

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

---

(повна назва факультету)

---

Приладів і контрольно-вимірювальних систем

---

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

---

(назва освітнього ступеня)

на тему: Інформаційно-вимірювальна система пристрою з дискретною  
установкою зарядного струму

---

Виконав: студент 6 курсу, групи РІм

спеціальності 152

---

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Цюпа С.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Дубиняк Т.С.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

2023

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 \_\_\_\_\_ Цюпі Степану Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційно-вимірювальна система пристрою з дискретною установкою зарядного струму

Керівник роботи Дубиняк Тарас Степанович, к.т. наук, доцент каф. ПВ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

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			
Науково-дослідна частина			

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		
4	Спеціальна частина		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація		
	Висновки		
	Графічний матеріал		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Цюпа С. В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дубиняк Т.С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Темою кваліфікаційної роботи магістра є розробка конструкції «Інформаційно-вимірювальна система пристрою з дискретною установкою зарядного струму».

Даний пристрій призначений для зарядки будь-яких малогабаритних акумуляторів з напругою від 1,5 до 12 В і струмом зарядки від 1 до 127 мА . Регулювання напруги буде проводитися за допомогою перемикача розташованого на передній панелі приладу. Також на передній панелі розташовані кнопки для перемикання струму.

Пристрій може бути використаний в побутових умовах, для зарядки акумуляторних батарей.

Живлення даного пристрою буде відбуватися від 220В змінної напруги з частотою 50 Гц.

У аналітичній і основній частині кваліфікаційної роботи магістра розкрито призначення, область застосування та технічні вимоги до проектного радіопристрою, складено та описано принципову схему пристрою, здійснено аналіз схеми, обґрунтовано вибір конструкції виробу, опис конструкції, розраховано надійність пристрою, вибрано необхідну елементну базу, яка видає потрібні параметри приладу.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Розробка технічного завдання	8
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	9
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз	9
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	13
2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу	13
2.2 Аналіз технологічності конструкції виробу	15
2.3 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу виробу	21
2.4 Розробка маршрутної технології складання проектного виробу	22
2.5 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	23
2.6 Обґрунтування вибору конструкції	26
3 НАУКОВО- ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	27
3.1 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу	27
3.2 Розрахунок надійності проектного виробу	34
3.3 Розробка математичної моделі об'єкту дослідження	42
3.3.1 Оцінки надійності роботи пристрою за характеристиками надійності його окремих вузлів	42
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	47
4.1 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	47
4.2 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів	62
4.3 Опис технології ремонту та регулювання радіопристрою	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	68

СИТУАЦІЯХ	
5.1 Охорона праці	68
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	73
ВИСНОВКИ	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78

## ВСТУП

Велике значення в радіоелектроніці має зарядний пристрій з дискретним встановленням зарядного струму. Даний пристрій використовується переважно в побутових цілях, для зарядки акумуляторів. Основною його перевагою є те, що струм заряджання не залежить від числа заряджаються акумуляторів і може бути дискретно встановлений у вказаному вище діапазоні з кроком 1 мА без використання вимірювача струму.

Основне призначення зарядного пристрою з дискретним встановленням зарядного струму полягає в тому що в ньому можна задати потрібне значення напруги чи струму для зарядки різних типів акумуляторів.

Всі портативні бездротові прилади повинні отримувати живлення від зовнішнього джерела, будь то розетка, автомобільний зарядний пристрій чи док-станція. Це зовнішнє джерело буде заряджати внутрішню батарею пристрою у заздалегідь. Незалежно від обраного зарядного пристрою, дизайнер все ще пов'язаний міркуваннями простору, вартості та ефективності. Тому очевидним є бажання підвищити рівень інтеграції та зменшити кількість компонентів інтеграції та розмір плати і заздалегідь визначеним способом внутрішній акумулятор пристрою. Не припустимо заряджати батареї, що не мають електроліту, іржаві, деформовані або ті, що вийшли з ладу, лужні та сольові батарейки.



## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Розробка технічного завдання

Технічні дані проєктованого пристрою:

- 1) Живлення пристрою повинно забезпечуватись від мережі змінного струму напругою  $220\text{ В} \pm 10\%$ ;
- 2) Частота з відхиленнями, не перевищуючими  $\pm 10\%$  і частотою  $50 (-1)$  Гц;
- 3) Вихідна напруга від 1 до 12 В, лінійним шляхом;
- 4) Максимальне значення струму від 0 до 127 мА, лінійним шляхом;
- 5) Габаритні розміри пристрою, не більше, мм -156x127x85;
- 6) Маса пристрою, не більше, кг – 2;
- 7) Нестабільність струму зарядки не перевищує 0,5%.

Важливою інформацією для пристрою є інформація про експлуатацію приладу.

Вимоги до експлуатації лабораторних блоків живлення будуть наступні:

1. Розташуйте 1.2V NiCd/NiMh акумулятори в зарядному пристрої, дотримуючись полярності.
2. Під'єднайте зарядний пристрій до джерела живлення.
3. Від'єднайте зарядний пристрій від джерела живлення після закінчення процесу заряджування.
4. Вийміть акумулятори із зарядного пристрою.
5. Якщо акумулятори заряджені та залишились у зарядному пристрої, зарядний пристрій переходить у режим підзарядки малим струмом.

Не рекомендується одночасно заряджувати акумулятори різних типів.

## 1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Почнемо з мережевого трансформатора з вторинною обмоткою потужністю 18 В / 0,5 А, який підключений через входні контакти 3 і 4. Змінна напруга вторинної обмотки трансформаторів випрямляється мостом VD2, який видає напругу в 4 В зі струмом 1А. Напруга постійного струму, на виході моста згладжується фільтром з конденсатора С1 і резистора R8. В подальшому сигнал потрапляє на транзистор VT2, який виконує роль ключа.

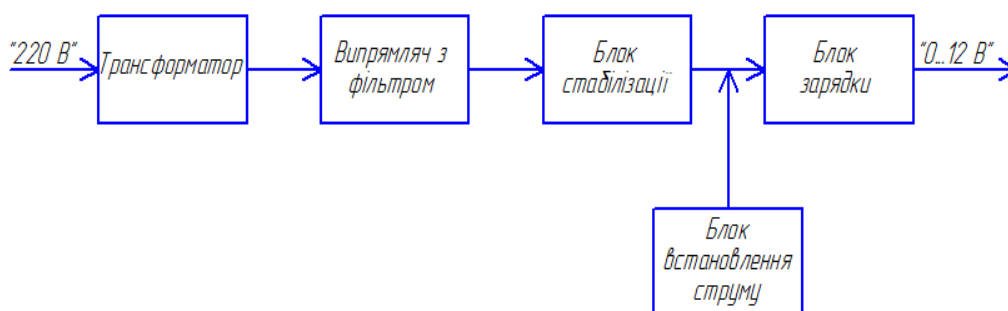


Рисунок 1.1 – Структурна схема пристрою

Після транзистора підсилений сигнал потрапляє на мікросхему DA2, а після неї на DA4. Дані мікросхеми виконують роль стабілізаторів напруги. Після виходу стабілізатора напруга потрапляє на транзисторні ключі VT1...VT2, а після них підсилюється на VT4. Мікросхема DA3 виконує роль таймера. Світлодіод HL1 і HL2 будуть виконувати роль індикаторів.

## 1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Схема електрична принципова зображена в графічно і представлена в додатках роботи.

Джерело струму утворюють мікросхема DA1, транзистори VT3, VT4 (вони утворюють складовою транзистор) і струмозадаючі резистори R4-R10, що підключаються вимикачами SA2-SA8.

Опори резисторів підбрані так, щоб при підключенні одного з них встановлювався струм зарядки, вказаної на схемі. Одночасним підключенням декількох резисторів встановлюють сумарний струм.

Наприклад, при замиканні контактів вимикачів SA2, SA4 сумарний струм складе 5 мА, а коли будуть замкнуті контакти всіх вимикачів, сумарний струм досягне 127 мА.

При необхідності дискретність установки струму можна змінити, зробивши її, приміром, рівної 2, 3, 5 мА.

Опір відповідного струмозадаючого резистора в цьому випадку визначають за формулою:

$$R = U_{\text{оп}} / I_{\text{зар}} \text{ (Ом)},$$

де  $U_{\text{оп}}$  – опорне напруга мікросхеми DA1 (близько 2,5 В);  
 $I_{\text{зар}}$  – струм зарядки, А.

Вибираючи іншу дискретність, слід враховувати, що кожне наступне значення зарядного струму повинен бути вдвічі більше попереднього, наприклад, 3, 6, 12, 24 і т.д.

Живлення на мікросхему DA1 надходить через ключ на транзисторі VT2, а режим роботи її задає резистор R3. Акумулятор G1, що заряджається підключають до виходу джерела струму через контакти.

Діод VD5 запобігає розрядку акумулятора при випадковому вимкненні живлення пристрою.

Оскільки акумулятор заряджається від стабілізованого джерела, напруга на колекторах транзисторів VT3, VT4 буде дорівнювати напрузі джерела живлення та акумулятора.

Ця напруга через емітерний повторювач, виконаний на транзисторі VT5, надходить на вхід (вивід 6) компаратора, зібраного на таймері KP1006B11.

На інший вхід компаратора (вивід 5) подається опорна напруга з движка перемінного резистора R16.

На початку зарядки акумулятора напруга на виводах транзисторів VT3, VT4 присутня, а отже, на виведення 6 компаратора більше опорної напруги, що надходить на його вивід 5.

При цьому на виході компаратора (вивід 3) встановлюється низький рівень, який утримує транзистор VT1 в закритому стані.

У результаті відкритий транзистор VT2, який включає джерело струму, і починається зарядка акумулятора. Запалюється світлодіод HL2, контролюючий роботу джерела струму і процес зарядки.

У міру зарядки акумулятора напругу на колекторах транзисторів VT3, VT4 відповідно, на виводі 6 компаратора зменшується.

Як тільки вона зменшиться до напруги, встановленої на виводі 5, компаратор спрацює. На виводі 3 компаратора встановиться високий рівень, який відкриє транзистор VT1. Транзистор VT2 при цьому закриється, джерело струму відключиться. Світлодіод HL2 згасне, що вкаже про закінчення процесу зарядки.

При зниженні напруги акумулятора на значення напруги гістерезису, встановлюваної підстроювальним резистором R14, процес зарядки відновиться.

Блок живлення пристрою складається з понижуючого трансформатора T1 і двох стабілізаторів напруги – на елементах VT7, VT8, DA3 і мікросхемі DA4.

Перший стабілізатор служить джерелом живлення мікросхеми DA2 і джерелом для зарядки акумулятора. Підстроєним резистором R21 встановлюють вихідну напругу стабілізатора.

На транзисторі VT7 виконаний захист від короткого замикання на виході. При нормальній роботі стабілізатора цей транзистор закритий, оскільки напруга на його емітері більше напруги на базі.

У разі короткого замикання напруга на емітер стає менше напруги на базі, транзистор відкривається, напруга на його колекторі різко зменшується, що призводить до закривання транзистора VT8 та заборону роботи мікросхеми DA3.

Діод VD4 служить для підвищення пробивної напруги емітер-база транзистора VT7, оскільки така напруга у більшості транзисторів не перевищує 8 В. Діод VD3, включений у прямому напрямку, компенсує падіння напруги на діоді VD4, а разом з діодом VD2 створює початковий зсув на базі транзистора VT7.

Другий стабілізатор служить для живлення мікросхеми DA1 і її елементів управління.

Світлодіод HL1 сигналізує про підключення пристрою до мережі.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Технологічність описує ступінь, до якого продукт може бути ефективно виготовлений, враховуючи його дизайн, вартість і вимоги до розповсюдження.

Для того, щоб забезпечити майстерність дизайну продукту, збірку під час виробництва і легкість розбирання під час введення в експлуатацію, корпус можна розділити на передню панель, задню панель, верхню кришку і нижню кришку.

Такий тип конструкції повинен забезпечувати легкий доступ до вузлів виробу його регулювання й налагоджування.

Даний корпус виготовляється з пластмаси. Такі корпуси мають переваги над іншими матеріалами в тому, що вони будуть меншої маси, будуть мати кращий естетичний вигляд, а також з пластмаси можна виготовляти більш складніші типи корпусів.

Недоліком є те що даний тип корпусів немає хорошого охолодження, особливо для тих приладів які сильно нагріваються, тому використовують радіатор.

Цей тип оболонки виготовляється методом лиття під тиском, який є одним з основних методів, що використовуються у виробництві

Даний спосіб виготовлення базується на заповненні формувальної порожнини прес-форми розплавом з подальшим його ущільненням за рахунок тиску і охолодженням.

Відлито чотири полиці для кріплення друкарського вузла. Товщина стінки корпусу - 2 мм.

З використанням друкованого монтажу значно спростилась зборка вузла також налагоджування і регулювання.

Основним головним елементом у виробі є друкована плата, яка виготовляється хімічним методом з одностороннього фольгованного склотекстоліту СФ1-35-ІКП (ГОСТ10316-78) товщиною 1,5мм.

При такому методі стравлюються незахищенні ділянки на фользі утворюючи друкований монтаж.

Цей метод є найпопулярніший і найпростіший з методів виготовлення плати.

Перед тим як встановлювати радіоелементи плату маркують фарбою ТНПФ-01 (ТУ29-02-889-88).

Підготовка радіоелементів до встановлення у плату. Формування виводів рекомендується зигзагом це зменшує час роботи та трудомісткість і пропадає потреба у збільшенні робочих мість.

Виводи конденсаторів і мікросхем не формують бо вони вже є сформованими.

Лудіння виводів радіокомпонентів виконується вручну припоєм АТІ-120.

Радіокомпоненти встановлюються вручну. Пайка виконується автоматично за допомогою паяльної хвилі, що дозволяє паяти всі виводи одночасно.

Для тих радіоелементів, які не паяються автоматично, використовують ручну пайку електричним паяльником на 36В.

Припой використовують типу ПОС-61 (ГОСТ21931-76) та флюс АТІ-120 (ГОСТ32142-82).

Після пайки плату миють та покривають захисним безколірним лаком АК-113 (ГОСТ23832-79).

Це захищає плату від вологи та впливу навколишнього середовища і витримує температурний діапазон від -60 до +1000С.

Ми кріпимо дошки саморізами за допомогою шурупів - це збільшує швидкість збірки.

Описові написи на корпусі наносяться методом трафаретного друку швидковисихаючою фарбою.

## 2.2 Аналіз технологічності конструкції виробу

Життєвий цикл виробу в значній мірі залежить від технологічності його конструкції при виготовленні та експлуатації. Конструкція виробу, в першу чергу, повинна бути підготовлена до конкретних умов: технології, обладнання, технічного оснащення і організації процесу.

Автоматична збірка пред'являє ряд особливих вимог до конструкції виробу, що збирається і його елементів.

Недостатньо повне і чітке виконання цих вимог призводить до зниження якості виробів, що збираються, невиправданих витрат праці, коштів, матеріалів, часу і часто унеможливорює автоматизацію складальних процесів.

Автоматична збірка - процес утворення з'єднань виробів та його складових частин, здійснюваний за допомогою автоматичного складального обладнання і складається з наступних етапів:

- завантаження і попередня орієнтація деталей;
- транспортування деталей в зону збірки;
- базування і остаточна (взаємна) орієнтація;
- виконання з'єднання;
- видалення подсобрать виробу або складальної одиниці зі складальної позиції.

Аналіз технологічності, а потім перегляд технології виробництва, звертається до дизайнера з набором інструментів і допомогою відповідної бази знань, на етапі проектування продукту оцінить технологічність продукту, і на основі гарантії якості функціонування продукту і змінити дизайн, зробити ...

Може бути корисно відрізнити проект для технологічності від тісно пов'язаної ідеї проекту для складання.

Проектування для збирання стосується проектування продукту, щоб максимізувати те, наскільки легко його можна зібрати та розібрати для ремонту та обслуговування. Цей підхід часто зосереджується на таких принципах, як мінімізація загальної кількості використовуваних деталей, забезпечення того, що



деталі легко вставляються, і обмеження вимог до складання простими, повторюваними рухами.

Багато з цих атрибутів можна застосувати до стійкості. Зменшення загальної кількості використовуваних частин і забезпечення того, що їх можна легко розібрати для ремонту та технічного обслуговування, сприяють зменшенню викидів вуглецю. З іншого боку, проектування для технологічності є превентивним ударом, створюючи продукти на етапі проектування, які значно знижують викиди вуглекислого газу до та після виробництва.

Цей вираз набагато більш конкретний, ніж проектування технологічності, який може охоплювати виробничі процеси, починаючи від виготовлення листового металу до формування пластику, лиття та механічної обробки.

Коефіцієнт використання мікросхеми  $K_{\text{вик.імс}}$  визначається за формулою:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{4}{4 + 41} = 0,08$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу  $K_{\text{А.М}}$  виробу визначається за формулою:

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{106}{122} = 0,86,$$

де  $H_{\text{А.М}}$  – загальна кількість монтажних з'єднань, які здійснюються або можуть здійснюватись автоматизованим способом, тобто наявні механізми для виконання монтажних з'єднань.

$H_{\text{М}}$  – загальна кількість монтажних з'єднань.

Коефіцієнт амортизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу  $K_{\text{М.п.ЕРЕ}}$  визначається за формулою:

$$K_{M.П.ЕРЕ} = \frac{H_{M.П.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = \frac{16}{35} = 0.45$$

де  $H_{M.П.ЕРЕ}$  - кількість ЕРЕ, підготовка яких до монтажу здійснюється або може здійснюватися механізованим або автоматизованим методом, тобто наявні механізми, обладнання чи оснастки для виконання цих операцій.

До числа вказаних ЕРЕ входять і такі, що не потребують спеціальної підготовки до монтажу.

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів  $K_{ПОВТ.ЕРЕ}$  визначається за формулою:

$$K_{ПОВТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{34}{45} = 0,24,$$

де  $H_{ЕРЕ}$  – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів  $K_{ЗАСТ.ЕРЕ}$  визначається за формулою:

$$K_{ЗАСТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ОП.ЕРЕ}}{H_{Т.ЕРЕ}} = 1 - \frac{3}{34} = 0,91,$$

де  $H_{Т.ОП.ЕРЕ}$  – кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробі

$H_{Т.ЕРЕ}$  – загальна кількість типорозмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів  $K_{ВСТ.Р}$  визначається за формулою

$$K_{ВСТ.Р} = 1 - \frac{H_{ВСТ.Р}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{78}{45} = -0,73,$$

де  $H_{ВСТ.Р}$  – кількість видів встановлених розмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт прогресивності Формоутворення  $K_{Ф}$  деталей визначається за формулою

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{ПР}}}{D} = \frac{3}{3} = 1,$$

де  $D_{\text{ПР}}$  – кількість деталей, заготовки або самі деталі отримані прогресивним методом формоутворення.

Визначаємо комплексний показник технологічності за формулою:

$K_i$  – величина показника згідно таблиці 1 для класу «Електроні блоки»;

$\varphi_i$  - функція, яка враховує вагову значимість показника в залежності від його порядкового номера в таблиці 2.1.

$$K = \frac{\sum K_i \varphi_i}{\sum \varphi_i},$$

$$K = \frac{0,08 + 0,86 + 0,33 + 0,17 + 0,28 - 0,13 + 0,11}{3,857} = \frac{1,7}{3,857} = 0,44$$

Таблиця 2.1 - Комплексний показник технологічності

№ п/п	Показник технологічності	Позначення	Величина	$\varphi_i$
1.	Коефіцієнт використання мікросхем і мікроборок.	$K_{\text{вик.імс}}$	0,08	1,000
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу.	$K_{\text{а.м.}}$	0,86	1,000
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ.	$K_{\text{м.п.ере}}$	0,45	0,750
4.	Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ.	$K_{\text{повт.ере}}$	0,34	0,500
5.	Коефіцієнт застосовуваності ЕРЕ.	$K_{\text{заст.ере}}$	0,92	0,310
6.	Коефіцієнт встановочних розмірів ЕРЕ.	$K_{\text{вст.р.}}$	-0,73	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формування.	$K_{\text{ф}}$	1	0,110

Таблиця 2.2 - 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 визначається в порівнянні розрахованого комплексного показника  $K$  з комплексним нормативним показником  $K_H$  (таблиця).

По формулах визначаю часткові показники технологічності і на їх основі, по формулі, визначаю комплексний показник технологічності.

Оцінка рівня технологічності виробу визначається в порівнянні розрахованого комплексного показника  $K$  з комплексним нормативним показником  $K_H$ , який визначається для виробів – аналогові і відображає реально існуючий рівень технологічності на підприємствах по випуску аналогічної РЕА. Це відношення повинно задовольняти умовно:

$$\frac{K}{K_H} \geq 1 \quad \frac{0,44}{0,5} = 0,88 \leq 1$$

З відношення бачимо що дана умова виконується, отже, виріб вважається не технологічним.

## 2.3 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу виробу

Дані друковані вузли виготовлені на основі одностороннього фольгового текстоліту СФ-2-34-151КП. Плату виготовляю хімічним методом. Виготовивши друковану плату, проводжу складання друкованих вузлів.

Приведу опис маршрутної технології складання, так як інша аналогічна.

Розконсервація плати. Розконсервують плату з целофанової упаковки. З допомогою ножиць РТ 543912.

Маркування заводського номера. Наносять заводський номер фарбою типографічною ДСТУ 471917 за допомогою штемпелю РТ 127474. Захист плати. Плату захищають латексом за допомогою дозатора латексу РД 457922. Захищають контактні площадки, елементи яких будуть запаюватися в ручну, різні різьбові з'єднання.

Сушка. Проводять сушіння плати у сушильних шафах РД 345218.

Формування виводів ЕРЕ. Формують виводи резисторів, кварцових резонаторів, транзисторів та стабілізаторів. Здійснюються автоматизовано за допомогою установок для формування РД 012457, РД 010126, РД010127.

Встановлення ЕРЕ. Встановлюють електрорадіоелементи на друкований вузол, які будуть запаюватись автоматизовано, а саме: постійні резистори, кварцеві резонатори, конденсатори електролітичні, штирьові виводи, стабілізатори, транзистори, підстроювальний резистор.

Встановлення ЕРЕ. Встановлюють електрорадіоелементи на друкований вузол, які будуть запаюватись автоматизовано, а саме: постійні резистори, мікросхему, конденсатори, конденсатори електролітичні, роз'єми клемні.

Автоматизована пайка. Відбувається автоматизоване запаювання ЕРЕ за допомогою хвилі припою, при цьому використовується припій марки ПОС-61. Пайка здійснюється установкою РД 309104.

Автоматизована пайка. Відбувається автоматизоване запаювання ЕРЕ за допомогою пайки в печі, при цьому використовується припоєві паста марки SN-6209. Пайка здійснюється установкою РД 387695.

Електромонтажна операція. Проводять рихтування елементів, далі ручне встановлення і запаювання котушок індуктивності.

Використовується паяльна станція РТ 107878, пінцет РТ 234231, припой ПОС-61 ГОСТ 549376 та флюс ФКС ГОСТ 3214282.

Оживлення. Проводять в технологічній обстановці оживлення. Процес проводять згідно з інструкції І1.

Технічний контроль. Здійснюють в технологічній установці, пізніше проводять візуальний контроль зовнішнього вигляду вузла, пайки, установки ЕРЕ, перевіряють електричні параметри згідно інструкції І2.

Лакування. Плату лакують лаком АК-113 за допомогою установки для лакування РД 759815.

#### 2.4 Розробка маршрутно-операційної технології складання проектованого виробу

Формування оптимальної маршрутно-операційної технологічної структури в інтелектуальній системі побудови інженерних процедур.

Бази знань цієї системи описані на основі правил семантики з використанням методології проектування інженерних процедур.

Етап проектування технологічних процесів обробки деталей є нетривіальним завданням, і технолог стикається зі значними труднощами при виборі найкращого рішення.

Щоб частково зняти навантаження з технолога при виборі альтернатив, важливо використовувати інтелектуальну систему проектування технологічних процесів.

Онтологічна модель представлення інформації про технологічний процес описується за допомогою атрибутивних графів, що дозволяє аналізувати форму та просторові зв'язки між структурними елементами об'єктів, зменшує область інтерпретації понять та кількість інтерпретаційних функцій

2.5 Опис конструювання виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

Конструктивно виріб представляє собою пристрій в пластмасовому корпусі.

Трансформатор, друкований вузол з елементами схеми, котрі до нього входять, кріпляться на шасі, котре вставляється в корпус пристрою.

Згідно психофізичних можливостей людини деталі на корпусі будуть розташовані наступним чином:

На лицевій панелі пристрою розташовані перемикач напруги, перемикачі струму, світлодіоди та перемикач включення/виключення живлення.

Перемикачі регулювання величини напруги будуть розташовуватися з краю передньої панелі по іншу сторону від роз'єму, так щоб регулювання напруги і струму не перешкоджало роботі спеціаліста.

Перемикачі по струму будуть розміщені в лінію по ширині панелі приладу. Над перемикачами будуть розміщені світлодіоди, задля кращого їх огляду.

На задній панелі виробу вмонтований тримач запобіжника захисту пристрою від перенавантажень струмом.

Враховуючи те, що на задній панелі немає ніяких індикаторів та пристроїв регулювання, запобіжник може розташовуватися в будь-якій позиції в залежності підключення його до плати.

Пластмасовий корпус має ручку для переносу, котра в робочому положенні являється підставкою пристрою.

Щоб виготовити багат шарову друковану плату, чергуються шари листового скловолокна, наповненого епоксидною смолою, який називається препрегом, і



провідних матеріалів сердечника ламінують разом під високою температурою та тиском за допомогою гідравлічного преса.

Тиск і тепло змушують препрег плавитися і з'єднувати шари разом. Теоретично найпростіша друкована плата має три шари.

Провідний шар, як правило, зроблений з міді, укладений у два шари міцних ізоляційних діелектричних матеріалів, таких як скловолокно. Цей зовнішній шар називається механічним.

Друковані плати починаються зі скловолокна. Субстрат створюється шляхом поєднання тканого скловолокна та епоксидної смоли, а потім розкочується до потрібної товщини.

Субстрат потім напівтвердіє в печі та розрізається на панелі. Ці панелі укладають чергуються шарами за допомогою клейкої мідної фольги.

Основним матеріалом для друкованої плати зазвичай є ламінат, оскільки він ідеально підходить для використання з міддю.

Пластик або скловолоконний матеріал ламінату забезпечує міцний і стійкий корпус для друкованої плати, а мідь зазвичай попередньо склеєна з обох сторін.

Плата друкованої плати виготовляється з використанням шару скловолокна між ними та приклеювання міді зовні.

У великомасштабному виробничому цеху великі аркуші порожніх друкованих плат розрізають на менші компоненти. Після того, як дошка буде розрізана, вона відправляється в свердлильний агрегат.

Плати можуть бути односторонніми (один шар міді), двосторонніми (два шари міді з обох сторін одного шару підкладки) або багат шаровими (зовнішній і внутрішній шари міді чергуються з шарами підкладки).

Компонент для поверхневого монтажу приклеюється до друкованої плати клеєм, що твердіє при нагріванні.

Як правило, спочатку вставляються звичайні компоненти, а потім наноситься клей для компонентів поверхневого монтажу, перш ніж плату пропускають через лінію підбору та розміщення.

Технологія поверхневого монтажу — це метод складання та виробництва, який наносить електронні компоненти безпосередньо на поверхню друкованої плати. Цей процес дає змогу автоматизованому виробництву виконати більше необхідних складання для створення робочої плати.

Плати лише з одним шаром міді, як правило, використовуються для дешевших електронних пристроїв.

Масово використовуваний плакований міддю ламінат можна класифікувати за різними категоріями відповідно до різних класифікаційних стандартів, включаючи армуючий матеріал, використаний смоляний клей, горючість, характеристики плакований міддю ламінат.

Машина для наклеювання плівки, машина для експонування, машина для травлення, обладнання для автоматичного оптичного виявлення АОІ, машина для штампування, машина для сплавлення пластини, машина для ламінування, машина для стрільби по мішенях, фрезерний верстат, свердлильний верстат, машина для трафаретного друку, обладнання для обробки поверхні, машина для різання країв, електричні. Срібло та паладій входять до складу припою та компонентів багатьох друкованих плат. Хоча сталь менш дорогоцінний метал, вона є частиною зовнішнього корпусу. Позолочені контакти та роз'єми також проходять по всій машині. З міді виготовлені з'єднувальні дроти.

Стандартна друкована плата у своїй основній формі являє собою пластикову плату, покриту скловолокном. Компоненти встановлюються на непровідну плату та з'єднуються за допомогою невеликих каналів, які називаються трасами. Ці сліди дозволяють електричним компонентам на платі функціонувати, пропускаючи електрику.

## 2.6 Обґрунтування вибору конструкції

Даний виріб складається з корпусу, друкованого вузла, трансформатора, перемикача напруги, перемикачів струму та світлодіодів.

Верхня та нижня кришки мають форму типу «корито» по кутах розміщені стійки які кріплять одну до одної за допомогою саморізів. Виготовляються кришки за допомогою лиття під тиском.

Передня і задня кришка мають просту форму і можуть виготовлятися методом литтєвого пресування.

До передньої панелі кріпиться перемикач напруги та перемикачі струму, отвір для світлодіода, та перемикач для включення/виключення приладу.

На задній панелі розміщене гніздо для підключення живлення та тримач під запобіжник.

Друкований вузол кріпиться до нижньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів. Також до нижньої кришки кріпиться трансформатор.

До транзисторів буде кріпитися радіатор для додаткового охолодження. Кріплення радіатора відбувається за допомогою гвинта, шайби та гайки.

Матеріалом для корпусу служить пластмаса, що надає йому ряд переваг: зменшення маси, спрощення технологічного процесу, зменшення ціни виробу та хороший естетичний вигляд.

Взаєморозміщення елементів виробу забезпечує технологічність складання і регулювання конструкції.

Для з'єднання елементів, які розміщені на корпусі з друкованим вузлом використовуються перемички.

## 3 НАУКОВО - ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 3.1 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу

Для кожного новачка визначення вартості складання друкованої плати є одним з найбільш клопітких і трудомістких завдань. Крім того, що вони є значним доповненням до електронних пристроїв, збірки друкованих плат вийшли на той рівень, що для їх з'єднання потрібні досвідчені руки.

Зважаючи на це, вартість складання друкованої плати є ще одним аспектом, який варто розглянути, і який виробники не можуть не помітити будь-якою ціною.

Ця вартість не тільки дозволяє виробникам розрахувати свої загальні витрати, але й переконує їх завжди тримати під рукою всі методи, які можуть допомогти максимально знизити вартість.

Навіть загальна вартість або вартість складання друкованої плати допоможе виробникам встановити найкращу ціну для кінцевого продукту.

Монтажний пристрій має таку складну конструкцію, що складається з передавального механізму, сервосистеми, системи розпізнавання та датчиків. Різні дефекти, як правило, зустрічаються під час монтажу мікросхеми, і заходи щодо усунення дефектів будуть розглянуті нижче:

Необхідно проаналізувати робочу послідовність монтажника мікросхеми та знати логіку між частинами передачі;

У процесі роботи обладнання дефекти можуть бути відомі з точки зору їх положення, зв'язку та ступеня, і вони можуть бути досягнуті через дивні звуки;

Процес експлуатації повинен бути з'ясований перед дефектами;

Дефекти слід з'ясувати, щоб визначити, чи є вони в деяких фіксованих положеннях, таких як монтажна головка чи сопло;

Дефекти повинні бути з'ясовані, щоб визначити, чи вони мають місце на фідері компонентів або SMD;

Необхідно досліджувати надлишковість дефектів, щоб визначити, чи виникають вони протягом певної кількості або часу.

Будучи електронним обладнанням з високою щільністю, пристрій для монтажу мікросхем SMT відповідає за монтаж мікросхем SMT, і його слід перевіряти щодня, щоб зробити його гладким для виробництва складання.

Визначаю мінімальну ширину друкованого провідника, мм, по постійному струму для кіл живлення і заземлення:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{0.25 \text{ A}}{20 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2} \cdot 35 \text{ мкм}} = 0.35 \text{ мм},$$

де  $I_{\max}$  - допустима густина струму, який протікає в провідниках.

Визначається із аналізу принципової схеми;  $I_{\max} = 0.25 \text{ A}$ ;

$I_{\text{доп}} = 20 \text{ A/мм}^2$  – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати

$t = 35 \text{ мкм}$  - товщина провідника, мм.

Оскільки плата відноситься до 3 класу точності, а в цьому класі мінімальна ширина провідників складає 0,65мм, то приймаю мінімальну ширину провідників 0,65мм.

Таблиця 3.1- Допустима густина в залежності від методу виготовлення

Метод виготовлення	товщина фольги $t$ , мкм	Допустима густина струму, $j_{\text{доп}}$ А / мм <sup>2</sup>	Питомий опір, $\rho$ , Ом мм <sup>2</sup> / 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

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

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

де  $\rho$  - питомий об'ємний опір

$l$  – довжина провідника, 0,16 м

$U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги, визначається з аналізу принципової схеми і не повинно перевищувати 5 % від напруги живлення транзисторів і не більше запису заводстійкості мікросхем.

Так, як плата відноситься до 3 класу точності, то мінімальна ширина провідників буде становити 0,25мм.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів  $d$ :

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r$$

де  $d_E$  – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ)

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

$r$  – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм.

Розрахункові значення  $d$  зводяться до нормалізованого ряду отворів: 1,1; 1,3; 1,5 мм,  $d_{E(1)} = 0,6$  для малопотужних резисторів С1-4 -0,125, конденсаторів електролітичних ЕСАР, конденсаторів керамічних СС4;, діодів Д226Б, КЦ405А, КД503А,  $d_{E(2)} = 1,0$ , для мікросхем КР1168ЕН6Б, КР140УД608, КР142ЕН12А, для транзисторів КТ315В, КТ819А і для підпаювання провідників

$$d_{(1)} = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,6 + |_{\pm 0,1}| + 0,2 = 0,9 \text{ мм},$$

$$d_{(2)} = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,0 + |_{\pm 0,1}| + 0,2 = 1,5 \text{ мм},$$

де  $d_E$  – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ

$\Delta d_{H.V.}$  – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору

$r$  – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм.

Розрахункові значення  $d$  зводяться до нормалізованого ряду отворів: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5 мм.

Розраховуємо діаметр контактних площадок. Мінімальний діаметр контактних площадок для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовлені фотохімічним методом:

$$D_{min} = D_{Imin} + 1,5h\phi,$$

де  $h\phi$  – товщина фольги;

$D_{Imin}$  – мінімальний ефективний діаметр площадки.

$$D_{Imin} = 2 \left( b_m + \frac{d_{max}}{2} + \delta d + \delta p \right)$$

де  $b_m$  – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки;

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

$\delta_d$  і  $\delta_p$  - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$$\delta_d = 0,25 \text{ мм, } \delta_p = 0,4 \text{ мм.}$$

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

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

де  $\Delta d$  - допуск на отвір.

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

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

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

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

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

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

Максимальний діаметр контактної площадки:

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

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

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



Таблиця 3.2 – Допуски на розташування отворів і контактних площадок

Параметри	Клас точності ДП			
Мінімальне значення номінальної ширини провідника $b$ , мм	0,60	0,45	0,25	0,15
Номінальна відстань між провідниками $s$ , мм	0,60	0,45	0,25	0,15
Відношення діаметра отвору до товщини плати $y$	$\geq 0,50$	$\geq 0,50$	$\geq 0,33$	$\geq 0,33$
Допуск на отвір $\Delta d$ , мм, без металізації, $\varnothing \leq 1$ мм	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$
Допуск на отвір $\Delta d$ , мм, з металізацією, $\varnothing \leq 1$ мм	+ 0,10 - 0,15	+ 0,10 - 0,15	+ 0,05 - 0,10	+ 0,05 - 0,15
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	+ 0,15 - 0,20	+ 0,15 - 0,20	+ 0,10 - 0,15	+ 0,10 - 0,15
Допуск на ширину провідника $\Delta b$ , мм, без покриття	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	+0,03 0,05	$\pm 0,03$
Теж саме, з покриттям	+ 0,25 - 0,20	+ 0,15 - 0,10	+ 0,10 - 0,08	$\pm 0,05$
Допуск на розташування отворів $\delta d$ , мм, при розмірі плати менше 180 мм	0,20	0,15	0,08	0,05
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0,25	0,20	0,10	0,08
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0,30	0,25	0,15	0,10
Допуск на розташування контактних площадок $\delta p$ , мм, на ОДП і ДДП при розмірі плати менше 180 мм	0,35	0,25	0,20	0,15
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0,40	0,30	0,25	0,20
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0,45	0,35	0,30	0,25
Допуск на підтравлення діелектрика БДП $\Delta d_{tr}$ , мм	0,03	0,03	0,03	0,03
Допуск на розташування контактних площадок $\delta p$ , мм, на БДП при розмірі плати менше 180 мм	0,40	0,35	0,30	0,25
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0,50	0,45	0,40	0,35
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0,55	0,50	0,45	0,40
Допуск на розташування провідників на ОДП і ДДП, $\delta p$ , мм	0,15	0,10	0,05	0,03
Теж саме, на БДП	0,20	0,12	0,07	0,05
Відстань від краю просверленого отвору до краю контактної площадки $b_M$	0,06	0,045	0,035	0,025

Визначаємо ширину провідників.

Мінімальна ширина провідників для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовлені хімічним методом:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1.5h\phi,$$

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

$$b_{\min} = 4,28 + 1.5 \cdot 0,035 + 0,03 = 4,36 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного малюнку.  
Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

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

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

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

де  $L_0$  – відстань між центрами відповідних елементів;  $\delta$  - допуск на розташування провідників ( див. табл.2)

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2\min} = L_0 - d_{\max} + 2\delta,$$

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

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

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

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

Висновок по розрахунку: в результаті обрахунків ширина друкованого провідника дорівнює 4,36 мм.

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

Враховуючи вищесказане можна сказати що всі контактні площадки будуть мати розміри не стандартної форми, а провідники будуть використані з звуженням.

1. Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою буде становити – 0.09мм.

Враховуючи те що при вибраному нами 3 класі точності, відстань між провідником і контактною площадкою будуть сягати від 0.5-0.6. В даному випадку відстань між провідником і контактною площадкою буде 0.6.

2. Мінімальна відстань між двома контактними площадками буде становити – 0.2 мм.
3. Враховуючи те що при вибраному нами 3 класі точності, відстань між двома контактними площадками будуть сягати від 0.5-0.6. В даному випадку відстань між контактними площадками буде 0.6.
4. Мінімальна відстань між двома провідниками буде становити – 0.3мм.

Враховуючи те що при вибраному нами 3 класі точності, відстань між двома провідниками буде сягати від 0.5-0.6. В даному випадку відстань між провідниками буде 0.6.

### 3.2 Розрахунок надійності проектованого виробу

Надійність обладнання – це передбачувана міра часу, протягом якого частина обладнання працюватиме правильно.

Надійність обладнання вимірюється на основі часу, протягом якого обладнання працює без збоїв це надійність пристрою.

Надійність обладнання пов'язана з ризиком відмови в обладнанні та процесах, зосереджуючись на доступності обладнання, придатності для призначення та вартості. Стратегія і тактика надійності сприяють реалізації

цінності обладнання протягом усього терміну його корисного використання та місії.

Залежність між інтенсивністю відмов та імовірністю безвідмовної роботи може бути отримана як:

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

Надійність по раптовим експлуатаційним відмовам ( $\lambda_0 = \text{const}$ ) розраховують для періоду нормальної експлуатації, коли первинний термін експлуатації (входження в режими) вже закінчився, а відмови по зношуванню та старінню ще не наступили. Для складної різнотипної апаратури інтенсивність відмов системи можна вважати постійною також і на ділянці 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  $p(t)$ ,  $q(t)$ ,  $\omega(T)$ ,  $T_{\text{ср}}$ ,  $T_0$  з урахуванням постійності інтенсивності відмов.

Формула для імовірності безвідмовної роботи набуває вигляду

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

Ця залежність відома як експоненціальний закон надійності. Під аргументом  $t$  розуміють не календарний час, а той інтервал, для якого розраховується надійність. Для припущення  $\lambda_0 = \text{const}$  імовірність безвідмовної роботи за однакові проміжки часу  $t$  не залежить від того, як вибрана початкова точка відліку цього інтервалу.

Середнє напрацювання до відмови тоді можна знайти

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

Згрупувавши рівнонадійні елементи, отримаємо:

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

де  $\lambda_{0j}$  – інтенсивність відмов  $j$ -ої групи;

$N_j$  – кількість елементів  $j$ -ої групи;

$m$  – кількість груп рівнонадійних елементів.

Інтенсивність відмов пристрою в цілому:

$$\lambda_C = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j.$$

Наближений розрахунок надійності виконується на етапі технічного проектування за вищенаведеними формулами. Значення  $\lambda$ -характеристик (інтенсивності відмов) елементів пристрою визначаються з довідникових даних.

При уточненому розрахунку надійності враховують вплив умов експлуатації, температури та електричного режиму із застосуванням наступних співвідношень

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

$$\lambda_C = k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j,$$

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \alpha_j,$$

$$k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3},$$

де:  $\lambda_j$  – інтенсивність відмов  $j$ -ої рівнонадійної групи елементів при експлуатації в заданих умовах;

$\lambda_{0j}$  – те ж саме, але при експлуатації в номінальному режимі;

$\alpha_j$  – поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов  $j$ -ої групи, який враховує вплив температури оточуючого середовища та електричне навантаження елемента.

Поправочний коефіцієнт  $k_\lambda$  враховує умови експлуатації РЕА;  $k_{\lambda 1}$  – вплив механічних факторів (вібрації, ударні навантаження),  $k_{\lambda 2}$  – вплив кліматичних факторів (температура, вологість),  $k_{\lambda 3}$  – умови роботи при пониженому атмосферному тиску.

Значення поправочного коефіцієнта  $\alpha$  в залежності від температури та коефіцієнту навантаження  $k_H$ , так само, як і інтенсивності відмов елементів пристрою, беруться з довідникових таблиць.

При цьому коефіцієнт навантаження визначається як відношення навантаження по певному параметру (потужність, струм, напруга), яке діє на елемент, до його номінального навантаження, яке встановлене нормативно-технічною документацією:

Коефіцієнт навантаження по потужності:

$$K_P = \frac{P_P}{P_H},$$

де  $P_P$  – робоче значення потужності розсіювання;

$P_H$  – номінальне значення потужності розсіювання.

Коефіцієнт навантаження по напрузі:

$$K = \frac{U_P}{U_H},$$

де  $U_p$  – робоче значення напруги;

$U_n$  – номінальне значення напруги.

При проектуванні коефіцієнт електричного навантаження, як правило, приймають рівним 0,4...0,8.

Температуру та коефіцієнт навантаження можна визначити експериментально (на етапі випробувань дослідного взірця) або шляхом розрахунків.

Типові значення поправочних коефіцієнтів також беруться з довідникової літератури.

Для розрахунку надійності радіопристрою необхідні такі дані:

- перелік компонентів (елементів);
- кількість елементів кожного типу;
- умови експлуатації;
- довідникові дані інтенсивності відмов ЕРЕ.

Розрахунок надійності проводиться в такій послідовності:

1. Скласти таблицю вхідних даних для розрахунку, визначити конструктивну характеристику компонентів (наприклад, для транзисторів – кремнієвий чи германієвий, або польовий, для конденсаторів – електролітичний чи керамічний і т.д.), визначити кількість елементів по групах, для яких з таблиці визначити значення поправочних коефіцієнтів  $\alpha_i$ , значення інтенсивності відмов  $\lambda_0$ . Розрахувати інтенсивність відмов  $\lambda_i$  для кожної з груп компонентів.

2. Для врахування умов експлуатації з таблиць визначити поправочні коефіцієнти згідно умов експлуатації проектного радіопристрою і розрахувати сумарний коефіцієнт  $K_\lambda$ .

Якщо умови експлуатації відповідають лабораторним,  $K_\lambda$  приймається рівним 1.

3. Розрахунок інтенсивності відмов провести по формулі (1.30).

4. Розрахунок середньої наробки до відмови провести у відповідності з (1.28) з урахуванням (1.30).

5. Провести розрахунок ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою по формулі (1.29 для заданих значень часу  $t_p$ . Кількість значень  $t_p$  рекомендується вибрати в межах 6 – 10.

6. По результатах розрахунків побудувати графік залежності ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою від часу  $t_p$ .

Розрахунок надійності РЕА суттєво скорочується при використанні комп'ютерної програми NAD\_Release.

Для того, щоб розрахунок був ефективним, до програми висуваються наступні вимоги:

1. Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи та середнього напрацювання до відмови радіоелектронної апаратури із врахуванням умов експлуатації.
2. Збереження результатів розрахунку у вигляді файлу з можливістю виведення на друк, а також із можливістю подальшої обробки результатів іншими програмами (наприклад в програмі MatchCAD).
3. Візуалізація результатів розрахунку у вигляді графіку залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу роботи пристрою.
4. Наявність комп'ютерної бази даних інтенсивності відмов різних електрорадіоелементів та електромеханічних блоків РЕА.
5. Можливість редагування бази даних для урахування особливостей різних пристроїв.
6. Можливість поповнення бази даних характеристиками нових елементів;
7. Можливість корегування даних щодо інтенсивності відмов та інших експлуатаційних характеристик радіоелементів в процесі розрахунку;
8. Зручний та зрозумілий для користувача інтерфейс програми.

Вікно програми зображено на рисунку 3.1



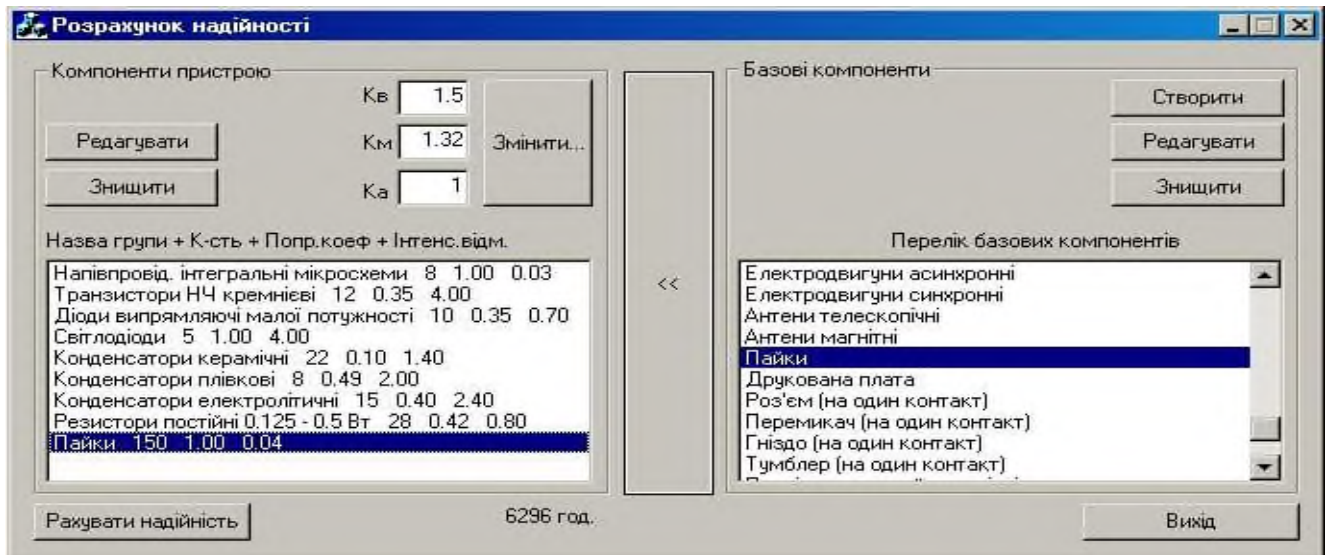


Рисунок 3.1 - Головне вікно програми розрахунку надійності

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.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	Кнопр	Івідм*1e-06	К-сть*Кнав від*1e-06
1	Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	4	1	0.03	0.15
2	Транзистори НЧ кремнієві	8	0.35	4	7
3	Діоди випрямляючі малої потужності	5	0.35	0.7	2.205
4	Світлодіоди	2	1	4	4
5	Резистори змінні	2	0.1	1.4	0.84
6	Конденсатори електролітичні	2	0.4	2.4	7.68
7	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	20	0.42	0,8	5.376
8	Трансформатори живлення	1	0.1	3	0.3
9	Друкована плата	1	1	0,1	0.1
10	Пайки	122	1	0,02	3.1
11	Запобіжник	1	1	0,5	0,5

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов:  $3.6725e-005$  1/год

Середня наробка до відмови: 27229.4 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи  $P(t)$ :

$t = 10$  год.  $P(t) = 0.999633$

$t = 100$  год.  $P(t) = 0.996334$

$t = 1000$  год.  $P(t) = 0.963941$

$t = 10000$  год.  $P(t) = 0.692636$

$t = 100000$  год.  $P(t) = 0.025413$

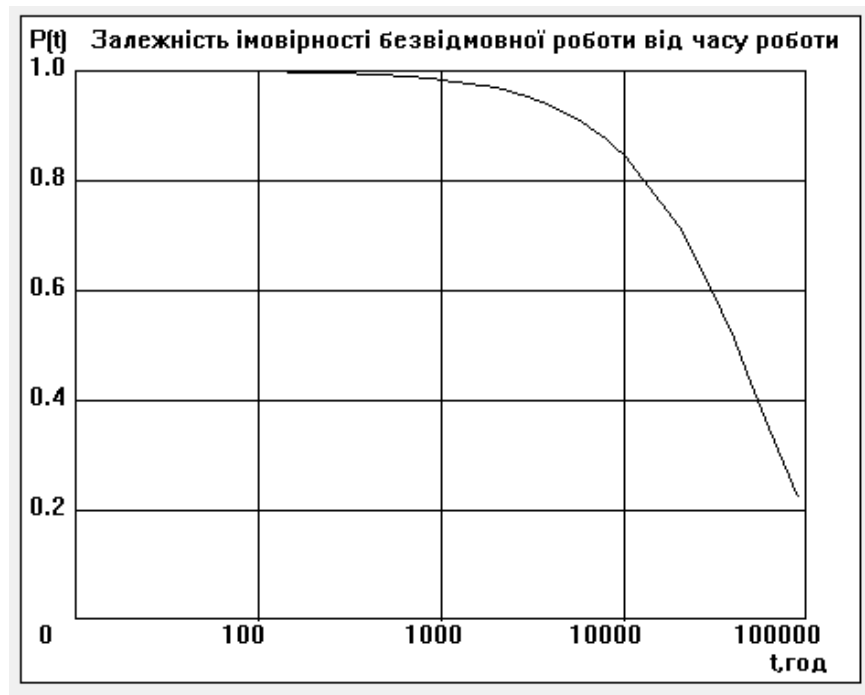


Рисунок 3.2 - Графік залежності  $P = f(t)$

При розрахунку надійності пристрою, було розраховано всі елементи враховуючи коефіцієнти механічних впливів, вологості і температури і було розраховано середнє напрацювання до відмови 27229.4 год.

### 3.3 Розробка математичної моделі об'єкту дослідження

#### 3.3.1 Оцінки надійності роботи пристрою за характеристиками надійності його окремих вузлів

Від моніторингу рівня надійності як окремих вузлів, так і пристрою в цілому, залежатиме ефективність його експлуатації та обслуговування. Тому важливо покладатися на ефективну систему діагностування. На характеристики надійності апаратури в цілому впливають не тільки характеристики надійності елементів РЕС, але і взаємне поєднання окремих блоків, складених цих елементів. Математичним апаратом розрахунку надійності пристрою в даному випадку є метод диференціальних рівнянь, який можна застосовувати при експоненційному

закону розподілу часу напрацювання до відмови та часу відновлення, що в більшості випадків характерно для періоду життєвого циклу елементів РЕС.

Диференціальне рівняння будується за графом станів системи, який відображає можливі стани системи при відмовах її елементів. Можливі напрямки переходів ТЗ з одного стану в інший відображають стрілками як показано на рис.3.3 б). Кожному із напрямків присвоюють значення інтенсивності переходу:  $\lambda_{ij}$  до відмови і  $\mu_{ji}$  до відновлення (наприклад,  $\lambda_{12}$  і  $\mu_{21}$ ).

Формуємо рівняння за наступними правилами:

– в лівій частині кожного рівняння стоїть похідна по часу від ймовірності знаходження системи в  $j$ -му стані в момент часу  $t$ ;

– кількість доданків в правій частині дорівнює кількості зв'язків, що впливають на даний стан;

– кожний такий доданок рівний добутку інтенсивності переходу на ймовірність вихідного стану (того, з якого виходить стрілка у діаграмі зв'язків на рис. 3.3);

– знак добутку додатній, якщо стрілка входить в стан, що розглядається, і від'ємний, якщо виходить з нього;

кількість рівнянь дорівнює кількості станів системи.

Наприклад:

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^m \lambda_{ji} P_j(t) - P_i(t) \sum_{z=1}^n \lambda_{iz}.$$

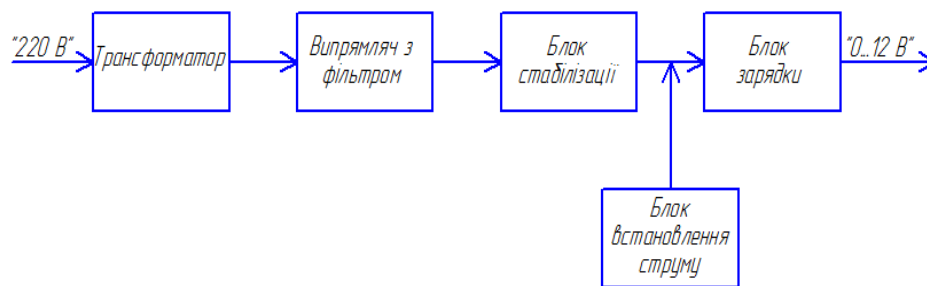
і доповнюється умовою:

$$\sum_{j=0}^m P_j(t) = 1,$$

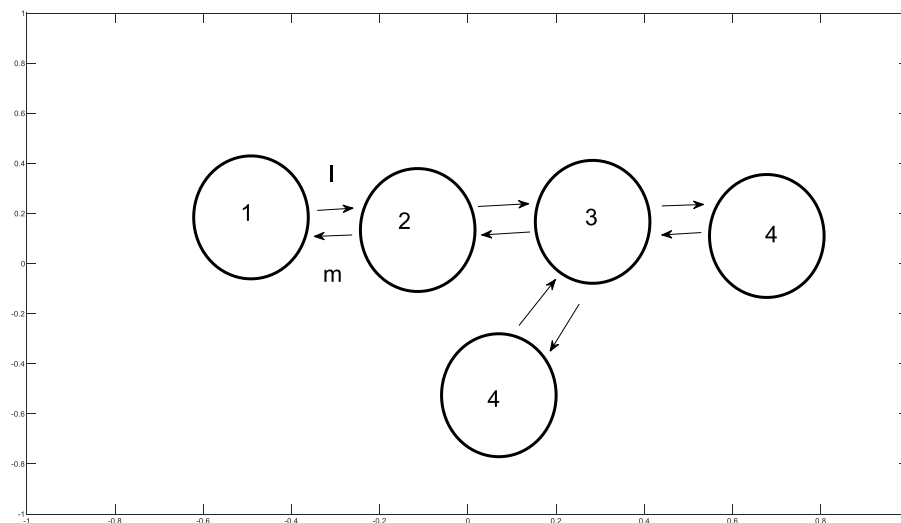
де  $P_j(t)$  – ймовірність знаходження системи в  $j$ -му стані;  $(m+1)$  – кількість можливих станів системи.

В результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь отримаємо ймовірності знаходження пристрою в кожному із станів логічної схеми. Функція готовності, обчислюється як сума ймовірностей знаходження пристрою в усіх  $n$  робото-здатних станах.

Так для розглянутого пристрою, складові компоненти якого представлені на рис. 3.3 а), логічна схема їх взаємодії показана на рис. 3.3 б).



а)



б)

Рисунок 3.3 - Схема взаємодій вузлів пристрою в процесі функціонування (а) і граф станів системи (б)

Побудована за заданою логічною схемою система диференціальних рівнянь за умови, що значення коефіцієнтів інтенсивності обернені до часу напрацювання і простою

$l = 1/T$  до відмови і  $m = 1/T$  відновлення однакові для всіх елементів логічної схеми, матиме вигляд:

$$\frac{dP1}{dt} = lP2 - mP1$$

$$\frac{dP2}{dt} = lP1 + lP3 - 2mP2$$

$$\frac{dP3}{dt} = lP2 + lP4 + lP5 - 3mP3$$

$$\frac{dP4}{dt} = lP3 - mP4$$

$$\frac{dP5}{dt} = lP3 - mP5$$

Для знаходження розв'язку даної системи побудована відповідна S – модель в середовищі MATLAB SIMULINK, яку показано на рис.3.4.

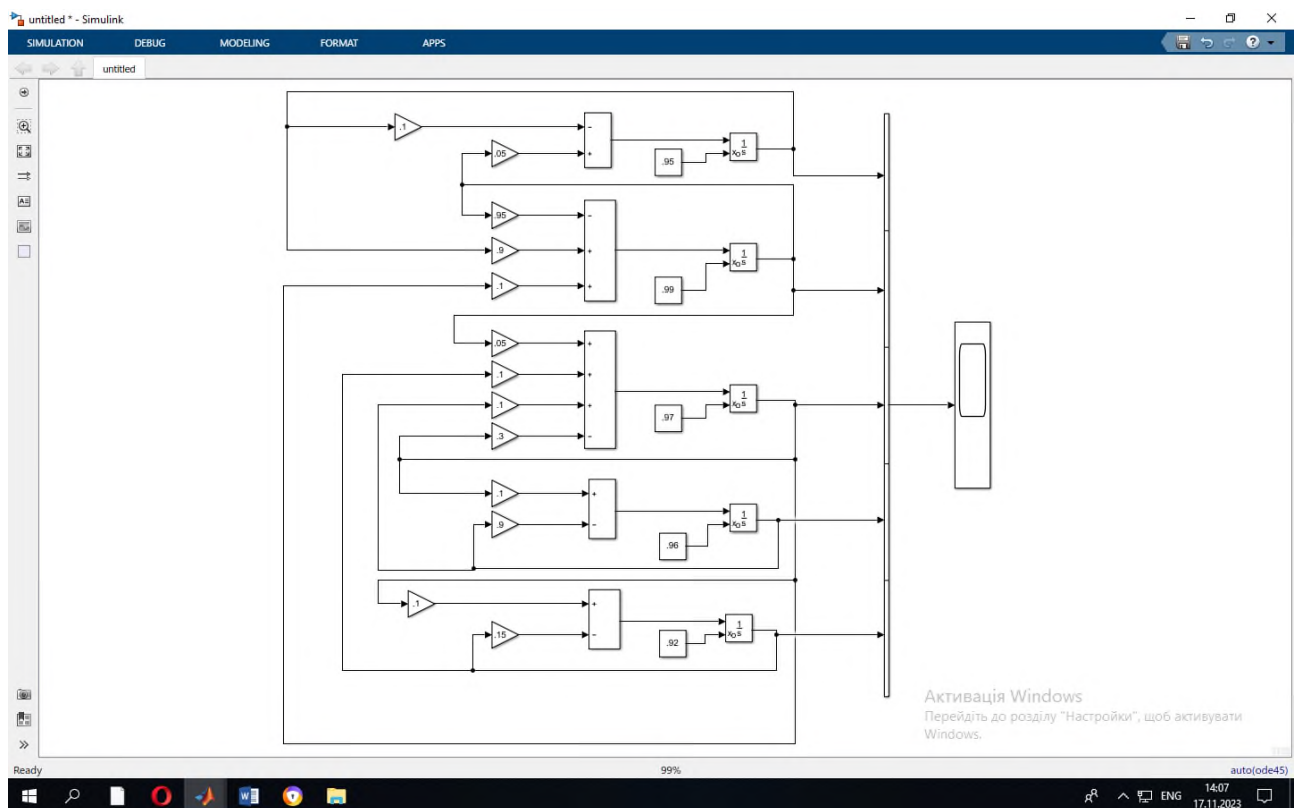


Рисунок 3.4- S-модель для знаходження розв'язку імовірнісної моделі

В результаті моделювання отримуємо динаміку зміни імовірностей появи неполадок у кожному із блоків пристрою з врахуванням їх взаємного впливу в процесі функціонування, показану на рис.3.5.

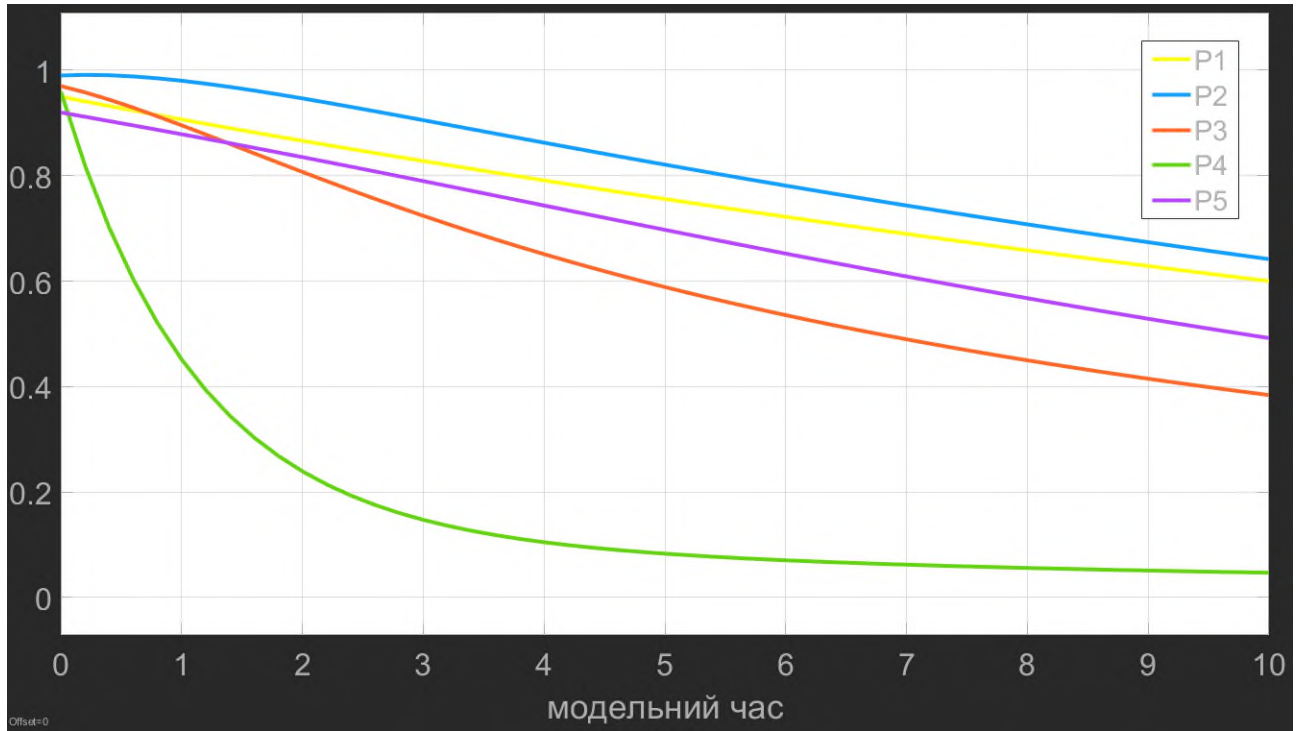


Рисунок 3.5 Зміна імовірностей появи неполадок у кожному із блоків пристрою з врахуванням їх взаємного впливу в процесі функціонування.

## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Вчені проводять емпіричні дослідження для збору даних, які допомагають відповісти на дослідницьке запитання. Чим більше даних буде зібрано, тим інформативнішим буде дослідження щодо його логічних цілей. При обґрунтуванні розміру вибірки слід враховувати, наскільки інформативними будуть дані для досягнення мети висновку, наприклад оцінки розміру ефекту або перевірки гіпотези.

Незважаючи на те, що в інструкціях щодо подання рукописів іноді вимагається обґрунтування розміру вибірки, під час подання гранту спонсору або подання пропозиції до комісії з етичної перевірки кількість спостережень часто просто вказується, але не обґрунтовується.

Це ускладнює оцінку того, наскільки інформативним буде дослідження. Щоб запобігти виникненню таких побоювань, коли вже занадто пізно (наприклад, після того, як було спостережено перевірку незначущої гіпотези), дослідники повинні ретельно обґрунтувати розмір своєї вибірки перед збором даних.

Усі ці підходи до обґрунтування розмірів вибірки, навіть підхід «без обґрунтування», дають іншим зрозуміти причини, які призвели до рішення щодо розміру вибірки в дослідженні.

Не дивно, що підходи «евристики» та «без обґрунтування» часто навряд чи справлять враження на колег. Однак важливо зазначити, що цінність зібраної інформації залежить від того, наскільки кінцевий розмір вибірки дозволяє досліднику досягти своїх логічних цілей, а не від обраного обґрунтування розміру вибірки.

Ступінь, до якого ці підходи змушують інших дослідників оцінювати зібрані дані як інформативні, залежить від деталей питання, на яке дослідник мав намір



відповісти, і параметрів, які вони вибрали під час визначення розміру вибірки для свого дослідження.

Наприклад, погано проведений апіорний аналіз потужності може швидко призвести до дослідження з дуже низькою інформаційною цінністю. Ці шість обґрунтувань не є взаємовиключними, і під час планування дослідження можна враховувати кілька підходів.

Адекватність вибірки в якісному дослідженні стосується відповідності складу та розміру вибірки. Це важливий фактор при оцінці якості та достовірності багатьох якісних досліджень і враховується – особливо для досліджень, які розташовані в рамках постпозитивістської традиції та зберігають певну прихильність реалістичним онтологічним передумовам – в оцінці валідності. і узагальненість.

Вибірki в якісних дослідженнях, як правило, невеликі, щоб підтримувати глибину аналізу, орієнтованого на випадки, що є фундаментальним для цього способу дослідження.

Крім того, якісні зразки є цілеспрямованими, тобто відібраними на основі їхньої здатності надавати детальну інформацію, що має відношення до досліджуваного явища.

Як наслідок, цілеспрямована вибірка – на відміну від ймовірнісної вибірки, яка використовується в кількісних дослідженнях – відбирає «багаті інформацією» випадки.

Дійсно, останні дослідження демонструють більшу ефективність цілеспрямованої вибірки порівняно з випадковою вибіркою в якісних дослідженнях, підтверджуючи відповідні твердження, давно висунуті якісними методологами.

Розмір вибірки в якісних дослідженнях був предметом постійних дискусій. У той час як співтовариство кількісних дослідників встановило відносно прості правила, засновані на статистиці, для точного встановлення розмірів вибірки, тонкощі визначення розміру якісної вибірки та оцінки виникають через

методологічний, теоретичний, епістемологічний та ідеологічний плюралізм, який характеризує якісне дослідження (для обговорення, зосередженого на дисципліна психологія).

Це пом'якшує чіткі вказівки, які завжди застосовуються. Незважаючи на ці виклики, різні концептуальні розробки намагалися вирішити цю проблему з вказівками та принципами, а нещодавно заснована на доказах підхід до визначення розміру вибірки спрямований на емпіричне обґрунтування дискусії.

Зосереджуючись на якісних моделях окремого інтерв'ю з учасником, це дослідження спрямоване на подальший внесок у діалог про розмір вибірки в якісних дослідженнях, пропонуючи емпіричні докази щодо практик обґрунтування, пов'язаних із розміром вибірки.

Далі ми розглянемо існуючу концептуальну та емпіричну літературу щодо визначення розміру вибірки.

Безперечно, найпоширенішим принципом визначення розміру вибірки та оцінки її достатності є принцип насиченості. Поняття насиченості бере свій початок у обґрунтованій теорії – якісному методологічному підході, явно пов'язаному з розвитком емпірично отриманої теорії – і нерозривно пов'язане з теоретичною вибіркою.

Теоретична вибірка описує ітеративний процес збору даних, аналізу даних і розробки теорії, за допомогою якого збір даних регулюється новою теорією, а не попередньо визначеними характеристиками сукупності.

Насиченість обґрунтованою теорією (часто її називають теоретичною насиченістю) стосується теоретичних категорій – на відміну від даних – які розробляються та стають очевидними, коли «збір свіжих даних більше не викликає нових теоретичних ідей і не розкриває нових властивостей ваших основних теоретичних категорій»

Виходячи із цих умов, вибираємо наступні електрорадіоелементи:

Даний трансформатор являється силовим, випускається на стержневих сердечниках типу ПЛ 21×45, призначений для живлення побутової напівпровідникової апаратури, виготовлений із електротехнічної сталі марки 3311.

Товщина використаної стрічки 0,35мм. Зовнішній вигляд трансформатора показаний на рисунку 4.1.

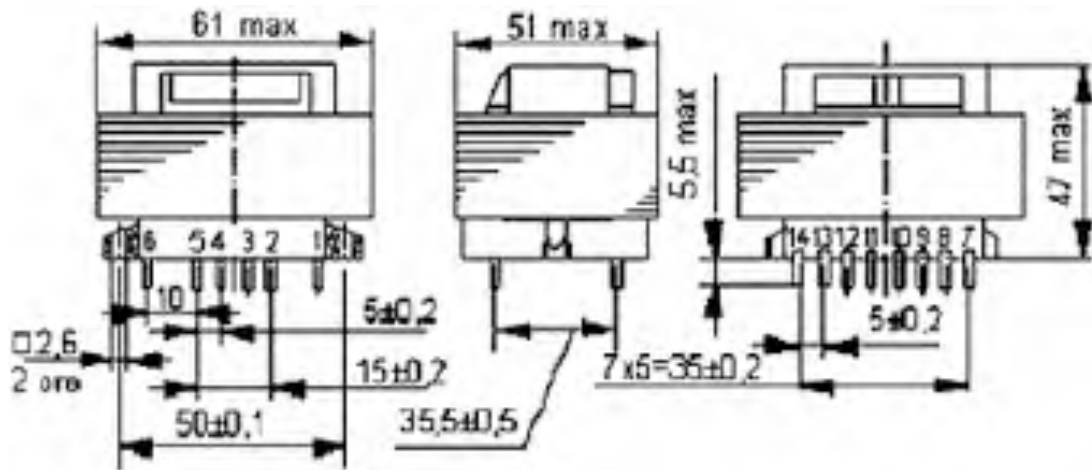


Рисунок 4.1 - Зовнішній вигляд трансформатора ТП115-К12

Електричні параметри і намоточні дані трансформатора ТП115-К12 представлені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Електричні параметри і намоточні дані трансформатора ТП115-К12

Тип трансформатора	Сердечник	№ виводів обмоток	Число витків	Марка і діаметр провoda, мм	Ном. напруга, В	Ном. струм, А
ТН32	ПЛР21×45	1-2 (I)	750	ПЭЛ 1,0	220	1,75
		3-4 (II)	60	ПЭЛ 2,5	18	0,5

Споживана потужність Вт, 115
------------------------------

Отже, даний трансформатор ідеально підходить до проектованого виробу.



Рисунок 4.2 - Зовнішній вигляд діодного моста КЦ410А

Технічні параметри:

- Максимальна постійна зворотна напруга, В.....600;
- Максимальна імпульсна зворотна напруга, В.....600;
- Максимальний прямий(випрямлений за напівперіод) струм, А.....1;
- Максимальний допустимий прямий імпульсний струм, А.....125;
- Максимальний зворотний струм, мкА.....50;
- Максимальна пряма напруга, В.....1.2;
- Робоча температура, С..... -55-125;
- Корпус .....МВ-25.

Запобіжники (вставки плавкі) призначені для розриву електричного кола у випадку, коли струм в колі перевищує заданий. Вибираємо даний тип запобіжників тому, що вони надійні в роботі, дешеві та доступні у придбанні, не змінюють своїх параметрів протягом тривалого їх використання.

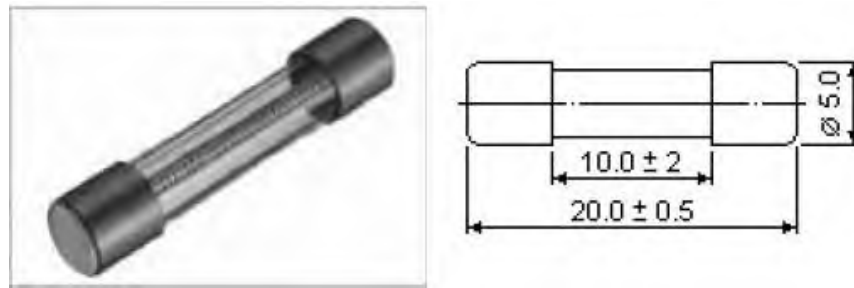


Рисунок 4.3 - Зовнішній вигляд і габаритні розміри запобіжника ВП1-А "Siba"

Технічні параметри запобіжників:

- номінальна напруга 250 В;
- номінальний робочий струм 0,5 А;
- контакти циліндричні;
- довжина корпусу 20 мм;
- діаметр корпусу 4 мм;
- робоча температура -60...+100 °С.

Застосовуємо до виробу запобіжники з максимальним робочим струмом 0,5 А і робочою напругою 250 В.

Дані запобіжники встановлюються в тримачі (див. рис.2.3), котрі за допомогою гайки кріпляться до задньої панелі приладу.



Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд тримача під запобіжники ВП1-А

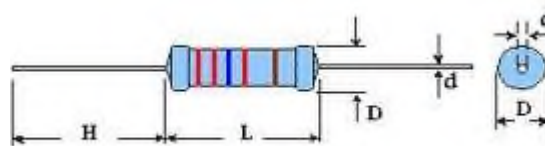
В даному пристрої використовуються резистори типу С1-4-0,125. Резистори С1-4-0,125 – постійні, металоплівкові, лаковані, теплостійкі.

Розмір осьового резистора залежить від його номінальної потужності. Звичайний резистор потужністю  $\frac{1}{2}$  Вт має діаметр приблизно 9,2 мм, тоді як менший резистор потужністю  $\frac{1}{2}$  Вт має довжину близько 6,3 мм. Півватний ( $\frac{1}{2}$  Вт) резистор (угорі) розміром до чверті вата ( $\frac{1}{4}$  Вт).

Резистори доступні в багатьох номінаціях, формах і фізичних розмірах. Практично всі свинцеві резистори з номінальною потужністю до одного Вата мають малюнок кольорових смуг, які використовуються для позначення значення опору, допуску та іноді навіть температурного коефіцієнта.

Такі резистори мають хороші електричні параметри: діапазон номінальних опорів =  $1...3 \times 10^6$  Ом, номінальна потужність = 0,125 Вт, гранична напруга 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 4.5 - Зовнішній вигляд та габаритні розміри резистора С1-4-0,125

Також для керування струмом ми використали резистор типу СПЗ-4АМ групи В з опором 100Ом, який являється змінним та має хороші електричні параметри, а також є не дорогим та якісним.



Рисунок 4.6 - Зовнішній вигляд резистора типу СПЗ-4АМ

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, %..... $\pm 20$ .

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



Рисунок 4.7 - 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, %..... $\pm 20$ .

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.

В даному виробі було використано діоди таких типів: 1N4001

Діоди Д226Б – 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 4.8 - Зовнішній вигляд та габаритні розміри діода Д226Б

Основні параметри:

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

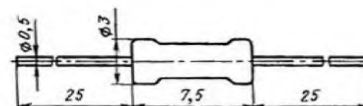


Рисунок 4.9 - Зовнішній вигляд та габаритні розміри діода КД503А



Основні параметри:

- постійна зворотня напруга, В.....30;
- максимальний постійний прямий струм, мкА.....0.2;
- максимальний постійний зворотній струм, мкА.....0,001.



Рисунок 4.10 - Зовнішній вигляд світлодіода АЛ307Б

Електричні параметри:

- Колір свічення.....червоний;
- Довжина хвилі, мкм.....0,665;
- Сила світла  $I_v$ , мккд.....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, °С.....-60...+70.

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

В схемі використовується для індикації.

Дана мікросхема використовується в приладі в якості стабілізатора напруги. Ми її використовуємо в зв'язку з тим що вона за всіма параметрами підходить до нашого приладу, а ще є поширеною і дешевою.



Рисунок 4.11 - Зовнішній вигляд мікросхеми КР1157ЕН09

Технічні характеристики:

- Вхідна напруга .....12 В;
- Вихідний струм .....120, mA;
- Вихідна напруга..... 6 , В;
- Полярність.....N;
- Корпус..... TO-92.

Мікросхема КР1006ВИ1 —являє собою операційний підсилювач середньої точності з високим посиленням, малими вхідними струмами, внутрішньої частотної корекцією і захистом виходу від короткого замикання.

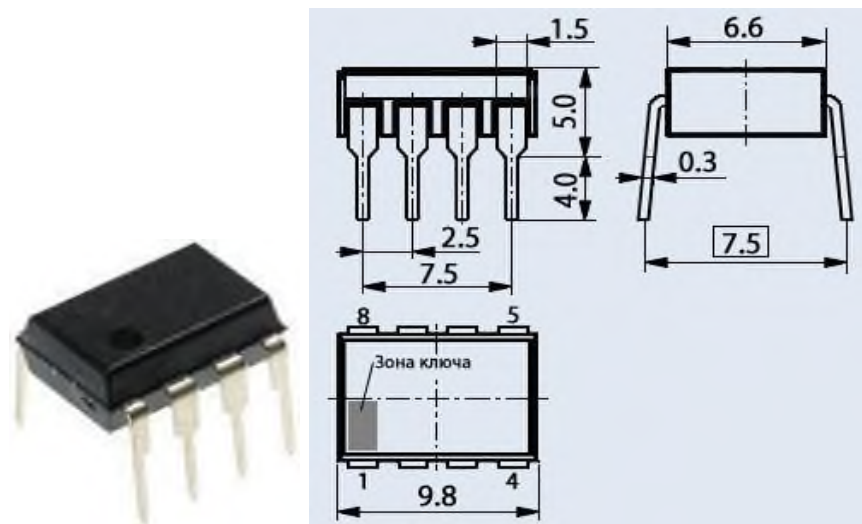


Рисунок 4.12 - Зовнішній вигляд мікросхеми КР1006ВИ1

Технічні характеристики:

Діапазон живлячої напруги .....4.5...18, В;

Вихідний струм .....250, мА;

Дрейф розрахованого значення..... 0,1% , В;

Дрейф температурного значення.....0,005%/°С;

Корпус..... DIP8.

Дана мікросхема використовується в приладі через те що вона всіма параметрами підходить до нашого приладу, а також є поширеною і дешевою.

Мікросхема КР142ЕН19 – це інтегральний стабілізатор напруги з вихідною напругою 9 В. Дана серія мікросхем випускається в корпусах ТО-220 фірмою «Semiconductor».

Мікросхема використовує внутрішнє обмеження струму, надійний тепловий захист операційної області, що забезпечує її надійну роботу і оберігає від виходу з ладу. Вихідний струм досягає 1,5 А при умові нормального тепловідводу.

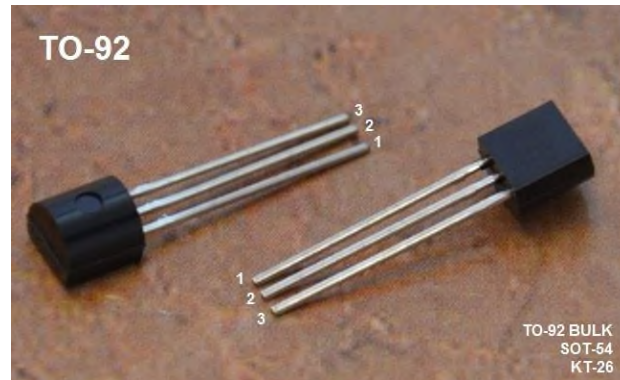
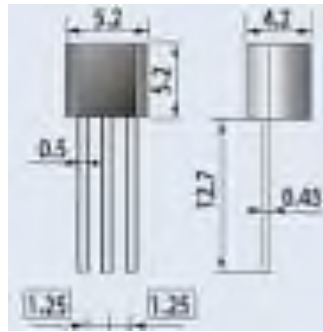


Рисунок 4.13 Зовнішній вигляд мікросхеми КР142ЕН19

Технічні характеристики:

- Номінальна вихідна напруга..... 4 В;
- Максимальний вихідний струм..... 0.2А;
- Максимальна вхідна напруга .....+30 В;
- Діапазон температур..... -10..+70°С;
- Корпус..... TO-220-3.

Використано даний тип мікросхеми у зв'язку з тим, що вона дешева, широко розповсюджена і підходить по напрузі стабілізації в проєктовану схему.

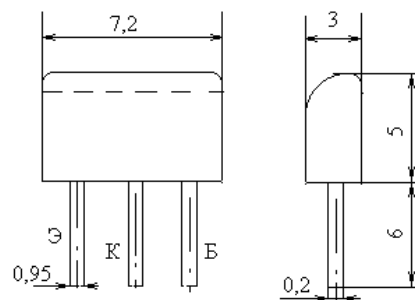


Рисунок 4.14 Габаритні розміри транзистора типу КТ315

Таблиця 4.2 Електричні параметри

$I_{к макс}$ мА	$U_{кe0гр}$ В	$U_{e60 макс}$ В	$P_{к макс}$ мВт	$T_{к}$ /С	$T_{п макс}$ /С	$h_{21e}$	$U_{кб}$ В	$I_e$ мА	$U_{ке нас}$ В	$I_{к60}$ мкА	$f_{гр}$ МГц	$R_{т п-к}$ С/Вт
100	20	6	150	25	120	20...90	20	1	0,4	1	250	670

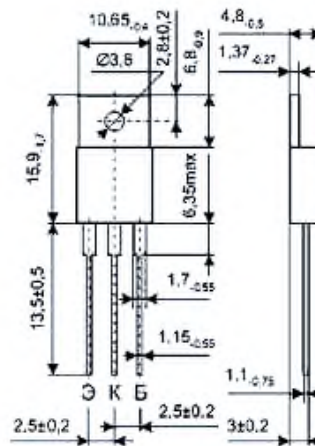


Рисунок 4.15 – Зовнішній вигляд транзистора КТ819А

Технічні параметри транзистора:

- Структура.....N-канал;
- Максимальна напруга стік-витік  $U_{си}/$ , В.....60;
- Максимальний струм стік-витік при 25 С  $I_{си макс.}$ , А.....0,2;
- Максимальна напруга затвор-витік  $U_{зі макс.}$ , В.....±20;
- Опір каналу у відкритому стані  $R_{си вкл}$ , мОм.....5000;

- Максимальна розсіювана потужність  $P_{си макс}$ , Вт.....0,4;
- Корпус.....ТО92.

Перемикач HF-606 (див. рис. 4.16) фірми «Meder electronic» в схемі призначений для включення/виключення мережі 220 В. Розрахований на максимальний струм 6 А, напругу 250 В. Має 2 фіксованих положення.

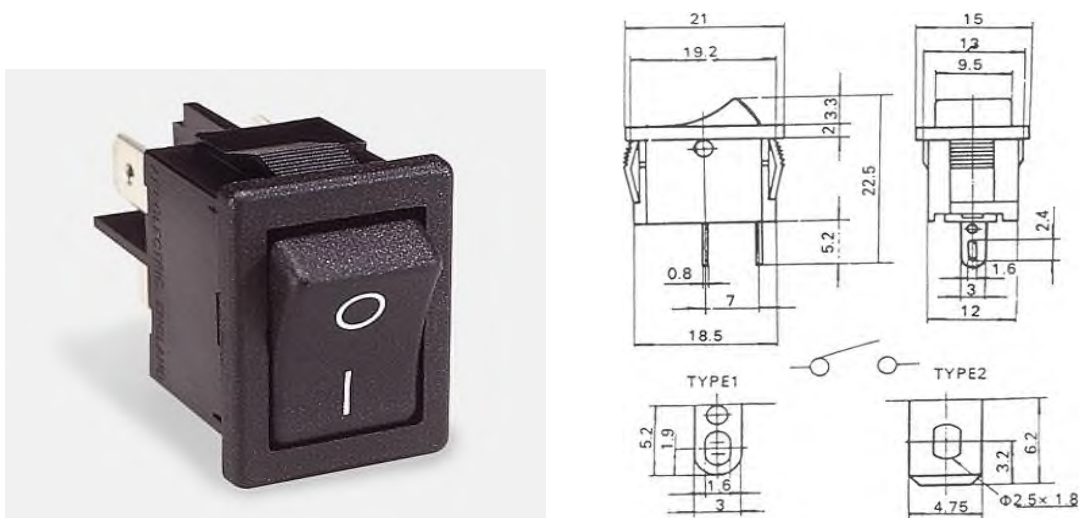


Рисунок 4.16 Зовнішній вигляд та габаритні розміри перемикача HF-606 фірми «Meder electronic»

За допомогою даної вилки з мережевим шнуром типу ШВП-2-В2×0,75 пристрій вмикається в мережу 220 В (забезпечується живлення пристрою). Вилка розрахована на максимальну напругу 250 В і максимальний струм 6 А частотою 50 Гц.



Рисунок 4.17 Зовнішній вигляд мережевої вилки У-4 з шнуром ШВП-2-В2×0,75

Отже, всі електрорадіоелементи, які використовуються в даному пристрої обиралися з урахуванням допустимих електричних параметрів, які задовольнятимуть електричну схему, а також враховувались розповсюдженість, вартість та якість елементів.

#### 4.2 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

В даному пункті виконуємо електричний розрахунок випрямляючого моста на діодах VD1-VD4 та ємнісного згладжувального фільтра на конденсаторі С3 згідно. Нижче приведена схеми електрична принципова випрямляча і ємнісного фільтра, який зображений на рисунку 4.18:

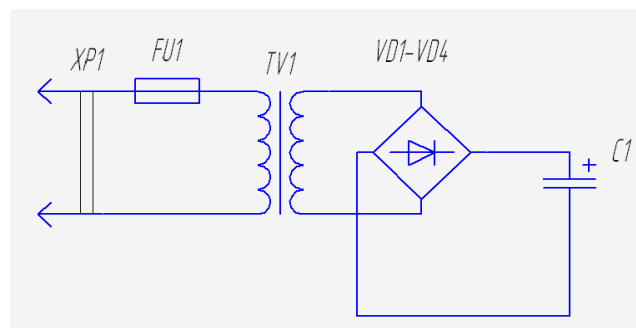


Рисунок 4.18 - Схема електрична принципова випрямляча та ємнісного фільтра

Вихідні дані для розрахунку:

- Номінальна випрямлена напруга  $U_0=1.2$  В;
- Номінальний струм навантаження  $I_0=0.5$  А;
- Коефіцієнт пульсацій  $K_{п0}=0,03$  %;
- Номінальна напруга мережі  $U_1=220$  В;
- Номінальна частота мережі  $f_m=50$  Гц.

Визначення основних параметрів і вибір діодів.

- $U_{зв}$  – зворотна напруга;
- $I_{пр.сер}$  – середнє значення прямого струму;
- $I_m$  – амплітуда імпульсного струму.

В подальшому процесі розрахунку випрямлячів ці значення параметрів діодів уточнюються.

Таблиця 4.3 - Формули для розрахунку мостового випрямляча

A	$U_{зв.}$	$I_{пр.сер.}$	$I_m$	$U_{2x}$	$I_2$
$1,6 \frac{r}{R_f}$	$1,4U_{2x} \approx 1,5U_0$	$\frac{I_0}{2}$	$0,5FI_0 \approx 3,5I_0$	$BU_0$	$\frac{DI_0}{\sqrt{2}}$

$$U_{зв} = 1,5 \cdot U_0 ,$$

$$U_{зв} = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8(B) ,$$

$$I_{пр.сер} = \frac{I_0}{2} ,$$

$$I_{пр.сер} = \frac{0,5}{2} = 0,25(A) ,$$

$$I_m = 3,5 \cdot I_0 ,$$

$$I_m = 3,5 \cdot 0,5 = 1,75(A) .$$



З довідника по напівпровідникових діодах вибираємо тип діода, параметри якого  $U_{зв.маx}$  – максимально-допустима зворотна напруга і  $I_{пр.сер.маx}$  – максимально-допустимий прямий середній струм трохи перевищують розраховані значення:  
 $U_{зв.маx} > U_{зв}$ ;  $I_{пр.сер.маx} > I_m$ .

За розрахованими значеннями параметрів вибираємо з довідника чотири діоди типу КД 522 В.

Розрахунок опору навантаження.

$$R_f = \frac{U_0}{I_0} \quad ,$$

$$R_n = \frac{1.2}{0.5} = 2.5(Ом) .$$

Визначення активного опору обмоток трансформатора.

Попередньо визначаємо потужність навантаження:

$$P_0 = U_0 \cdot I_0 \quad ,$$

$$P_0 = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6(Вт) .$$

Тоді активний опір обмоток трансформатора  $r_{об}$  вибираємо в межах:

$$r_{TP} = (0.05 \dots 0.08) R_n$$

$$r_{TP} = 0.07 \cdot 2.5 = 0.17(Ом)$$

,

Розрахунок прямого опору випрямляючого діода за наближеною формулою:

$$r_{np} \approx \frac{U_{np.сер}}{3 \cdot I_{np.сер}}$$

де –  $U_{np.сер}$  – середня пряма напруга діода, В (з довідника).

$$r_{np} \approx \frac{1}{3 \cdot 0,25} = 1,3(\text{Ом})$$

Визначення активного опору фази випрямляча  $r$  за формулою:

$$r = 1,4 + 2 \cdot 0,22 = 1,84(\text{Ом})$$

Розрахунок параметрів вторинної обмотки трансформатора.

За формулами таблиці 4.2 визначаємо значення напруги на вторинній обмотці трансформатора в режимі холостого ходу  $U_{2x}$  і ефективне значення струму вторинної обмотки  $I_2$ :

$$U_{2x} = \frac{1,5U_0}{1,4} \quad ,$$

$$U_{2x} = \frac{1,5 \cdot 1,2}{1,4} = 1,28(\text{В}),$$

$$I_2 = \frac{DI_0}{\sqrt{2}} \quad ,$$

$$I_2 = \frac{1 \cdot 1}{\sqrt{2}} = 0,7(\text{А}).$$

Визначення ємності конденсатора фільтра за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{i0}},$$

де  $C_0$  – ємність, мкФ;

$r$  – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{300}{1,84 \cdot 0,03} = 3300,5(\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

$$U_{роб} = \sqrt{2}U_{2x} ,$$

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 53,7 = 75(B)$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами  $C_{0\text{ ном}}$  і  $U_{роб}$ .

Вибираємо електrolітичні конденсатори типу ЕСАР номінальною ємністю 3300 мкФ та на робочу напругу 75 В.

#### 4.3 Опис технології ремонту та регулювання радіопристрою

В даному пристрої може виникнути несправність. Причин для виникнення може бути досить багато, але для визначення несправності ми скористаємося алгоритмом пошуку.

В даному пристрої може небути сигналу заряду на виході.

Пошук несправності ми почнемо з перевірки напруги на виході. Спочатку перевіряємо запобіжник FU1 за допомогою вольтметра, якщо на запобіжнику сигнал відсутній то потрібно замінити на робочі, а якщо сигнал присутній то перевіряємо транзистор VD2.

Якщо на діодному мості сигналу немає то він не робочий і його потрібно замінити, а якщо сигнал присутній, то переходимо до перевірки транзисторів VT6, VT7. Якщо на них напруги немає то вони не робочі і їх потрібно замінити, а якщо напруга присутня, то переходимо до перевірки стабілізатора напруги DA4. Якщо на виході даної мікросхеми немає напруги то потрібно її замінити

Наступним ми перевірятьимемо наявність напруги на транзисторі VT3, щоб зрозуміти чому немає напруги на виході.

Якщо на виході буде присутня напруга , то ми продовжимо перевірку далі, а якщо напруги на виході немає, то це означає, що його потрібно замінити на справний.

Якщо на транзисторії є напруга, а на виході немає то значить є обрив на ХР2, ХР3.

Для перевірки ми використали мультиметр та осцилограф, які дуже добре підходять для перевірки приведених вище параметрів і мають відповідний діапазон вимірювань.

В даному пристрої немає серйозних налаштувань, а ті що є можна легко виявити.

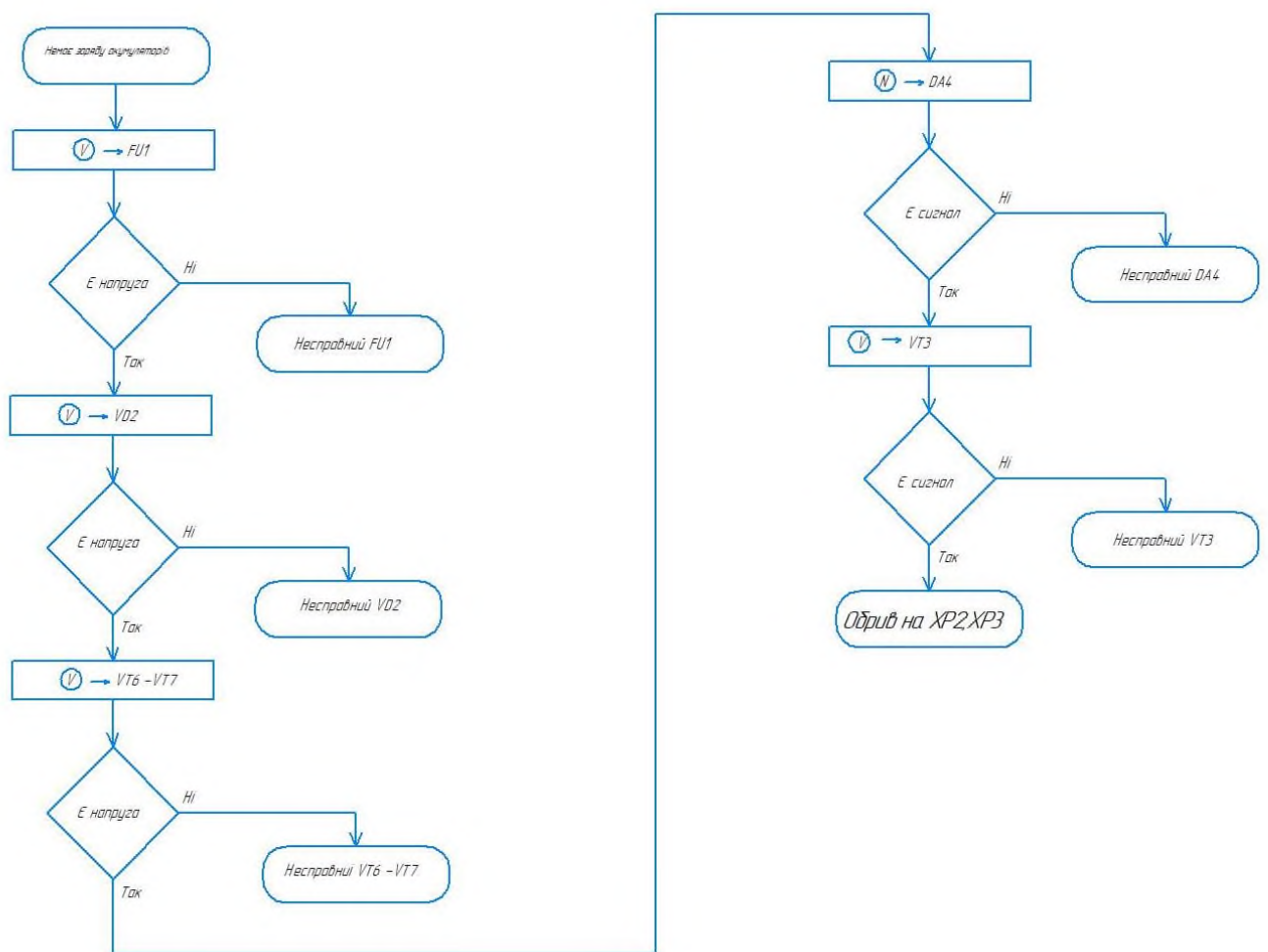


Рисунок 4.20 - Алгоритм пошуку несправності приладу

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Охорона праці

Організація робочого місця - це система заходів щодо його планування, оснащення засобами і предметами праці, розміщення в певному порядку, обслуговування й атестації. Планування робочого місця передбачає раціональне розміщення у просторі матеріальних елементів виробництва, зокрема устаткування, технологічного та організаційного оснащення, а також робітника.

Робоча зона - частина простору робочого місця, обмежена крайніми точками, до яких дістають руки і ноги працівника, з відхиленням на один-два кроки від умовного центру робочого місця.

Робоче місце - це частина виробничої площі з розташованими на ній технічно виконавцю або групі виконавців. Водночас це первинна ланка виробничої структури підприємства, яка може функціонувати відносно самостійно.

Воно об'єднує в єдине ціле праці, предмети праці і саму працю.

Робоче місце є певним елементом виробничої структури підприємства. Воно об'єднує в єдине ціле праці, предмети праці і саму працю.

Робоче місце – це частина виробничої площі з розташованими на ній технічними, допоміжними, оснащеннями і різноманітними інструментами, необхідно виконавцю або групі виконавців.

Процес роботи виконується в робочій зоні яка є складовою і найбільш активною частиною робочого місця де з концентровані основні засоби і предмети праці необхідні для виконання виробничого процесів. В залежності від прийнятого розподілу праці, робочі місця можуть бути індивідуальними і колективними.

Колективне робоче місце – потребує розподілу функцій між виконавцем, взаємозв'язку їх трудових місць і раціоналізації маршрутів пересування кожного працівника, робоче місце повинно бути добре організоване.

Під організацією робочого місця розуміємо його оснащення, планування і обслуговування.

Оснащення робочого місця залежить від виробничо-технологічного і психологічних факторів. До перших відносяться: технологічне призначення робочого місця, характер трудових функцій, кількість задіяних місць та рівень спеціалізації. До других відносяться: антропогенні, психологічні, санітарно-гігієнічні та естетичні умови виконання робіт.

В організації робочого місця велику увагу наділяють засобам малої техно механізації до якої відносяться різні підйомно-транспортні механізми і конвеєри. Не менш важливу роль відіграє організація оснащення, яке повинно бути: легким, надійним, зручним при використанні забезпечувати зручне розташування, зберігання інструментів, пристроїв, матеріалів, готових виробів. При цьому великі і важкі засоби оснащення розміщують внизу, більш дрібні і легкі – вверху.

Робоче місце має бути зручним. Воно має бути оснащене всіма необхідними приладами і інструментами. Інструменти, що потрібні розташовані ближче до працівника, і оснащують засобами безпеки, екранами, щитами, дзеркалами, засобами зв'язку і документаціями.

Всі засоби оснащення на робочому місці повинні бути розміщені у визначеному порядку, що забезпечує умови праці де досягається шляхом раціонального планування місця, під яким розміщують доцільне просторове розташування в горизонтальній і вертикальній площині всіх елементів оснащення, необхідних для здійснення трудового процесу. Особливу увагу приділяють використанню робочої зони простору, що знаходиться в границях досягнення витягнутих рук працівника. Тут розуміють основне технологічне обладнання і засоби оснащення.

Робочі зони можуть бути оптимальними і максимальними. Оптимальна визначається рухом зігнутої руки в лікті. Максимальна визначається рухом витягнутої руки.

Виробнича площа має бути економно розміщена. Органи управління, інструменти, матеріали і пристрої повинні знаходитись в границях зон досягненнями перед працівником його зору. Засоби оснащення робочого місця повинні повністю відповідати змісту виробничого процесу. До них відносяться: змінні і постійні засоби оснащення.

Змінні та тимчасові засоби оснащення використовують для виконання однієї операції. До них відносяться: контрольні-вимірювальні і робочі інструменти, а також тару та інші пристосування.

Постійні засоби оснащення на робочому місці завжди, а основне допоміжне обладнання стаціонарного характеру завжди використовуваний вимірювальний інструмент, стелажні шафи елементи освітлення та інші. Засоби оснащення повинні сприяти зменшенню фізичних зусиль працівника, забезпеченню сприятливих санітарно-гігієнічних і безпечних умов праці застосування раціональних прийомів і методів праці.

Всі інструменти повинні бути безпечними з точки зору безпеки життєдіяльності мають бути з ізольованими ручками, без тріщин і механічних пошкоджень. Робоче місце має бути чистим, не захлавлено різними непотрібними речами які не стосуються ремонту. Під ногами обов'язково має бути резиновий коврик, а також захисні окуляри і резинові рукавиці.

В приміщенні або поблизу робочого місця де проводиться ремонт не повинні бути сторонні особи, які не мають ніякого відношення до ремонту РЕА.

Організація робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним характеристикам людини, а також характеру роботи. Влаштоване згідно вимогами стандартів робоче місце забезпечує зручне положення людини. Це досягається регулюванням положення крісла, висоти та кута нахилу підставки для ніг або висоти та розмірів робочої поверхні. Повинно забезпечуватись виконання трудових операцій в зонах

моторного поля (оптимальної досяжності, легкої досяжності та досяжності) в залежності від необхідної точності і частоти дій.

Організація робочих місць повинна забезпечувати стійке положення та вільність рухів працівника, безпеку виконання трудових операцій, виключати або допускати лише в деяких випадках роботу в незручних позиціях, котрі зумовлюють підвищену втомлюваність.

Загальні принципи організації робочого місця:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого; всі необхідні для роботи предмети повинні знаходитись поряд з працівником, але не заважати йому;
- ті предмети, котрими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, котрими користуються рідше;
- предмети, котрі беруть лівою рукою, повинні знаходитись зліва, а ті предмети, котрі беруть правою рукою, повинні знаходитись справа;
- якщо використовують обидві руки, то розташування пристосувань вибирається з врахуванням зручності захоплення його двома руками;
- небезпечніше з точки зору можливості травмування працівника обладнання, повинно розташовуватись вище, ніж менш небезпечне. Однак необхідно враховувати, що важкі предмети під час роботи зручніше та легше опускати, ніж піднімати;
- робоче місце не повинно захищуватись заготовками і готовими деталями;
- організація робочого місця повинна забезпечувати необхідну оглядовість.

Засоби відображення інформації повинні бути розташовані в зонах інформаційного поля робочого місця з врахуванням частоти та значущості інформації, типу засобів відображення інформації, точності і швидкості спостереження та зчитування.



Робочий стіл обладнаний електричною розеткою з напругою 220В та розеткою з напругою 36В для живлення електропаяльника. Для забезпечення безпеки праці напруга 220В подається через трансформатор (гальванічна розв'язка від мережі змінного струму). Освітлення робочого місця здійснюється з допомогою лампи розжарювання потужністю 60Вт.

Прилади та інструменти, що знаходяться на робочому місці радіомеханіка:

- набір викруток, серед яких і діелектрична викрутка (для налаштування контурів);
- електропаяльник з напругою живлення 36В;
- плоскогубці, кусачки, пінцет;
- припой ПОС – 61, каніфоль соснова, спирт етиловий;
- набір провідників, перемичок;
- блок живлення постійного струму (2Д30-01-01А «Дельта»)
- тестер (Ц4317);
- електронний осцилограф (С1-118);
- цифровий частотомір (ЧЗ-64).

Розрахунок параметрів потокової лінії

Тип виробництва по якому буде випускатися даний виріб належить до середнього серійного типу виробництва.

Кількість виробів в серії залежить від степені освоєння заводом нових видів стаціонарної апаратури і від їх трудомісткості.

У своїй роботі я використовував потокову лінію, тому виробництво є поточним. Поточе виробництво є формою організації виробничого процесу воно характеризується такими показниками:

1. Закріплення операцій за визначеними робочими місцями і розміщенням робочих місць по ходу технологічного процесу.

2. Розгалуження процесу обробки чи складання виробу на дрібні операції, які повинні бути рівні між собою чи кратні.

3. Широке застосування спеціального обладнання, вимірювальної і контрольної радіоапаратури.

4. Спеціалізація робочих місць на виконання певних операцій. Це не потребує висококваліфікованих робітників.

5. Висока степінь ритмічності виконання певних роздільних операцій і всього процесу в цілому.

6. Негайна передача виробу з одного робочого місця на інше за допомогою транспортних засобів (конвеєр чи транспортери).

## 5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Пожежонебезпечні властивості твердих горючих матеріалів і речовин характеризуються здатністю до займання, особливістю горіння та властивістю піддаватися гасінню тими чи іншими способами.

Різні за хімічним складом тверді матеріали й речовини горять неоднаково. Імовірність загоряння залежить від характеру, маси, стану твердої речовини та способу, за допомогою якого запалюється тверда горюча речовина. Тверда горюча речовина, нагріта до відповідної температури, може загорітися за умови, що тепло не буде досить швидко розсіюватися в навколишнє середовище.

Горіння твердих горючих речовин має багатостадійний характер. Прості тверді речовини (сажа, кокс, антрацит й ін.), що являють собою хімічно чистий вуглець, розжарюються або тліють без утворення іскор, полум'я і диму, оскільки їм не потрібно розкладатися, перед тим як вступити в реакцію з киснем повітря. Таке горіння без полум'я відбувається, як правило, повільно й називається поверхневим.

Горіння складних за хімічним складом твердих горючих речовин — таких, як дерево, бавовна, каучук, гума, пластмаси та ін. — відбувається у дві стадії:

термічне розкладання з утворенням летких та твердих продуктів і їх наступне окислення та горіння, що супроводжується виникненням полум'я та випромінюванням світла.

Самі складні речовини не горять — горять продукти їх розкладання. Самостійне горіння твердих горючих речовин продовжується за умови, що кількість теплоти, яку віддає поверхня, що горить, за одиницю часу в навколишнє середовище, не перевищує кількості теплоти, накопиченої цією поверхнею.

Отже, під дією зовнішньої теплоти відбувається нагрівання твердої фази, що супроводжується виділенням газоподібних продуктів, які потім спалахують і горять. Тепло, що утворилося внаслідок спалахування, діє на поверхню твердої речовини й знову викликає надходження в зону горіння нових порцій летких речовин. Парога-зова суміш продуктів термічного розкладу твердих горючих речовин є горючою. Наприклад, термічний розклад деревини починається при температурах 200 °С. Розкладаються вуглеводи, водень, оксид вуглецю та пара органічних речовин. При досягненні певної концентрації та при наявності джерела запалювання вони займаються, що зумовлює подальше зростання температури та перехід процесу до екзотермічної стадії. Процес термічного розкладу буде продовжуватися доти, доки не вичерпається весь об'єм горючої речовини.

Тверді горючі речовини можуть займатися як від відкритого джерела вогню, так і від нагрітих предметів і горючих газів. Наприклад, за певних умов спостерігається самозаймання деревини при температурі вищій за 330 °С. Проте в умовах тривалого нагрівання самозаймання може спостерігатися при значно нижчих температурах.

Після займання температура поверхневого шару деревини підвищується до 400 °С. При цьому вихід газоподібних продуктів стає максимальним, що забезпечує подальший розвиток процесу горіння. Як результат — верхній шар деревини перетворюється на вугілля, яке за даних умов ще не може горіти, оскільки кисень повітря витрачається на реакцію, що відбувається в газовій зоні й

не досягає поверхневого шару. При підвищенні температури до 500-700 °С збільшується шар вугілля й одночасно починається горіння твердої фази.

Отже, процес горіння деревини складається з двох основних періодів: горіння пари й газів, що утворюються при розкладанні деревини, та горіння вугілля, що утворилося при цьому.

Температуру спалахування твердих горючих матеріалів визначають експериментальним шляхом. Найнижча температура, за якої займаються продукти розкладу, є температурою спалахування для даної речовини. Температура спалахування твердих горючих речовин за довідковими даними становить 50-580 °С. Найбільш низьку температуру спалахування має камфора, найвищу — ксилоліт. Для більшості деревних порід ця температура становить 270-300 °С.

Швидкість вигорання твердих матеріалів залежить від вологості матеріалу, його об'ємної ваги, питомого навантаження (кількості матеріалу, що припадає на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги), відношення площі поверхні матеріалу до його об'єму, від доступу повітря й напряду вітру та інших чинників.

Сухі волокнисті, розрихлені й пилоподібні горючі тверді речовини мають велику поверхню стикування з киснем повітря, тому вони вигорять значно швидше, ніж вологі та ущільнені матеріали з великою об'ємною вагою. Кіноплівка на нітрооснові, целулоїд, порох, вибухові тверді речовини мають найбільшу швидкість горіння серед твердих горючих речовин, оскільки вони утримують достатню кількість кисню для повного їх згорання. Вони можуть горіти під водою, під землею і в герметично закритих ємностях.

Характерною особливістю горіння складних за хімічним складом твердих горючих речовин є утворення полум'я і диму. На пожежах залежно від складу горючих речовин, ступеня їх згорання утворюється дим, що має відповідний колір і запах.

Каучук, гума, смоли, пластмаси виділяють чорний дим, бездимні порохи — жовто-бурі продукти горіння. Деревина в процесі горіння виділяє сірувато-чорний дим і т. ін.

За кольором полум'я на пожежах орієнтовно можна визначити температуру горіння: червоний відповідає температурі 550 °С; темно-червоний — 700 °С; вишнево-червоний — 900 °С; оранжевий — 1100 °С, а білий — 1400 °С і більше.

При пожежах майже завжди утворюються продукти неповного згорання, серед яких іноді трапляються токсичні та отруйні речовини.

Показником токсичності продуктів горіння є відношення кількості речовини до одиниці об'єму замкнутого простору, у якому газоподібні продукти горіння спричиняють так звану Дг. (дозу літальна) до 50 %.

За значенням показника токсичності продуктів горіння матеріали поділяються на чотири класи: надзвичайно небезпечні, високоне-безпечні, помірно небезпечні та малонебезпечні.

Даний показник слугує для оцінки полімерних матеріалів, які використовуються для облицювання та теплоізоляційних робіт. Цей показник вводить до технічних умов і стандартів на полімерні матеріали.

## ВИСНОВКИ

Згідно завдання виданого на кваліфікаційну роботу магістра було проведено якісну та кількісну оцінку технологічності, визначено умови експлуатації та показники собівартості.

При проектуванні виробу були враховані сучасні вимоги технології виготовлення, економічності, естетичних якостей, ергономіки та норм дизайну.

Пристрій характеризується простотою виготовлення, простотою експлуатації та ремонту, а також товарним виглядом.

Розрахунок кількісної оцінки технологічності показує, що конструкція пристрою є повністю технічно обґрунтованою і відповідає існуючим рівням технологічності компаній, що випускають аналогічні РЕА.

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

Технологічні процеси виготовлення розроблених виробів дуже прості і не трудомісткі, а більшість операцій придатні для автоматизації та механізації. Це значно скорочує трудовитрати, підвищує продуктивність праці та позитивно впливає на собівартість кінцевого продукту.

У розділі математичного моделювання розраховано час напрацювання до відмови та час відновлення, елементів радіоелектронних схем, що можна описати експоненційними залежностями, які в більшості випадків характерно для періоду життєвого циклу апаратури, для аналізу надійності приладу в цілому можна скористатися метод диференціальних рівнянь. В розділі продемонстровано порядок його застосування для розглянутого в роботі приладу, блок-схема якого показана на рис.3.3 а): складено відповідну систему диференціальних рівнянь і знайдено розв'язки за допомогою її імітації на S –моделі в середовищі MATLAB SMULNK.

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

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки по виконанню електричних розрахунків каскадів радіоелектронної апаратури - ТК ТДТУ, 2002р.
2. Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТК ТДТУ, 2002р.
3. Коротков И. А. Вольтметр на ICL7135 и особенности подключения индикаторов - Радиоаматор №11, 2003р., С. 22.
4. Применения микросхемных стабилизаторов серии 142, К142 и КР142. -Радио №3, 1991р., С. 47.
5. Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник/ за ред. В. Ц. Жидецького - Львів: Афіша, 2000.- 352 с.
6. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: Підручник.- Львів: Афіша, 2005. -318 с.
7. Нестерчук Д. М. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник / Д. М. Нестерчук, С. О. Квітка, С. В. Галько. –Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 206 с.
8. Нестерчук Д.М. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О. Квітка, С.В. Галько. – Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 255 с.
9. Практикум з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології»: навчальне видання / Д.М.Нестерчук, М.В.Постнікова. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 100 с.
10. Дудюк Д.Л., та ін. Електричні вимірювання. Навчальний посібник – Львів: Афіша, 2003.-272с.
11. Захаров И.П. Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях – Харьков.: Консум, 2002 – 256 с.

12. Дослідження вхідного каскаду пристрою / Великий А., Дубиняк Т. С. // VI Міжнародна студентська науково-технічна конференція „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 27-28 квітня 2023. - Т. : ТНТУ, 2023. - С. 5–6. - (Автоматизація та приладобудування).

13. Тестування розрахованого каскаду мостового випрямляча в системі MICROCAP-8 /Мирослава Іванівна Яворська, Тарас Степанович Дубиняк, В. Невожай, М. Пошивак //Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. -Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. -С. 142-144. -(Нові та сучасні матеріали та технології).

14. Залежність ємності від переміщення з врахуванням неоднорідності статичного поля /В. М. Головатий, Д. О. Деркач, Р. А. Медюх, Т. С. Дубиняк// Матеріали VIII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 9-10 грудня 2020 року. -Т. :ТНТУ, 2020. - С. 31–32. - (Інформаційні системи та технології).

15. С. Цюпа, О. Мосійчук , В. Невожай, М. Яворська ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НАДІЙНОСТІ ЙОГО ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року 4 A43 Actual problems of modern technologies: book of abstracts of the XII International scientific and practical conference of young researchers and students, (Ternopil, December, 6th-7th, 2023) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical University [and other.]. – Ternopil: PE Palianytsia V.A., 2023. – 500. ISBN 978-617-7875-71-9