

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 для апарату
контролю артеріального тиску

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РВм

спеціальності (напряму підготовки) 176

Мікро- та наносистемна техніка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Волянюк Б.Я.

(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.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 176 «Мікро-та наносистемна техніка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Воляннюку Борису Ярославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційно-вимірювальна система для апарату контролю артеріального тиску

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

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 2025 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. Спеціальна 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			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка		
1	Аналітична частина		
2	Основна частина		
3	Науково-дослідна частина		
4	Спеціальна частина		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
	Загальні висновки до кваліфікаційної роботи		
	Графічний матеріал		

Студент

(підпис)

Волянчук Борис Ярославович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дубиняк Тарас Степанович

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	6
ЗМІСТ	4
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Розробка технічного завдання.....	9
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу.....	9
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	10
1.4 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	11
1.5 Обґрунтування вибору конструкції.....	13
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	15
2.2 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів.....	26
2.3 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу	27
2.4 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....	30
2.5 Технологічність конструкції проектного виробу	31
2.6 Аналіз технологічності конструкції виробу	32
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	39
3.1 Розрахунок надійності проектного пристрою	39
3.2 Основи наукових досліджень та математичне моделювання.....	40
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	46
4.1 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу друкованого вузла	46
4.2 Розробка технології ремонту, регулювання виробу	46
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	49
5.1 Охорона праці	49
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	54

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58

АНОТАЦІЯ

Темою кваліфікаційної роботи магістра є розробка конструкції вимірювача артеріального тиску. У роботі визначено та розраховано основні технічні параметри пристрою, проведено якісну й кількісну оцінку його технологічності, встановлено умови експлуатації та визначено показники собівартості.

У спеціальній частині сформульовано технічні вимоги до розроблюваного радіоелектронного пристрою, здійснено вибір елементної бази, наведено опис принципу роботи за електричною принциповою схемою вимірювача артеріального тиску та проведено її аналіз. Також виконано розрахунок електричних параметрів окремих каскадів, обґрунтовано вибір конструктивних рішень і подано опис конструкції. Додатково проведено розрахунок надійності пристрою, аналіз технологічності конструкції та розроблено маршрутно-операційну технологію складання й монтажу друкованого вузла.

Розділ «Охорона праці» містить вимоги безпеки під час виконання монтажних, складальних і налагоджувальних робіт, правила безпечної експлуатації й технічного обслуговування пристрою, а також заходи з охорони навколишнього середовища під час виробництва.

ВСТУП

Розв'язання економічних і соціальних завдань безпосередньо спирається на досягнення науково-технічного прогресу, який значною мірою визначається розвитком сучасної радіоелектроніки. Сфера застосування радіоелектронних методів і засобів є надзвичайно широкою: від обчислювальної техніки та систем автоматизованого керування до навігаційних комплексів, радіозв'язку, телебачення й радіомовлення. Радіоелектронні технології відіграють ключову роль у дослідженні надр Землі й забезпеченні охорони здоров'я людини.

Постійне оновлення і вдосконалення радіоелектронних пристроїв різного призначення потребує розвиненої електронної промисловості, що забезпечує виробництво сучасних електронних компонентів та апаратури. У багатьох випадках радіоелектронні вироби виступають завершеними функціональними системами. Прикладами можуть слугувати побутові прилади: телевізори, електроакустичні системи, радіостанції Сі-Бі діапазону, радіоприймачі тощо.

Подальший розвиток електроніки сприяв появі нових її напрямків, зокрема квантової електроніки та оптоелектроніки. Використання досягнень цих галузей при створенні радіоелектронної апаратури не лише змінює традиційні підходи до її конструювання, а й забезпечує можливість створення принципово нових пристроїв — таких як волоконно-оптичні лінії зв'язку, сучасні медичні діагностичні прилади, зокрема системи ультразвукової діагностики.

Розвиток радіоелектроніки спрямований на підвищення якості та надійності виробів при одночасному зниженні їх собівартості. Одним із ключових факторів досягнення цих завдань є комплексна автоматизація виробничих процесів. Важливою залишається проблема мініатюризації апаратури, підвищення надійності її компонентів і електричних з'єднань.

Першим етапом мініатюризації стало розміщення основних елементів електричної схеми на друкованій платі — діелектричній основі з нанесеними провідниковими доріжками. Подальшим кроком стало створення мікромодульних схем. Мікромодуль являє собою функціональний вузол, сформований із мініатюрних компонентів, об'єднаних у єдину конструкцію, що забезпечує їх захист та герметизацію.

Значні досягнення у галузі фізики та технології напівпровідників дали змогу перейти до нового етапу мініатюризації — розроблення та вдосконалення інтегральних мікросхем. Ступінь інтеграції сучасних мікросхем сягає сотень тисяч транзисторів у межах одного кристала, що забезпечило можливість створення, зокрема, однокристальної мікрообчислювальної машини.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Діапазон вимірювання компресійного тиску, мм рт.ст.....	30...300;
Основна похибка вимірювання компресійного тиску, мм рт. ст.....	± 4 ;
Поріг спрацювання по звуковому тиску каналу індикації, дБ.....	101 ± 3 ;
Напруга спрацювання індикатора розряду батарей, В.....	7,5;
Споживана потужність, Вт.....	0,15;
Маса, г.....	550;
Габаритні розміри, мм.....	125x210x70;
Тип живлення.....	аккумуляторна батарея;
Напруга живлення, В.....	9;
Ємність батареї, мАг.....	170;
Максимальний струм споживання, мА.....	120;
Діапазон робочих температур, С.....	-20...+40.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Розглянемо роботу вузла, що починається з роз'єму XS1, через який до пристрою підключається датчик тонів Короткова. Вхідний сигнал із датчика надходить на підсилювач, реалізований на транзисторах VT1 та VT2. Після підсилення сигнал подається на трансформатор TV1, який виконує функцію фільтрації.

З виходу трансформатора TV1 сигнал надходить на блокінг-генератор, побудований на транзисторі VT4. На його виході формується короткий імпульс, що відповідає моменту появи тону Короткова. Сформований імпульс подається на формувач імпульсів посилки, реалізований на мікросхемі DD1.

Послідовно з формувачем імпульсів підключено світловий сигналізатор тонів Короткова, у складі якого використовується світлодіод HL1,

навантаженням для якого виступає п'єзокерамічний звуковий випромінювач НА1.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Електрична принципова схема пристрою наведена в графічній частині проекту.

Основою вимірювання артеріального тиску є перетворення тонів Короткова в електричний сигнал. Процедура вимірювання здійснюється таким чином. Компресійну манжету надягають на плече лівої руки, а датчик перетворення тонів Короткова розміщують безпосередньо над артерією. За допомогою пневматичного нагнітача манжеті надають тиск, який перевищує очікуване максимальне значення артеріального тиску на 30–40 мм рт. ст., що контролюється за показаннями манометра. Після цього вентилем задають необхідну швидкість зниження тиску в манжеті.

У процесі зменшення тиску стрілка манометра поступово повертається у вихідне положення, і в цей момент оператор спостерігає за появою світлового та звукового сигналів електронного блоку. Показання манометра в момент появи першого сигналу відповідають максимальному артеріальному тиску. Аналогічно, показання в момент надходження останнього сигналу визначають мінімальний тиск крові.

Принцип роботи вимірювального пристрою полягає в наступному. Сигнал з датчика пульсації артерії надходить на вхід підсилювача, до складу якого входять транзистори VT1 та VT2. Підсилювач за допомогою диференціюючих та інтегруючих ланок формує необхідну частотну характеристику, що подається на вихід трансформатора-фільтра TV1. Далі сигнал надходить на блокінг-генератор, виконаний на транзисторі VT4, де формується короткий імпульс, що відповідає тону Короткова.

Сформований імпульс передається на формувач імпульсів посилення, реалізований на транзисторі VT3, у коло якого послідовно включено світловий

сигналізатор — світлодіод HL1. Паралельно з цим активується генератор звукової індикації тонів Короткова, навантаженням якого є п'єзокерамічний випромінювач НА1.

Конструктивно вимірювач включає електронний блок з вбудованим манометром, індикатором розряду батареї, світловим індикатором реєстрації тонів Короткова, штуцером для підключення гумової сполучної трубки з манжетою, а також гніздом для підключення п'єзодатчика.

Живлення пристрою здійснюється від акумуляторної батареї напругою 9 В. Електронна схема містить стабілізатор струму та вузол контролю напруги живлення.

1.4 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покрить

Конструктивно вироб є пристроєм, виконаним у пластмасовому корпусі. На зовнішніх елементах корпусу розміщені такі електрорадіоелементи, як вимикач живлення, батарея живлення та світлодіодний індикатор.

Відповідно до психофізіологічних особливостей сприйняття оператора елементи керування й індикації розташовано таким чином. На передній панелі знаходиться світлодіодний індикатор, що сигналізує про досягнення верхньої або нижньої межі артеріального тиску; він розташований у правій частині панелі для зручності візуального контролю. У центральній частині передньої панелі встановлено манометр, який забезпечує зручне та чітке спостереження за процесом вимірювання. Поряд із манометром, для полегшення керування пристроєм, розміщений вимикач живлення.

На задній панелі конструкції передбачено отвір для роз'єму підключення датчика тонів Короткова, а також штуцер для приєднання повітряної трубки манжети.

Під час розроблення друкованого вузла дотримано таких вимог компонування: забезпечення оптимальної щільності розміщення

радіоелементів; мінімізація паразитних електричних зв'язків, здатних впливати на технічні характеристики пристрою; раціональне розташування компонентів з урахуванням технологічності складання. Автоматизоване компонування виконано із застосуванням програмного забезпечення Altium Designer та графічного редактора КОМПАС.

Габаритні розміри друкованої плати визначаються технологічними вимогами її виготовлення. Розміри плати обрано економічно доцільними, з урахуванням стандартизації застосовуваних інструментів та пристосувань. Відповідно до ГОСТ 10317-72, рекомендовано вибирати плати зі співвідношенням сторін від 1:1 до 2:1. Максимальна допустима ширина плати становить 500 мм. Рекомендована товщина — 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5 або 3 мм.

У разі використання електрорадіоелементів зі штирьовими виводами їх встановлюють у монтажні отвори друкованої плати, після чого виводи загинають під кутом приблизно 60° , обрізають у межах контактних площадок та виконують пайку методом «хвилі припою». Такий спосіб монтажу забезпечує підвищену щільність розміщення елементів, що дозволяє розташувати на одній платі більшу їх кількість.

Під час компонування електрорадіоелементів на друкованій платі слід враховувати такі вимоги:

- 1) Напівпровідникові прилади та мікросхеми не можна розміщувати поблизу елементів із значним тепловиділенням, а також поруч із джерелами потужних магнітних полів (трансформаторами, постійними магнітами тощо).
- 2) У зоні встановлення сильно нагріваючихся компонентів має бути забезпечена природна конвекція повітря, що сприяє відведенню тепла та стабільній роботі апаратури.
- 3) Елементи, які потребують добору при налагодженні схеми, повинні бути легко доступними для регулювання та можливого обслуговування.

Якщо елемент має електропровідний корпус, а під ним проходить струмопровідний провідник, необхідно передбачити надійну ізоляцію корпусу

або провідника. Ізоляція може бути реалізована за допомогою ізоляційних трубок, нанесенням тонкого шару епоксидної смоли (епоксидної маски) у зоні контакту або шляхом наклеювання тонких ізоляційних прокладок. Від правильного розташування корпусів мікросхем на платі залежать такі параметри радіоелектронної апаратури, як габаритні розміри, маса, надійність та завадостійкість.

Крок установки інтегральних мікросхем визначається необхідною щільністю компоновки, тепловими режимами роботи елементів, способом розроблення топології плати (ручним або автоматизованим), типом корпусів та складністю електричної схеми. Рекомендований крок розміщення ІМС становить 2,5 мм, а зазори між корпусами — не менше 1,5 мм.

Інтегральні мікросхеми з виводами встановлюються з одного боку плати, оскільки монтаж штиревих виводів здійснюється у наскрізні отвори. Після пайки корпуси ІМС надійно фіксуються на платі і здатні витримувати практично будь-які експлуатаційні механічні впливи.

1.5 Обґрунтування вибору конструкції

Даний пристрій складається з корпусу, друкованого вузла, вимикача, світлодіода, манометра, акумуляторної батареї, штуцера та з'єднувального шланга.

Верхня та нижня кришки корпусу мають П-подібну форму, на їх кутах розташовані стійки для кріплення одна до одної за допомогою саморізів. Обидві кришки виготовляються методом лиття під тиском. Передня та задня панелі мають просту прямокутну форму й також можуть виготовлятися литтям під тиском.

На передній панелі встановлюються вимикач живлення, світлодіодний індикатор та манометр. На задній панелі розміщено гніздо для підключення датчика тонів Короткова та штуцер для під'єднання шланга манжети.

Друкований вузол закріплюється на нижній кришці корпусу чотирма гвинтами. Акумуляторна батарея також монтується на нижній кришці за допомогою двох скоб і чотирьох гвинтів.

Корпус виготовляється з пластмаси, що забезпечує низку переваг: зменшення маси пристрою, спрощення технології виготовлення, зниження собівартості, а також покращення зовнішнього вигляду виробу.

Раціональне взаєморозміщення елементів конструкції забезпечує технологічність складання та зручність регулювання пристрою. Для під'єднання елементів, розташованих на корпусі, до друкованого вузла застосовуються електричні перемички.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Під час вибору елементної бази для проектного виробу основними критеріями слід визначити такі вимоги:

- відповідність номінальних параметрів елементів значенням, зазначеним у принциповій електричній схемі;
- наявність обраних компонентів у виробничому асортименті;
- відповідність технічним вимогам, поставленим до конструкції;
- економічна доцільність застосування;
- універсальність та взаємозамінність радіоелементів;
- стабільність параметрів у процесі експлуатації;
- мінімізація кількості типорозмірів корпусів.

З урахуванням наведених вимог для розроблюваного пристрою обрано такі електрорадіоелементи. Як електролітичні конденсатори застосовано конденсатори типу ЕСАР, виробництва фірми *Taiwan*.

Це оксидно-електролітичні конденсатори, що характеризуються помірним відхиленням ємності, яке є достатнім для забезпечення необхідних параметрів даного пристрою.

Вони придатні для роботи в колах постійного та пульсуючого струмів, а також в імпульсних режимах.

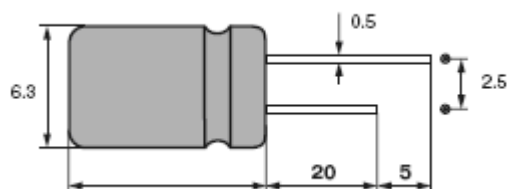


Рисунок 2.1 - Габаритні розміри конденсатора ЕСАР виробник фірми «Taiwan»

Перевагами використання конденсаторів типу ЕСАР є їх низька вартість, широке поширення та можливість застосування в автоматизованих процесах монтажу, що підвищує технологічність виготовлення виробу.

Основні параметри:

Робоча напруга, В.....16В;

Відхилення ємності від номінального значення, %..... ± 30 ;

Інтервал робочих температур, $^{\circ}\text{C}$ -40...+100;

ТКС, % +3,3;

Відносна вологість, % до 98;

Діапазон тиску, гПа.....6,6-2942;

Діапазони ємностей, мкФ.....10–5000;

Група ТКС:.....П100;

Тангенс кута діелектричних втрат.....15...40.

Конденсатори типу К10-176 є керамічними неізовльованими конденсаторами малих габаритів. Вони відзначаються низькою вартістю, широкою доступністю та добрими електричними характеристиками. Такі конденсатори призначені для роботи в колах постійного та пульсуючого струму, а також в імпульсних режимах.

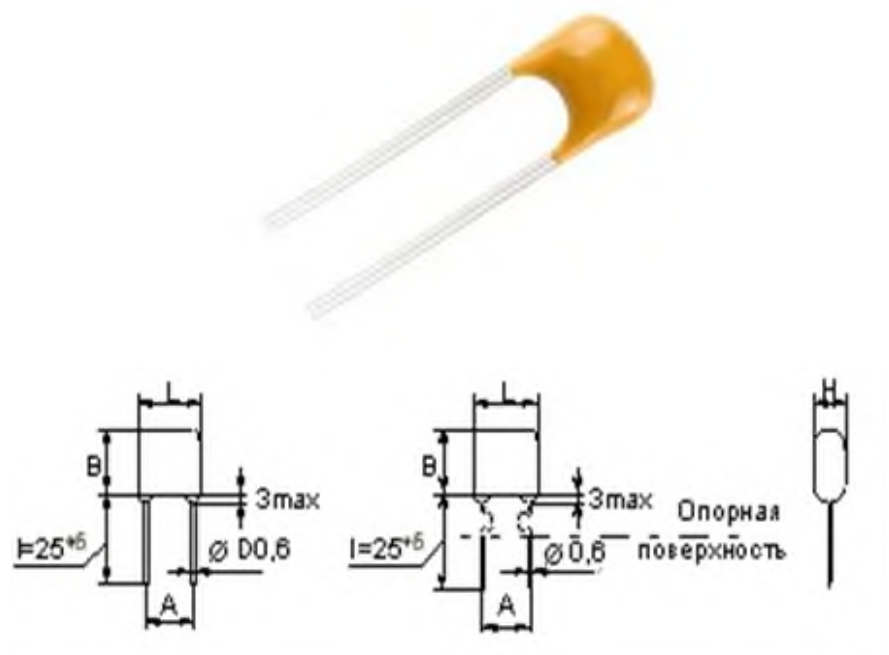


Рисунок 2.2 - Габаритні розміри конденсатора типу К10-176

Застосування конденсаторів типу К10-176 сприяє підвищенню технологічності виготовлення пристрою, оскільки їх конструкція та типорозміри дозволяють ефективно автоматизувати процес монтажу.

Основні параметри:

Робоча напруга, В.....160;
Відхилення ємності від номінального значення, %..... ± 10 ;
Інтервал робочих температур, $^{\circ}\text{C}$ $-60...+125$;
Температурний коефіцієнт ємності, %..... $+3,3$;
Відносна вологість, %.....до 98;
Діапазон тиску, гПа.....6,6-2942;
Діапазони ємностей..... $5\text{нФ} - 0,4\text{мкФ}$;
Група ТКЄ:.....Н20.

У даному пристрої застосовано саме цей тип конденсаторів, оскільки вони є широко доступними, недорогими та мають електричні параметри, що повністю відповідають вимогам схеми за ємністю.

Мікросхема типу К176ЛА7 у складі пристрою виконує функції формувача імпульсів посилки. Її вибір зумовлений відповідністю необхідним електричним характеристикам, а також низькою вартістю, широкою поширеністю та достатньою надійністю для використання в даному радіоелектронному пристрої.

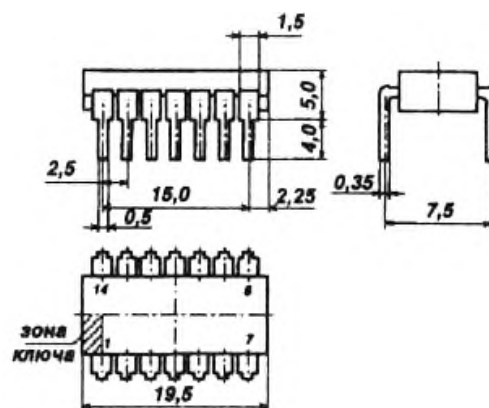


Рисунок 2.3 - Габаритні розміри мікросхеми типу К176ЛА7

Основні параметри:

Напруга живлення, В	18;
Напруга логічного 0, В.....	2,9;
Напруга логічної 1, В	7,2;
Струм споживання при логічному 0, мА	15;
Струм споживання при логічній 1, В	30;
Вихідний струм, мА	42;
Час затримки сигналу, нс.....	80;
Інтервал робочих температур, °С.....	-45...+85.

Для індикації максимального та мінімального артеріального тиску, а також для візуального спостереження за світловими сигналами в пристрої застосовано світлодіод типу АЛ307БМ. Його використання обумовлене низькою вартістю, широкою доступністю, достатньою якістю та повною відповідністю необхідним електричним параметрам, що робить його оптимальним для даної схеми.

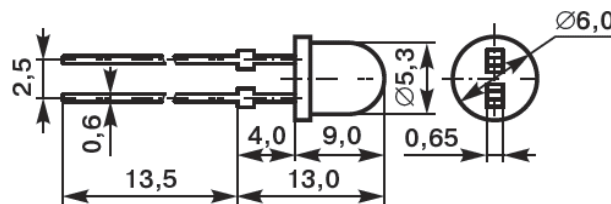


Рисунок 2.4 - Габаритні розміри світлодіода типу АЛ307БМ

Основні параметри:

Напруга живлення, В.....	2;
Струм споживання, мА.....	100;
Довжина хвилі, нм.....	655;
Колір лінзи.....	червоний;
Потужність розсіювання, мВт.....	120;
Колір свічення.....	червоний;
Робоча температура, °С.....	-60...+70.

Для живлення пристрою застосовано акумуляторну батарею типу 6F22 в виробництва компанії *GP Battery*. Її вибір зумовлений відповідністю вихідної

напруги вимогам схеми живлення, а також широкою поширеністю на ринку та прийнятною вартістю, що робить даний тип батареї оптимальним для використання в конструкції пристрою.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд батареї типу 6F22 виробник фірми «GP Battery»

Основні параметри:

Напруга живлення, В.....9;

Тип.....крона;

Ємність, мАг.....170;

Робоча температура, °С.....-20...+40.

Для звукової індикації досягнення нижньої або верхньої межі артеріального тиску в пристрої застосовано п'єзодинамічний звуковий випромінювач типу HC0901F виробництва компанії *JL World*. Його вибір обумовлений компактними габаритами, достатньою якістю, низькою вартістю та повною відповідністю необхідним електричним параметрам, що робить цей елемент оптимальним для роботи у складі даного вимірювального пристрою.

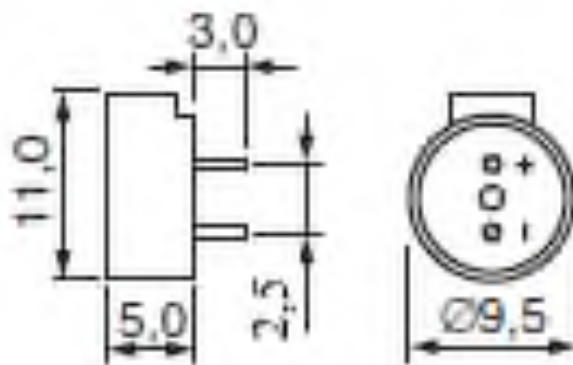


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри п'єзодинамічного звуковипромінювача типу HC0901F виробник фірми «JL World»

Основні параметри:

Напруга живлення, В.....	1,5;
Опір, Ом.....	5,5;
Інтенсивність звуку, дБ.....	80;
Частота, Гц.....	3200;
Струм споживання, мА.....	80;
Робоча температура, °С.....	-20...+40.

Оптимальним варіантом для застосування в даному пристрої є постійні резистори типу С2-29 виробництва фірми «Ресурс» потужністю 0,125 Вт. Вони характеризуються високою стабільністю параметрів, малою залежністю опору від температури, частоти та напруги, компактними габаритами та високою надійністю. Резистори цього типу призначені для роботи в колах постійного, змінного та імпульсного струмів.

Завдяки широкій поширеності, доступності та низькій вартості резистори С2-29 є економічно вигідним вибором, що сприяє зменшенню загальної собівартості пристрою.

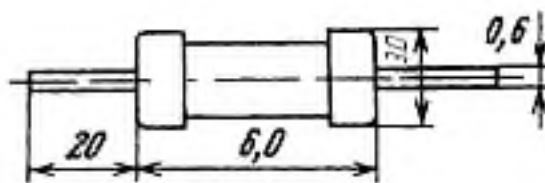


Рисунок 2.7 - Габаритні розміри резистора С2-29 виробник фірми «Ресурс»

Основні параметри:

Номінальна потужність, Вт.....	0,125;
Діапазон номінальних опорів, Ом.....	$1 \dots 10 \cdot 10^6$;
Допустиме відхилення опору, %.....	± 10 ;
Максимальна робоча напруга, В.....	200;

Діапазон робочих температур, °C.....-60.....+70.

Для регулювання електричних параметрів у пристрої застосовано три підстроювальні резистори типу СПЗ-386 групи «В» з опорами 1,5 кОм, 47 кОм та 100 кОм.

Ці резистори мають добрі електричні характеристики, відзначаються стабільністю та надійністю в роботі, а також є доступними за ціною й достатньо поширеними, що робить їх економічно доцільним і технічно виправданим вибором для даної конструкції.

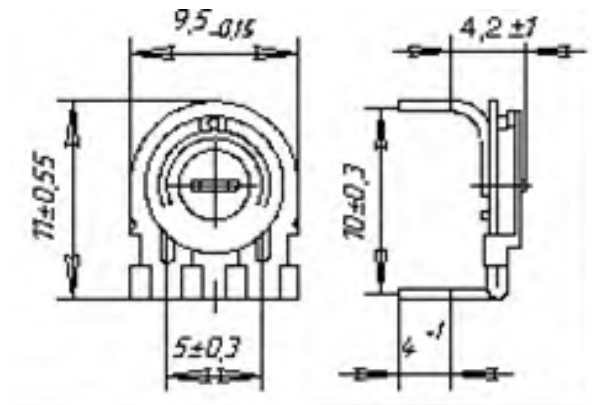


Рисунок 2.8 - Габаритні розміри резистора типу СПЗ-386

Основні параметри:

Номінальна потужність, Вт.....0,5;

Діапазон номінальних опорів, кОм..... $1-4,7 \cdot 10^3$;

Максимальна робоча напруга, В.....250;

Допустиме відхилення опору, %..... ± 20 ;

Діапазон робочих температур, °C.....-60.....+70.

Перемикач типу MRS-101-2C3 виробництва компанії *Jietong Switch* застосовується в пристрої для увімкнення та вимкнення живлення. Його вибір обумовлений відповідністю необхідному способу комутації, компактними габаритами та низькою вартістю, що робить цей перемикач оптимальним для використання у даній конструкції.

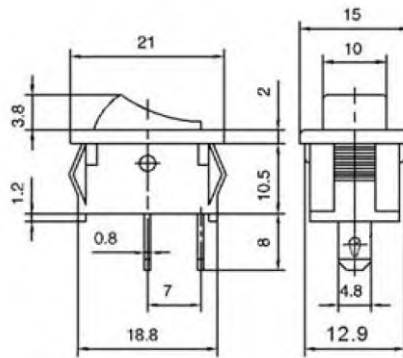


Рисунок 2.9 - Габаритні розміри перемикача типу MRS-101-2C3 виробник фірми «Jietong Switch»

Основні параметри:

Максимальна напруга, В.....	250;
Максимальний струм, А.....	3;
Кількість виводів.....	2;
Порогова напруга, В.....	1500;
Опір ізолятора, МОм.....	100;
Опір контакту, Ом.....	0,02;
Спосіб монтажу.....	на панель;
Інтервал робочих температур, °С.....	-60...+70.

Стабілітрон типу KC170A застосовується в пристрої для стабілізації напруги в межах, визначених його електричними характеристиками. Вибір саме цього типу стабілітрона зумовлений відповідністю його параметрів потрібним режимам роботи, достатньою потужністю, а також такими перевагами, як поширеність, надійність і низька вартість. Це робить KC170A оптимальним елементом для використання у схемі стабілізації напруги даного пристрою.

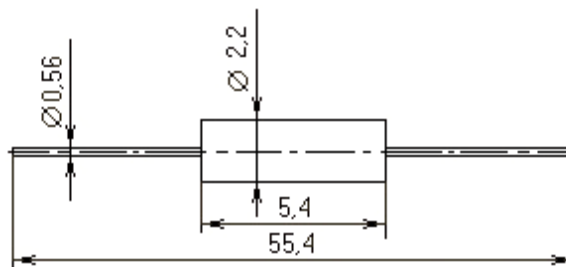


Рисунок 2.10 - Габаритні розміри стабілітрона типу KC170A

Основні параметри:

Потужність розсіювання, Вт.....	0,15;
Номінальна напруга стабілізації, В.....	7;
Статичний опір $R_{ст.}$, Ом.....	18;
Мінімальна напруга стабілізації, В.....	6,4;
Максимальна напруга стабілізації, В.....	7,6;
Мінімальний струм стабілізації, мА.....	3;
Максимальний струм стабілізації, мА.....	20;
Робоча температура, С.....	-60...+125.

Для забезпечення пропускання струму в одному напрямку та здійснення випрямлення напруги в пристрої використано діод типу КД102А. Цей діод відзначається достатньою надійністю, хорошою якістю, широкою доступністю та низькою вартістю, що робить його доцільним вибором для застосування в даній схемі.

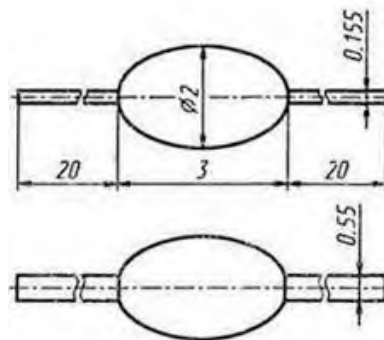


Рисунок 2.11 - Габаритні розміри діода типу КД102А

Основні параметри:

Зворотня напруга, В.....	250;
Час відновлення, нс.....	100;
Допустимий прямий імпульсний струм, А.....	2;
Ємність, пФ.....	5;
Максимальний прямий струм, А.....	2;
Максимальний зворотній струм, мкА.....	4;
Максимальна частота, кГц.....	350;

Робоча температура, С.....-60...+100.

Для забезпечення проходження струму в одному напрямку та виконання випрямлення напруги в пристрої застосовано діод типу Д9Б. Даний елемент характеризується достатньою надійністю, хорошою якістю, широкою поширеністю та низькою вартістю, що робить його оптимальним вибором для використання у схемі випрямлення напруги.

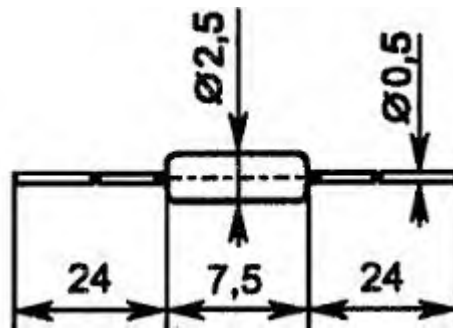


Рисунок 2.12 - Габаритні розміри діода типу Д9Б

Основні параметри:

Зворотня напруга, В.....10;

Час відновлення, нс.....300;

Допустимий прямий імпульсний струм, А.....0,04;

Ємність, пФ.....55;

Максимальний прямий струм, А.....0,04;

Максимальний зворотній струм, мкА.....50;

Максимальна частота, кГц.....100;

Робоча температура, С.....-60...70.

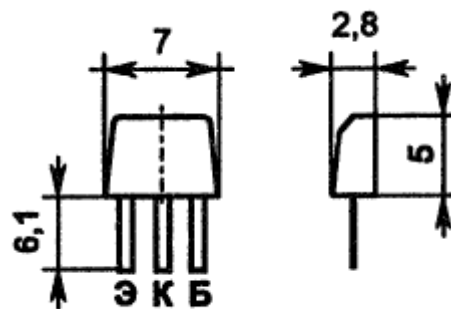


Рисунок 2.13 - Габаритні розміри транзистора типу КТ315Б

У даному пристрої застосовано біполярний транзистор типу КТ315Б. Вибір цього транзистора зумовлений повною відповідністю його електричних параметрів вимогам схеми, а також такими перевагами, як низька вартість, достатня якість і широка доступність на ринку. Це робить КТ315Б оптимальним варіантом для використання в конструкції пристрою.

Основні параметри:

Максимальний струм, А.....	0,1;
Максимальна потужність розсіювання без радіатора, Вт.....	0,15;
Струм $K_{Б0}$, мкА.....	80;
Частота, МГц.....	250;
Напруга $K_{Е0}$, В.....	25;
Напруга $K_{Б0}$, В.....	25;
Провідність.....	п-р-п;
Статичний коефіцієнт передачі струму, h_{21e}	30;
Робоча температура, С.....	-40...+65.

Для під'єднання датчика тонів Короткова до пристрою застосовується роз'єм типу РУ-501N виробництва компанії DCI. Вибір саме цього типу роз'єму обумовлений відповідністю його конструктивних особливостей вимогам даного типу з'єднання, а також його доступністю, поширеністю та низькою вартістю, що робить його оптимальним для використання в пристрої.



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд роз'єму типу РУ-501N виробник фірми «DCI»

Основні параметри:

Тип.....	з ізоляцією;
Діаметр Jack, мм.....	2,5;

Максимальний струм, А.....2;
 Максимальна напруга, В.....50.

Під час вибору радіоелементів враховано оптимальне співвідношення між їх вартістю та технічними характеристиками, а також здатність забезпечувати необхідні електричні параметри та високу надійність роботи в умовах змінної температури, вологості та механічних впливів.

2.2 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Принципова електрична схема світлодіода зі струмообмежувальним резистором наведена на рисунку 2.15.

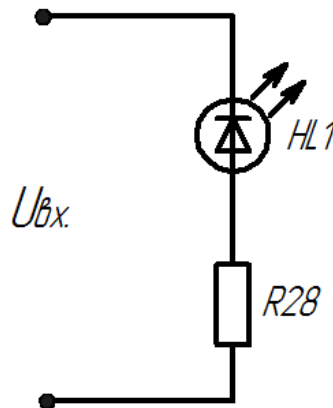


Рисунок 2.15 - Схема електрична принципова світлодіода з струмообмежуючим резистором

1. Вихідні дані для проведення розрахунку:

$$U_{\text{жив.}} = 9\text{В}$$

$$U_{\text{світ.}} = 2\text{В}$$

$$I_{\text{світ.}} = 100\text{мА} = 0,1\text{А}$$

2. Розрахунок струмообмежуючого резистора:

де: $U_{\text{гас.}}$ – спад напруги на резисторі, $U_{\text{гас.}} = U_{\text{жив.}} - U_{\text{світ.}} = 9\text{В} - 2\text{В} = 7\text{В}$

$$R_{28} = 7\text{В} / 0,1\text{А} = 30\text{кОм}$$

$$R = (U_{\text{жив.}} - U_{\text{світ.}}) / I_{\text{світ}} \quad (2.2)$$

де: $U_{\text{жив.}}$ – напруга живлення;

$U_{\text{світ.}}$ – напруга на світлодіоді;

$I_{\text{світ.}}$ – струм споживаний світлодіодом;

$$R_{28} = (10\text{В} - 2\text{В}) / 0,1\text{А} = 30\text{кОм}$$

Вибираємо резистор з опором 33кОм та потужністю розсіювання 0,125 Вт.

2.3 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу

Розрахунок друкованого монтажу виконується у три етапи: розрахунок за умовами роботи на змінному струмі, розрахунок за постійним струмом та конструктивно-технологічний розрахунок.

Послідовність виконання розрахунків така:

1. З урахуванням технологічних можливостей виробництва визначається метод виготовлення друкованої плати та її клас точності відповідно до вимог ОСТ 4.010.022–85. Для даного виробу обрано комбінований метод виготовлення та третій клас точності.

2. Встановлюється мінімальна допустима ширина друкованого провідника за умовами роботи по постійному струму для шин живлення та заземлення:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} \cdot t}, \quad (2.3)$$

де $I_{\max}$ – максимальний постійний струм, який протікає в провідниках. Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 0,15\text{А}$; $i_{\text{доп}} = 48\text{А/мм}^2$ – допустима густина струму для комбінованого методу виготовлення; $t = 35\text{мкм}$ – товщина провідника.

$$b_{\min 1} = \frac{0,15}{48 \cdot 0,035} = 0,09\text{мм}$$

3. Визначаємо мінімальну ширину провідника, мм., виходячи з допустимого падіння напруги на ньому:

$$b_{\min 2} = \frac{p \cdot I_{\max} \cdot l}{t \cdot U_{\text{дон}}}, \quad (2.4)$$

де $p = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий об’ємний опір;

$L = 0,43 \text{ м}$ – довжина провідника;

$U_{\text{дон}} = 0,6 \text{ В}$ – допустиме падіння напруги.

$$b_{\min 2} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 0,15 \cdot 0,43 \text{ м}}{0,6 \text{ В} \cdot 0,035 \text{ мм}} = 0,06 \text{ мм}$$

4. Визначаю номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r, \quad (2.5)$$

де d_E – максимальний діаметр виводу встановленого;

$\Delta d_{\text{н.в.}}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (0,1 для всіх)

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода EPE , її вибирають в межах 0,1...0,4 мм. Розрахункові значення d зводяться до нормалізованого ряду отворів: 1,1; 1,3; 1,5 мм.

$d_E = 0,7$ для малопотужних резисторів, конденсаторів електролітичних, керамічних, мікросхеми.

$d_E = 1,1$ для діодів, трансформатора, підстроювальних резисторів, транзисторів, звуковипромінювача, роз’єму і підпаювання провідників.

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r = 0,7 + |\pm 0,1| + 0,1 = 0,9 \text{ мм}$$

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r = 1,1 + |\pm 0,1| + 0,1 = 1,3 \text{ мм}$$

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів 0,9; 1,3.

5. Розраховую діаметри контактних площадок:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5h_{\text{ф}} + 0,03, \quad (2.6)$$

де $h_{\text{ф}}$ – товщина фольги;

$D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки;

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right), \quad (2.7)$$

де b_m – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки, $b_m = 0,06$ мм.

δ_d і δ_p - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$\delta_d = 0,08$ мм, $\delta_p = 0,2$ мм.

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

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (2.8)$$

де Δd - допуск на отвір.

$$d_{\max 1} = 0,9 + 0,05 + 0,1 = 1,05 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 1,3 + 0,05 + 0,1 = 1,45 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,05}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,72 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,45}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 2,12 \text{ мм}$$

$$D_{\min 1} = 1,72 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,8 \text{ мм}$$

$$D_{\min 2} = 2,12 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,2 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (2.9)$$

$$D_{\max 1} = 1,8 + 0,02 = 1,82 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 2,2 + 0,02 = 2,22 \text{ мм}$$

6. Визначаю ширину провідників:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1,5h_{\phi}, \quad (2.10)$$

де $b_{1\min}$ - мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1\min} = 0,18$ мм для плат 1-, 2-, 3- го класу точності.

$$b_{\min} = 0,18 + 1,5 \cdot 0,035 = 0,23 \text{ мм}$$

7. Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1\min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{\max}}{2} + \delta d \right) \right], \quad (2.11)$$

$$S_{1\min 1} = 2,5 - \left[\left(\frac{1,82}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,05}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,79 \text{ мм}$$

$$S_{1\min 2} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,22}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,45}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,39 \text{ мм}$$

де L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2\min} = L_0 - (d_{\max} + 2\delta_p), \quad (2.12)$$

$$S_{2\min 1} = 2,5 - (1,05 + 1,8 \cdot 0,2) = 1,09 \text{ мм}$$

$$S_{2\min 2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,2) = 0,65 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3\min} = L_0 - (d_{\max} + 2\delta_d), \quad (2.13)$$

$$S_{3\min 1} = 2,5 - (1,5 + 1,8 \cdot 0,08) = 1,15 \text{ мм}$$

$$S_{3\min 2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,08) = 0,89 \text{ мм}$$

У процесі електричного розрахунку були визначені такі параметри: мінімальна відстань між двома контактними площадками становить 0,65 мм; мінімальна допустима відстань між елементами провідного рисунка — 0,39 мм; мінімальна відстань між двома друкованими провідниками — 0,89 мм.

2.4 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)

Проведімо оцінку теплових режимів роботи пристрою, зокрема визначимо можливість виникнення значного тепловиділення. У конструкції приладу використано трансформатор, що виконує функцію фільтра. Оскільки цей трансформатор не є силовим, його нагрівання є мінімальним. Крім того, пристрій має низьке енергоспоживання — лише 150 мВт, працює від батареї, тому потреби у створенні вентиляційних отворів у корпусі немає.

У схемі застосовано кілька біполярних транзисторів малопотужного типу, тепловиділення яких незначне, що не вимагає використання радіаторів чи інших засобів охолодження.

Отже, конструкція пристрою не потребує встановлення радіаторів та організації примусової чи природної вентиляції корпусу. Тепловіддача трансформатора також не розраховується, оскільки він не є силовим елементом, а виконує лише функцію фільтрації сигналу.

2.5 Технологічність конструкції проектного виробу

Для забезпечення технологічності конструкції та зручності збирання під час виробництва, а також для спрощення розбирання під час налагоджування, корпус пристрою виконано у вигляді верхньої та нижньої кришок, а також передньої й задньої панелей. Така конструкція забезпечує легкий доступ до вузлів для регулювання та технічного обслуговування.

Корпус виготовляється методом лиття під тиском — одним із основних промислових технологічних методів. Цей спосіб передбачає заповнення формувальної порожнини прес-форми розплавленим матеріалом із подальшим ущільненням та охолодженням. Для кріплення друкованого вузла у конструкції відливаються чотири монтажні стійки. Товщина стінок корпусу становить 2 мм. Використання друкованого монтажу значно спростило збирання, налагодження та регулювання вузла.

Основним елементом конструкції є друкована плата, виготовлена комбінованим методом з двостороннього фольгованого склотекстоліту СФ2-35-ІКП (ОСТ 10316-78) товщиною 1,5 мм. Під час виготовлення незахищені ділянки фольги стравлюються, формуючи провідникові доріжки, а контактні отвори металізуються. Цей метод є складнішим і дорожчим за звичайне травлення, оскільки потребує додаткових технологічних операцій.

Перед монтажем проводиться маркування плати фарбою ТНТФ-01 (ТУ 29-02-889-88).

Радіoeлементи готують до встановлення — формування виводів виконується «зигзагом», що зменшує трудомісткість та скорочує час підготовки. Виводи конденсаторів і мікросхем не формуються додатково, оскільки вони вже мають необхідну форму.

Лудіння виводів виконується вручну з використанням флюсу АТІ-120. Установлення радіoeлементів здійснюється вручну, а пайка — автоматизованим методом «хвилі припою», що дозволяє одночасно запаювати всі виводи. Елементи, які не можуть паятися автоматично, монтуються вручну електричним паяльником на 36 В з використанням припою ПОС-61 (ОСТ 21931-76) та флюсу АТІ-120 (ОСТ 32142-82).

Після пайки плата промивається та покривається безбарвним захисним лаком АК-113 (ОСТ 23832-79), який захищає її від вологи, зовнішніх впливів і забезпечує роботу в діапазоні температур від -60 до $+100$ °С.

Кріплення плати виконується саморізами з використанням електровертки, що прискорює процес складання. Пояснювальні написи на корпусі наносяться швидковисихаючою фарбою за методом шовкографії.

2.6 Аналіз технологічності конструкції виробу

Технологічність конструкції виробу — це сукупність властивостей, що забезпечують можливість виконання технологічної підготовки, виготовлення, експлуатації та ремонту виробу з оптимальними витратами праці, матеріалів, часу та виробничих засобів, у порівнянні з аналогічними конструкціями, за умови дотримання встановлених показників якості. Оцінювати технологічність можна якісними та кількісними методами.

Кількісна оцінка передбачає розрахунок показників технологічності за математичними залежностями, тоді як якісна оцінка полягає у словесному аналізі рівня технологічності конструкції. Її проводять з метою визначення

ефективності конструкції та виявлення можливостей зменшення витрат часу і ресурсів на розробку, підготовку виробництва, виготовлення, експлуатацію та ремонт виробу.

Під час якісної оцінки здійснюється конструктивно-технологічний аналіз, який визначає, наскільки конструкція виробу пристосована до умов виробництва та наскільки економічним є її виготовлення і подальше обслуговування. Така оцінка включає обґрунтування вибору матеріалів для елементів корпусу та друкованої плати, пояснення методів їх обробки, необхідного обладнання та інструментів.

Для виготовлення друкованого вузла необхідно отримати друковану плату з провідниками, висвердленими отворами та контактними площадками. Як діелектричний матеріал використовується склотекстоліт, який має відповідати таким вимогам:

1. Достатня механічна міцність при малій товщині;
2. Гнучкість та можливість обробки різними видами різання;
3. Висока хімічна стійкість і вологостійкість;
4. Низька діелектрична проникність;
5. Хороша адгезія;
6. Мінімальні діелектричні втрати у робочому частотному діапазоні.

Для даного виробу використано фольгований склотекстоліт з товщиною провідного шару 35 мкм. Мідь застосована як провідний матеріал завдяки високій електропровідності та доброму зчепленню з діелектричною основою.

Друковану плату у даному виробі виготовляють комбінованим методом, який включає такі технологічні операції:

1. Розкрій заготовок.
2. Пробивання базових отворів.
3. Підготовка поверхні заготовок.
4. Нанесення сухого плівкового фоторезисту.
5. Покриття заготовки захисним лаком.
6. Свердління отворів.

7. Хімічне міднення.
8. Видалення захисного лаку.
9. Гальванічне напилення.
10. Електролітичне міднення та нанесення захисного покриття.
11. Зняття фоторезисту.
12. Травлення друкованої плати.
13. Промивання плати.
14. Механічна обробка.

Подальші технологічні операції включають:

1. Заготівельні роботи — підготовка всіх необхідних радіоелектронних компонентів для подальшого монтажу, яку виконують працівники комплектування.
2. Установлення та кріплення елементів здійснюється вручну, хоча на виробництві можуть застосовуватися і напіваавтоматичні машини.
3. Монтаж та фіксація гнучких перемичок, які будуть під'єднуватись до елементів, не розміщених на друкованому вузлі.
4. Пайка монтажних з'єднань: основні з'єднання запаюються автоматично методом хвилі припою, а перемички — вручну електричним паяльником. Використовуються припій ПОС-61 та флюс АТІ-120.
5. Контроль механічної міцності паяних з'єднань, який проводять на спеціальних стендах шляхом створення вібраційних, механічних та теплових впливів, що імітують умови експлуатації. Цю операцію виконують оператори спеціального обладнання.
6. Перевірка правильності монтажних з'єднань, яку здійснюють візуально працівники середньої кваліфікації.
7. Контроль електричної міцності з'єднань, що виконується на спеціальних випробувальних установках персоналом середнього рівня підготовки.

Після виконання цих двох технологічних процесів отримують друкований вузол проектованого пристрою.

Наступним етапом є виготовлення корпусу. Оскільки конструкція містить дві кришки та дві панелі, технологічний процес включає такі операції:

1. Виготовлення прес-форми відповідно до типової інструкції за допомогою верстатів з ЧПК.
2. Виготовлення кришок методом лиття під тиском із пластмаси.
3. Проведення механічних доробок за необхідності.
4. Контроль якості виробів, який виконується на 100% шляхом візуальної перевірки фахівцями.

Завершальним етапом є складання частин корпусу, після чого виготовлення виробу вважається завершеним. Операції складання детально описані в технологічному процесі.

Під час кількісної оцінки технологічності визначають комплексний показник технологічності K , який відображає усереднене значення часткових показників з урахуванням коефіцієнтів, що характеризують їхню вагомість у загальному розрахунку.

Коефіцієнт використання мікросхем і мікрозборок у вузлі:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{ере}}}, \quad (2.14)$$

де $H_{\text{імс}}$ – кількість мікросхем і мікрозборок у вузлі, $H_{\text{імс}} = 1$;

$H_{\text{ере}}$ – загальна кількість електрорадіоелементів, $H_{\text{ере}} = 54$.

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{1}{54} = 0,018$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу $K_{\text{а.м.}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{а.м.}} = \frac{H_{\text{а.м.}}}{H_{\text{м}}}, \quad (2.15)$$

де $H_{\text{а.м.}}$ з'єднань = 126;

$H_{\text{м}}$ – загальна кількість монтажних з'єднань, $H_{\text{м}} = 134$.

$$K_{Am.} = \frac{126}{134} = 0,94$$

Коефіцієнт механізації підготовки електрорадіоелементів $K_{м.п.ере}$ визначається за формулою:

$$K_{м.п.ере} = \frac{H_{м.п.ере}}{H_{ере}}, \quad (2.16)$$

де $H_{м.п.ере}$ - кількість електрорадіоелементів, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованим або автоматизованим методом. До числа цих ЕРЕ включають ті, що не потребують підготовки до монтажу, $H_{м.п.ере} = 54$.

$$K_{м.п.ере} = \frac{54}{54} = 1$$

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів $K_{повт.ере}$ визначається за формулою:

$$K_{повт.ере} = 1 - \frac{H_{т.ере}}{H_{ере}} = 1 - \frac{38}{54} = 0,3, \quad (2.17)$$

де $H_{т.ере}$ – кількість типорозмірів електрорадіоелементів, $H_{т.ере} = 38$;

Коефіцієнт застосовуваності електрорадіоелементів $K_{заст.ере}$ визначається по формулі:

$$K_{заст.ере} = 1 - \frac{H_{т.ор.ере}}{H_{т.ере}} = 1 - \frac{5}{38} = 0,86, \quad (2.18)$$

де $H_{т.ор.ере}$ –кількість типорозмірів оригінальних електрорадіоелементів, $H_{т.ор.ере} = 3$.

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів $K_{вст.р.}$ визначається за формулою:

$$K_{вст.р.} = 1 - \frac{H_{вст.р.}}{H_{ере}} = 1 - \frac{71}{54} = 0,31, \quad (2.19)$$

де $H_{вст.р.}$ – кількість видів встановочних розмірів електрорадіоелементів.

Коефіцієнт прогресивності формоутворення деталей K_ϕ визначається за формулою:

$$K_\phi = \frac{D_{np}}{D} = \frac{4}{4} = 1, \quad (2.20)$$

де D_{np} – кількість механічних деталей, заготовки яких, або самі деталі отримані прогресивними методами формоутворення (штампування, пресування, лиття, пайка, зварка і т.д.), $D_{np} = 4$. D – загальна кількість деталей у виробі.

Розраховані вище показники технологічності приведені в таблиці 2.2:

Таблиця 2.2 - Показники технологічності

№ п/п	Показник технологічності	Позначення	Величина	ϕ_i
1.	Коефіцієнт використання мікросхем і мікро зборок	$K_{\text{вик.імс}}$	0,018	1,000
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу	$K_{\text{а.м.}}$	0,94	1,000
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ.	$K_{\text{м.п.ере}}$	1	0,750
4.	Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ	$K_{\text{повт.ере}}$	0,3	0,500
5.	Коефіцієнт застосовуваності ЕРЕ	$K_{\text{заст.ере}}$	0,86	0,310
6.	Коефіцієнт встановочних розмірів ЕРЕ.	$K_{\text{вст.р.}}$	0,31	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формоутворення	K_ϕ	1	0,110

Визначаємо комплексний показник технологічності за формулою:

$$K = \frac{\sum K_i \phi_i}{\sum \phi_i}, \quad (2.21)$$

$$K = \frac{0,018 + 0,94 + 0,75 + 0,15 + 0,26 + 0,057 + 0,11}{3,857} = \frac{2,28}{3,857} = 0,59$$

Рівень технологічності виробу визначають як відношення розрахованого комплексного показника K до нормативного комплексного показника K_n , який

характеризує фактичний сучасний рівень технологічності на підприємствах, що виготовляють РЕА. Для даного виробу значення нормативного показника становить $K_n = 0,59$.

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (2.22)$$

Перевіряємо умову:

$$\frac{0,59}{0,5} = 1,18 \geq 1.$$

Дана умова виконується, отже конструкція вважається технологічною.

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок надійності проектного пристрою

Надійність виробу оцінюють за низкою розрахункових показників, серед яких найважливішими є інтенсивність відмов, середній напрацювання до відмови та ймовірність безвідмовної роботи.

Вихідні дані для розрахунку показників надійності наведені в таблиці

3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	К _{нопр}	I _{відм} * 1e-06	К-сть * К _{нав} від * 1e-06
1	Конденсатори керамічні	12	0,1	1,4	1,68
2	Конденсатори електролітичні	3	0,4	2,4	2,88
3	Напівпровідникові мікросхеми	1	1	0,03	0,03
4	Світлодіоди	1	1	4	4
5	Батарея	1	1	30	30
6	Звуковипромінювач	1	1	2	2
7	Резистори постійні 0,125Вт	25	0,42	0,8	8,4
8	Підстроювальні резистори	3	0,42	5	6,3
9	Перемикач	1	1	0,5	0,5
10	Трансформатор сигнальний	1	0,1	2,1	0,21
11	Діоди випрямляючі малопотужні	3	0,35	0,7	0,735
12	Стабілітрони малопотужні	1	0,81	4,5	3,645
13	Транзистори ВЧ малопотужні	5	0,35	1,7	2,975
14	Роз'єм	1	1	0,05	0,05
15	Датчик тонів Короткова	1	1	7,3	7,3
16	Плата друкована	1	1	0,1	0,1
17	Провідники та пайки навісні	5	1	0,02	0,1

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів.....1

Коефіцієнт впливу вологості і температури.....1

Коефіцієнт атомосферних впливів.....1

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 7.0905×10^{-5} 1/год

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0,999291$

$t = 100$ год. $P(t) = 0,992935$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0,931550$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0,492112$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0,000833$

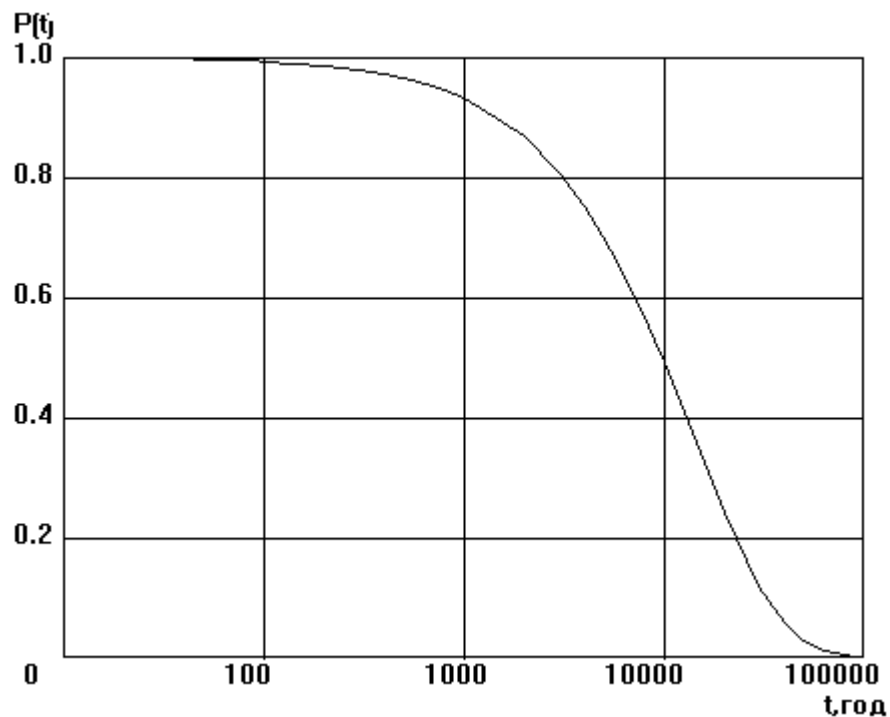


Рисунок 3.2 - Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

Середнє напрацювання до відмови становить 14103 год, що свідчить про достатньо високий рівень надійності виробУ. Це забезпечує тривалу та стабільну роботу пристрою в заданих умовах експлуатації.

3.2 Основи наукових досліджень та математичне моделювання

Проектований пристрій призначений для аналізу динаміки кровотоку судини, а точніше реєстрації двох пікових рівнів вхідного сигналу – тонів Короткова - при моніторингу тиску у судині, що піддається механічному впливу (стисканню і послабленню накладеної манжети).

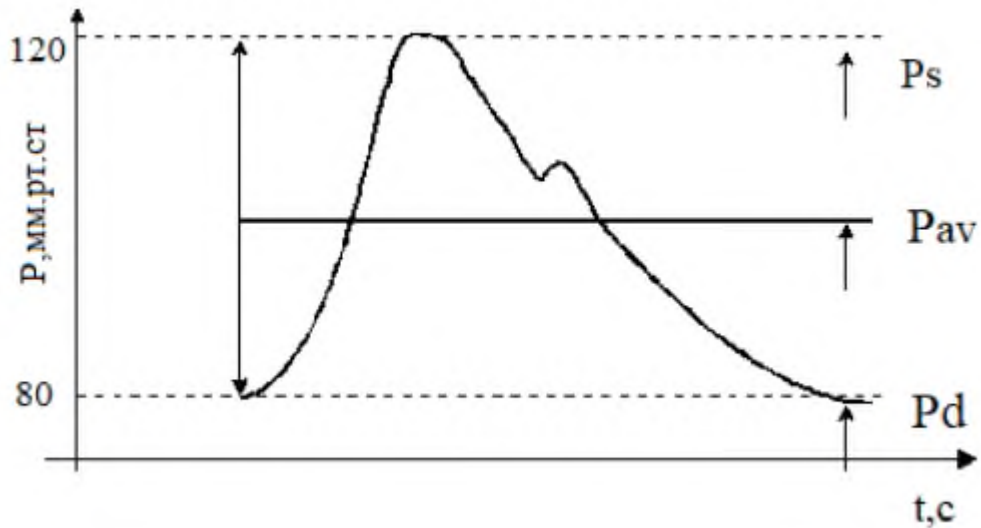


Рисунок 3.3 Тони Короткова

В процесі вимірювання профіль показаного на рис.1 сигналу формується в результаті накладання двох поширюваних в протилежних напрямках по судині хвиль: прямої (більшої амплітуди) і відбитої (меншої амплітуди). В математичних співвідношеннях, якщо не враховувати додаткові збурення, обумовлені біжучим станом пацієнта чи впливом зовнішнього середовища, його можна описати як:

$$P(t) = P_0(1 + k_1 \sin(\omega t) + k_2 \sin(2\omega t)), \quad (3.1)$$

де P_0 – середнє значення вимірюваного тиску;

$\omega = 2\pi f$, f – частота серцевих скорочень;

k_1, k_2 – коефіцієнти, обумовлені специфікою тестованого організму.

Параметри в (3.1) можна обрати, виходячи із статистично опрацьованих експериментальних даних. На рис. 3.3 показано модель тонів Короткова, реалізовану за приведеним нижче ПЗ.

```
clear all
t=[0:.01:1];
P0=70;
k1=.5;
k2=.4;
w=2*pi*.9;
Ps=P0*k1*sin(w*t);
Pc=P0*k2*sin(2*w*t);
P=P0*(1+k1*sin(w*t)+k2*sin(2*w*t))
plot(t,P)
```

```

hold on
plot(t,Pc)
plot(t,P,t,P,'o')
grid
axis([0 .95 0 150])

```

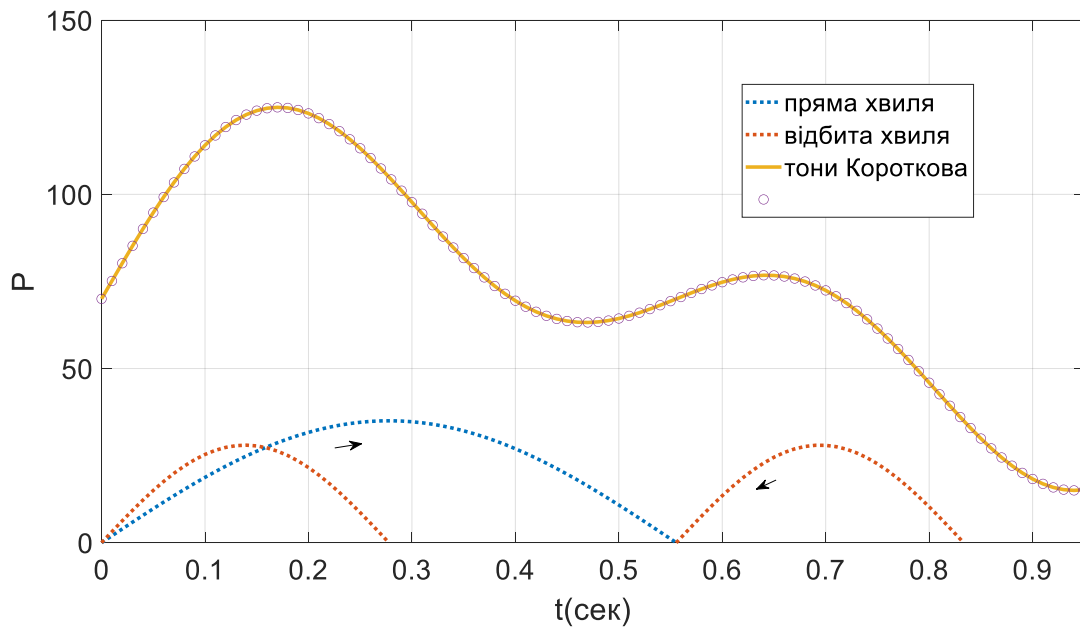


Рисунок 3.3 Математична модель для відтворення тонів Короткова

В результаті на вхід вимірювача артеріального тиску поступає для подальшого опрацювання сигнал, показаний на рис.3. Амплітудно-частотна характеристика вхідного каскаду пристрою повинна узгоджуватися із частотним спектром приведенного на рис. 3 вхідного сигналу, тобто забезпечувати достатній коефіцієнт передачі на низьких частотах.

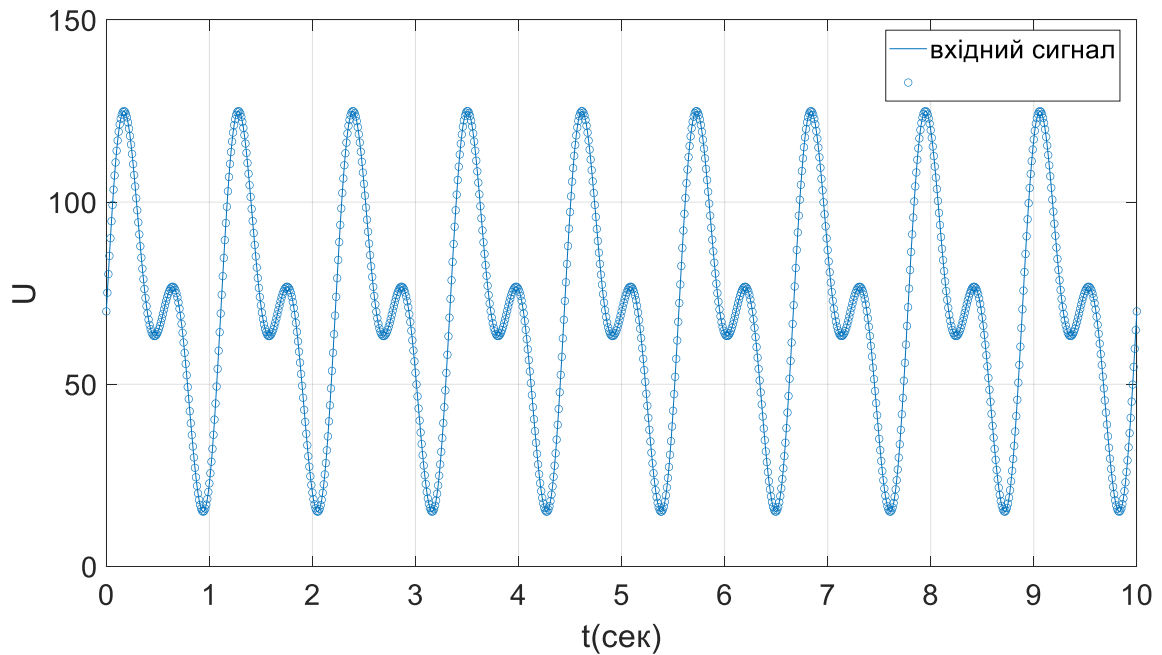


Рисунок 3.4 Модельований сигнал на вході вимірювача тиску

Крім того, при застосування приладу в робочих умовах слід передбачити засоби відфільтровування шумових впливів, спричинених як емоційними складовими користувача, так і зовнішнім середовищем. Модель зашумленого сигналу реалізована за наступним ПЗ і показана на рис.3.5

```
clear all
t=[0:.01:10];
R=rand(1,length(t));
P0=70;
k1=.5;
k2=.4;
w=2*pi*.9;
Ps=P0*k1*sin(w*t);
Pc=P0*k2*sin(2*w*t);
P=P0*(1+k1*sin(w*t)+k2*sin(2*w*t))+15*R;
plot(t,P)
grid
axis([0 10 0 150])
```

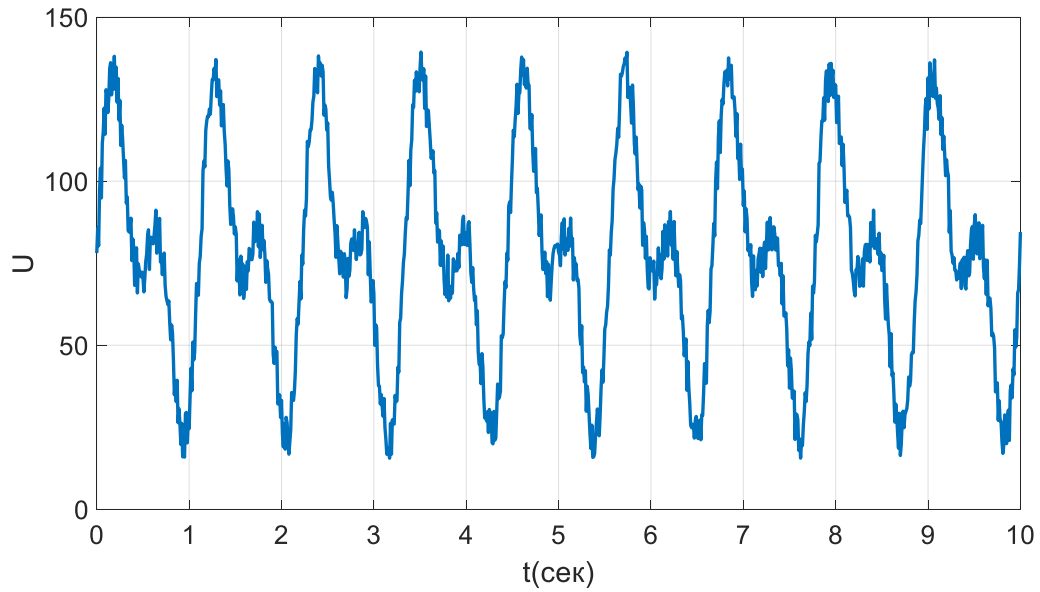


Рисунок 3.5 Реальний сигнал на вході вимірювача тиску

Частотний спектр (амплітудні і фазові складові) зашумленого вхідного сигналу показано на рис.3.6, а проходження його через ланку із частотними характеристиками, поданими на рис. 3.7, - на рис. 3.8.

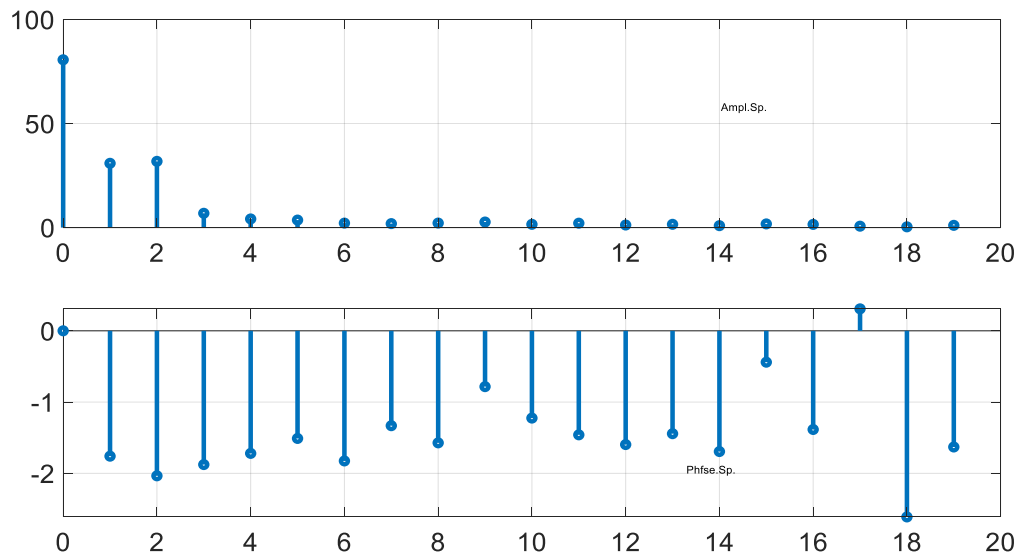


Рисунок 3.6 Частотний спектр модельованого зашумленого вхідного сигналу: розподіл гармонічних складових за амплітудою (верхній графік) і фазою (нижній графік) на кратних частотах

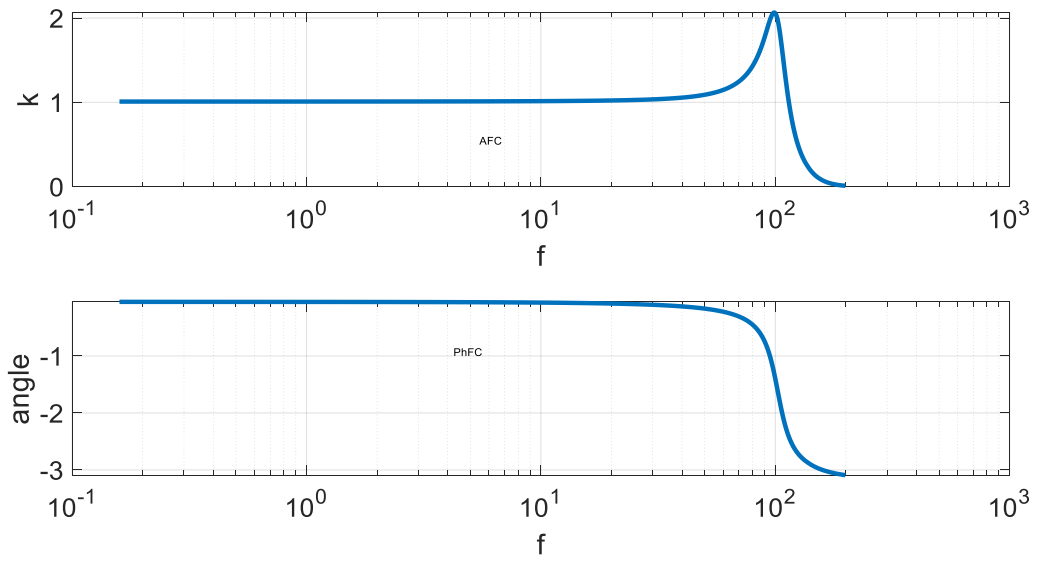


Рисунок 3.7 АЧХ (верхній графік) і ФЧХ (нижній графік) низькочастотної ланки

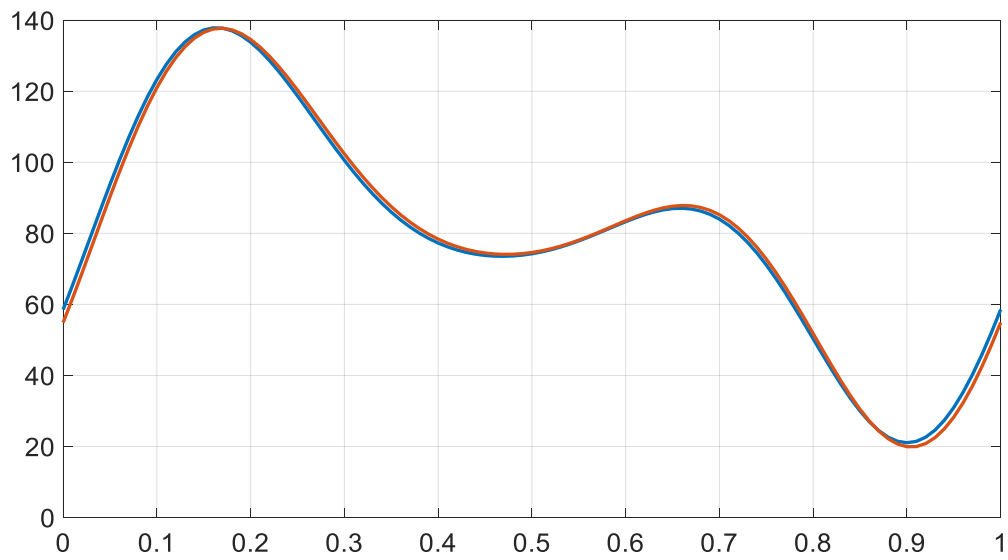


Рисунок 3.8 Вхідний сигнал на вході (синя крива) і на виході (червона крива) низькочастотної ланки

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу друкованого вузла

Маршрутно-операційна технологія складання та монтажу визначає послідовність виконання операцій, починаючи з виготовлення друкованого вузла і завершуючи складанням корпусу всього пристрою. Її реалізація здійснюється на основі спеціальних технологічних карт із дотриманням установлених вимог. У цих картах також наведено розрахунок витрати матеріалів та трудомісткості складання виробу. Розгорнутий опис маршрутно-операційної технології складання та монтажу друкованого вузла подано в додатках до даного дипломного проекту.

4.2 Розробка технології ремонту, регулювання виробу

У проектованому вимірювачі артеріального тиску можлива поява несправності, що проявляється у відсутності звукової індикації від НА1. Для усунення цієї несправності розроблено алгоритм її діагностики, наведений нижче. Згідно з алгоритмом, ремонт пристрою здійснюється шляхом послідовної перевірки електричних параметрів кожного зазначеного елемента.

Діагностику слід розпочати з контролю наявності сигналу на роз'ємі XS1 за допомогою осцилографа. Якщо сигнал фіксується, перевірку продовжують; за його відсутності ймовірною причиною несправності є неробочий датчик тонів Короткова.

На наступному етапі здійснюється перевірка напруги живлення батареї GB1 за допомогою вольтметра або мультиметра. Якщо напруга +9 В відсутня, батарею підлягає заміні; у разі наявності номінальної напруги діагностику продовжують.

Далі проводиться вимірювання сигналу на виводах 13 та 7 мікросхеми DD1. Відсутність сигналу може свідчити про несправність трансформатора TV1, що виконує фільтрувальну функцію, або діодів VD1, VD2, які у такому випадку необхідно замінити.

Наступним кроком є перевірка сигналу на виводі 14 мікросхеми DD1. Якщо сигнал відсутній, мікросхема DD1 вважається несправною та потребує заміни.

У разі наявності сигналу, але відсутності звукової індикації, можливими причинами є несправність транзистора VT1 або звуковипромінювача HA1, які також підлягають заміні.

Прилад не потребує попереднього налаштування, тому додаткові регулювання після ремонту не виконуються.

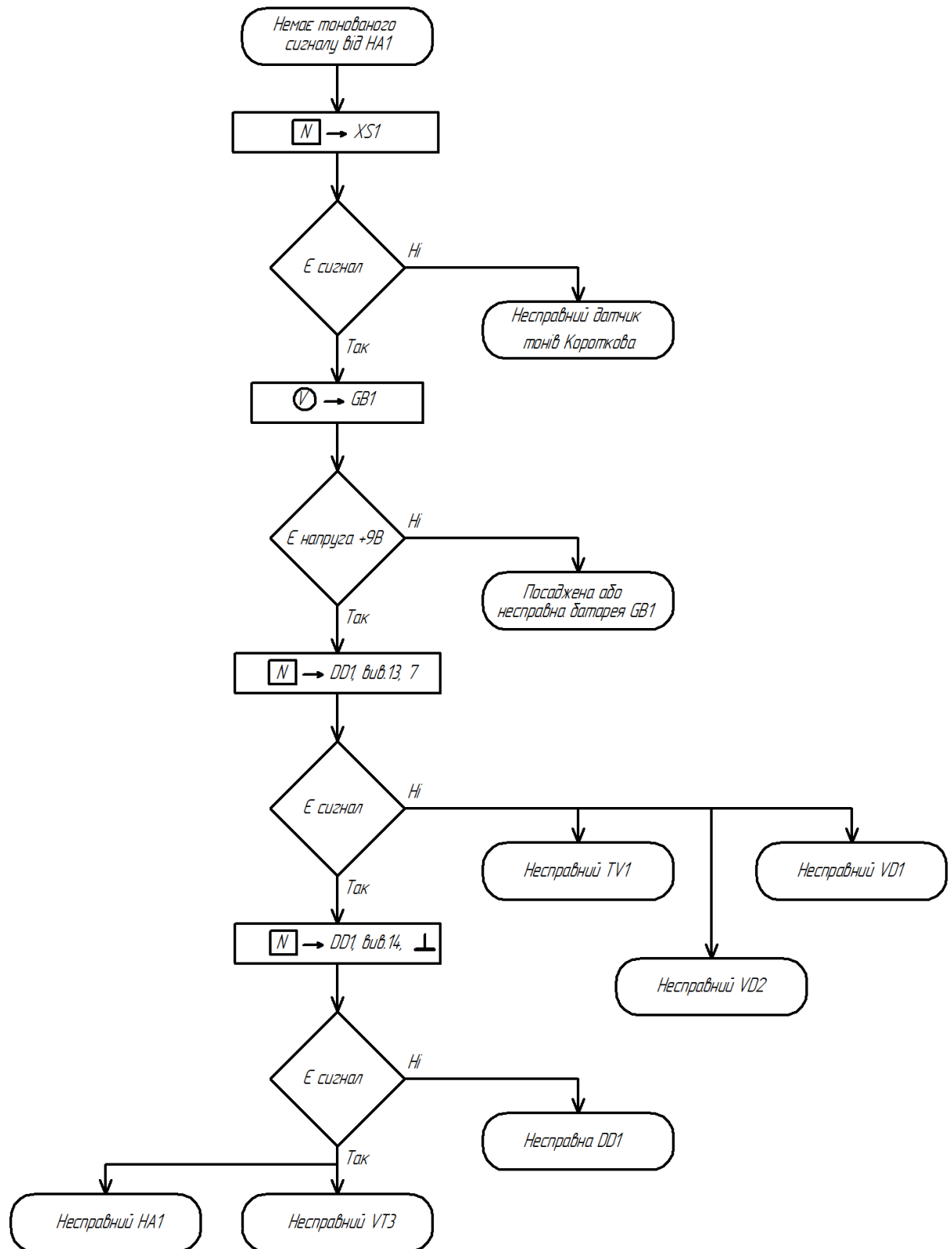


Рисунок 4.1 - Алгоритм пошуку несправності

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

Сучасна технологія виробництва РЕА - це технологія поверхневого, а частіше змішаного монтажу електронних блоків на друкованих платах, одержуваних методом травлення фольгованого склотекстоліти. Сучасний блок вітчизняної РЕА все частіше містить імпорتنу елементну базу особливо у високо інтегрованої частини. Основна відмінність методу поверхневого монтажу від традиційної технології - відсутність монтажних отворів для установки виводів компонентів. Це надає розробникам широкі перспективи в області комплексної мікромініатюризації електронних виробів і автоматизації виробництва. Процес виробництва РЕА - це сукупність дій людей і знарядь виробництва, необхідних для виготовлення або ремонту радіоелектронних пристроїв.

Процеси, що використовуються в виробництві ЕА, класифікують на 5 груп.

1) Виробництво елементної бази, в тому числі ЕРЕ, функціональних елементів (ФЕ), мікрозборок (МСБ) і ІМС, для якого характерні: високий рівень технологічності і автоматизації, масовий тип виробництва, ретельність розробки конструкції, висока надійність і низька вартість.

Подальший розвиток елементної бази буде йти по шляху розробки нових матеріалів, жорсткості вимог до їх параметрами, зменшення дефектів підкладок, підвищення точності і автоматизації контролю параметрів, використання ЕОМ на стації проектування та управління всіма процесами.

2) Виготовлення елементів несучих конструкцій (штампування, лиття, пресування, точіння, фрезерування, електрофізичні методи обробки та ін), які запозичені з інших галузей і пристосовані для виробництва ЕА. Удосконалення здійснюється по шляху уніфікації як конструкторських, так і технологічних

рішень, широкого використання безвідходних та програмно-керованих технологій і гнучких модулів програмно-керованого устаткування.

3) Виготовлення функціональних елементів - ЗУ, ліній затримки і фільтрів на поверхнево-акустичних хвилях (ПАХ...), яке характеризується широким застосуванням інтегральної технології, високої ідентичністю параметрів, підвищеними вимогами до устаткування. Перспективними напрямками розвитку ФЕ та їх технології є: використання нових матеріалів, підвищення точності виготовлення, зниження масогабаритних показників.

4) Збірка, монтаж та герметизація ЕА, трудомісткість яких складає до 50 ... 80 % загальних витрат виробництва. Ці процеси мають невисокий рівень автоматизації і механізації, широку номенклатуру технологічного оснащення, велику частку ручної праці. Для зниження тривалості виробничого циклу здійснюється паралельна збірка модулів різних рівнів, поєднання на одній лінії складання та герметизації, комплексна автоматизація. Основними напрямками їх вдосконалення є: підвищення щільності компонування навісних елементів на ПП, щільності друкованого монтажу за рахунок застосування МПП на керамічних та поліїмидні підставах; широке використання біс-корпусних ЕРЕ, перспективної технології поверхневого монтажу, застосування автоматизованого устаткування; розробка нових методів збірки і монтажу модулів другого і подальших рівнів; оптимізація кількості операцій проміжного контролю за економічним критерієм; розробка заходів по технологічному забезпеченню надійності електричних з'єднань.

5) Контроль, регулювання і випробування ЕА, що характеризуються застосуванням висококваліфікованої робочої сили, спеціальної вимірювальної апаратури. Від якості виконання цих процесів багато в чому залежить надійність випускається апаратури. Попередній контроль і регулювання функціональних параметрів окремих модулів дозволяють скоротити час налаштування апаратури в цілому. Перспективним є широке використання контролюючої та діагностуючої апаратури із застосуванням

мікропроцесорних комплектів, підвищення гнучкості їх роботи і зниження трудовитрат.

Електричний струм. Протікання електричного струму через живу тканину організму людини викликає різні ефекти. Так, проходячи через організм людини, електричний струм справджує термічну, електролітичну, механічну і біологічну дії.

Термічна дія струму є наслідком перетворення електричної енергії в теплову при проходженні через ділянки тіла людини. Вона виявляється у виді опіків окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури органів, що лежать на шляху протікання електричного струму. При тривалому нагріванні в органах можуть спостерігатися функціональні розлади.

Електролітична дія струму виражається в розкладанні внутрішньоклітинної рідини і крові на позитивні і негативні іони, що викликає зміну їхнього фізико-хімічного складу.

Механічна дія струму виражається у виникненні електродинамічного ефекту, що може спричинити розшарування, розриви тканин організму.

Біологічна дія виявляється в роздратуванні і порушенні живих тканин організму електричним струмом, величина якого значно перевищує рівень біострумів, що може виявлятися в порушенні внутрішніх біоелектричних процесів.

Перераховані дії електричного струму на організм людини нерідко приводять до різних електричних травм, які розділяються на дві основні групи: 1 – місцеві електричні травми; 2 – електричні удари.

Місцеві електричні травми викликають ураження окремих ділянок живих тканин організму людини.

Електричні удари призводять до ураження життєво важливих органів.

При електричних ударах струм впливає на групи м'язів тіла людини, що може привести до судом, до зупинки подиху чи серця.

До основних місцевих електричних травм відносяться: електричний опік, металізація шкіри, електричні знаки, механічні ушкодження і електроофтальмія.

Електричні опіки виникають у наслідок термічного ефекту при проходженні струму через тіло людини, а також при зовнішньому впливі на нього електричної дуги. Зовнішній вигляд опіків може бути різний – від почервоніння шкіри й утворення міхурів з рідиною до обвуглювання біологічних тканин.

Металізація шкіри зв'язана з дифузією в неї дрібних часток металу у разі ділянки тіла людини до струмоведучої частини чи при частковому розплавлюванні такої частини під дією електричної дуги.

Механічні ушкодження обумовлені судорожним скороченням м'язів тіла, що може викликати їхній розрив чи ушкодження шкірних покривів, нервових волокон, сухожилів, вивих суглобів і навіть перелом кісток.

Електроофтальмія – запалення зовнішніх слизоватих оболонок ока – роговиці і кон'юктиви під дією потужного УФ-випромінювання електричної дуги.

Фактори, що впливають на ступінь ураження людини електричним струмом, є різноманітними. Це насамперед сила струму і час проходження його через організм людини, рід струму (перемінний чи постійний), шлях струму в тілі людини, а при дії перемінного струму – його частота.

Основним фактором, який визначає ступінь ураження людини, є величина електричного струму, що протікає через тіло людини. Цей параметр визначається, в основному, опором рогового шару шкіри, який при сухому її стані і відсутності ушкоджень може складати сотні тисяч Ом. При вологому чи ушкодженному шкірному покриві опір тіла людини падає до сотень Ом. При великих напругах, а також при значному часі протікання струму опір тіла людини знижується ще більше, що веде до росту струму і, як наслідок – до більш важкого ступеню ураження електричним струмом.

Відповідно до характеру впливу струму на людину, у залежності від його величини він підрозділяється на 4 групи: 1 – невідчутний; 2 – відчутний; 3 – невідпускаючий; 4 – смертельний.

Якщо аналізувати дію перемінного електричного струму частотою 50 Гц на організм людини, то можна вказати наступні порогові значення цих його категорій.

Відчутний струм. Такими вважаються його величини, при яких людина відчуває його дію, але може самостійно звільнитися від проводу чи тієї частини електричної установки які виявилися під напругою. Величина порогу відчутного струму лежить у межах 0,6...1,5 мА.

Струм, при якому потерпілий не може самостійно відірватися від струмоведучих частин, називається невідпускаючим. Порогова величина такого струму знаходиться у діапазоні 8...10 мА.

Смертельним струмом для людини виявляються його величини більшої, ніж 100 мА.

Перемінний струм у порівнянні з постійним більш небезпечний. Відповідні дослідження показують, що найбільш небезпечним є перемінний струм частотою 20...100 Гц. Саме цьому діапазону відповідає і струм промислової частоти (50 Гц).

Протікання струму через організм людини може здійснюватися самими різними шляхами. З усіх можливих шляхів протікання струму через тіло людини найбільш небезпечними є ті, при яких уражається головний чи спинний мозок, а також серце чи легені. У першому випадку особливо небезпечними шляхами протікання струму є «голова – права чи ліва рука», «голова – ноги», а у другому – «права чи ліва рука – ноги», «права – ліва рука».

На безпеку ураження електричним струмом значний вплив роблять і параметри мікроклімату у виробничому приміщенні. Так, збільшення температури, відносної вологості, зниження рухливості повітря приводять до росту виділення вологи на поверхні шкірного покриву, що обумовлює

зниження опору шкірних покривів і, як наслідок, – підвищує небезпеку ураження людини електричним струмом.

Захист від дії електричного струму на організм людини реалізується наступними напрямками:

- відповідною конструкцією електричних установок. (До електричних установок відносяться пристрої, що генерують, переробляють, передають і споживають електричну енергію);
- організаційними заходами;
- застосуванням технічних методів і засобів захисту.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

На проектованій ділянці виготовлення консольно-опорних деталей мають місце наступні відходи виробництва:

- металева стружка;
- чавунний пил;
- масло інструментальне відпрацьоване;
- ганчірки промаслені;
- абразивний пил;
- відпрацьовані МОР;
- відпрацьований летючий розчин;
- промислова вода для технологічних процесів.

Для очистки промислових стоків на виробництві функціонують локальні очисні споруди:

- маслозбирачі;
- фарбозбирачі;
- станції нейтралізації хімічно забруднених вод;
- очисні споруди для очистки дощових стоків продуктивністю 254

л/сек.

Навколишнє середовище може забруднюватися робочими рідинами, які використовуються в коробках швидкостей та подач металообробного обладнання, що застосовується для виконання операцій механічної обробки деталі згідно з розробленим технологічним процесом, а також змащувально-охолоджувальними рідинами, які використовуються в процесі обробки для охолодження зони різання. Для запобігання цьому використані рідини не допускається зливати в загальну каналізацію. Їх потрібно доставляти з метою очищення на спеціальні очисні споруди. Після проведення очищення приймається рішення щодо подальшого використання для виробничих потреб.

При цьому для очищення стоків передбачаємо використання механічних (відстоювання, фільтрація) та хімічних (нейтралізація, коагуляція) методів очищення. Щоб запобігти забрудненню ґрунтових вод використаними у металорізальних верстатах робочими рідинами внаслідок низької герметичності систем передбачаємо проведення профілактичних оглядів з періодичністю один раз на пів року. При механічній обробці деталі відбувається пилове забруднення повітряного басейну не тільки виробничого басейну, але і зовнішнього повітря. Тому для запобігання цього передбачаємо застосування загально обмінної вентиляції, а на кожному робочому місці – технічних засобів місцевої вентиляції. За рахунок багатоступеневого очищення забезпечуємо високу ефективність очищення відпрацьованого повітря, а також можливість його часткового подальшого використання в системах рециркуляції. Контроль за станом повітряного середовища у виробничому приміщенні проводиться санітарною лабораторією.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В роботі визначено та розраховано основні технічні параметри пристрою, проведено якісну й кількісну оцінку його технологічності, встановлено умови експлуатації та визначено показники собівартості.

Також сформульовано технічні вимоги до розроблюваного радіоелектронного пристрою, здійснено вибір елементної бази, наведено опис принципу роботи за електричною принциповою схемою вимірювача артеріального тиску та проведено її аналіз. Також виконано розрахунок електричних параметрів окремих каскадів, обґрунтовано вибір конструктивних рішень і подано опис конструкції. Додатково проведено розрахунок надійності пристрою, аналіз технологічності конструкції та розроблено маршрутну-операційну технологію складання й монтажу друкованого вузла.

Створений вимірювач характеризується такими технічними параметрами:

Діапазон вимірювання компресійного тиску, мм рт.ст.....	30...300;
Основна похибка вимірювання компресійного тиску, мм рт. ст.....	± 4 ;
Поріг спрацювання по звуковому тиску каналу індикації, дБ.....	101 ± 3 ;
Напруга спрацювання індикатора розряду батарей, В.....	7,5;
Споживана потужність, Вт.....	0,15;
Маса, г.....	550;
Габаритні розміри, мм.....	125x210x70;
Тип живлення.....	аккумуляторна батарея;
Напруга живлення, В.....	9;
Ємність батареї, мАг.....	170;
Максимальний струм споживання, мА.....	120;
Діапазон робочих температур, С.....	-20...+40.

На основі синтезованої в MATLAB моделі тонів Короткова досліджено особливості опрацювання вхідного сигналу у спроектованому вимірювачі артеріального тиску.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.
- 2 Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
- 3 Методичні вказівки по виконанню електричних розрахунків каскадів радіоелектронної апаратури - ТК ТДТУ, 2002р.
- 4 Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТК ТДТУ, 2002р.
- 5 Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник/ за ред. В. Ц. Жидецького - Львів: Афіша, 2000.- 352 с. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: Підручник.- Львів: Афіша, 2005.- 318 с.
- 6 Розрахунок підсилювачів звукових частот - ТК ТДТУ, 2008р.
- 7 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.