_P ; коефіцієнт стабілізації напруги $K_{СТУ}$; внутрішній опір стабілізатора $R_{СТ ВИХ}$; температурний коефіцієнт γ .

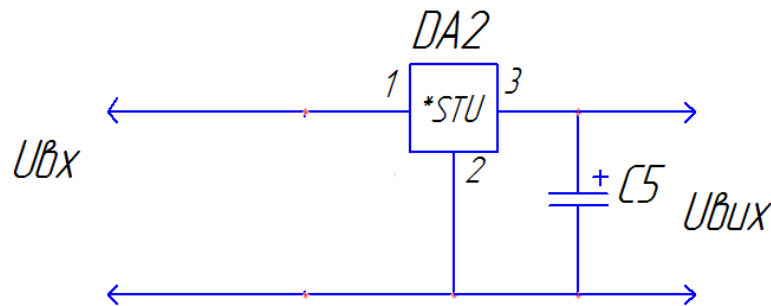


Рисунок 3.3 – Принципова електрична схема стабілізатора та конденсатора.

Вибір інтегральної мікросхеми (ІМС) здійснюється на основі заданих параметрів: U_{CTBIX} , $I_{CTBIXmax}$, K_{CTU} , γ , R_{CTBIX} , згідно з таблицею 3.1. Перевагу бажано надавати ІМС, які потребують меншої кількості зовнішніх компонентів. При цьому повинні виконуватися наступні умови:

$$U_{IMCBIX} \geq U_{CTBIX} \quad (3.12);$$

$$I_{IMCBIXmax} \geq I_{Hmax} \quad (3.13);$$

$$K_{IMCSTU} \geq K_{CTU} \quad (3.14).$$

Було обрано стабілізатор 142ЕН8А. Незалежно від типу обраної ІМС визначаються наступні параметри:

$$U_{CTBXmin} \equiv U_{CTBIXmax} + U_{CTПД}, \quad (3.15)$$

$$U_{CTBXmin} \equiv 5,1 + 2,5 = 7,6V,$$

$$U_{CTBX} \equiv \frac{U_{CTBXmin}}{1 - \alpha_-}, \quad (3.16)$$

$$U_{CTBX} \equiv \frac{7,6}{1 - 0,03} = \frac{7,6}{0,997} = 7,62V$$

$$U_{CTBXmax} \equiv U_{CTBX}, \quad (3.17)$$

$$U_{CTBXmax} \equiv 7,62(1 + 0,03) = 7,62 + 1,03 = 8,65V$$

де $\alpha(+)$ та $\alpha(-)$ — найбільше позитивне та негативне відносне змінення вхідної напруги.

Ймовірні межові значення ККД.

$$\eta_{max} \equiv \frac{U_{CTBXmax}}{U_{CTBXmin}} \quad (3.18)$$

$$\eta_{\max} \equiv \frac{8,65}{7,6} = 1,14$$

$$\eta_{\min} \equiv \frac{U_{\text{СТВХmin}}}{U_{\text{СТВХmax}}} \quad (3.19)$$

$$\eta_{\max} \equiv \frac{7,6}{8,65} = 0,89$$

Припускається, що струм, споживаний стабілізатором, є незначним.

Таблиця 3.1 – Параметри стабілізаторів

Тип ІМС	$U_{\text{СТ ВХ}},$ В (min... max)	$U_{\text{СТ ВНХ}},$ В (min... max)	$K_{\text{НСТУ}},$ % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{\text{НСТУ}},$ % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{\text{СТ СГ}},$ дБ на 1кГц не більше за	$\alpha_U,$ % °С не більше за	$I_{\text{СТ ВНХ}},$ А (max)	$P_{\text{СТ РОЗ}},$ Вт без радіатора/ з радіатором	$I_{\text{СТСП}},$ мА	$U_{\text{СТВД}},$ В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142ЕНА	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142ЕН1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142ЕН1В	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142ЕН1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142ЕН2А	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142ЕН2Б	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142ЕН2В	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142ЕН2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
КТ42ЕН3	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
K142ЕН4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
K142ЕН5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142ЕН5В	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
K142ЕН5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
KP142ЕН5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
KP142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
KP142ЕН5В	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142ЕН5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142ЕН6А	-...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
KP142ЕН6Б	-...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142ЕН6В	-...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142ЕН6Г	-...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
142ЕН8А	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
142ЕН8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Обчислення ємності фільтрувального конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{\text{П0}}} \quad (3.20)$$

де C_0 — ємність у мікрофарадах (мкФ); r — опір у омах (Ом).

$$C_0 = \frac{2}{1,5 \cdot 0,03} = 44,4 (\text{мкФ})$$

Обчислюємо робочу напругу:

$$U_{\text{роб}} = \sqrt{2} U_{2x} \quad (3.21)$$

$$U_{\text{роб}} = 1,4 \cdot 18 = 25,2(\text{В})$$

Обираємо тип конденсатора зі довідника за параметрами С0 ном і Уроб. Обрано електролітичний конденсатор типу ЕСАР 25V з номінальною ємністю 47 мкФ та робочою напругою 25 В.

3.3 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу.

Розрахунок друкованого монтажу включає три етапи: розрахунок для змінного та постійного струму, а також конструктивно-технологічний розрахунок. Процес здійснюється в такій послідовності: базуючись на технологічних можливостях виробництва, вибираємо метод виготовлення та клас точності друкованої плати.

Обираємо комбінований метод виготовлення та клас точності 3. Односторонні друковані плати (ОДП) мають такі характеристики: можливість забезпечення високих вимог до точності виконання провідникового малюнка; можливість встановлення навісних елементів на поверхню плати з протилежного боку від пайки без додаткової ізоляції; можливість використання неізованих перемичок; низька вартість конструкції. До недоліків ОДП можна віднести низьку щільність компонування, зазвичай не більше 1,5 ел/см³, а також низьку теплову та механічну стійкість контактних майданчиків.

Визначення мінімальної ширини друкованого провідника, мм, для постійного струму в колах живлення і заземлення:

$$b_{\text{min1}} = \frac{I_{\text{max}}}{i_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{0,25 \text{ А}}{28 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \cdot 35 \text{ мм}} = 0,35 \text{ мм}, \quad (3.22)$$

де I_{max} — допустима величина струму, що протікає у провідниках, і визначається аналізом принципової схеми; $I_{\text{max}} = 0,25 \text{ А}$;

$i_{\text{доп}} = 20 \text{ А/мм}^2$ — допустима густина струму, вибирається залежно від методу виготовлення плати з таблиці 3.1;

$t = 35$ мкм — товщина провідника, мм.

Таблиця 3.2 — Допустима густина струму в залежності від методу виготовлення.

Метод виготовлення	товщина фольги t , мкм	Допустима густина струму, $j_{\text{доп}}$, А / мм ²	Питомий опір, ρ , Ом мм ² / м
Хімічний: внутрішні шари БДП, зовнішні шари ОДП, ДПП	20, 35, 50 20, 35, 50	15 20	0,050
Комбінований позитивний	20 35 50	75 48 38	0,0175
Електрохімічний	--	25	0,050

З огляду на те, що плата належить до 3 класу точності, де мінімальна ширина провідників становить 0,65 мм, я приймаю мінімальну ширину провідників на рівні 0,65 мм.

Розраховуємо мінімальну ширину провідника, мм, на основі допустимого падіння напруги:

$$b_{\min 2} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{U_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{0,05 \frac{\text{Ом мм}^2}{\text{м}} \cdot 0,25 \text{ А} \cdot 0,16 \text{ м}}{9 \text{ В} \cdot 35 \text{ мкм}} = 0,06 \text{ мм} \quad (3.23)$$

де ρ — питомий об'ємний опір за даними з таблиць ГОСТ; l — довжина провідника, 0,16 м; $U_{\text{доп}}$ — допустиме падіння напруги, визначається на основі аналізу принципової схеми і не має перевищувати 5% від напруги живлення. Це також стосується транзисторів і повинно враховувати вимоги щодо завадостійкості мікросхем. Оскільки плата відноситься до 3 класу точності, мінімальна ширина провідників становить 0,25 мм.

Розраховуємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r \quad (3.24)$$

де d_E — максимальний діаметр виводу встановленого електронного радіоелемента (ЕРЕ); $\Delta d_{\text{н.в.}}$ — нижнє граничне відхилення від номінального діаметра монтажного отвору, яке становить 0,1 для всіх випадків; r — різниця

між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром виводу ЕРЕ, що обирається в межах 0,1–0,4 мм.

Розраховані значення d зводяться до нормованого ряду отворів: 1,1; 1,3; 1,5 мм.

$dE(1)=0,6$ мм для малопотужних резисторів С1-4-0,125, електролітичних конденсаторів ЕСАР, керамічних конденсаторів СС4, а також для діодів Д226Б, КЦ405А, КД503А.

$dE(2)=1,0$ мм для мікросхем КР1168ЕН6Б, КР140УД608, КР142ЕН12А, транзисторів КТ315В, КТ819А та для підпаювання провідників.

$$d(1) = dE + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,6 + |0,1| + 0,2 = 0,9 \text{ мм}, \quad (3.25)$$

$$d(2) = dE + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,0 + |0,1| + 0,2 = 1,5 \text{ мм}, \quad (3.26)$$

де dE — максимальний діаметр виводу встановленого електронного радіoeлементу (ЕРЕ);

$\Delta d_{н.в.}$ — нижнє граничне відхилення від номінального діаметра монтажного отвору;

r — різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром виводу ЕРЕ, вибрана в межах 0,1–0,4 мм.

Розраховані значення d зводяться до нормованого ряду отворів: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5 мм.

Тепер розраховуємо діаметр контактних майданчиків.

Мінімальний діаметр контактних майданчиків для односторонніх друкованих плат (ОДП) і зовнішніх шарів багатошарових друкованих плат (БДП), виготовлених фотохімічним методом, визначається за формулою:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5hf, \quad (3.27)$$

де hf — товщина фольги; $D_{1\min}$ — мінімальний ефективний діаметр майданчика.

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (3.28)$$

де b_m — відстань від краю просвердленого отвору до краю контактного майданчика; значення b_m становить 0,06 мм.

δd і δp — допуски на розташування отворів і контактних майданчиків відповідно; значення δd дорівнює 0,25 мм, а δp — 0,4 мм.

$d_{\max}$ — максимальний діаметр просвердленого отвору, мм, обчислюється за формулою:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (3.29)$$

де Δd — допуск на отвір.

$$d_{\max(1)} = 0,9 + 0,1 + 0,1 = 1,1 \text{ мм},$$

$$d_{\max(2)} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}.$$

$$D_{1\min(1)} = 2 \left(0,06 + \frac{1,1}{2} + 0,2 + 0,4 \right) = 2,42 \text{ мм}, \quad (3.30)$$

$$D_{1\min(2)} = 2 \left(0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,2 + 0,4 \right) = 2,82 \text{ мм},$$

$$D_{\min(1)} = 2,42 + 1,5 \cdot 0,035 = 2,4 \text{ мм}, \quad (3.31)$$

$$D_{\min(2)} = 2,82 + 1,5 \cdot 0,035 = 2,8 \text{ мм},$$

Максимальний діаметр контактної майданчика визначається за формулою:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (3.32)$$

$$D_{\max(1)} = 2,4 + 0,02 = 2,42 \text{ мм},$$

$$D_{\max(2)} = 2,8 + 0,02 = 2,82 \text{ мм}.$$

Розраховуємо ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для односторонніх друкованих плат (ОДП) і зовнішніх шарів багат шарових друкованих плат (БДП), виготовлених хімічним методом:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1,5h\phi, \quad (3.33)$$

де $b_{1\min}$ — мінімальна ефективна ширина провідника, мм; $b_{1\min} = 4,28$ мм для плат 1-, 2- та 3-го класу точності.

$$b_{\min} = 4,28 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 4,36 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальну відстань між елементами провідникового малюнка. Мінімальна відстань між провідником і контактним майданчиком:

$$S_{1\min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{\max}}{2} + \delta d \right) \right], \quad (3.34)$$

$$S_{1\min(1)} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,42}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,1}{2} + 0,25 \right) \right] = 0,09 \text{ мм},$$

$$S_{1\min(2)} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,82}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,5}{2} + 0,25 \right) \right] = -0,31 \text{ мм}.$$

де L_0 — відстань між центрами відповідних елементів, δ — допуск на розташування провідників.

Мінімальна відстань між двома контактними майданчиками:

$$S_{2\min} = L_0 - d_{\max} + 2\delta \quad (3.35)$$

$$S_{2\min 1} = 2,5 - (1,1 + 2 \cdot 0,4) = 0,6 \text{ мм},$$

$$S_{2\min 2} = 2,5 - (1,5 + 2 \cdot 0,4) = 0,2 \text{ мм}.$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3\min} = L_0 - (d_{\max} + 2\delta d) \quad (3.36)$$

$$S_{3\min 1} = 2,5 - (1,1 + 2 \cdot 0,15) = 1,1 \text{ мм},$$

$$S_{3\min 2} = 2,5 - (1,5 + 2 \cdot 0,15) = 2,5 - 1,8 = 0,7 \text{ мм}.$$

При розрахунку мінімальної відстані між провідником і контактною площадкою, а також мінімальної відстані між контактними площадками в результаті розрахунків вийшли від'ємні значення.

.Висновок із проведених розрахунків: ширина друкованого провідника визначена як 4,36 мм. При визначенні мінімальної відстані між провідником і контактними майданчиками, а також між самими майданчиками, були отримані від'ємні значення. У зв'язку з цим можна зробити висновок, що всі контактні майданчики матимуть нестандартні розміри, а провідники будуть використовуватися з вузькими ділянками.

Мінімальна відстань між провідником і контактним майданчиком становитиме 0,09 мм. Проте, з урахуванням того, що для обраного 3 класу точності відстань має бути між 0,5 і 0,6 мм, у цьому випадку вона складе 0,6 мм.

Мінімальна відстань між двома контактними майданчиками становитиме 0,2 мм.

Оскільки для 3 класу точності відстань між контактними майданчиками має бути від 0,5 до 0,6 мм, у цьому випадку вона також становитиме 0,6 мм.

Мінімальна відстань між двома провідниками буде 0,3 мм. Та, зважаючи на вимоги 3 класу точності, де відстань має бути між 0,5 і 0,6 мм, у даному випадку вона складе 0,6 мм.

3.4 Загальні відомості про складання і монтаж тованого виробу.

Щоб забезпечити технологічність конструкції виробу та зручність його складання під час виробництва, а також розбирання при налагодженні, корпус можна виконати з передньої і задньої панелей, а також верхньої і нижньої кришок. Така конструкція повинна забезпечувати легкий доступ до блоків виробу для їх регулювання і налаштування.

Цей корпус виготовляється з пластмаси. Пластмасові корпуси мають переваги перед іншими матеріалами, оскільки вони є легшими, мають привабливий естетичний вигляд, а також дозволяють створювати складніші форми. Однак їх недоліком є погані властивості щодо тепловідведення, особливо для пристроїв, які значно нагріваються, тому застосовуються радіатори. Такі корпуси виготовляються методом лиття під тиском, що є одним з основних способів у виробництві.

Цей спосіб виготовлення полягає в заповненні формувальної порожнини прес-форми розплавленим матеріалом, який потім ущільнюється під тиском і охолоджується. Для кріплення друкованого модуля відливаються чотири стійки, а товщина стінок корпусу становить 2 мм. Завдяки використанню друкованого монтажу значно спростилися процеси збирання модуля, а також налаштування і регулювання.

Головним елементом виробу є друкована плата, яка виготовляється хімічним методом з одностороннього фольгованого склотекстоліту СФ1-35-ІКП (ГОСТ 10316-78) з товщиною 1,5 мм. Цей метод передбачає травлення незахищених ділянок на фользі, що утворює друкований монтаж.

Цей метод є найпоширенішим і найпростішим способом виготовлення плати. Перед встановленням радіоелементів плата маркується фарбою ТНПФ-01 (ТУ29-02-889-88).

Підготовка радіоелементів до встановлення на плату включає формування виводів зигзагоподібно, що зменшує час роботи, зменшує трудомісткість і усуває потребу в збільшенні робочих місць. Виводи конденсаторів і мікросхем

не формуються, оскільки вони вже готові. Лудіння виводів радіоелементів проводиться вручну із застосуванням флюсу АТІ-120.

Радіоелементи встановлюються вручну, а пайка здійснюється автоматизовано за допомогою хвилі припою, що дозволяє одночасно запаювати всі виводи. Для радіоелементів, які не можуть бути припаяні автоматично, використовується ручна пайка електричним паяльником на 36 В.

Припій, що використовується, типу ПОС-61 (ГОСТ21931-76) разом з флюсом АТІ-120 (ГОСТ32142-82). Після пайки плата миється та покривається захисним безбарвним лаком АК-113 (ГОСТ23832-79), що захищає її від вологи та впливів навколишнього середовища і витримує температури від -60 до +100 °С. Плату закріплюють за допомогою саморізів за допомогою електровикрутки, що підвищує швидкість збирання. Пояснювальні написи на корпусі наносяться швидковисихаючою фарбою за допомогою трафаретного друку.

3.5 Оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристроїв, обладнання

Технологічність конструкції виробу є сукупністю властивостей, які відображають можливість оптимізації затрат праці, виробничих засобів, матеріалів і часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту, при порівнянні з аналогічними виробами, забезпечуючи при цьому встановлені показники якості.

Оцінка технологічності виробу здійснюється для забезпечення ефективного аналізу та оптимізації конструкції з метою зменшення часу та ресурсів, витрачених на її розробку, технологічну підготовку, виготовлення, експлуатацію та ремонт.

Під час якісної оцінки проводиться конструктивно-технологічний аналіз конструкції з точки зору її відповідності умовам виробництва і витратам на виготовлення та експлуатацію. Якісна оцінка технологічності включає опис і обґрунтування вибору матеріалів для конструктивних елементів корпусу і

плати, із зазначенням використовуваних методів і умов виготовлення, а також застосовуваних інструментів і обладнання.

Під час якісної оцінки оцінюються обсяг робіт, а також інструменти й пристрої, необхідні для виготовлення. Нижче наведено перелік необхідних операцій:

Заготівельні роботи включають підготовку всіх необхідних радіoeлектронних компонентів для подальшого використання.

Установка та кріплення деталей здійснюються вручну. Однак на цьому етапі виробництва можуть використовуватися напівавтоматизовані машини.

Вкладання та механічне кріплення монтажних проводів (гнучких перемичок), які будуть підключатися до радіoeлектронних компонентів (РЕК), що не розміщені на друкованому модулі.

Пайка монтажних з'єднань здійснюється автоматизовано методом пайки хвилею, а гнучкі перемички паяються вручну за допомогою електричного паяльника. Пайка виконується припоєм ПОС-61 і флюсом АПІ-120.

Контроль механічної міцності паяних з'єднань проводиться на спеціальних стендах, де створюються штучні вібрації, тиск та інші фактори, що відповідають умовам експлуатації пристрою. Цю роботу виконують фахівці, які вміють керувати спеціалізованим обладнанням.

Контроль правильності монтажних з'єднань здійснюється візуально працівниками із середньою кваліфікацією.

Контроль електричної міцності з'єднань проводиться на спеціальних панелях. Цей процес виконують працівники середньої кваліфікації.

Після завершення цього технологічного процесу отримуємо друкований модуль проєктованого пристрою. Наступним етапом є виготовлення корпусу. Оскільки буде виготовлено дві кришки та дві панелі, технологічний процес включатиме такі операції:

Виготовлення форми згідно з типовою інструкцією за допомогою верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Виготовлення кришок з пластмаси шляхом лиття під тиском.

Виконання механічної обробки.

Контроль якості, що передбачає 100% перевірку, здійснювану фахівцями візуально.

Збирання елементів корпусу завершує процес виготовлення виробу. Операції складання детально описані в технологічному процесі.

3.6 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних і допоміжних матеріалів.

Для виготовлення друкованого модуля необхідно створити друковану плату з провідниками, отворами та контактними майданчиками. Як діелектричну основу ми використовуємо склотекстоліт, який має відповідати таким вимогам:

Мати високу механічну міцність при невеликій товщині.

Бути гнучким і піддаватися різним методам різання.

Мати високу хімічну стійкість і вологостійкість.

Мати низьку діелектричну проникність.

Забезпечувати високу адгезію.

Мати мінімальні діелектричні втрати в діапазоні робочих частот.

На цьому етапі ми використовуємо фольгований склотекстоліт товщиною 35 мкм, з міддю в якості провідного шару. Цей матеріал забезпечує необхідні провідні властивості, а також хорошу адгезію з ізолюючим матеріалом. Друковану плату виготовляємо хімічним методом, що включає такі етапи:

Різання заготовок.

Пробивання базових отворів.

Підготовка поверхні заготовок.

Нанесення сухого плівкового фоторезисту.

Нанесення захисного лаку.

Свердління отворів.

Хімічне міднення.

Зняття захисного лаку.

Гальванічне напилення.

Електролітичне міднення та нанесення захисного покриття.

Зняття фоторезисту.

Травлення друкованої плати.

Промивання друкованої плати.

Механічна обробка.

Після виконання цих операцій ми отримаємо готову двосторонню друковану плату з монтажними та кріпильними отворами і схемою провідників.

3.7 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

Життєвий цикл виробу значною мірою залежить від технологічності його конструкції під час виготовлення та експлуатації. Конструкція виробу повинна бути адаптована до конкретних умов: технології, обладнання, технічних оснащень та організації процесу.

Автоматична збірка ставить особливі вимоги до конструкції виробу та його елементів. Недостатнє і нечітке виконання цих вимог може призвести до зниження якості складання, невиправданих витрат праці, коштів, матеріалів і часу, а також може ускладнити автоматизацію складальних процесів.

Автоматична збірка — це процес з'єднання частин виробу, що виконується з допомогою автоматичного складального обладнання і включає такі етапи:

завантаження та попередня орієнтація деталей;

транспортування деталей до зони зборки;

базування та остаточна орієнтація;

виконання з'єднання;

видалення зібраного виробу або складової одиниці з позиції зборки.

При кількісній оцінці технологічності розраховується комплексний показник технологічності K , який враховує усереднене значення часткових показників з урахуванням коефіцієнтів, що відображають їх значимість у розрахунку.

Коефіцієнт використання мікросхеми Квик.імс обчислюється за допомогою формули.

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{5}{5 + 52} = 0,08 \quad (3.37)$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу КА.М виробу також визначається відповідною формулою.

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{183}{190} = 0,96 \quad (3.38)$$

де NA.М — загальна кількість монтажних з'єднань, які виконуються або можуть бути виконані автоматизованим способом, тобто із застосуванням механізмів для здійснення монтажних з'єднань;

NМ — загальна кількість монтажних з'єднань.

Коефіцієнт амортизації і механізації підготовки електронних радіоелементів до монтажу КМ.П.ЕРЕ обчислюється за допомогою формули.

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{12}{33} = 0,36 \quad (3.39)$$

де NM.П.ЕРЕ — кількість електронних радіоелементів (ЕРЕ), підготовка до монтажу яких здійснюється або може здійснюватися механізованим або автоматизованим способом, тобто за наявності механізмів, обладнання чи пристроїв для виконання цих операцій. Ця категорія включає також ті ЕРЕ, які не потребують спеціальної підготовки до монтажу.

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів, позначений як КПОВТ.ЕРЕ, визначається за формулою.

де NЕРЕ — загальна кількість електрорадіоелементів у виробі.

:

Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів КЗАСТ.ЕРЕ обчислюється за допомогою формули

$$K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{ТОЕРЕ}}}{H_{\text{ТЕРЕ}}} = 1 - \frac{13}{29} = 0,55 \quad (3.41)$$

де NT.OP.EPE — кількість типорозмірів оригінальних електрорадіоелементів у виробі; NT.EPE — загальна кількість типорозмірів електрорадіоелементів у виробі

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів KBCT.P обчислюється за допомогою формули.

$$K_{\text{BCT.P}} = 1 - \frac{N_{\text{BCT.P}}}{N_{\text{EPE}}} = 1 - \frac{64}{33} = -0,93 \quad (3.42)$$

де NBCT.P — кількість типів установочних розмірів електрорадіоелементів у виробі.

Таблиця 3.3 Комплексний показник технологічності

№ п/п	Показник технологічності	Позначення	Величина	φ_i
1.	Коефіцієнт використання мікросхем і мікрозбірок.	$K_{\text{вик.імс}}$	0,08	1,000
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу.	$K_{\text{а.м.}}$	0,96	1,000
3.	Коефіцієнт механізації підготовки EPE.	$K_{\text{м.п.еpe}}$	0,36	0,750
4.	Коефіцієнт повторюваності EPE.	$K_{\text{повт.еpe}}$	0,12	0,500
5.	Коефіцієнт застосовуваності EPE.	$K_{\text{заст.еpe}}$	0,55	0,310
6.	Коефіцієнт встановочних розмірів EPE.	$K_{\text{вст.р.}}$	-0,93	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формоутворення.	$K_{\text{ф}}$	1	0,110

Коефіцієнт прогресивності формоутворення деталей (КФ) обчислюється за допомогою формули.

$$K_{\text{ф}} = \frac{D_{\text{пп}}}{D} = \frac{14}{14} = 1 \quad (3.43)$$

де ДПР — кількість деталей або заготовок, отриманих прогресивним методом формоутворення.

Комплексний показник технологічності визначається за формулою, де:

K_i — величина показника відповідно до таблиці 1 для класу "Електронні блоки";

функція, яка враховує вагову значимість показника залежно від його порядкового номера в таблиці 3.1.

$$K = \frac{\sum K_i \phi_i}{\sum \phi_i}, \quad (3.44)$$

$$K = \frac{0,08 + 0,96 + 0,33 + 0,06 + 0,18 - 0,13 + 0,11}{3,857} = \frac{1,51}{3,857} = 0.39$$

Таблиця 3.4 Стадії розробки робочої документації

Найменування класу блоків	Стадії розробки робочої документації		
	Дослідний взірець	Установочна серія	Серійне виробництво
Електроні	0,40-0,70	0,45-0,75	0,50-0,80
Радіотехнічні	0,40-0,60	0,75-0,8	0,80-0,85
Електромеханічні	0,30-0,50	0,40-0,55	0,45-0,60

Оцінка рівня технологічності виробу здійснюється шляхом порівняння розрахованого комплексного показника K з комплексним нормативним показником K_n (таблиця). Часткові показники технологічності визначаються за допомогою формул, і на їх основі розраховується комплексний показник технологічності.

Оцінка рівня технологічності виробу визначається шляхом порівняння розрахованого комплексного показника K з комплексним нормативним

показником K_n , який встановлюється для аналогових виробів і відображає реально існуючий рівень технологічності на підприємствах, що випускають аналогічні радіоелектронні пристрої. Це співвідношення має відповідати умовно:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad \frac{0,39}{0,5} = 0,76 \leq 1 \quad (3.45)$$

З цього співвідношення видно, що умова виконується, отже, виріб вважається нетехнологічним.

3.8 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу

Ці друковані модулі виготовлені на основі одностороннього фольгованого текстоліту СФ-2-34-151КП. Плату виготовляють хімічним методом. Після виготовлення друкованої плати здійснюється складання друкованих модулів.

Нижче наведено опис маршрутно-операційної технології складання, яка подібна для інших аналогічних процесів.

Розконсервація плати: плата виймається з целофанової упаковки за допомогою ножиць РТ 543912.

Маркування заводського номера: заводський номер наноситься типографською фарбою згідно з ДСТУ 471917 за допомогою штемпеля РТ 127474.

Захист плати: плата покривається латексом за допомогою дозатора латексу РД 457922, для захисту контактних майданчиків, елементів, які будуть запаюватися вручну, а також різних різьбових з'єднань.

Сушка: здійснюється сушіння плати у сушильних шафах РД 345218.

Формування виводів ЕРЕ: автоматизоване формування виводів резисторів, кварцових резонаторів, транзисторів та стабілізаторів, що виконується за допомогою установок для формування РД 012457, РД 010126, РД 010127.

Встановлення ЕРЕ: електрорадіоелементи, які будуть запаюватись автоматизовано, встановлюються на друкований вузол. Це включає постійні

резистори, кварцеві резонатори, конденсатори (включаючи електролітичні), штирьові виводи, стабілізатори, транзистори, підстроювальний резистор.

Встановлення ЕРЕ: встановлюються елементи, які будуть запаюватись автоматизовано, а саме: постійні резистори, мікросхеми, конденсатори, електролітичні конденсатори, клемні роз'єми.

Автоматизована пайка: відбувається автоматизоване запаювання ЕРЕ за допомогою хвилі припою, з використанням припою марки ПОС-61. Пайка здійснюється установкою РД 309104.

Автоматизована пайка: здійснюється автоматизоване запаювання електрорадіоелементів у печі з використанням припоївної пасти марки SN-6209. Цей процес проводиться на установці РД 387695.

Електромонтажна операція: виконують рихтування елементів, а потім вручну встановлюють і запаюють котушки індуктивності. Використовуються паяльна станція РТ 107878, пінцет РТ 234231, припій ПОС-61 (ГОСТ 549376) та флюс ФКС (ГОСТ 3214282).

Оживлення: процес оживлення проводиться в технологічній обстановці відповідно до інструкції І1.

Технічний контроль: здійснюється у технологічній установці, після чого проводиться візуальний контроль зовнішнього вигляду вузла, якості пайки, монтажу електрорадіоелементів і їх електричних параметрів згідно з інструкцією І2.

Лакування: плата покривається лаком АК-113 за допомогою установки для лакування РД 759815.

3.9 Розробка маршрутно-операційної технології складання проектного виробу

Маршрутно-операційна технологія складання і монтажу визначає послідовність виконання операцій спочатку для виготовлення друкованого модуля, а потім для складання корпусу всього пристрою. Цей процес

здійснюється на основі спеціальних технологічних карт із дотриманням відповідних вимог.

У технологічних картах також розраховується кількість матеріалів, витрачених на виробництво, і час, необхідний для складання виробу.

Докладний опис маршрутно-операційної технології складання і монтажу друкованого модуля наведено в додатках до цього курсового проекту.

3.10 Опис технології ремонту та регулювання радіопристрою

Запровадження програмних рішень для прогнозування потреби в обслуговуванні може суттєво зменшити ризик несправностей, здійснюючи своєчасне виявлення проблем у системі та планування технічного обслуговування чи заміни компонентів. Це підвищує довговічність і загальну продуктивність сигналізаторів.

Розвиток модульних рішень забезпечує легше налаштування та масштабування систем під специфічні вимоги клієнтів. Це може включати додавання нових функцій або адаптацію до особливих умов експлуатації, що підвищує конкурентоспроможність і технологічну гнучкість продукту.

Впровадження самонавчальних алгоритмів в ультразвукові сигналізатори здатне підвищити адаптивність системи до зміни умов навколишнього середовища. Використовуючи технології глибокого навчання та нейронні мережі, пристрої можуть постійно оптимізувати свою роботу на основі аналізу накопичених даних, що дозволяє зменшити кількість помилкових спрацьовувань і підвищити точність детектування.

Забезпечення безпеки через ефективні засоби виявлення вогню сприяє підвищенню загальних стандартів життя, знижуючи ризики для здоров'я та майна.

У цьому пристрої може виникнути несправність. Причин для цього може бути багато, проте для діагностики ми використаємо алгоритм пошуку, зображений на рисунку 3.3. Пристрій може не видавати сигнал на виході.

Почнемо пошук несправності з перевірки напруги на виході. Спершу перевіряємо запобіжник С3 за допомогою вольтметра; якщо сигнал відсутній, його потрібно замінити на справний, а якщо сигнал присутній, перевіряємо конденсатор С4. Якщо конденсатор не передає сигнал, його слід замінити, а якщо сигнал є, переходимо до перевірки стабілізатора напруги HL1. Якщо на ньому немає напруги, його потрібно замінити, а якщо напруга є, продовжуємо перевірку. Якщо на виході мікросхеми відсутня напруга, її слід замінити.

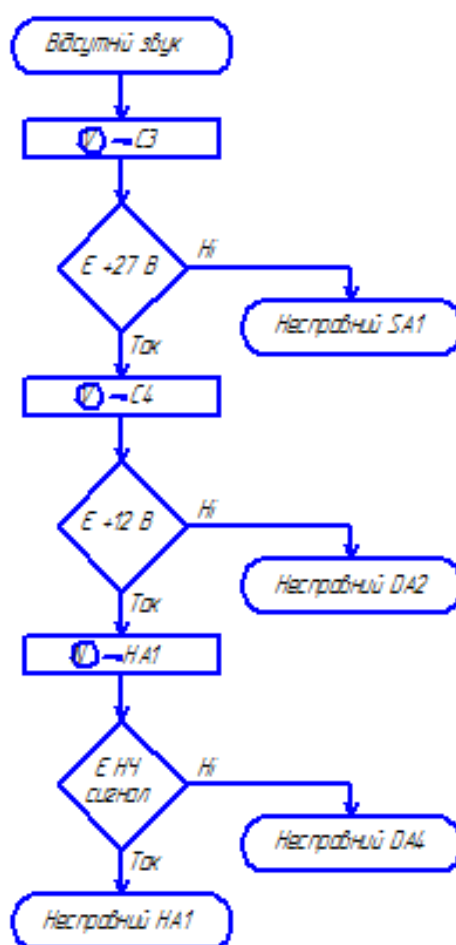


Рисунок 3.3 - Алгоритм пошуку несправності приладу.

Використання систем зворотного зв'язку від користувачів дозволяє коригувати та вдосконалювати функціональність сигналізаторів, враховуючи реальні умови експлуатації та відгуки користувачів, що підвищує якість та надійність продукту.

Ці аспекти підкреслюють важливість розробки, впровадження та експлуатації ультразвукових сигналізаторів для створення безпечнішого

середовища. Продовження технологічного розвитку, підтримка інновацій і реалізація нових ідей є вирішальними факторами в успішності проекту. Інтеграція алгоритмів машинного навчання та обробки даних дає можливість системі розпізнавати шаблони, пов'язані з початком загорянь, істотно знижуючи кількість помилкових викликів і підвищуючи швидкість реагування. Чим більше даних система обробляє, тим точнішими стають її прогнози.

3.11 Математичне моделювання сигналізатора запалювання

Моделювання роботи ультразвукового сигналізатора за допомогою комп'ютерних симуляцій дозволяє передбачити його поведінку у різних сценаріях загоряння і забезпечити оптимальну конструкцію системи.

Використання програмних інструментів, таких як MATLAB або ANSYS, допомагає в імітації динаміки чутливості сенсорів та їхньої здатності реагувати на різні типи загоряння.

Перед реальними випробуваннями в лабораторії чи польових умовах, віртуальне тестування може використовуватися для виявлення слабких місць у конструкції, оптимізації розташування компонентів і налаштування алгоритмів обробки сигналів, зменшуючи витрати на прототипування.

Смарт-підключення та взаємодія

Інтеграція з IoT дозволяє ультразвуковому сигналізатору загоряння працювати спільно з іншими розумними пристроями в мережі, такими як розумні термостати, системи вентиляції та охоронні камери.

Це створює єдину екосистему, здатну автоматично реагувати на зміни у середовищі або потенційні загрози.

Збирання та обробка даних у реальному часі із сенсорів, підключених до IoT, забезпечує доступ до важливої інформації, такої як статистика подій, профілактичні показники та аналіз ймовірних джерел загоряння.

Це може значно підвищити здатність до прогнозування і швидкість реагування на надзвичайні ситуації.

Індикація зміни фізичних показників середовища за оцінками поширення в ньому акустичного сигналу.

Акустичні хвилі, в тому числі ультразвукові, поширюються у вигляді поздовжніх коливань густини середовища.

Швидкість поширення поздовжніх хвиль в газах

$$v = \sqrt{\frac{\mu RT}{M}} = \sqrt{\frac{\mu P}{\rho}}, \quad (3.45)$$

$$\mu = \frac{C_P}{C_P},$$

де C_P , C_P – питомі теплоємності газу при постійному тиску і температурі відповідно; M – молярна маса; P – тиск; ρ – густина – фізичні характеристики, які залежать від температури і структури середовища.

Відтак при підвищенні температури і задимленні детектор реагує на зміну контрольного сигналу (як, наприклад, на рис.3.4).

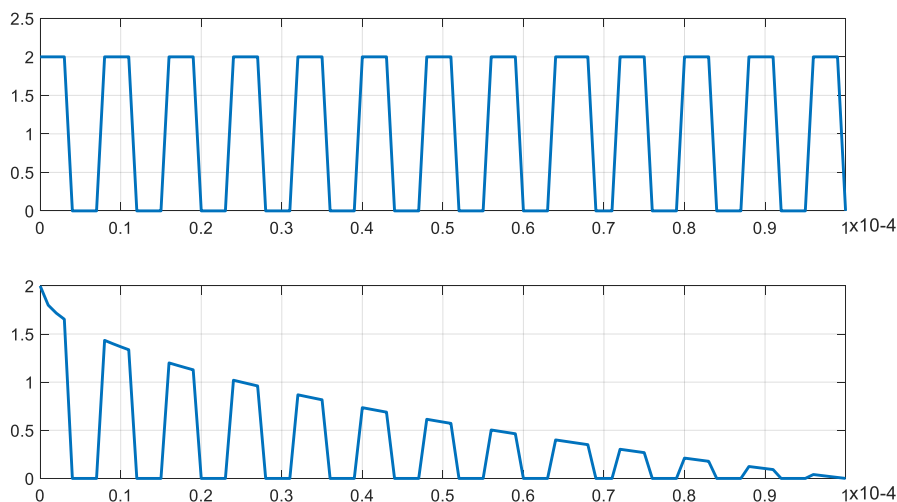
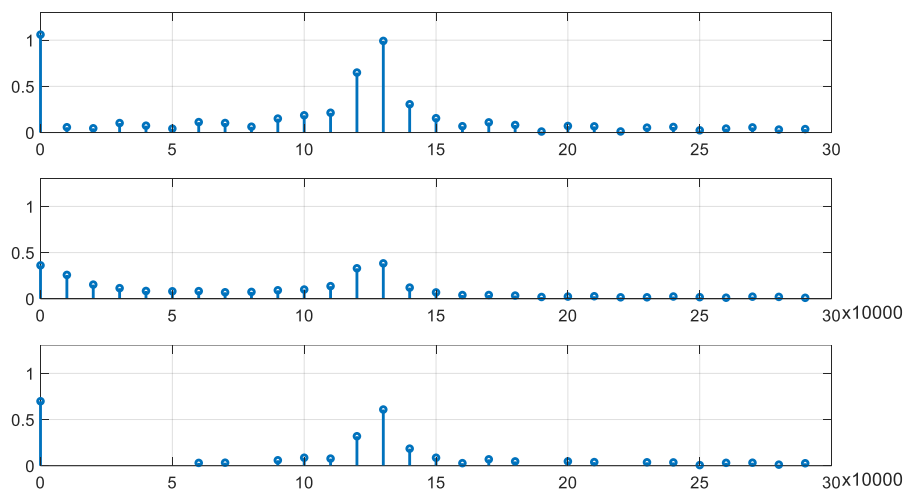
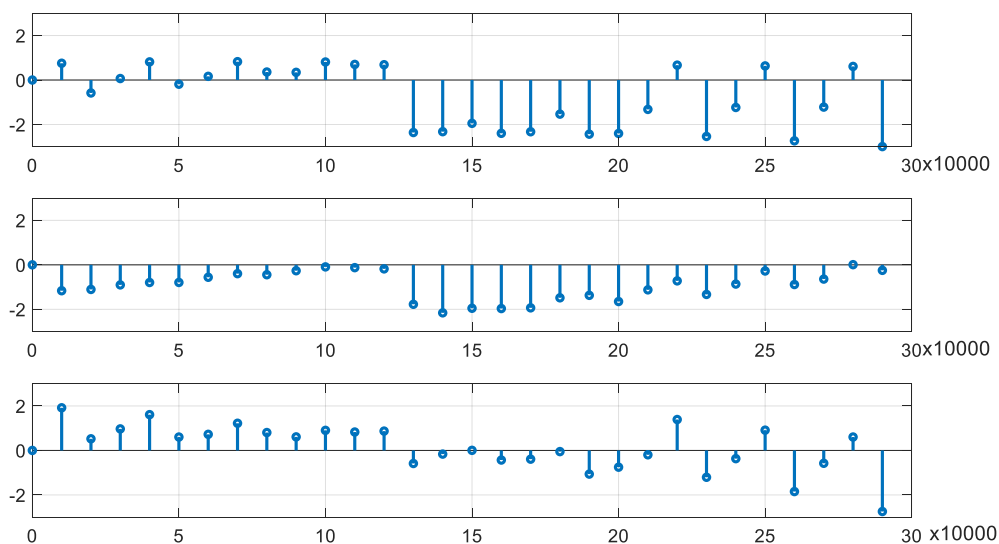


Рисунок 3.4 Контрольний сигнал на детекторі при відсутності задимлення(верхній графіків імпульсів) і при появі (нижній графік)

Для оцінки зміни порівняємо спектральні характеристики отриманих сигналів в обох випадках. На рис. 3.4 в перших двох графічних вікнах приведено амплітудні (а) і фазові (б) складові спектру пакетів імпульсів з рис. 3.4.



а)



б)

Рисунок 3.5 Амплітудні (а) і фазові (б) спектри сигналу на детекторі для обох випадків з рис. 1 та їх різниця

Відхилення від еталонного стану можемо оцінити за згортанням ряду Фур'є за амплітудними і фазовими компонентами, отриманими з різниці відповідних значень для еталонного і аварійного сигналів (треті графічні вікна на рис 3.5 а, б), яке для розглянутого випадку показано на рис. 3.

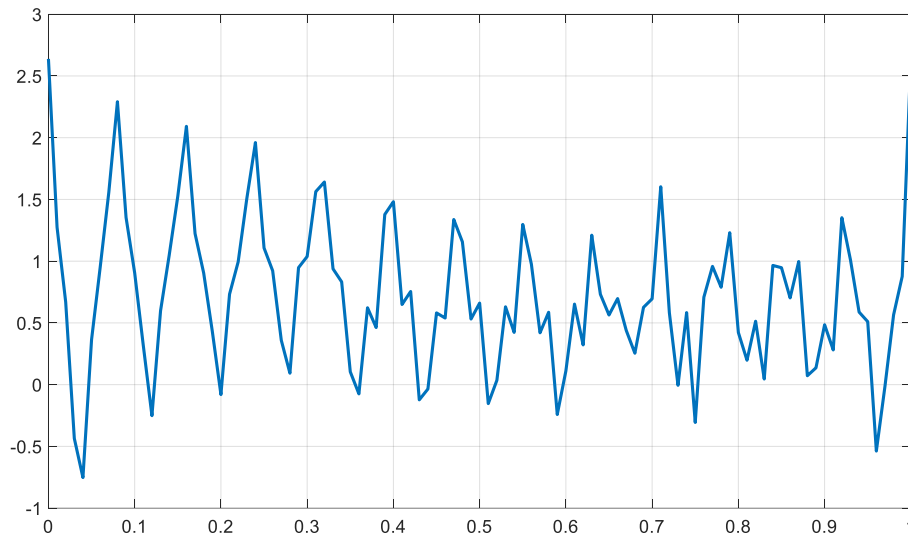


Рисунок 3.6 Відтворення тестової частини сигналу за 50-ма гармоніками спектру

Реконструйований в такий спосіб сигнал після відповідного перетворення (фільтрування, підсилення) може служити індикатором для спрацювання сигналізації.

ПЗ для виконаного дослідження

%умовний період вхідного сигналу

Tk=1;

dt=0.01;

t=0:dt:Tk;

%вхідний сигнал

g=square(25*pi*t,50)+1;

gf=g.*(1-sqrt(t));

subplot(2,1,1)

plot(t,g),grid

axis([0,1,0,2.5])

subplot(2,1,2)

plot(t,gf),grid

%кількість гармонік апроксимаційного ряду Фур'є

```

% для відтворення аварійного сигналу
n=50;
%розклад в ряд Фурє контрольного сигналу
df=1/Tk;
FK=1/dt;
F=-FK/2:df:FK/2;
l=length(F)
y=fft(g);
yf=fft(gf);
z=fftshift(y);
zf=fftshift(yf);
a=abs(z);
b=angle(z);
a=a*2*dt/Tk;
a(51)=a(51)/2
af=abs(zf);
bf=angle(zf);
af=af*2*dt/Tk;
af(51)=af(51)/2
% спектральні характеристики сигналу
figure
subplot(3,1,1);
stem(F(51:80),a(51:80)),grid
axis([0,30,0,1.3])
subplot(3,1,2)
stem(F(51:80),af(51:80)),grid
axis([0,30,0,1.3])
subplot(3,1,3);
stem(F(51:80),a(51:80)-af(51:80)),grid
axis([0,30,-0,1.3])

```

```

figure
subplot(3,1,1)
stem(F(51:80),b(51:80)),grid
axis([0,30,-3,3])
subplot(3,1,2)
stem(F(51:80),bf(51:80)),grid
axis([0,30,-3,3])
subplot(3,1,3);
stem(F(51:80),b(51:80)-bf(51:80)),grid
axis([0,30,-3,3])
%Відтворення вхідного сигналу за n гармоніками ряду Фур'є
s=(a(51)-af(51))*cos(b(51)-bf(51));
for i=1:n
    s=s+(a(51+i)-af(51+i))*cos(2*pi*i*t+(b(51+i)-bf(51+i)));
end
figure
plot(t,s),grid

sa=a(51)*cos(b(51));
for i=1:n
    sa=sa+a(51+i)*cos(2*pi*i*t+b(51+i));
end
figure
plot(t,sa),grid

```

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вимоги техніки безпеки при виконанні монтажу виробу

Складально-монтажні роботи повинні проводитися згідно з вимогами ТУ 5.633-5087-83, ТУ 5.663-18304-80, ТУ 5.633-18303-80 та ОСТ 4ГО.091.202

Організація робочих місць складально-монтажних робіт повинна відповідати ОСТ 4ГО.091.092.

Складання друкованих плат

Складання друкованих плат із електрорадіоелементів (ЕРЕ) та інтегральних схем (ІС) є першим необхідним етапом монтажу приладу чи системи. Вона характеризується тим, що ЕРЕ та ІС геометрично розміщуються на друкованій платі згідно із складальним кресленням П91.994...

Так як складання є першим етапом монтажу, то дефекти складання в разі, коли вони залишаються не виявленими, негативно впливають на подальші етапи монтажу і є причиною додаткових витрат.

Незалежно від методу складання можна сформулювати принцип збірки друкованих плат: плати і компоненти повинні так переміщуватися один до одного, щоб в результаті цього переміщення всі виводи компонентів зайняли свої місця, зумовлені електричною схемою вузла і необхідним контактуванням з друкованою платою.

Із аналізу цього принципу визначаються робочі операції, які повинні робитися при складанні друкованих плат.

Перед монтажем всі ЕРЕ повинні проходити вхідний контроль по електричних параметрах. Організація вхідного контролю залежить від типу виробництва. В масовому виробництві контроль здійснюють на спеціальних

стендах, де на шкалах приладів нанесені граничні значення параметрів ЕРЕ. Всі прилади на стендах повинні мати точність у відповідності з ТУ на ці вироби. Інколи вхідний контроль здійснюють разом з підготовкою до монтажу.

Підготовка ЕРЕ до монтажу включає слідуєчі операції

розпаковка елементів;
вхідний контроль;
формування виводів;
обрізання виводів;
лудіння виводів.

Лудіння ЕРЕ повинно проводитись тими ж припоями, що і наступне паяння.

При лудінні ЕРЕ чутливих до теплового впливу, дозволяється лудіння припоєм з пониженою температурою плавлення .

4.2 Вимоги техніки безпеки при експлуатації виробу

Головною засадою організації безпечної експлуатації електроустановок є забезпечення обслуговування їх висококваліфікованим персоналом. Існує п'ять груп з електробезпеки персоналу, котрий обслуговує електроустановки.

I група. Група присвоюється особам, які не мають спеціальної електротехнічної підготовки, але мають елементарну уяву про небезпеку ураження електричним струмом і про заходи електробезпеки при роботі на обслуговуваних ділянці, електроустановці. Для I групи стаж роботи в електроустановках не нормується

II група. Особи цієї групи повинні мати елементарне технічне знайомство з електроустановками, чітко уявляти небезпеку ураження електрострумом, наближення до струмоведучих частин, знати основні заходи безпеки при роботі на електроустановках, вміти надавати першу допомогу.

III група. Особи, що належать до цієї групи, повинні: знати будову електричних установок та вміти їх обслуговувати; мати уяву про небезпеку під час обслуговування електричних установок; знати загальні правила техніки безпеки, правила допуску до роботи в електричних установках напругою до 1000

В, спеціальні правила техніки безпеки з тих видів робіт, котрі входять в коло обов'язків даної особи; вміти здійснювати нагляд за тими, хто працює з електроустановками та надавати першу допомогу.

IV група. Особи цієї групи повинні: мати знання з електротехніки в обсязі спеціалізованого профтехучилища; мати повну уяву про небезпеку під час роботи на електроустановках; знати повністю ПТЕ та ПТБ; знати установку настільки, щоб вільно орієнтуватись в тому, які саме елементи повинні бути вимкненими для безпечного виконання

V група. Особи цієї групи повинні: знати всі схеми та обладнання своєї ділянки; знати ПТЕ та ПТБ в загальній та в спеціальній частинах;

знати, чим викликана та чи інша вимога правил; вміти організовувати безпечне виконання робіт та здійснювати нагляд в електричних установках будь-якої напруги; навчати персонал інших груп правилам техніки безпеки; вміти надавати першу допомогу.

Електробезпека при користуванні електроенергією у побутових приміщеннях

Правильне користування електроенергією вдома, в сухих приміщеннях, в приміщеннях з дерев'яною підлогою практично виключає випадки ураження електричним струмом.

Однак внаслідок порушення правил користування електроприладами і апаратами, викладених в інструкціях, які додаються заводом до цих приладів, несвоєчасного їх ремонту і недбалого зберігання часто трапляються випадки електротравми у побуті.

4.3 Безпека життєдіяльності

Виходячи з сучасних уявлень безпека життєдіяльності є багатограним об'єктом розуміння і сприйняття дійсності, який потребує поєднання різних стратегій, сфер, аспектів, форм і рівнів пізнання. Складовими цієї галузі є різноманітні науки про безпеку.

В процесі життєдіяльності людину постійно супроводжують ті чи інші небезпеки, тому вивчення їх особливостей, умов прояву, наслідки впливу – одне з основних завдань БЖД.

Життєвий досвід людини показує, що шкоду людині може нанести будь-яка діяльність: робота на виробництві (трудова діяльність), різні види відпочинку, розваги та навіть діяльність, пов'язана з навчанням.

Очевидно, що центральним поняттям безпеки життєдіяльності є небезпека, вона є явищем, процесом, об'єктом, властивостями, які здатні за певних умов завдати шкоди здоров'ю чи життю людини як прямо, так і згодом

У сучасному суспільстві час механізми взаємодії людини та природи, людини та техніки, індивіда та суспільства, все частіше порушуються, що призводить до появи багатьох нових небезпек для нормальної життєдіяльності. Суспільство зазнає значних втрат у вигляді людських жертв, збитків від аварій, катастроф, стихійних лих та ін. Забезпечення екологічної, техногенної і соціальної безпеки та у випадку надзвичайних ситуацій стає однією із головних проблем будь-якої держави.

За таких умов все більш значною та необхідною стає потреба у формуванні знань з безпеки життєдіяльності, як умови забезпечення комфортного та безпечного життя.

Джерелом небезпеки може бути все живе та неживе. Носіями небезпек є природні процеси та явища, техногенне середовище та дії людей.

Небезпеки не мають вибіркових властивостей, під час свого виникнення вони негативно діють на все матеріальне середовище, що оточує їх. Небезпеки реалізуються у вигляді потоків речовини, енергії та інформації, вони існують у просторі та в часі.

.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Проектування виробу здійснювалось з врахуванням сучасних вимог конструктивно-технологічного, економічного, естетичного характеру, норм ергономіки та дизайну.

Характерними особливостями пристрою є простота виготовлення, зручність експлуатації та ремонту, перспективність збуту.

З проведених розрахунків кількісної оцінки технологічності видно, що конструкція даного пристрою є повністю технологічною і відповідає існуючому рівню технологічності на підприємствах по випуску подібної РЕА.

Використання сучасної елементної бази дозволило зменшити його габарити і масу, забезпечити високий рівень вібростійкості та надійності.

Технологічний процес виготовлення проектного виробу достатньо простий і нетрудомісткий, більшість операцій піддаються автоматизації і механізації. Це істотно зменшує затрати праці, підвищує її продуктивність, позитивно впливає на собівартість готової продукції.

Пристрій повністю пристосований для малосерійного виробництва з можливим переходом підприємства на його серійний випуск.

Розповсюдженість і широке практичне застосування вибраних елементів значно полегшує ремонт проектного виробу.

Собівартості виробництва пристрою показав, що запропонований пристрій доступний по ціні для його придбання громадянами із середнім рівнем матеріального забезпечення.

Основні виклики, які потребують вирішення — це здатність ультразвукових сигналізаторів працювати в умовах значних шумових перешкод і діапазон температур.

Однак, завдяки швидкому розвитку технологій та алгоритмів обробки сигналу перспективи для впровадження таких систем в широких масштабах стають значно реальнішими. Інтеграція з сучасними технологіями IoT

дозволить створювати самонавчальні системи, здатні розпізнавати особливі ознаки загоряння в режимі реального часу.

Ультразвукові сигналізатори загоряння представляють собою перспективну альтернативу для підвищення безпеки на різних об'єктах. Вони можуть бути інтегровані як в нові, так і в існуючі системи, забезпечуючи більш оперативне і точне виявлення пожеж. Подальші розробки в цій галузі можуть призвести до значних покращень у сфері захисту життя і майна.

Розробка та виробництво ультразвукових сигналізаторів можуть стати важливими драйверами економічного зростання, забезпечуючи нові робочі місця у високотехнологічних галузях.

Це також стимулює зростання суміжних секторів, таких як виробництво сенсорів, електронних компонентів та програмного забезпечення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Müller, H., & Schmidt, C. (2020). Ultrasonic sensors for fire detection: A survey of recent developments and applications. *Journal of Fire Safety Engineering*.
2. Novikova, E. (2019). Integration of ultrasonic fire alarms in modern security systems. *European Journal of Engineering and Security*.
3. Dupont, J.-L. (2018). Advancements in sensor technologies for early fire detection in Europe. *Sensors and Actuators Journal*.
4. Rossi, M., & Bianchi, A. (2021). Ultrasound-based monitoring for fire safety: Methods and challenges. *International Journal of Disaster Prevention*.
5. Berg, P., & Lewandowski, T. (2019). Design and implementation of ultrasonic fire detection systems. In *Proceedings of the European Conference on Safety and Detection Technologies*.
6. Vanderwaal, A. (2018). The role of ultrasonics in environmental monitoring and fire safety. *Journal of Environmental Protection and Safety*.
- 7 "Ultrasonic Sensors for Fire Detection: A Survey of Recent Developments and Applications" Dr. Hans Müller, Dr. Claudia Schmidt *Journal of Fire Safety Engineering*, 2020.
- 8."Integration of Ultrasonic Fire Alarms in Modern Security Systems" Prof. Elena Novikova *European Journal of Engineering and Security*, 2019.
9. "Advancements in Sensor Technologies for Early Fire Detection in Europe" Dr. Jean-Luc Dupont *Sensors and Actuators Journal*, 2018.
10. "Ultrasound-Based Monitoring for Fire Safety: Methods and Challenges" Prof. Maria Rossi, Dr. Antonio Bianchi *International Journal of Disaster Prevention*, 2021.
11. "Design and Implementation of Ultrasonic Fire Detection Systems" Dr. Patrick Berg, Ing. Tomasz Lewandowski *European Conference on Safety and Detection Technologies*, 2019.
6. "The Role of Ultrasonics in Environmental Monitoring and Fire Safety" Dr. A. Vanderwaal *Journal of Environmental Protection and Safety*, 2018.