|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. | Примітки |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **Текстові документи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| А4 |  |  | ПДБ 6.050902.15.01 ПЗ | Пояснювальна записка | 65 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **Графічні документи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| А4 |  |  | ПДБ 6.050902.15.02 ГЧ | Графічна частина ДП | 14 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050902.15.01 ВП |
|  |  |  |  |  |
| Змін | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
| Розроб. | Нікуліна |  |  | **Топологічне проектування та розробка технології виготовлення модуля синтезатору фрази «73!».****Відомість дипломного проекту.** | Літ. | Лист | Листів |
| Перев. | Самойлова |  |  |  |  |  |  | 1 |
|  |  |  |  | СНУ ім. В. Далягр. РЕА-14з |
| Н. контр  | Самойлова |  |  |
| Затв. | Смолій |  |  |

 СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

 ( повне найменування вищого навчального закладу )

 Інститут, факультет, відділення\_комп’ютерної інженерії та електроніки

 Кафедра електронних апаратів\_\_\_

 Освітньо-кваліфікаційний рівень\_бакалавр\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 Напрям підготовки 6.050802 – Радіоелектронні апарати

 ЗАТВЕРДЖУЮ

 Завідувач кафедри ЕА

 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.М.Смолій

“\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

**Нікуліній Наталії Олександрівні**

 1. **Тема проекту**: **Топологічне проектування та розробка технології виготовлення модуля синтезатору фрази «73!».**

2**. Керівник проекту**:\_доц. Ж.Г. Самойлова

( прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом вищого навчального закладу від **13.04.2018 р № 93/48**

3. **Строк подання студентом проекту** \_11 червня 2018 р.

4. **Вихідні дані до проекту**:

Спеціальна частина проекту – розробка плати модуля синтезатору.

 4.1. Схема електрична принципова.

4.2.Умови експлуатації по ГОСТ 13.1.005-88 – 1-а категорія; температура навколишнього повітря від -5 до +50˚С; відносна вологість повітря при температурі +30˚С до 80 %; атмосферний тиск від 84 до 107 кПа; прискорення не більше 4g; тривалість ударного імпульсу 100 мс; число ударів не менше 1000.

4.3. Електричні, експлуатаційні та конструктивні параметри : споживана потужність не більше 50 Вт; габаритні розміри плати не більше 100х100х30 мм; маса – не більше 0,3 кг;

4.6.Тип виробництва - дрібносерійне.

4.3.Параметри надійності: наробіток на відмову не менше – 10 000 годин.

4.4.Інструкції з охорони праці.

5. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

 5.1. Вступ.

5.2. Аналіз технічного завдання.

5.3. Розробка конструкції пристрою.

5.4.Розробка технології виготовлення пристрою.

5.5. Заходи з охорони праці.

6. **Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

6.1. Схема електрична принципова.

6.2. Креслення друкованої плати.

6.4. Складальне креслення.

6.5. Схема технологічного процесу виготовлення блоку елементів.

**7. Консультанти розділів проекту**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата |
| завдання видав | завданняприйняв |
| Охорона праці  | ас. каф. ЕА, Купіна О.А. |  |  |

Дата видачі завдання\_\_\_\_\_16.04.2018 року**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту ( роботи ) | Примітка |
| 1 | Аналіз технічного завдання | 25.04 18 |  |
| 2. | Розробка конструкції пристроюРозробка завдань дипломного проекту | 08.05.18 |  |
| 3. | Розробка технології виготовлення пристрою | 20.05.18 |  |
| 4. | Розробка заходів з охорони праці  | 01.06.18 |  |
| 5. | Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації  | 10.06.18 |  |

 **Студент** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Нікуліна Н. О.

 ( підпис ) (прізвище та ініціали)

 **Керівник проекту \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_** Самойлова Ж.Г.

 ( підпис ) (прізвище та ініціали)

|  |
| --- |
| РЕФЕРАТПояснювальна записка до дипломного проекту містить:65 аркушів, 14 рисунків, 12 таблиць, 2 додатка, джерел 21.Презентація проекту виконана на 14 аркушах.**Об'єкт розробки** – модуль синтезатору фрази «73!».Мета розробки - розробити конструкцію й технологію виготовлення модуля синтезатору фрази «73!» відповідно до запропонованої схеми електричної принципової й вимогам технічного завдання.У дипломному проекті виконаний докладний аналіз технічного завдання, розроблені конструкція й технологія виготовлення модуля. Проведено конструктивно-технологічний розрахунок, розрахунки теплового режиму, розрахунок надійності й технологічності блоку.При проектуванні друкованої плати й випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості САПР.Були розглянуті умови виготовлення й умови експлуатації розроблюємого модуля, небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникнути при його виготовленні.**МОДУЛЬ, ТРАСУВАННЯ, ЕРЕ, ДРУКОВАНА ПЛАТА,****КОНСТРУКЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ,****ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОХОРОНА ПРАЦІ,****СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ** |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050902.15.01 ПЗ |
|  |  |  |  |  |
| Изм | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|  Разраб. |  Нікуліна |  |  | **Топологічне проектування та розробка технології виготовлення модуля синтезатору фрази «73!».****Пояснювальна записка** | Лит. | Лист | Листів |
|  Провер. |  Самойлова |  |  |  |  |  | 4 | 65 |
|  |  |  |  | СНУгр. РЕА-14з |
|  Н. контр  |  Самойлова |  |  |
|  Утв. |  Смолій  |  |  |

# ЗМІСТ

**Перелік скорочень**...………………………………………………………....6

**Вступ**...…………………………………………………………………………7

**1 Аналіз технічного завдання** ……………………………………………..10

1.1 Аналіз призначення та схеми електричної принципової ……………....10

1.2 Аналіз умов експлуатації...………......…………………………………...12

1.3 Вибір та обґрунтування елементної бази………………………………13

1.4 Аналіз вимог до виробництва...…………………………………………..19

1.5 Технічні пропозиції на розробку ...……………………………………....20

**2 Розробка конструкції пристрою**...……………………………………….22

2.1 Вибір конструкції друкованої плати…………………………………….22

2.2 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати………....23

2.3 Розрахунок за постійним струмом...…………………………………….27

2.4 Розміщення навісних елементів на ДП………………………………….28

2.5 Трасування друкованої плати…………………………………………....29

2.6 Оцінка теплового режиму………………………………………………..30

2.7 Оцінка показників надійності…………………………………………....30

**3 Розробка технології виготовлення пристрою**..………………………...32

3.1 Вибір структурної схеми виробництва…………………………………..32

3.2 Виготовлення друкованої плати...………………………………………..34

3.3 Автоматична установка навісних елементів на друковану плату……...37

3.4 Напівавтоматичне встановлення навісних елементів з використання

світломонтажного столу………………………………………………………38

3.5 Пайка контактних з'єднань. Функціональний контроль

та покриття лаком……………………………………………………………..41

3.6 Розрахунок і аналіз технологічності виробу...…………………………..43

**4 Заходи з охорони праці** …………………………………………………...45

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

при виробництві (експлуатації) виробу……………………………………...45

4.2 Заходи з охорони праці...………………………………………………....47

4.3 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях...………………………….54

**Загальні висновки по роботі**...…………………………………..………...55

**Перелік** **використаних джерел**...…………………………………………...57

**Додаток А.**  **Розрахунок теплового режиму підсилювача**………………59

**Додаток Б. Розрахунок надійності підсилювача**......……………………..60

**Перелік елементів**……………………………………………………………63

 ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

НЕ – навісний елемент;

ТЕЗ – типовий елемент заміни ;

ІС – інтегральна схема;

ІМС – інтегральна мікросхема;

ЕРА – електрорадіоапаратура;

ЕРЕ – електрорадіоелемент;

ТЕЗ – типовий елемент заміни;

ПЕА – побутова електронна апаратура;

ЕА – електронна апаратура;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ТУ – технічні умови;

ТЗ – технічне завдання;

ДП – друкована плата;

ДМ – друкований монтаж;

ОДП – одностороння друкована плата;

ДДП – двостороння друкована плата;

ФШ – фотошаблон;

ЧПУ – числове програмне управління;

САПР – система автоматизованого проектування;

ГАВ – гнучке автоматизоване виробництво

 **ВСТУП**

Синтез мови може знадобитися у всіх випадках, коли одержувачем інформації є людина. Про якість синтезатора мови насамперед судять по його подібності з людським голосом, а також здатності бути зрозумілим. Найпростішу синтезовану мову можна створювати шляхом об'єднання частин записаної мови, які потім будуть зберігатися в базі даних. І як не дивно, з таким способом синтезування ми зіштовхуємося вже повсюдно, навіть не звертаючи часом на це уваги. Синтез використовується:

1. синтез мови по [тексту](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%84%D0%B0%D0%B9%D0%BB) або [коду повідомлення](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0) може бути використаний в [інформаційно – довідкових системах](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0&action=edit&redlink=1), для допомоги сліпим і німим, для керування людиною з боку автомата;
2. при оголошеннях про відправлення поїздів тощо;
3. для видачі інформації про технологічні процеси: у військовій і авіа- техніці, у робототехніці, в акустичному діалозі людини з комп'ютером;
4. як [звуковий ефект](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82) нерідко використовується в створенні [електронної музики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D1%83%D0%B7%D1%8B%D0%BA%D0%B0).

Всі способи синтезу мови можна підрозділити на групи:

1. параметричний синтез;
2. конкатенативний, або компіляційний (компілятивний) синтез;
3. синтез за правилами;
4. предметно-орієнтований синтез.

Параметричний синтез мови є кінцевою операцією у [вокодерних системах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80), де мовний сигнал представляється набором невеликого числа параметрів, що безупинно змінюються. Параметричний синтез доцільно застосовувати в тих випадках, коли набір повідомлень обмежений і змінюється не занадто часто. Перевагою такого способу є можливість записати мову для будь-якої мови й будь-якого [диктора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80). Якість параметричного синтезу може бути дуже високою (залежно від ступеня стиску інформації в параметричному поданні). Однак параметричний синтез не може застосовуватися для довільних, заздалегідь не заданих повідомлень.

Компіляційний синтез зводиться до складання повідомлення з попередньо-записаного словника вихідних елементів синтезу. Розмір елементів синтезу не менше слова. Очевидно, що зміст синтезованих повідомлень фіксується обсягом словника. Як правило, число одиниць словника не перевищує декількох сотень слів. Основна проблема в компілятивному синтезі — обсяги пам'яті для зберігання словника. У зв'язку із цим використовуються різноманітні методи стиску/кодування мовного сигналу. Компілятивний синтез має широке практичне застосування. У західних країнах різноманітні пристрої (від військових літаків до побутових пристроїв) оснащуються системами мовної відповіді. В Україні системи мовної відповіді донедавна використовувалися в основному в області військової техніки, зараз вони знаходять все більше застосування в повсякденному житті, наприклад, у довідкових службах операторів стільникового зв'язку при одержанні інформації про стан рахунку абонента.

Повний синтез мови за правилами (або синтез по друкованому тексті) забезпечує керування всіма параметрами мовного сигналу й, таким чином, може генерувати мову по заздалегідь невідомому тексті. У цьому випадку параметри, отримані при аналізі мовного сигналу, зберігаються в пам'яті так само, як і правила з'єднання звуків у [слова](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE) і  фрази. Синтез реалізується шляхом моделювання мовного тракту, застосування аналогової або цифрової техніки. Причому в процесі синтезування значення параметрів і правила з'єднання фонем уводять послідовно через певний часовий інтервал, наприклад 5—10 мс. Метод синтезу мови по друкованому тексті (синтез за правилами) базується на запрограмованому знанні акустичних і лінгвістичних обмежень і не використовує безпосередньо елементи людської мови. У системах, заснованих на цьому способі синтезу, виділяється два підходи. Перший підхід спрямований на побудову моделі мововиробляючої системи людини, він відомий під назвою артикуляторного синтезу. Другий підхід — [формантний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0) синтез за правилами. Розбірливість і натуральність таких синтезаторів може бути доведена до величин, порівнянних з характеристиками природної мови.

Синтез мови за правилами з використанням відрізків природної мови, що  попередньо були запом'ятовані — це різновид синтезу мови за правилами, що одержала поширення у зв'язку з появою можливостей маніпулювання мовним сигналом в оцифрованій формі.

**1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ**

## 1.1 Аналіз призначення та схеми електричної принципової

В дипломному проекті необхідно розробити модуль синтезатору фрази «73!». Електронний синтезатор фрази для радіоаматорського зв'язку "73!" ("Найкращі побажання") можна виготовити за принциповою схемою на рис.1.

Рисунок 1 – Схема принципова модуля синтезатору фрази «73!»

Пристрій містить безтрансформаторне стабілізоване джерело живлення, тактовий генератор імпульсів, тригер, реверсивний лічильник, дешифратор і генератор звукової частоти. При натисненні кнопки SA1 спрацьовує реле К1, блокуючи своїми контактами К1.1 кнопку дзвінка й підключаючи капсуль В1 контактами К1.2 до плюсової шини джерела живлення. За допомогою елемента DD2.4 лічильник DD3 приводиться у вихідний стан. На виводі 6 тригера DD2.2 буде логічний "0".
При цьому імпульси тактового генератора (DD1.1 — DD1.3), що приходять із виводу 8 DD1.3. проходять через елемент DD1.4 і управляють режимом прямого рахунку мікросхеми DD3. Логічний "0" на виході дешифратора DD4 переміщається від виводу 1 до виводу 17. Імпульси різної тривалості запускають генератор звукової частоти (VT3...VT6). Звучить комбінація тире й крапок: "- -...("7").

Коли логічний "0" з'явиться на виводі 17 DD4 і одночасно на виводі 4 DD2.2, тригер перейде в інший стійкий стан. На виводі 8 DD2.3 установиться рівень логічного "0". Імпульси тактового генератора проходять через елемент DD2.1. У результаті лічильник DD3 буде працювати в режимі зворотного рахунку. Тепер звучить комбінація крапок і тире: "... - -" ("3"). Коли логічний "0" з'явиться на виводі 1 мікросхеми DD4, закривається транзистор VT2, реле К1 відключає В1 і ланцюг живлення схеми.

Таким чином, при мінімальній кількості мікросхем можна одержати в 2 рази більше знаків, чим у звичайних схемах подібних пристроїв.

 Транзистори VT2-VT6 можна замінити на КТ603, КТ608, КТ201, КТ815; діоди VD4 - VD15 - на КД521, КД522, КД103, Д220, Д223; капсуль ДЕМ-4 - на будь-який малогабаритний гучномовець; реле К1 - на кожне реле із двома групами контактів, що спрацьовує при напрузі 8 вольт.

Особливість цього пристрою в тому, що на його виході включені два коригувальних ланцюга - RС і L. Призначення RС-ланцюга запобігати самозбудження підсилювача на високих і надвисоких частотах. Ланцюг, що складається з дроселя L1, зменшує гармонійні спотворення сигналу.

Налагодження пристрою з джерелом живлення зводиться до установки змінним резистором такої напруги зміщення на затворах польових транзисторів, при якому початковий струм стоку кожного польового транзистора складе близько 50 мА. При такому початковому струмі практично повністю усуваються спотворення сигналу виду "сходинки".

Враховуючи насиченість схеми електричної принципової ЕРЕ, обираємо третій клас точності плати.

В результаті аналізу електричної схеми можна виділити наступні рекомендації з конструювання друкованої плати:

- плату можна реалізувати як односторонньою, так і двосторонньою, так як насиченість схеми електричної принципової ЕРЕ невелика;

- при розміщенні елементів на ДП слід прагнути до рівномірного розподілу мас компонентів по поверхні ДП;

- відстань між сусідніми елементами повинна забезпечувати можливість технологічних процесів ручної, механізованої або автоматичної установки елементів;

- по краях плати передбачити технологічну зону шириною 5,0 мм;

- друковані провідники не повинні мати різких перегинів, допустимі кути 45 ° і 90 °.

**1.2 Аналіз умов експлуатації**

 Відповідно до ТЗ блок повинен мати виконання П, яке припускає експлуатацію модуля в районах з помірним кліматом із середньорічними екстремумами температури мінус 45 °С ÷ +50 °С.

 Проектований підсилювач належить до 1-й групі наземної професійної радіоелектронної апаратури, яка включає стаціонарну РЕА працюючу в опалювальних, капітальних, лабораторних або інших приміщеннях подібного типу.

Умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря від -5 до +50 °С;

- відносна вологість повітря пpи темпеpатуpа +30 °С до 90%;

- атмосферних тиск від 84 до 107 кПa;

- частота вібрацій 5 - 35 Гц;

- максимальна амплітуда 0,35 мм.

Міцність проектованого вироби при транспортуванні

- прискорення, g 2;

- тривалість ударного імпульсу, мс 5;

- число ударів, не менше 100.

Аналіз умов експлуатації дозволяє зробити наступні висновки:

- немає необхідності в розрахунку системи амортизації пристрою через невеликі механічні впливи на нього на місці експлуатації;

- не потрібна теплоізоляція, елементи примусового охолодження і герметизація модуля для захисту від впливів кліматичних факторів;

- необхідно застосувати лакофарбові покриття для захисту пристрою від корозії при дії вологи.

Застосування природного охолодження для модуля викликає необхідність сформулювати додаткові вимоги до конструкції пристрою:

- необхідно забезпечити гарне обтікання охолоджуючим повітрям всіх встановлених на ДП елементів.

**1.3 Вибір та обґрунтування елементної бази**

 Вибір ЕРЕ проводиться на основі вимог до апаратури, зокрема, кліматичних, механічних та інших впливів при аналізі роботи кожного ЕРЕ і кожного матеріалу всередині блоку, і умов роботи кожного блоку конструкції.

Резистор МЛТ

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд резисторів типу МЛТ

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики резисторів типу МЛТ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номінальна потужність, Вт | Діапазон номінальних опорів, Ом | Розміри, мм | Маса, г,не більше |
| D | L | l | d |
| 0,125 | 8,2...3 x 106 | 2,2 | 6,0 | 20 | 0,6 | 0,15 |
| 0,25 | 8,2...5,1 x 106 | 3,0 | 7,0 | 20 | 0,6 | 0,25 |
| 0,5 | 1,0...5,1 x 106 | 4,2 | 10,8 | 25 | 0,8 | 1,0 |
| 1 | 1,0...10 x 106 | 6,6 | 13,0 | 25 | 0,8 | 2,0 |
| 2 | 1,0...10 x 106 | 8,6 | 18,5 | 25 | 1,0 | 3,5 |

Таблиця 1.2 - Експлуатаційні характеристики резисторів типу МЛТ

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Рівень власних шумів , мкВ/В | 1,5 |
| Температура навколишнього середовища , оС | от -60 до +70 |
| Відносна вологість повітря при температурі +35 оС, % | до 98 |
| Знижений атмосферний тиск, Па | до 133 |
| Гранична робоча напруга постійного і змінного струму,В | 200 |
| Мінімальне напрацювання, год | 25000 |
| Термін зберігання, років  | 25 |

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд кнопки типу PV36W Murata

Рисунок 1.4 – Загальний вигляд конденсатору типу КМ-6а

Таблиця 1.3 - Експлуатаційні характеристики конденсаторів КМ-5б

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Температура навколишнього середовища, оС | От -60 до +85 |
| Відносна вологість повітря , % | До 98 |
| Атмосферний тиск, мм. рт.ст | 10-6 до 3атм. |
| Вібраційні навантаження з прискоренням в діапазоні 5 - 200 Гц | 10g |
| Багаторазові удари з прискоренням | до 35g |
| Лінійні навантаження з прискоренням , не більше | 100g |
| Тангенс кута втрат, не більш | 0,0012 |
| Мінімальна напрацювання, год | 15000 |
| Строк зберігання, років | 12 |

Рисунок 1.5 – Загальний вигляд конденсатору типу К53 -14

Таблиця 1.4 - Експлуатаційні характеристики конденсаторів К53 -14

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Температура навколишнього середовища, оС | От -60 до +85 |
| Відносна вологість повітря , % | До 98 |
| Атмосферний тиск, мм. рт.ст | 10-6 до 3атм. |
| Вібраційні навантаження з прискоренням в діапазоні 5 - 200 Гц | 10g |
| Тангенс кута втрат, не більш | 15% |
| Мінімальна напрацювання, год | 10000 |
| Строк зберігання, років | 15 |

Рисунок 1.6 – Загальний вигляд стабілітрона Д9Б

Таблиця 1.5 - Експлуатаційні характеристики конденсаторів Д9Б

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Температура навколишнього середовища, оС | від -60 до +125 |
| Відносна вологість повітря , % | До 98 |
| Атмосферний тиск, мм. рт.ст | 10-6 до 3атм. |
| Вібраційні навантаження з прискоренням в діапазоні 5 - 200 Гц | 10g |
| Розкид напруги стабілізації при Iст 5 мА  | 11,5...14 В |
| Температурний коефіцієнт напруги стабілізації:  | 0,095 %/°С  |
| Постійна пряма напруга при Iпр 50 мА  | 1 В |
| Припустима потужність, що розсіюється  | 0,34 Вт |
| Мінімальна напрацювання, год | 15000 |
| Строк зберігання, років | 12 |

Рисунок 1.7 – Загальний вигляд стабілітрона КC156A

Таблиця 1.6 - Експлуатаційні характеристики конденсаторів КC156A

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Температура навколишнього середовища, оС | від -60 до +125 |
| Відносна вологість повітря , % | До 98 |
| Атмосферний тиск, мм. рт.ст | 10-6 до 3атм. |
| Вібраційні навантаження з прискоренням в діапазоні 5 - 200 Гц | 10g |
| Максимально припустимий постійний прямий струм - | 50 В |
| Максимально припустима частота -  | 100 МГц |
| Постійна пряма напруга при Iпр 50 мА  | 1 В |
| Припустима потужність, що розсіюється  | 0,34 Вт |
| Мінімальна напрацювання, год | 15000 |
| Строк зберігання, років | 12 |

Рисунок 1.8 – Загальний вигляд транзистора КT807A

Таблиця 1.7 – Характеристики транзистора типу КT807A

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Гранична частота коефіцієнта передачі струму Uкб = 5 В, Iе = 10 мА, не менше | 300 МГц |
| Температурний діапазон, С | −40 ... +85°C |

Рисунок 1.9 – Загальний вигляд транзистора КT315B

Таблиця 1.8 – Характеристики польового транзистора типу КT315B

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Зворотний струм колектора  | 1 мкА  |
| Гранична частота коефіцієнта передачі струму в схемі із загальним емітером  | 350 МГц  |
| Температурний діапазон, С | −40 ... +85°C |

Рисунок 1.10 – Загальний вигляд транзистора КT807A

Таблиця 1.9 – Характеристики транзистора типу КT807A

|  |  |
| --- | --- |
| Напруга колектор-емітер (Uке max), В | 40 |
| Напруга емітер -база (Uеб max), В | 5 |
| Постійний струм колектора (Iк max), А | 1,5 |
| Імпульсний струм колектора (Iк max), А | 3 |
| Максимально припустимий струм бази (Iб max), А | 0,5 |
|  Потужність колектора, що розсіюється, (Pк max), Вт | 10 |
| Температура переходу (Tпер), град. Цельсія |  150 |

Рисунок 1.11 – Загальний вигляд транзистора КТ814Г

 Таблиця 1.10 – Характеристики транзистора типу КТ814Г

|  |  |
| --- | --- |
| Напруга колектор-емітер (Uке max), В | 35 |
| Напруга емітер -база (Uеб max), В | 4 |
| Постійний струм колектора (Iк max), А | 1,5 |
| Імпульсний струм колектора (Iк max), А | 3 |
| Максимально припустимий струм бази (Iб max), А | 0,3 |
|  Потужність колектора, що розсіюється, (Pк max), Вт | 8 |
| Температура переходу (Tпер), град. Цельсія |  130 |

Проаналізувавши характеристики застосованих НЕ, можна зробити висновок, що вони повністю відповідають необхідним вимогам до проектованого блоку. Діапазон робочих температур навколишнього середовища, припустима відносна вологість повітря використовуваної елементної бази, дозволяє спроектувати пристрій, що працює при заданих у ТЗ умовах експлуатації з заданою надійністю.

Описані вище елементи призначені для монтажу в отвори. І хоча монтаж в отвори поступається поверхневому монтажу в продуктивності і технологічності, тим не менше ми використовуємо більш широко поширені НЕ, отже зменшується вартість виробу.

Однією з проблем є велика кількість типорозмірів використовуваних ЕРЕ, що може погіршити технологічність установки елементів на ДП автоматами. Однак для обсягів виробництва, зазначених у ТЗ, (дрібносерійне виробництво) передбачається напівавтоматична установка НЕ на ДП за допомогою світломонтажних столів. Це знімає проблему великої кількості типорозмірів, оскільки елементи встановлюються людиною.

В результаті вищесказаного можна зробити висновок, що при використанні описаних НЕ в конструкції розроблюваного блоку, доцільніше одностороння установка НЕ на друковану плату. З огляду на те, що Е3 досить схема насичена лініями зв'язку, рекомендується прийняти 3 клас точності, крок координатної сітки розміщення елементів на друкованій платі приймаємо рівним 1,25 мм.

Можна зробити висновок про те, що обрана елементна база є оптимальною, всі елементи відповідють зазначеним у ТЗ вимогам.

 **1.4 Аналіз вимог до виробництва**

Розроблюваний підсилювач з конструкторської та технологічної точок зору є пристроєм середньої складності. Враховуючи невеликий попит на подібну апаратуру, організація окремого підприємства недоцільна. У той же час, виробництво даного апарату неможливо на підприємствах зі слабким технологічним оснащенням. Проектований виріб передбачається випускати на підприємстві, серійно або дрібносерійно випускає ЕА широкої номенклатури. Передбачається, що на підприємстві освоєні такі типові технологічні процеси:

- виготовлення друкованих плат - комбінований позитивний метод;

- підготовка НЕ до монтажу - автоматична, напівавтоматична;

- установка НЕ на друковані плати - автоматична і напівавтоматична (за допомогою светомонтажних столів);

- методи пайки: групова (вільний припою), індивідуальна.

Розподіл використовуваної елементної бази за типорозмірами наведено в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 - Розподіл елементної бази за типорозмірами

|  |  |
| --- | --- |
| Типорозмір | Кількість |
| штук | % |
| Навісні елементи з осьовими виводами | 39 | 87 |
| Навісні елементи з аксіальними вивидами | 6 | 13 |

За результатами аналізу технологій, заснованих на передбачуваному підприємстві-виробнику проектованого блоку і складу застосовуваної елементної бази, а також враховуючи вимоги технічного завдання за обсягом виробництва, можна зробити наступні висновки щодо забезпечення високої технологічності виготовлення розроблюваного виробу:

- у складі елементної бази найбільшу частку мають навісні елементи, що монтуються в отвори з осьовими виводами, тому їх підготовка до монтажу і сам процес установки на ДП необхідно автоматизувати в першу чергу. При цьому через відносно малий обсяг випуску доцільно використовувати універсальні автомати-установки елементів з осьовими і аксіальними виводами, що дозволить знизити витрати на технологічну підготовку виробництва;

- для пайки вибирається метод пайки хвилею припою, тому що в схемі пристрою присутні тільки ЕРЕ, що монтуються в отвори, а даний метод є найбільш продуктивним при серійному виробництві.

Виходячи зі вживаної елементної бази, намічаємо, що у виробі застосовуватиметься двостороння друкована плата, що виготовляється комбінованим позитивним способом. Враховуючи порівняно невелику потребу ринку у виробі, що розробляється, недоцільно організовувати окреме підприємство по виробництву макету. Оптимальним варіантом є виробництво виробу на багатономенклатурному підприємстві з достатньо високим рівнем гнучкості виробництва. Тип виробництва – багатономенклатурний, серійний.

На підприємстві, де буде виготовлятися розроблювальний пристрій, освоєні наступні типові технології:

- комбінований метод виготовлення друкованих плат (тому що цей метод забезпечує необхідну точність );

- автоматична й автоматизована установка навісних елементів;

- одержання електричних контактів груповими методами (пайка хвилею).

**1.6 Технічні пропозиції на розробку**

У результаті аналізу ТЗ можна сформулювати ряд вимог, які необхідно виконати в процесі конструювання пристрою :

 - Виконання - стаціонарне.

 - Діапазон температур навколишнього середовища від -5 до +55 оС.

 - Відносна вологість повітря при t = +25 оС від 65 до 88 % .

 - Атмосферний тиск від 650 до 800 мм. рт. ст.

 - Немає необхідності застосовувати спеціальні заходи щодо віброізоляції, захисту від впливу біологічних і іонізуючих випромінювань .

 - Наробіток на відмову проектованого виробу повинен становити не менше 10000 годин.

 - Імовірність безвідмовної роботи повинна бути на рівні 0,80 - 0,95 за 10000 годин.

 - Модуль повинен бути виконаний на одно- або двосторонній друкованій платі.

- Розміщення ЕРЕ - з одної сторони друкованої плати;

 - Друкована плата повинна бути виконана по 3-му класу точності, крок координатної сітки 1.25 мм.

 - Для забезпечення нормального теплового режиму передбачається застосування природного повітряного охолодження.

- Захисні покриття пристрою від впливу вологи виконати з використанням лаку; для металевих виробів застосувати лакофарбове покриття або хімічне оксидування.

**2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ**

**2.1 Вибір конструкції друкованої плати**

Друкована плата являє собою діелектричне основу з отворами (монтажними, перехідними і технологічними), контактними майданчиками та друкованими провідниками.

За кількістю провідних шарів друковані плати діляться на односторонні, двосторонні і багатошарові. У двосторонніх друкованих платах друковані провідники розташовуються з двох сторін плати. Електричний зв'язок між провідниками різних сторін здійснюється перехідними отворами, використання яких дозволяє при відсутності обмежень на розміри плати реалізувати будь-яку схему ЕОА. Використання двосторонніх друкованих плат дозволяє підвищити щільність монтажу. Недоліком двосторонньої друкованої плати є зменшення надійності за рахунок введення в конструкцію перехідних отворів і збільшення вартості.

За точністю виконання елементів конструкції ДП діляться на п'ять класів точності. Друковані плати 1 і 2 класів точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації й мають мінімальну вартість. Друковані плати 3, 4 і 5 класів точності вимагають використання високоякісних матеріалів, інструменту, устаткування, обмеження габаритних розмірів і т.д. Друковані плати рекомендується виготовляти за 2 і 3 класами точності.

У першому розділі проекту була вибрана двостороння друкована плата 3-го класу точності.

У технічному завданні на розробку пристрою вже задані габаритні розміри друкованої плати 150х150(мм). Наша мета розрахунком площі ДП підтвердити правильність обраних розмірів.

Для визначення площі розроблювальних конструкцій друкованих плат скористаємося формулою

*S=Kз∑Si,* (2.1)

де  *Si*– настановна площа i-го навісного елемента;

 *Kз* – коефіцієнт втрат площі (*Kз*=1...4)

Площі, займані окремими елементами: *SR* = 2150 мм2;*SVD* = 160мм2;*SC* =670мм 2 ; *SVT* = 582 мм2; *SL*=60 мм2.

За формулою 2.1 одержуємо

*S*=4×(1150 +180+670+782+60) = 11240 мм².

З огляду на наявність перехідних отворів і друкованих провідників, та з урахуванням того, що плата напевно буде двосторонньою, розмір друкованої плати необхідно вибирати із запасом.

Відповідно до вищевикладеного ДП буде мати наступні розміри: 100х125 мм.

Як діелектрична основа для виготовлення ДП, широке поширення одержали шаруваті діелектрики, що складаються з наповнювача й зв'язувальної речовини (синтетичної смоли), керамічні й металеві (з поверхневим діелектричним шаром) матеріали. Товщина ДП залежить від методу виготовлення, кількості шарів і товщини матеріалу, і може бути в межах від 0,3 до 3 мм. ДП при експлуатації не будуть піддаватися високим механічним і тепловим впливам, впливам агресивних середовищ, тому відповідно до ГОСТ 10316-78, вибираємо найпоширеніший матеріал склотекстоліт СФ-2-35-1,5 з товщиною діелектрика 1,5 мм.

**2.2 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати**

Метою конструктивно-технологічного розрахунку є визначення основних конструктивних параметрів друкованого монтажу з урахуванням виробничих похибок рисунка провідних елементів, фотошаблона, основи, параметрів свердління й т.п. Як ми вже визначилися, друкована плата буде двосторонньою.

Основні умовні позначки параметрів друкованого монтажу й графічне зображення ДП наведені на рисунку 2.1. Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для вузького місця наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Номінальні значення основних параметрів друкова-ного монтажу для вузького місця

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування розрахункового елемента | Позначення | Значення параметрів для 3-го класу точності ДП |
| Ширина провідника, мм | *TМ* | 0,25 |
| Відстань між краями сусідніх елементів провідного рисунка | *SМ* | 0,25 |
| Відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати | *I* | 0,33 |
| Ширина гарантійного паска, мм | *BМ* | 0,10 |

У проектованої ДП є перехідні та монтажні отвори.

Рисунок 2.1 - Друкована плата

Таблиця 2.2 Припустимі погрішності виконання конструктивних елементів для 3-го класу точності

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Похибка | Позначення | Значення, мм |
| Допуск на отвір без металізаціїПри ∅<1 ммПри ∅>1 мм |  | ± 0,05± 0,10 |
| Допуск на ширину провідникаБез покриттяЗ покриттям |  |  + 0,10- 0,08 |
| Допуск при розташуванні отворівПри розмірі ДП, ммL ≤ 180180 < L ≤ 360 |  | 0,080,10 |
| Допуск на розташування контактних площинок, мм приL ≤ 180180 < L ≤ 360 |  | 0,20,25 |
| Допуск на розташування провідників |  | 0,05 |

Мінімальний діаметр перехідного отвору визначають зі співвідношення:

 ,

де  – товщина друкованої плати ( ).

 .

Приймаємо діаметр перехідного отвору .

Мінімальний діаметр монтажного отвору визначають зі співвідношення



де  – максимальне значення діаметра навісного елемента;

  – нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору;

 - зазор між виводами й монтажним отвором для пайки ( = 0,1...0,4 мм).

Для досягнення максимальної технологічності будемо використовувати лише один типорозмір монтажних отворів. Максимальний діаметр виводів всіх ЕРЕ :

*dм*= 0,7+0,2+0,05 = 0,95 мм;

Приймаємо з рекомендованого ряду діаметрів монтажних отворів 0,5; 0,7; 0,9; 1,0; 1,1; 1,3; 1,5 мм :  *dм*  = 1,0 мм.

Ширина провідника сигнальних ланцюгів



де  – мінімально припустима ширина провідника;

  - нижнє граничне відхилення ширини провідника (див. табл. 2.2).

 *t* = 0,22+ 0,03 = 0,28мм;

Приймаємо .

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного малюнка в міліметрах визначається за формулою



де – мінімально припустима відстань між сусідніми елементами провідного рисунка;

  – верхнє граничне відхилення ширини провідника (табл. 2.2).

.

Приймаємо.

Розрахунок діаметра контактної площинки здійснюю за формулою



де  – верхнє граничне відхилення діаметра отвору (табл. 2.2);

  – підтравлювання діелектрика (приймається рівної 0,03мм)..

*D* = (1,0+005)+2 0,05+0,03+2 0,03+ 1,5 мм.

Приймаємо *D* =1,8 мм.

Розрахунок мінімальної відстані для прокладки n-ої кількості провідників з контактними площинами діаметрів *D1* і *D2* роблять за формулою



де –діаметрального позиційного допуску розміщення провідника щодо номінального значення ().

Мінімальна відстані між двома контактними майданчиками мікросхем для проведення одного провідника

*l* =

Отримане значення мінімальної відстані між двома контактними майданчиками менше відстані між виводами багатовиводних ЕРЕ (транзисторів з кроком виводів 2,5 мм), тому при прийнятих параметрах друкованого монтажу може бути забезпечена можливість прокладки одного провідника між двома сусідніми виводами транзистора.

Поверхневий опір ізоляції паралельних друкованих провідників обумовлюється наявністю питомого поверхневого опору діелектрика плати:

 *Rs = ρs \* lк \* lз / l,*  (2.2)

де: *lз* – зазор між провідниками ( *lз* = 0.2 мм );

  *l* - найбільша довжина спільного проходження провідників ( *l* = 100 мм ).

*Rs* = 1.72 \* 1012 \* 0.2 / 100 = 5 \* 109 ( Ом ).

Отримані результати розрахунку по постійному струму показують правильність прийнятих раніше значень конструктивно - технологічних показників, а також показують можливість нормального функціонування проектованого виробу з погляду навантажувальної здатності провідників по струму, високий опір ізоляції й високий діелектричної міцності основи ДП.

Аналізуючи наведені вище конструктивно-технологічний розрахунок, можна виділити основні параметри друкованого монтажу, значення яких можуть коригуватися у бік збільшення на підставі електричного розрахунку тих же елементів по постійному струму:

- діаметри монтажних і перехідних отворів 1,0мм;

- номінальна ширина провідника 0,3 мм;

- номінальна відстань між сусідніми елементами провідного рисунка 0,3 мм;

- діаметр контактних площинок 1,5 мм.

**2.3 Розрахунок за постійним струмом**

Найбільш важливими електричними властивостями друкованих плат є навантажувальна здатність провідників за струмом, опір провідників і діелектрична міцність основи друкованої плати.

Постійний струм в друкованому провіднику розподіляється рівномірно по його перерізу за умови, що матеріал провідника однорідний і не має локальних сторонніх включень інших речовин.

Виходячи з вимоги допустимого перегрівання друкованих провідників (80 0С) експериментально для них встановлена припустима щільність струму γпр (близько 20 А/мм2 для провідників, отриманих електрохімічним методом). Виходячи з цього допустимий струм в друкарських провідниках

, (2.3)

де *tп* - товщина провідника;

 *b*- ширина провідника, мм;

  - струм, А.

 

де *I* – струм який протікає в друкованому провіднику.

Отримуємо *b≥* 0,6 мм

Приймаємо *b=* 1,5мм.

Оскільки, в підсилювачі нема цифрових мікросхем, всі елементи аналогові, змінної складової струму не виникає, а відповідно перемикань логічних елементів, які можуть вносити цю складову, то розрахунок по змінному струму не проводимо.

**2.4 Розміщення навісних елементів на ДП**

У загальному виді задача розміщення НЕ полягає у відшуканні для кожного з них оптимальної позиції на поверхні друкованої плати. Як критерії оптимальності при рішенні даної задачі можуть використовуватися наступні критерії:

* мінімізація найбільш довгих зв'язків;
* мінімізація сумарної довжини всіх зв'язків;
* мінімізація числа перетинань ліній зв'язку;
* максимально можливе близьке розміщення елементів, що мають найбільше число зв'язків між собою;
* одержання максимальної кількості ланцюгів з якнайбільш простою конфігурацією.

Розміщення начіпних елементів на друкованій платі здійснюється відповідно до ГОСТ 23752-79. Начіпні елементи будуть розміщені з урахуванням вимог, складених при аналізі технічного завдання. При розміщенні НЕ на ДП повинна використовуватися координатна сітка з кроком 2,5 мм. Відстань між елементами згідно ГОСТ 23752-79повинно бути: по торці не менш 1,5 мм, між корпусами не менш 1 мм.

Загальна площа друкованої плати складається з зони розташування ЕРЕ і крайових полів уздовж периметра плати, що передбачаються як технологічні зони, зони для технологічних отворів і отворів механічного кріплення відповідних частин з'єднувачів (у нашому випадку роль з'єднувачів виконують отвори, у які будуть запаюватись вхідні і вихідні провідники).

ЕРЕ були розміщені на вільних зонах ДП. Командою PLCE було проведене розміщення елементів, що залишилися, в автоматичному режимі.

У результаті аналізу цих даних були скоректовані деякі результати розміщення й отримані більш прийнятні.

**2.5 Трасування друкованої плати**

Складаючи схему електричну принципову і компонуючи елементи, можна чітко визначитися з місцем розташування елементів на платі. Для досягнення високої якості трасування був зроблений конструкторсько-технологічний розрахунок. При трасуванні з'єднань необхідно виконувати основні вимоги ДСТУ 10317-79, ГОСТ 2.41778.

Спочатку на поверхню друкованої плати паралельно її сторонам наноситься координатна сітка. У лівому нижньому куті плати приймаємо початок координат. Цей кут називається базою. Основний крок координатної сітки 2,5 мм. Центри отворів і контактних площинок варто розташовувати у вузлах координатної сітки. Для збільшення надійності контактних площинок при експлуатації виробу приймається кругла форма.

Трасування плати виконувалося в середовищі PCAD. Застосовувалася програма безсіткового трасування Shape Route.

Отримані креслення представлені в графічній частині дипломного проекту.

**2.6 Оцінка теплового режиму**

У проектованому пристрої вибираємо природне охолодження, тому що щільність теплового потоку від охолоджуваних поверхонь не перевищує 0,05 Вт/см2.

Тепловими розрахунками підтверджується правильність обраного способу охолодження, у противному випадку вибирається більш ефективний спосіб охолодження. Існуючі методики теплових розрахунків електронної апаратури різноманітні, але в більшості з них теплонавантажені компоненти разом з конструктивними елементами, на які вони встановлені, моделюються умовно нагрітою зоною. Методика, по якій вироблявся розрахунок, має погрішність не більше ±10 %. Розрахунок проводився на ЕОМ по програмі "Teplo.exe ".

Вихідними даними до розрахунку є:

- тип використовуваного корпуса;

- розміри модулю;

- температура навколишнього середовища;

- потужність, що розсіюється в блоці;

- дані про елементи, критичні до перегріву тощо.

У розробляємому виробі найбільш тепловиділяючим елементом є транзистори КТ818Г та КТ819Г, які мають номінальну споживаючу потужність 1,5 Вт (без радіатора) або 60 Вт з радіатором, гранична робоча температура становить +135 °С.

Результати розрахунку приведені в додатку А. За результатами (температура транзисторів КТ818Г та КТ819Г рівна 113,51 оС, що не перевищує їх максимально припустиму температуру 135  оС), можна зробити висновок про можливості застосування в проектованому модулі природного охолодження, тому що отримані результати цілком задовольняють технічному завданню.

**2.7 Оцінка показників надійності**

Надійність ЕА - властивість виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в припустимих межах протягом необхідного проміжку часу, і можливість поновлення функціонування, утраченого по тим або інших причинах.

Працездатність - стан ЕА, при якому вона в даний момент часу відповідає усім вимогам у відношенні основних параметрів, що характеризують нормальне протікання процесів.

Для розроблювального модуля синтезатора фрази варто зробити оцінку структурної надійності. Структурна надійність ЕА - його результуюча надійність при відомій структурній схемі і відомих значеннях надійності всіх елементів, що складають структурну схему. При цьому під елементами розуміються інтегральні мікросхеми, резистори, конденсатори і ті, що виконують визначену функцію і включені в загальну електричну схему. Приймається послідовна структурна схема, відповідно до якої відмовлення пристрою виникає при відмові хоча б одного елемента.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи модуля здійснюється по формулі:

 , (2.4)

де - сумарна інтенсивність потоку відмов елементів, що входять в пристрій;

 *t* - час відмови, на яке обчислюється ймовірність безвідмовної роботи.

Сумарна інтенсивність потоку відмов визначається по формулі:

, (2.5)

де - інтенсивність потоку відмов елементів *і*-го типу, що входять в пристрій;

  *ni* - кількість елементів *і*-го типу ;

  *m* - загальна кількість типів елементів, що входять у пристрій;

  *K1* - коефіцієнти впливу механічних впливів;

 *К2* - коефіцієнт впливу вологості.

Середній час наробітку на відмову визначається по формулі:

 T=1/ ,

Розрахунок здійснюється на персональному комп'ютері за допомогою спеціальної програми "Nad32". Вихідними даними до розрахунку є дані про типи використовуваних елементів і їхня кількість. Результати розрахунку приведені в додатку Б.

За результатами аналізу результатів розрахунку можна зробити висновок про те, що отримані дані в частині надійності цілком задовольняють вимогам ТЗ на розробку.

**3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ**

**3.1 Вибір структурної схеми виробництва**

Керуючись технічними й технологічними вимогами, вибираємо комбінований позитивний метод виготовлення друкованих плат. Тип плати, що розроблена двосторонній, клас точності - 3.

Технологія виготовлення розроблюваного блоку повинна бути спрямована на максимальне використання типових технологічних процесів виготовлення й збирання, скорочення строків виробництва, мінімізацію витрат матеріалів, забезпечення мінімальної вартості й високої якості виробу.

Значному підвищенню надійності блоку й ймовірності його справного стану після збирання сприяє використання компонентів, що пройшли вхідний контроль параметрів. При цьому для максимального зниження тривалості й трудомісткості цієї операції вхідному контролю піддаються найбільш критичні до відмови елементи - транзистори. У цьому випадку виконання вхідного контролю параметрів здійснюється на відповідному тестовому устаткуванні по спеціальних програмах.

Структурна схема виготовлення блоку представлена на рис.3.1.

**ДП**

**Автоматичне встановлення ЕРЕ на ДП**

**Формовка виводів**

**Обрізання виводів**

**Лудіння** **виводів**

**ЕРЕ с осьовими виводами**

**Формовка виводів**

**Обрізання виводів**

**Лудіння** **виводів**

**ЕРЕ с аксіальними та ЕРЕ**

**Функціональний контроль та діагностика блоку**

**Ремонт**

**Напівавтоматичне встановлення ЕРЕ на ДП** **СМС**

**Покриття лаком**

**Відмивання блоку**

**(брак)**

**Штампування**

**Лиття**

**Механічне збирання корпусу**

**Загальне збирання пристрою**

**Пакування**

**Функціональний контроль та діагностика пристрою**

**Виготовлення інших вузлів пристрою**

**Ремонт**

**(брак)**

**Паяння хвилею припою**

припоя

**Паяння**

припоя

Рисунок 3.1 - Структурна схема виготовлення блоку

Технологічний процес виготовлення блоку умовно ділиться на основні й підготовчі операції. До підготовчих операцій відносяться операції підготовки виводів НЕ до монтажу, вхідний контроль параметрів і т.п., виконання яких забезпечує нормальний перебіг складального процесу. Підготовчі операції можуть вироблятися одночасно, що дозволяє підвищити їхню продуктивність і, як наслідок, зменшити загальний час складання. Але це у свою чергу вимагає більшої кількості автоматів. До основних операцій відносяться установка НЕ на ДП і групова пайка.

Технологія виготовлення розроблюваного пристрою повинна бути спрямована на максимальне використання типових технологічних процесів виготовлення й складання, скорочення строків підготовки виробництва, мінімізацію витрат матеріалів, забезпечення мінімальної вартості й високої якості продукції [8].

Відповідно до технічного аналізу виріб варто робити, орієнтуючись на серійне виробництво. Це накладає певні обмеження на вибір способу виготовлення, а також на застосовуване технологічне встаткування і комплектуючі матеріали. В подальших пунктах цього розділу буде більш детально розглянуті етапи даного технологічного процесу.

**3.2 Виготовлення друкованої плати**

Виготовлення друкованої плати - одержання необхідного малюнка друкованих провідників можливо одним із трьох методів: адитивний, субтрактивний і комбінований. Субтрактивний хімічний метод найбільше простій, має низьку вартість, добре автоматизується, але має істотні недоліки: не можливість металізації отворів, ненадійність з'єднання виводу з контактною площинкою, нераціональне використання міді. Адитивний хімічний метод дозволяє металізувати отвори, що у свою чергу підвищує надійність монтажу. Також у порівнянні із субтрактивним методом одержуємо більшу щільність монтажу й раціональне використання міді з розчину. Недоліки адитивного методу - тривалий вплив хімічної обробки викликає погіршення ізолюючих властивостей діелектрика; низьке зчеплення провідників з основою; питомий опір шару вище, ніж у фольги. Комбіновані методи виробництва друкованих плат захищені від основних недоліків, характерних для субтрактивного й адитивного методів, але є більше складними у своїй реалізації.

Найбільше доцільно застосувати комбінований адитивный метод виготовлення друкованої плати, оскільки при цьому методі виходять якісні провідники й контактні площинки. До того ж комбінований позитивний метод є переважним на більшості підприємств.

Технологічність виготовлення блоку залежить від автоматизації виробничих процесів. Чим більше автоматизації, тим відповідно вище технологічність. У розроблювальному блоці частка навісних елементів з осьовими виводами складає 62%, навісних елементів з аксіальними виводами 38%.

Найбільш трудомістка операція для розроблюваного блоку - це установка навісних елементів на друковану плату. Перед установкою виводи НЕ обов'язково повинні бути підготовлені для зниження браку при пайці. Як і установка НЕ підготовка виводів повинна здійснюватися на автоматичному встаткуванні.

Установка ЕРЕ з аксіальними виводами здійснюється напівавтоматично із застосуванням світломонтажних столів (СМС), що викликано малою кількістю встановлюваних елементів, відсутністю необхідності в дуже високій продуктивності й універсальністю способу установки в порівнянні з автоматичним. Світломонтажний стіл (510/512/550) має продуктивність до 1600 елементів у годину, тому цілком підходить для установки оригінальних ЕРЕ й мікросхем. Дані столи застосовуються в багатономенклатурному виробництві складних багатономенклатурних вузлів з великою кількістю типономиналів ЕРЕ, що монтуються в отвори. Бункери з попередньо відформованими компонентами, що перебувають усередині стільниці, відповідно до робочої програми подаються до отвору. Монтажник відповідно програмі, уведеної в контролер стола, встановлює компоненти на плату у відповідність із місцем, що вказується світловим променем. Підготовка робочої програми здійснюється методом навчання або трансляції даних із САПР.

Електричне з'єднання НЕ із провідниками й контактними площинками ДП здійснюється методом групової пайки хвилею припою на установці початкового рівня ETS250. Переваги пайки хвилею припою очевидні: висока продуктивність і обмежений час взаємодії припою із платою (зниження термоудара й перегріву елементів).

Установка пайки хвилею припою ETS 250 розроблена для дрібносерійного й серійного виробництва. Низька вартість і невеликі витрати на експлуатацію роблять установку привабливою для початку автоматизації виробництва. До складу установки входить пінний флюсователь, модуль попереднього підігріву й ламінування хвилі. Установка пайки оснащена конвеєром палетного типу. Мікропроцесорна система керування дозволяє контролювати основні параметри роботи установки. Максимальна ширина друкованої плати 250 мм.

Режимами пайки є температура, що для найпоширенішого припою ПОС-61М становить 280 ±10 0С, і час пайки 1...3 с. Знижена температура приводить до недостатньої плинності припою, поганому змочуванню й т.д. Завищена температура викликає обвуглювання флюсу, вигоряння компонентів припою, ерозію матеріалу паяльного жала.

 Технологія виготовлення друкованої плати включає наступні етапи :

а) механічна обробка основи:

- одержання заготівлі штампуванням з одночасним пробиванням технологічних отворів;

б) підготовка поверхні друкованої плати:

- механічна обробка поверхні;

- знежирення поверхні розчином тринатрій фосфату;

- деканування (підтравлювання) розчином хлорної міді;

в) формування монтажних і перехідних отворів на свердлильному верстаті ОФ-101АФ2;

г) формування провідників:

- одержання захисного малюнка;

– травлення провідного шару розчином CuCl2 (метод пінного травлення);

д) контроль друкованої плати.

**3.3 Автоматична установка навісних елементів на друковану плату**

Один з основних процесів, від якого найбільше залежить продуктивність виготовлення блоку - це установка навісних елементів з аксіальними й осьовими виводами. Велика кількість елементів вимагає відповідно й великого часу на підготовку й установку. Тому потрібно приділити особливу увагу цьому питанню.

Раніше в розділі 3.1 для монтажу НЕ з осьовими й аксіальними виводами били обрані автомати RH (NM-8201) (Panasonic, Японія) і AI-500 (Amistar, США), відповідно. Застосування ручної або напівавтоматичної підготовки й установки даних НЕ - дуже нетехнологічна й трудомістка робота з малою продуктивністю. А от автоматична установка дозволяє знизити трудомісткість, підвищити якість виробу й у значній мірі знизити кількість бракованих виробів. До того ж якщо виробництво серійне або багатосерійне, то вартість автоматів швидко окупається. Перед переміщенням НЕ в технологічну тару виконують ряд операцій :

- розпаковування заводської тари;

- завантаження в технологічну тару для проведення комплексної підготовки навісних елементів;

- електро- і термотренування, що виконується для виявлення прихованих дефектів;

- комплексна підготовка виводів;

- контроль параметрів і відбраковування;

- комплектація;

- завантаження в технологічну тару для складальних автоматів.

При автоматичному монтажі НЕ виконуються наступні технологічні операції:

- добування НЕ з накопичувача або носія;

- поворот НЕ по ключі або осі координат;

- перенос НЕ;

- центрування НЕ;

- установка НЕ на ДП.

Найбільш трудомісткої є комплексна підготовка виводів навісних елементів, що містить у собі :

- вирівнювання (рихтування) виводів;

- формування виводів;

- обрізка виводів;

- лудіння виводів.

Установка навісних елементів здійснюється в такий спосіб. По команді системи керування з відповідної тари з НЕ виділяється потрібний номінал і по напрямній під власною вагою направляється в зону захвата, де захоплюється робочою головкою й переноситься в зону установки; після сполучення виводів з отвором НЕ встановлюється й підгинається пристроєм підгибання виводів. Далі цикл повторюється.

Складання компонентів на ДП складається з подачі їх до місця установки, орієнтації виводів щодо монтажних отворів або контактних площинок, сполучення зі складальними елементами й фіксації в необхідному положенні. Всі ці операції для ЕРЕ (як уже говорилося вище) виконує автомат.

**3.4 Напівавтоматичне встановлення навісних елементів з використанням світломонтажного столу**

В умовах дрібносерійного й багатономенклатурного виробництва при складанні типових елементів заміни (ТЕЗ) використання автоматичного встаткування викликає значні труднощі. Велика кількість номіналів ЕРЕ, топологій і розмірів ДП не дозволяє застосовувати універсальні механізми для захвату ЕРЕ й ІС із магазинів-накопичувачів або транспортерів і встановлювати їх на ДП. Створення ж спеціалізованих автоматів при малих обсягах виробництва економічно невигідно.

Тому при даному типі виробництва широке застосування знайшло програмоване ручне складання на СМС. СМС подає монтажникові ЕРЕ тільки одного типономіналу або вказує ділянку нерухливого накопичувача, де зберігаються ЕРЕ цього типономіналу й одночасно вказує світловими засобами ділянку ДП, куди і як потрібно встановлювати ЕРЕ.

Помітну частину робочого часу при роботі без цього столу монтажник витрачає на те, щоб за кресленням знайти місце розміщення ЕРЕ на ДП, знайти ЕРЕ з потрібними параметрами, визначити його орієнтацію (якщо ЕРЕ полярний), і зовсім небагато часу потрібно для того, щоб встановити його на ДП відповідно до креслення. Якщо на ДП встановлюється невелике число ЕРЕ, то монтажник дуже швидко запам'ятовує порядок розміщення ЕРЕ, і час на звернення до креслення і пошук ЕРЕ у клітинці зводиться до мінімуму навіть при великій номенклатурі вузлів на друкованій платі (ВДП) (хоча не виключена можливість помилок). Але чим складніше ВДП, тим більше часу піде у нього на звернення до креслення і пошук ЕРЕ. Зростає кількість помилок.

Тому за останні 15 - 20 років зародився і одержав розвиток новий напрямок в технології монтажу - програмована ручне збирання на світломонтажних столах ЕРЕ на ДП, які випускає більше 30 фірм США, Західної Європи та інші.

Світломонтажний стіл - досить складний пристрій, в якому можуть застосовуватися різні принципи подачі ЕРЕ та зазначення місця його розміщення на ДП. Тим не менш, можна виділити основні вузли, які є в будь-якій моделі світломонтажного столу (рисунок 3.1).

**Джерело світла**

**Пристрій керування**

**Пристосування для плати**

**Пристрій програмування**

**Вузол зміни світлового потоку**

**Засіб відображення інформації**

# Привід накопичувача

# Накопичувач НЕ

**Привід переміщення**

Рисунок 3.1 - Структурна схема світломонтажного столу

Поява програмованого складання на СМС дозволило одержати ряд помітних переваг:

- при складанні ТЕЗ не потрібно звертатися до креслення;

- виключаються помилки розміщення елементів на ДП;

- роботу може виконувати монтажник низької кваліфікації;

- значно підвищується продуктивність процесу складання.

Однієї з основних функцій СМС є вказівка посадкових місць НЕ на ДП. Зробити це можна різними способами.

Одним зі способів вказівки посадкових місць є проектування зображення зі слайдів або кіноплівки. Світло від діапроектора подається на дзеркало, що відхиляє, і потім на ДП. Як носій використовують кіноплівку або латунну фольгу товщиною 0,1 мм.

Цей спосіб вказівки має багато недоліків. Велика трудомісткість підготовки програм, що займає багато часу. Так, при використанні кіноплівки необхідно підготувати на папері вручну трафарет для кожного слайда й перенести його на кіноплівку, а потім вставити в рамку по базових отворах і закріпити.

Відомо кілька способів підсвічування отворів ДП знизу.

Перший з них полягає в передаванні світла від поворотної головки по пластмасовим світловодам. Полярність ЕРЕ вказується фарбуванням одного зі світловодів, у якийсь колір.

Описаний варіант реалізується у винятково простих і дешевих установках і має наступні недоліки:

- велика трудомісткість підготовки й редагування програми;

- обмежені можливості повідомлення монтажникові додаткової інформації.

Другий спосіб - це матриці мініатюрних випромінювачів (світлодіоди) розміщені по всьому робочому полю столу у вузлах координатної сітки. Полярність ЕРЕ вказується миготінням.

Більш гнучкий спосіб вказівки посадкових місць - це спосіб вказівки місць направлянням зверху світловим або лазерним променем. Пляма світлового променя переміщується по ДП зі швидкістю 300-450 мм/с із роздільною здатністю 0,15-0,3 мм. Завдяки цьому промінь може формувати різні символи, що допомагають монтажникові орієнтувати ЕРЕ.

**3.5 Пайка контактних з'єднань. Функціональний контроль та покриття лаком**

Одержання контактних з'єднань виводів елементів із друкованим монтажем здійснюється переважно пайкою. Технологічний процес пайки складається з наступних операцій:

- нанесення й сушіння флюсу;

- попереднє нагрівання плати й компонентів;

- пайка;

- обрізка виводів і очищення.

Групові методи пайки:

- занурення в розплавлений припой;

- пайка оплавленням попередньо нанесеного припою (пасти).

Пайка зануренням.

- в нерухомий припій;

- в рухливий припій.

Пайка зануренням в нерухомий припій.

Недоліки:

- плати піддаються термоудару;

- в перший момент занурення плати в припій виводи стикаються з шаром оксиду в припої, що зменшує якість.

Пайка зануренням в рухливий припій (пайка хвилею припою).

Цей метод застосовується в переважній більшості випадків.

Усунені повністю і частково такі недоліки попереднього методу:

- термоудар частково;

- вплив окислів.

Виводи занурюються в гребінь хвилі, термоудар діє на всю плату.

Розроблено різні різновиди пайки рухомим припоєм.

Основні параметри:

Форма хвилі (висота хвилі, ширина смуги пайки, швидкість пайки). Форма хвилі повинна забезпечувати сприятливі умови для гарного змочування паяних поверхонь на вході хвилі. Вибір форми хвилі визначається наступними факторами:

- довжиною виступаючих виводів;

- щільністю контакту;

- сприятливими умовами для змочування і видалення надлишку припою.

Для конвеєрного способу важливим параметром є так само кут нахилу конвеєра. Повинні бути забезпечені сприятливі умови для стікання надлишку припою на вихіді з хвилі. Для досягнення цього в процесі просування поверхонь, що паяються в область пайки забезпечуються умови для розтікання, смачування і капілярного ефекту. Температура припою відрізняється від температури друкованої плати іноді на кілька градусів. Іноді може використовуватися дві хвилі з різними температурами.

Автоматичні системи управління контролюють і управляютьє наступними параметрами:

- швидкість конвеєра;

- температура флюсу;

- концентрація (в'язкість) флюсу;

- температура припою у ванні;

- температура поверхні плати;

- склад припою;

- висота і ширина ванни.

Хвиля припою в основному використовується для пайки навісних елементів, що встановлюються в отвори. Але в деяких зручних конструктивних варіантах, де використовуються компоненти поверхневого монтажу, що встановлюються з боку, тобто, що відрізняються високою щільністю, плату до КПМ потрібно приклеювати.

Покриття лаком виконаємо на установці УЛПМ-901.

**3.6 Розрахунок та аналіз технологічності виробу**

Технологічність конструкції складальних одиниць визначають трудомісткістю операцій складання, можливістю ефективного використання високопродуктивного автоматизованого встаткування для складання.

Оцінка технологічності конструкції полягає в розрахунку комплексного показника технологічності даного виробу й порівнянні його з нормованим показником, установленим для даного виду виробу. Нормований показник технологічності для дрібносерійного виробництва перебуває в межах від 0,45 до 0,75. Комплексний показник визначається на основі відносних приватних показників і коефіцієнтів їхнього впливу на технологічність виробу, які наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Показники технологічності й коефіцієнти значимості

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Порядковий номеру ранжрваній послідовності | Показниктехнологічності  | Коефіцієнтзначимості  |
| 1 |  | 1 |
| 2 |  | 1 |
| 3 |  | 0,75 |
| 4 |  | 0,5 |
| 5 |  | 0,313 |

Коефіцієнт автоматизації й механізації підготовки елементів до монтажу: =,

де - число ЕРЕ й ІС, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованими або автоматизованими способами ( у нашому випадку для всіх елементи, окрім 4-ох транзисторів, підготовка до монтажу може здійснюватися механізованими або автоматизованими способами;

 - загальне число ЕРЕ;

 - загальне число мікросхем і мікрозбірок

=

Коефіцієнт настановних розмірів:

 

де - число типів настановних розмірів;

 - число всіх настановних розмірів.

 

Коефіцієнт застосовності ЕРЕ:

,

де - число типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

 - число всіх типорозмірів ЕРЕ.

 

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ:

 –;

 –

Коефіцієнт використання мікросхем і мікрозбірок

 ,



Комплексний показник розраховуємо за формулою:





Порівнюючи комплексний показник технологічності виробу з нормованим (*Кн*=0,7) показником технологічності для дрібносерійного виробництва можна зробити висновок про те, що розроблюваний виріб є достатньо технологічним.

 **4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

**4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу**

У цій частині дипломного проекту розглянемо умови виготовлення й умови експлуатації розроблювального підсилювача з урахуванням організації охорони праці й безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології. Пристрій експлуатується при нормальних кліматичних умовах, при роботі не виділяє шкідливих речовин. Розглянемо небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникнути при виготовленні підсилювача.

Відповідно до ГОСТ 12.0.002.-80 "ССБТ. Терміни і визначення" до небезпечних виробничих факторів відносяться фактори, вплив яких на робітника у визначених умовах приводить до травми, а до шкідливих - фактори, що приводять до захворювання і зниження працездатності. Категорії ваги виконуваних робіт при виготовленні й експлуатації виробу установлюються відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. Умови виготовлення й експлуатації блоку відносяться до 1-ої категорії – фізична робота легкої ваги.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 небезпечні та шкідливі виробничі фактори підрозділяються по природі дії на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Кожна з перелічених груп поділяється на підгрупи.

До фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; пересувні вироби, заготівлі, матеріали; гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена температура поверхонь устаткування, матеріалів; невідповідність норм мікроклімату в робочій зоні, неприпустимі рівні шуму, вібрації, ультразвуку, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, електричний струм, недоліки освітлення та ін.

До хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносять шкідливі для організму людини речовини: токсичні, подразнюючі, канцерогенні (викликають розвиток пухлин), сенсибілізуючі (що викликають алергічні захворювання), мутагенні. Вони проникають в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покрови і слизові оболонки. До хімічних шкідливих речовин входять пари бензолу, толуолу, окис вуглецю, сірчистий газ, окис азоту, хлор, а також аерозолі свинцю, сполуки хрому, та інші. Крім того, до них відносять агресивні рідини, які можуть викликати гострі та хронічні захворювання шкіри.

Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори включають патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, спірохети, грибки); макроорганізми (рослини і тварини).

До психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів за характером дії відносять фізичні перевантаження (статичні, динамічні, гіподинамія) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, монотонність праці та емоційні перевантаження).

Найбільш небезпечними виробничими факторами є шкідливі речовини. Відповідно до ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Шкідливі речовини, класифікація і загальні вимоги безпеки " по ступеню впливу на організм шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи небезпеки:

* надзвичайно небезпечні;
* високонебезпечні;
* помірно небезпечні;
* малонебезпечні.

При такій організації виробництва, яка зазначена в попередніх розділах, виникають наступні потенційні і шкідливі виробничі фактори:

* через те, що підприємство насичене устаткуванням, що споживає електричний струм, то існує небезпека поразки людини електричним струмом;
	+ забрудненням повітряного середовища, робочих поверхонь, одягу і шкіри рук працюючих свинцем, це може призвести до свинцевого отруєння організму і викликати хвороби крові, нервової системи та судин;
* при роботі на свердлильному верстаті може виникнути небезпека поранення робітника стружкою або уламками, що відлітають, оброблюваною деталлю при її слабкому закріпленні, при дотику до обертового свердла, патрону або шпінделю верстата;
* при ручній обробці деталей і складанні в основному можуть виникати механічні травми (забиті місця, порізи, уколи і т.п.);
* на стадії механічної обробки існує небезпека тривалого впливу на людину шуму і вібрації;
* виготовлення друкованих плат зв'язано з використанням шкідливих речовин. При постійній роботі з ними можуть виникати хімічні опіки, хронічні поразки шкіри, отруєння і т.д.;
* під час роботи на пресах (штампувальні операції) може відбутися пошкодження рук у випадку потрапляння їх у робочу зону;
	+ - під час пайки індивідуальним електропаяльником мають місце наступні шкідливі і небезпечні фактори:
1. запиленість і загазованість повітря робочої зони;
2. попадання розплавленого припою на шкіряні покрови;
3. наявність елементів, що нагріваються, дотик до яких викликає опіки;
4. ураження електричним струмом;
5. електромагнітне випромінювання.
* при виконанні робіт з нанесення захисного покриття і пояснювальних написів, існує небезпека гострого отруєння, джерелом якого є розчинники і дрібні частки при розпиленні емалей.

Відповідно до ГОСТ 12.0.002-75 безпека виробничих процесів забезпечується вибором оптимального технологічного процесу.

**4.2 Заходи з охорони праці**

На основі описаних вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів проектованого об'єкта, що впливають на персонал, розроблено ряд заходів щодо забезпечення охорони праці й безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Оскільки підсилювач на стадії виготовлення безпосередньо контактує з напругою у 65В, користувач може піддатися ураженню електричним струмом від блоків живлення при несправному стані пристроїв або при підвищеній вологості. Також на стадії виготовлення пристрою обслуговуючий персонал має безпосередній контакт з металевими частинами технологічного устаткування, що при аварійних ситуаціях може привести до появи напруги на корпусі устаткування і поразки робітників електричним струмом.

Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81, для захисту людей від ураження електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції, передбачаються наступні заходи:

* захисне заземлення;
* занулення;
* захисне відключення;
* огороджувальні пристрої;
* попереджувальна сигналізація;
* запобіжні пристосування та інше.

Відповідно до ГОСТ 12.2.003-74 проектом прийнято, щоб небезпечні ділянки устаткування мали захисне заземлення.

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання із заземляючими пристроями металевих струмонепровідних частин електроустановки, які можуть опинитися під напругою внаслідок переходу на них напруги зі струмопровідних частин з метою забезпечення електробезпеки.

Заземляючим контуром називається сукупність заземлювача (металевого провідника або групи провідників, сполучених між собою металево і що знаходяться у безпосередньому з'єднанні з грунтом) і заземлюючих провідників, що сполучають частини електроустановок, що заземлюються із заземлювачєм.

Розрахунок захисного заземлення технологічного електроустаткування ділянки складання розроблюваного пристрою.

Опір заземлювача знайдемо за формулою:

, (4.1)

де *ρ -* питомий опір грунту (узяти з довідкової літератури);

 *l* – довжина заземлювача (для труб 2-3 м, для стрижнів до 10 м), м;

 *d*– діаметр заземлювача (для стрижнів 0,01 - 0,03 м, для труб 0,03 - 0,05 m);

 *t* – відстань від середини забитого в грунт заземлювача до рівня землі (необхідно враховувати, що відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі має бути не менше 0,5 м).

Оскільки усе обладнання знаходиться у приміщенні відповідно у якості опору грунту обираємо бетон (40-1000 Ом\*м).

.

Опір смуги, що сполучає заземлювачі:

  (4.2)

де *L* – довжина смуги, що сполучає заземлювачі (при контурному заземленні вона приблизно дорівнює периметру виробничого цеху), м;

 *b* – ширина смуги 0,03 - при прокладенні усередині будівлі і 0,05 – при прокладенні поза будівлею), м;

 *t* – глибина заземлення від рівня землі(не менше 0,5 м.), м.

.

Необхідна кількість заземлювачів:

 (4.3)

де 4 – припустимий загальний опір;

 2 – коефіцієнт сезонності;

 *ηЗ* – коефіцієнт екранування заземлювача ( *ηз*= 0,2 ÷ 0,9).



Для перевірки чи вірно проведений розрахунок перевіримо нерівність:

 (4.4)

де *RЗ* – опір заземлювача (стрижня, труби, і т.п.), Ом;

 *RП* – опір смуги, що сполучає заземлювачі, Ом;

 *n* – кількість заземлювачів;

 *ηЗ* і *ηП -* коефіцієнти екранування заземлювачата смуги, що сполучає заземлювачі ( *ηз* = 0,2 ÷ 0,9; *ηП* = 0,1 ÷ 0,7);

 *RЗ*– загальний опір заземлюючого пристрою.



Отримане значення опору заземлюючого пристрою *RЗП*= Ом менше гранично припустимого значення *RЗПдоп*= 4Ом. Отже, розрахована система заземлення задовольняє відповідним вимогам ПОЕ (правила облаштування електроустановок).

Для запобігання травматизму при роботі на токарних, фрезерних, свердлильних та інших металорізальних верстатах необхідно, щоб всі шківи, ремені, шестерні і вали мали жорсткі огородження, верстати були оснащені екранами, які захищають робітників від стружки і уламків, випадково поламаного інструменту або від бризок змазуюче-охолоджуючої рідини.

Роботу з витравлювачем (при травленні ДП) слід проводити в спецодязі (халат, фартух поліетиленовий, бавовняні й гумові рукавички) і захисних окулярах. Робочі місця повинні бути обладнані витяжною вентиляцією.

У приміщеннях, де здійснюється пайка, щоб уникнути попадання свинцю в організм не дозволено зберігати особисті речі, приймати їжу і курити, а також прати робочий одяг. Робоче місце пайки повинно бути обладнане місцевою витяжною вентиляцією, що забезпечує концентрацію свинцю в робочій зоні не більше гранично припустимої - 0,01 мг/м3.

Для запобігання опіків і забруднення свинцем шкіри рук повинні бути використані пінцети для підтримки виводів, що паяються.

Для зниження виробничого шуму редуктори поміщають у звукоізолюючі кожухи, зубчасті колеса поміщають у масляні ванни, застосовують акустичні екрани, що відокремлюють одне робоче місце від іншого, забезпечують засобами індивідуального захисту – навушники, беруші.

При виготовленні друкованих плат у запобіганні травм і профзахворювань робота зі шкідливими речовинами здійснюється з використанням фільтруючих засобів індивідуального захисту органів дихання, до яких відносяться універсальні респіратори і протигази. Для захисту рук як засоби індивідуального захисту застосовуються рукавиці і рукавички з різних матеріалів, а також захисні мазі, пасти і т.д. Для захисту очей застосовуються окуляри.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, передчасної втоми і послаблює увагу. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрямок світла на робоче місце може створювати різкі тіні, відблиски і дезорієнтувати працюючого.

У виробничих приміщеннях передбачаються три види освітлення: природне, штучне і поєднане.

Вентиляція є найбільш ефективним засобом для зниження концентрації шкідливих речовин (газів, парів, пилу), а також зниження тепла і вологи, що виділяються при виконанні технологічного процесу і від устаткування.

Основне призначення вентиляції - здійснення повітряобміну, що забезпечує видалення з робочого приміщення забрудненого повітря і подачу чистого повітря.

У виробничому приміщенні, повітряобмін реалізується за допомогою природної і штучної (механічної) вентиляції і кондиціонера. Цей метод забезпечує нагнітання потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП.

Штучна вентиляція може бути приточною, витяжною, приточно-витяжної, а за місцем дії - загальнообмінною і місцевою. Оскільки наш цех не має вікон, тобто нема природного провітрювання, тому треба приділити увагу штучній вентиляції.

Вентиляційні системи і їх продуктивність обирають і проектують на основі розрахунку необхідного повітряобміну.

Згідно СН 245-71 і СНіП 2.04.05-91, кількість повітря, що забезпечує необхідні параметри повітряного середовища у виробничому приміщенні, визначають розрахунком, виходячи з об'єму газопаровиділення, виділень пилу, надмірного тепла і вологи (їх прийнято називати збиральним терміном " шкідливості"). За остаточну потрібну кількість повітря приймають більшу, отриману з розрахунків для кожного виду шкідливості.

Об'єм V(м3/год) свіжого повітря, що подається в приміщення, необхідного для розбавлення шкідливих речовин (у нашому випадку свинця), що виділяються в робочому приміщенні, до гранично припустимих концентрацій, визначається з наступного співвідношення:

 (4.5)

де *G* – масса шкідливих речовин, що виділяються в робоче приміщення в одиницю часу г/год ;

 *СПДК* – гранично припустима концентрація (ПДК) шкідливих речовин, мг/м3;

 *СПР* – вміст шкідливих речовин у повітрі, що подається, мг/м3.

Згідно СН 245-71, величина *СПР* не повинна перевищувати 30% ПДК.

Найбільшу складність представляє визначення величини *G*. Для цієї мети на основі натурних спостережень визначені середні питомі газопаровиділення для різних видів устаткування, пристроїв ущільнювачів, арматури та інших джерел виділень за різних експлуатаційних умов.

Гранично припустимі виділення шкідливих речовин G(г/год.) не повинні перевищувати:

 (5.6)

де *VП* – об'єм приміщення, м3.

г/год.

м3/год.

Об'єм V (м3/год) свіжого повітря, що подається в приміщення, необхідного для видалення надмірного тепла розраховують по формулі :

 (4.7)

де *QИЗБ* – надлишки тепла в приміщенні, приймається 90 Вт;

 *с* – масова питома теплоємність повітря, рівна 1 кДж/(кг·К);

 *р* – щільність повітря, що поступає в приміщення, приймається (1,2кг/м3);

 *tY* і *tП*–температура повітря, що видаляється і подається (перепад температур), складає 11 °С.

м3/год.

Об'єм повітря *VВИД* (м3/год), що видаляється, при розрахунку місцевої витяжної вентиляції приймається залежно від характеру шкідливих виділень, а також від швидкості і напряму їх руху:

 (4.8)

де *F* – площа відкритого перерізу витяжного пристрою, м2;

 *v* – швидкість руху всмоктуваного повітря в цьому отворі (приймається від 0,5 до 1,5 м/с залежно від токсичності і летючості газів і парів).

м3/год .

У тих випадках, коли кількість шкідливих речовин, що виділяються в повітря приміщень, важко визначити, допускається розраховувати кількість вентиляційного повітря кратностям повітреобміну, встановленим відомчими нормативними документами.

Санітарними нормами СН-245-71 і СніП 2.04.05-91 регламентується мінімальна кількість повітря, що подається у виробничі приміщення з розрахунку на одного працюючого. Ця кількість залежить від об'єму приміщення, що відводиться на одну людину. Якщо цей об'єм менше 20 м3, то слід передбачати подання зовнішнього повітря в кількості не менше 30 м3/год на кожного працюючого.У приміщеннях, де є вікна або вікна і ліхтарі і на одного працюючого доводиться більше 40 м3, за відсутності шкідливих речовин, допускається передбачати періодично діючу природну вентиляцію (провітрювання). У приміщеннях без природного провітрювання об'єм зовнішнього повітря, що подається, повинен складати не менше 60 м3/год на одного працюючого, але не менше однократного повітряобміну.

Кратність повітреобміну *К* показує скільки разів впродовж години повітря в приміщенні має бути замінене повністю:

 (4.9)

де *К* – кратність повітряобміну, год-1;

 *V* – об'єм повітря для вентиляції приміщення, м3/год ;

 *VП* – об'єм приміщення, м3.

Вкажемо,що в цеху працюють 70 робітників.

 м3;

 м3/год ;

 год-1 .

Стіни виробничих і побутових приміщень виконуються відповідно вимогам шумозахисту, теплозахисту, мають обробку з керамічної плитки або олійної фарби, що виключає можливість поглинання й осадження отруйних речовин.

**4.3 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях**

При експлуатації проектованого пристрою виникає ряд факторів, що створюють небезпеку виникнення пожежі. Пожежа може виникнути при внесенні джерела запалювання в вогнезаймисте середовище. Займистими компонентами у виробі є: ізоляція струмоведучих частин, плати, наявність пальних речовин у радіодеталях, а також у приміщеннях, де знаходиться прилад. Пальними компонентами є також будівельні конструкції, перегородки, двері, підлога.

Потенційними джерелами запалювання є:

* іскри і дуги коротких замикань;
* іскри при розмиканні і замиканні ланцюгів;
* перегріви при тривалому навантаженні;
* нагрівання від діелектричних втрат;
* розряди статичної електрики.

Пожежна безпека при експлуатації приладу відповідно до ГОСТ 12.1.004-85 "Пожежна безпека" забезпечується:

* системою запобігання пожежі;
* системою протипожежного захисту;
* організаційно-технічними заходами.

#

#  **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ**

В процесі виконання дипломного проекту було визначено конструкцію та технологію виготовлення модуля синтезатору згідно вимогам технічного завдання.

У конструкторській частині вибрані форма і матеріал друкованої плати. Проведений перевірочний розрахунок елементів друкованого монтажу по постійному струму, який показав, що розрахунки проведені правильно. Використовуючи програми «Nad32» і «Тепло», був виконаний розрахунок надійності функціонування блоку, а також тепловий розрахунок. Отримані результати повністю задовольняють технічному завданню і умовам експлуатації.

 Розрахунок надійності показав, що вірогідність безвідмовної роботи після 10 тис. годин склала 97 % – що задовільняє технічному завданню.

При виконанні технологічної частини проекту була вибрана послідовність типових технологічних операцій вживаних на підприємстві виробника з урахуванням обсягу виробництва. Для підвищення продуктивності і зменшення монтажних помилок при складанні блоку синтезатора на ДП взятий світомонтажний стіл. Розрахований комплексний показник технологічності блоку більше 0,9 по якому можна зробити висновок про високу технологічність пристрою, що розробляється.

Трасування, отримання креслень і конструкторської документації виконане на ЕОМ за допомогою системи автоматизованого проектування PCAD, AutoCAD.

Загалом, в процесі проектування була розроблена друкована плата модуля синтезатора, проведені всі необхідні розрахунки, на основі яких можна зробити висновок про доцільність запуску виробу у виробництво.

# ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

 1. Горобец А. И. и др. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы). – К.: Технiка, 1985. – 312 с.

2. Практическое пособие по конструированию РЭА / В.Т.Белинский, А.Б.Грозин ;под ред. К.Б.Круковского-Синевича, Ю.Л.Мазора.-К.:Вища шк., 1992.-494с.

3. Справочник конструирования РЭА: Общие принципы конструирования / Под ред. Р. Г. Варламов. – М.: Сов. радио, 1980. – 480 с.

4. Шерстнев В. В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.

5. Преснухин Л. Н., Шахнов В. А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем: Учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 1986. – 572 с.

6. Техноглогия и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов / И.П.Бушминский, Ш.М.Чабдарова.-М.:Радио и связь,1989.-624с.

7. Технология ЭВА, оборудования и автоматизация: учебное пособие для студентов вузов специальности "Конструирование и производство ЭВА" / Алексеев В. Г., Гриднев В. Н., Нестеров Ю. И. и др. – М.: Высшая школа, 1984. – 392 с.

8. Автоматизация и механизация сборки и монтажа узлов на печатных платах / Под ред. Журавского В. Г. – М.: Радио и связь, 1988. – 280 с.

9. Роткоп Л. Л., Спокойный Ю. Н. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Сов. радио, 1976. – 232 с.

10. Скрипников Ю.Ф. Радиаторы для полупроводниковых приборов.М.-Энергия,1973.-48с.

11. Голенкевич Т. А. Прикладная теория надежности. – М.: Высшая школа, 1985. – 168 с.

12. Яншин А. А. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА. – М.: Радио и связь, 1983. – 312 с

13. Иыуду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных систем и машин: Учебное пособие для вузов. -М.: Высш.шк.,1989.-216с.

14. Конструирование радиоэлектронной и электронной вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости / А.Д.Князев, Л.Н.Кечиев. –М.:Радио и связь,1989. –224с.

18. Охорона праці в електроустановках: Підручник для вузів / Під ред. Б.А. Князевського. - М.: Енергоатомиздат, 1983. - 336 с.

19. Ткачук К.Н., Сабарно Р.В. Охорона праці і навколишнього середовища в радіоелектронній промисловості. - К.: Вища школа, 1988.

20. Пожежовибухонебезпека речовин і матеріалів і засобу їхнього гасіння. Довідник / Під ред. Баратова А.Н., у 2-х томах. - М.: Хімія, 1990.

21. Добровольский А.А., Переслицких Х.Х. Пожежна техніка. Довідник. - К.:Техніка, 1981.

# ДОДАТОК А

# РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ МОДУЛЯ

Таблиця А.1 - Вихідні дані

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значення |
| Горизонтальний розмір блоку, мм | 100 |
| Вертикальний розмір блоку, мм | 130 |
| Температура навколишнього середовища, оС | 50 |
| Атмосферний тиск зовні, Па | 10\*104 |
| Атмосферний тиск усередині блоку, Па | 10\*104 |
| Потужність розсіюється в блоці, Вт | 25 |
| Коефіцієнт заповнення | 0,4 |
| Кількість елементів, шт. | 1 |
| Потужність, що розсіюється одним елементом, Вт | 1,5 |
| Площа розсіювання одного елемента, мм2 | 32 |
| Вид корпуса | Перфорований |

Таблиця А.2 - Результати розрахунку

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значення |
| Температура нагрітої зони, оС | 66,8 |
| Температура повітря, оС | 58,43 |
| Температура поверхні елементів, оС | 96,51 |

#

 ДОДАТОК Б

 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ МОДУЛЯ

Таблиця Б.1-Перелік елементів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Найменування елемента** | **Вид монтажу** | **Число контактів** | **Кіл-ть елементів, N** |
|
| МЛТ -0.25 | 1 | 2 | 17 |
| КМ – 5б | 1 | 2 | 2 |
| К – 53 -14 | 1 | 2 | 6 |
| МЛТ -2 | 1 | 2 | 2 |
| КT807A | 1 | 3 | 1 |
| КT315B | 1 | 3 | 1 |
| КТ315Г | 1 | 3 | 4 |
| КЦ405Е | 1 | 3 | 1 |
| D815Г | 1 | 3 | 1 |
| КC156A | 1 | 3 | 1 |
| Д9Б | 1 | 3 | 10 |
| PV36W | 1 | 3 | 1 |

 - Число провідників друкованих= 122

 - Число провідників фізичних= 0

 - Число накруток= 0

 - Параметр потоку відмов= 4,876934 E-6

 - Наробіток на відмову = 43405,72 год

Таблиця Б.2 - Розрахунок показників надійності

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Час наробітку на відмову, год | Імовірність безвідмовної роботи, P(t) | Імовірність відмови,Q(t) |
|
| 1000 | 0,99734634 | 0,00265366 |
| 2000 | 0,99469973 | 0,00530027 |
| 3000 | 0,99206013 | 0,00793987 |
| 4000 | 0,98942754 | 0,01057246 |
| 5000 | 0,98680194 | 0,01319806 |
| 6000 | 0,98418331 | 0,01581669 |
| 7000 | 0,98157162 | 0,01842838 |
| 8000 | 0,97896687 | 0,02103313 |
| 9000 | 0,97636902 | 0,02363098 |
| 10000 | 0,97377807 | 0,02622193 |

Рис. Б.1. - Імовірність безвідмовної роботи

Рис. Б.2. - Імовірність відмови

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поз. поз-начення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|  | **Конденсатори** |  |  |
|  |  |  |  |
| С1 | К53-14-25B-500мкФ ОЖ0.460.172ТУ | 1 |  |
| С2 | К53-14-500B-2мкФ ОЖ0.460.172ТУ | 1 |  |
| С3 | К53-14-12B-100мкФ ОЖ0.460.172ТУ  | 1 |  |
| С4 | КM-5b-0,01мкФ ОЖ0.460.172ТУ | 1 |  |
| С5 | К53-14-12B-50мкФ ОЖ0.460.172ТУ  | 1 |  |
| С6 | К53-14-12B-20мкФ ОЖ0.460.172ТУ | 1 |  |
| С7 | КM-5b-0,01мкФ ОЖ0.460.172ТУ | 1 |  |
|  | **Мікросхеми** |  |  |
| DD1, DD2 | К155ЛА3 |  |  |
| DD3 | К155ИЕ3 |  |  |
| DD4 | К155ИД3 |  |  |
|  | **Реле**  |  |  |
| К1 | РЭС-47 ОЖ0.467.104ТУ | 1 |  |
|  | **Резистори ОЖ0.467.104ТУ** |  |  |
| R1, R2 | МЛТ-2-100 Ом | 2 |  |
| R3 | МЛТ-0,25-200 Ом | 1 |  |
| R4  | МЛТ-0,25-33 kОм | 1 |  |
| R5 | МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  |
| R6 | МЛТ-0,25-340 Ом | 1 |  |
| R7 | МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  |
| R8 | МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  |
| R9 | МЛТ-0,25-2,2 kОм | 1 |  |
| R10 - R12 | МЛТ-0,25-51 kОм | 3 |  |
| R13 | МЛТ-0,25-54 kОм | 1 |  |
| R14 | МЛТ-0,25-2 kОм | 1 |  |
| R15 | МЛТ-0,25-47 kОм | 1 |  |
| R16 | МЛТ-0,25-12 kОм | 1 |  |
| R17, R18 | МЛТ-0,25-10 kОм | 2 |  |
| R19 | МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  |
|  | **Кнопка** |  |  |
| SA1 | PV36W | 1 |  |
|  | **Діоди** бК0.348.806-01ТУ |  |  |
| VD1 | КЦ405Е | 1 |  |
| VD2 | D815Г | 1 |  |
| VD3 | КC156A | 1 |  |
| VD4-VD14 | Д9Б | 10 |  |
|  | **Транзистори** бК0.348.806-01ТУ |  |  |
| VT1 | КT807A | 1 |  |
| VT2 | КT315B | 1 |  |
| VT3 –VT6 | КТ315Г | 4 |  |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050902.15.01 ПЕ3 |
|  |  |  |  |  |
| Змі | Лист | № докум. | Підп. | Дата |
| Розроб. | Нікуліна |  |  | **Модуль синтезатору фрази «73!».****Перелік елементів** | Літ. | Лист | Листів |
| Перев. | Самойлова |  |  | О |  |  |  | 1 |
| Прийн |  |  |  | СНУгр. РЕА-14з |
| Н.контр | Самойлова |  |  |
| Затв. | Смолій |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл | Примітка |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Документація |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| А1 |  |  |  ПДБ 6.050902.15.03 СК | Складальне креслення |  |  |
| А1 |  |  |  ПДБ 6.050902.15.01 Е3 | Схема електрична |  |  |
|  |  |  |  | принципова |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Деталі |  |  |
| А1 |  | 1 |  ПДБ 6.050902.15.02 | Плата друкована | 1 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Інші вироби |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Конденсатори |  |  |
|  |  | 2 |  |  К53-14-25B-500мкФ | 1 |  С1 |
|  |  |  |  |  ОЖ0.460.172ТУ |  |  |
|  |  | 3 |  |  К53-14-500B-2мкФ | 1 |  С2 |
|  |  |  |  |  ОЖ0.460.172ТУ |  |  |
|  |  | 4 |  |  К53-14-12B-100мкФ | 1 |  С3 |
|  |  |  |  |  ОЖ0.460.172ТУ |  |  |
|  |  | 5 |  |  КM-5b-0,01мкФ | 1 |  С4 |
|  |  |  |  |  ОЖ0.460.172ТУ |  |  |
|  |  | 6 |  |  К53-14-12B-50мкФ | 1 |  С5 |
|  |  |  |  |  ОЖ0.460.172ТУ |  |  |
|  |  | 7 |  |  К53-14-12B-20мкФ | 1 |  С6 |
|  |  |  |  |  ОЖ0.460.172ТУ |  |  |
|  |  | 8 |  |  КM-5b-0,01мкФ | 1 |  С7 |
|  |  |  |  |  ОЖ0.460.172ТУ |  |  |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050902.15.03 |
|  |  |  |  |  |
| Змі | Лист | № докум. | Підп. | Дата |
|  Розроб. | Нікуліна |  |  | **Модуль синтезатору фрази «73!»** | Літ. | Лист |  Листів |
|  Перев. | Самойлова |  |  | О |  |  | 1 | 3 |
|  Прийн |  |  |  | СНУгр. РЕА-14з |
|  Н.контр | Самойлова |  |  |
|  Затв. | Смолій |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|  |  |  |  |  Резистори ОЖ0.467.104ТУ |  |  |
|  |  | 9 |  |  МЛТ-2-100 Ом | 2 |  R1, R2 |
|  |  | 10 |  |  МЛТ-0,25-200 Ом | 1 |  R3 |
|  |  | 11 |  |  МЛТ-0,25-33 kОм | 1 |  R4  |
|  |  | 12 |  |  МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  R5 |
|  |  |  |  |  МЛТ-0,25-340 Ом | 1 |  R6 |
|  |  | 13 |  |  МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  R7 |
|  |  | 14 |  |  МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  R8 |
|  |  |  |  |  МЛТ-0,25-2,2 kОм | 1 |  R9 |
|  |  | 15 |  |  МЛТ-0,25-51 kОм | 3 |  R10 - R12 |
|  |  | 16 |  |  МЛТ-0,25-54 kОм | 1 |  R13 |
|  |  | 17 |  |  МЛТ-0,25-2 kОм | 1 |  R14 |
|  |  | 18 |  |  МЛТ-0,25-47 kОм | 1 |  R15 |
|  |  | 19 |  |  МЛТ-0,25-12 kОм | 1 |  R16 |
|  |  | 20 |  |  МЛТ-0,25-10 kОм | 2 |  R17, R18 |
|  |  | 21 |  |  МЛТ-0,25-1 kОм | 1 |  R19 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Транзистори |  |  |
|  |  | 22 |  |  КT807A | 1 |  VT1  |
|  |  | 23 |  |  КT315B | 1 |  VT2 |
|  |  | 24 |  |  КТ315Г | 4 |  VT3 –VT6 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Діоди |  |  |
|  |  | 25 |  |  КЦ405Е | 1 |  VD1 |
|  |  | 26 |  |  D815Г | 1 |  VD2 |
|  |  | 27 |  |  КC156A | 1 |  VD3 |
|  |  | 28 |  |  Д9Б | 10 |  VD4- VD14 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 29 |  |  Кнопка PV36W | 1 |  SA1 |
|  |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050902.15.03 | Лист |
|  |  |  |  |  | 2 |
| Изм | Лист | № докум. | Підпис | Дата |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|  |  |  |  | Матеріали |  |  |
|  |  |  |  | Припой Прв.Кр2 ПОС-61 | 0,05 |  кг |
|  |  |  |  | ГОСТ 21931-86 |  |  |
|  |  |  |  | Флюс ФКС ГОСТ 19035-82 | 0,01 |  кг |
|  |  |  |  | Силіконовий лак «DCA200H» | 0,03 |  кг |
|  |  |  |  | Фарба МКЕБ біла | 0,01 |  кг |
|  |  |  |  | ОСТ4 ГО.054.205 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050902.15.03 | Лист |
|  |  |  |  |  | 3 |
| Изм | Лист | № докум. | Підпис | Дата |