# Форма № Н-9.02.1

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

# Факультет інформаційних технологій та електроніки

 (повне найменування факультету)

# Кафедра електронних апаратів

# (повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

напряму підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи»

 (шифр і назва напряму підготовки) спеціальності \_\_\_\_\_\_\_\_\_

 (шифр і назва спеціальності)

на тему

**ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПІДСИЛЮВАЧА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виконав: студент групи ЕПС-14д | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | М.В. Плєхов |
| Керівник | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | І.С. Тюндер |
| Завідувач кафедри | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.М. Смолій |
| Рецензент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Ж.Г. Самойлова |

Сєверодонецьк – 2018

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. |  Примітка |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **Текстові документи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| А4 |  |  | ДПБ 6.050802.17.01ПЗ  | Пояснювальна записка |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **Графічні документи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| А4 |  |  | ДПБ 6.050802.17.01ГЧ | Графічна частина ДП |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050802.17.01ВП |
|  |  |  |  |  |
| Змін | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
| Розроб. | Плєхов |  |  | Топологічне проектування та розробка технології виготовлення підсилювача постійного струму Відомість проекту дипломного | Літ. | Лист | Листів |
| Перев. | Тюндер |  |  |  |  |  |  | 1 |
|  |  |  |  | СНУ ім. В. ДаляГр.ЕПС-14з |
| Н. контр  |  |  |  |
| Затв. | Смолій |  |  |

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет **\_**Інформаційних технологій та електроніки

Кафедра \_Електронних апаратів

Освітньо-кваліфікаційний рівень\_бакалавр

Напряму підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи»

 **ЗАТВЕРДЖУЮ**

 Завідувач кафедри ЕА

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

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

## З А В Д А Н Н Я

### на дипломний проект студенту

**Плєхову Максиму Володимировичу**

**1.** **Тема проекту**: **ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПІДСИЛЮВАЧА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

**2. Керівник проекту**:**\_**Тюндер І.С., ст. викл.\_\_\_\_\_,

затверджені наказом вищого навчального закладу від **13.04.2018 р № 94/48**

**3.** **Строк подання студентом проекту** 10 червня 2018 р.

**4.** **Вихідні дані до проекту**:

4.1. Виріб ЕА- підсилювач постійного струму

4.2. Схема електрична принципова.

|  |
| --- |
|  4.3. Температура навколишнього повітря від +5 до +50˚С; відносна вологість повітря 90 % при температурі 30 °С, атмосферний тиск від 84 до 107 кПа. |

4.4. Напруга живлення – ± 12В; наробіток на відмову не менш 1000 годин; тип виробництва – серійне багатономенклатурне

4.5. Інструкція з охорони праці

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

5.1. Вступ.

5.2. Аналіз технічного завдання.

5.3 Створення конструкції пристрою.

5.4.Розробка технології виготовлення пристрою.

5.5. Розробка заходів з охорони праці.

5.6. Загальні висновки по роботі

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

6.1. Схема електрична принципова.

6.2. Креслення друкованої плати.

6.3. Складальне креслення.

6.4. Схема технологічного процесу виготовлення блоку елементів.

**7. Консультанти розділів проекту**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посадаконсультанта | Підпис, дата |
| завдання видав | завданняприйняв |
| Охорона праці  | Ас. Купіна О.А. |  |  |

7. Дата видачі завдання 26 квітня 2018 року**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту( роботи ) | Примітка |
| 1 | Аналіз технічного завдання | 26.04. 18 |  |
| 2. | Створення конструкції пристрою | 10.05.18 |  |
| 3. | Розробка технології виготовлення пристрою | 16.05.18 |  |
| 4. | Розробка заходів з охорони праці  | 27.05.18 |  |
| 5. | Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації  | 10.06.18 |  |

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Плєхов М.В.

Керівник проекту \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Тюндер І.С.

|  |
| --- |
| **РЕФЕРАТ**Пояснювальна записка до дипломного проекту містить: 59 листів, 8 рисунків, 9 таблиць,2 додатки, 21 джерел.Об'єкт розробки – підсилювач постійного струму.Мета розробки - розробити конструкцію і технологію виготовлення підсилювача згідно запропонованої схеми електричній принциповій і вимог технічного завдання.У дипломному проекті виконаний детальний аналіз технічного завдання, розроблені конструкція і технологія виготовлення підсилювача. Проведені конструктивно технологічний розрахунок. При проектуванні друкованої плати і випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості САПР ACCEL EDA(PCAD2000) і AutoCAD2010. У розділі «Охорона праці» були розглянуті умови виготовлення та експлуатації пристрою. ПІДСИЛЮВАЧ ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТ, КОМПОНЕНТ ПОВЕРХНЕВОГО МОНТАЖУ, ДРУКОВАНА ПЛАТА, МОНТАЖНИЙ ОТВІР, КОНТАКТНИЙ МАЙДАНЧИК, КОНСТРУКЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ТРАСУВАННЯ. |
|  |  |  |  |  | ПДБ 6.050802.17.01 ПЗ |
|  |  |  |  |  |
| Ізм | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
| Разраб. | Плєхов |  |  | Топологічне проектування та розробка технології виготовлення підсилювача постійного струму ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | Літ. | Лист | Листів |
| Провер. | Тюндер |  |  |  |  |  | 5 | 59 |
| НУ |  |  |  | СНУгр. ЕПС-14з |
| Н. контр. |  |  |  |
| Утв. | Смолій |  |  |

**ЗМІСТ**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.................................7

ВСТУП.................................................................................................................8

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ….…………………………...…..9

* 1. Аналіз призначення …………………...................................................9
	2. Аналіз схеми електричної принципової............................................10
	3. Аналіз умов експлуатації....................................................................12
	4. Вибір та обґрунтування елементної бази..........................................13
	5. Аналіз технології виготовлення..........................................................18

1.6 Технічні пропозиції на розробку……………………………………19

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЮВАЧА……….........................20

2.1 Вибір конструкції друкованої плати …..............................................20

2.2 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати….....21

2.3 Розрахунок по постійному струму.....................................................25

2.4Розміщення навісних елементів і трасування з'єднань …..............26

2.5 Оцінка теплового режиму…................................................................27

2.6 Розрахунок надійності блоку ............................................................28

# 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ.....................30

3.1 Структура технології виготовлення підсилювача.............................30

3.2 Вибір методу виготовлення друкованої плати..................................30

3.3 Установка навісних елементів до монтажу........................................35

3.4 Пайка контактних з’єднань. Функціональний контроль та

покриття лаком............................................................................................37

3.5 Аналіз технологічності виробу............................................................40

4 ОХОРОНА ПРАЦІ...................................................................................44

4.1Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при

виробництві (експлуатації)виробу............................................................44

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

ВИСНОВОК................................................................................................57

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .................................................58

ДОДАТКИ…………………………………………………………………60

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 – елекронно 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

Підсилювачі постійного струму широко використовуються в техніці фізичного експерименту і радіовимірювальних пристроях - електронних вольтметрах, високочутливих гальванометрах, осцилографах, в схемах різних

стабілізаторів.

Створення сучасних радіотехнічних систем і пристроїв пов'язано, в ряді випадків, з необхідністю застосування в них підсилювачів складних, зокрема імпульсних, сигналів зі спектром, лежачим в смузі частот від нуля або одиниці Гц до одиниць Ггц.

Вимоги, пропоновані до конструкції РЕА, визначаються її призначенням, областю застосування, умовами експлуатації, типом виробництва. Вимоги зводяться в технічне завдання на розробку, що складається на підставі вимог нормативно-технічної документації, вимог замовника, вивчення потреб ринків збуту, аналізу кращих зразків вітчизняних і закордонних аналогів, наукового прогнозування.

Основне завдання яке ставилося при розробці даного пристрою, створити підсилювач постійного струму з достатньою надійністю, на доступній елементній базі, технологічним у виробництві, легким у налаштуванні, з задовольняючими характеристиками.

1. **АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ**

## 1.1 Аналіз призначення

 В підсилювачах постійного струму застосовується безпосередній зв'язок між каскадами, так як зв'язок через розділові конденсатори і трансформатори не забезпечує передачі постійної складової підсилюється сигналу. Тому база транзистора кожного наступного каскаду безпосередньо з'єднується з колектором транзистора попереднього каскаду.

При створенні багатокаскадних УПТ з великими коефіцієнтами посилення виникають певні труднощі, викликані нестабільністю підсилювачів постійного струму. Відмінність коефіцієнта посилення від нуля при нульовій частоті призводить до того, що повільні процеси, пов'язані з коливаннями напруги джерел живлення, змінами опорів резисторів і параметрів активних елементів, викликають появу всередині підсилювача невеликого напруги, яке посилюється наступними каскадами.

Перш ніж описувати специфіку роботи конкретних підсилювальних каскадів на транзисторах, слід отримати чітке уявлення про те, яке основне призначення цих каскадів. Адже посилюватися можуть різні показники електричних сигналів і при різних обмеженнях і умовах. Та і саме поняття " посилення" іноді вимагає пояснення.

В даному дипломному проекті представлений підсилювач постійного струму, в якому реалізований принцип неспотвореного посилення імпульсних сигналів багатоканальними структурами з частотним поділом каналів.

Проаналізувавши призначення і функціональні можливості розроблювального пристрію можна зробити висновок, що пристрій належить до категорії побутової стаціонарної РЕА.

* 1. **Аналіз схеми електричної принципової**

Технічні характеристики підсилювача постійного струму:

 коефіцієнт посилення 26 дБ;

 смуга робочих частот 0-5,6 ГГц;

 нерівномірність амплітудно-частотної характеристики ± 1,5 дБ; амплітуда вихідної напруги ± 2 В;

час наростання перехідної характеристики 70 пс;

 тривалість підсилюються імпульсів не обмежена; викид переднього фронту імпульсу не більше 10%;

спотворення плоскої вершини імпульсу не більше 10%;

опір генератора і навантаження 50 Ом;

діапазон регулювання посилення 8 дБ;

 напруга джерел живлення ± 5 В і ± 12 В;

 споживана потужність 10 Вт.

Побудова підсилювачів з вказаною смугою робочих частот на потужних транзисторах виявляється неможливим у зв'язку з високими добротністю вхідних імпедансів потужних транзисторів і великий величини «паразитних» параметрів пасивних елементів, що застосовуються при побудові підсилювачів, що призводить до появи неконтрольованих резонансів усередині смуги пропускання розроблюваних підсилювачів і спотворення форми їх амплітудно -частотної і перехідної характеристик.

Цього недоліку позбавлені підсилювачі, побудовані на основі багатоканальних структур з частотним поділом каналів. Така реалізація дозволяє застосовувати канальні підсилювачі, створені з використанням переваг схемних рішень побудови підсилювачів заданого частотного діапазону.

Представлений підсилювач складається з диференціального каскаду на транзисторах КТ315А, розв'язуючих емітерних повторювачів і двотактного вихідного каскаду на транзисторах КТ629А і КТ625А.

Токи спокою транзисторів вихідного каскаду рівні 80 мА, струми спокою інших транзисторів УНЧ обрані рівними 20 мА. Налаштування УНЧ по постійному струму зводиться до підбору резисторів R5, R8, R9. Резистор R15 служить для вирівнювання струмів спокою транзисторів двотактного каскаду. Смуга робочих частот УНЧ дорівнює 0 - 5 МГц. Для вирівнювання коефіцієнтів посилення високочастотного і низькочастотного каналів пикосекундного підсилювача, зменшення дрейфу нуля і підвищення стабільності роботи, УНЧ охоплений загальною негативним зворотним зв'язком (резистори R6, R7). Частотно-розділові ланцюги пикосекундного підсилювача, з частотою стикування 100 кГц

Налаштування пикосекундного підсилювача полягає в наступному. Після вирівнювання канальних коефіцієнтів посилення, на вході і виході пикосекундного підсилювача встановлюються частотно-розділові ланцюга. Варіюючи величиною елементів R11, L1, C1, мінімізуються спотворення форми імпульсної характеристики підсилювача, зумовлені використанням частотно-розділових ланцюгів.

Диференціальний підсилювач - це широко відома схема, яка використовується для посилення різниці напруг двох вхідних сигналів. В ідеальному випадку вихідний сигнал не залежить від рівня кожного з вхідних сигналів, а визначається тільки їх різницею. Коли рівні сигналів на обох входах змінюються одночасно, то така зміна вхідного сигналу називають синфазним. Диференціальний або різницевий вхідний сигнал називають ще нормальним або корисним.

Хороший диференційний підсилювач має високий коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу (КОСС), який являє собою відношення вихідної корисного сигналу до вихідного синфазному сигналу, за умови що корисний і синфазних вхідні сигнали мають однакову амплітуду. Зазвичай КОСС визначають в децибелах. Діапазон зміни синфазного вхідного сигналу задає допустимі рівні напруги, щодо якого повинен змінюватися вхідний сигнал.

Вони грають важливу роль при розробці підсилювачів постійного струму (які посилюють частоти аж до постійного струму, тобто не використовують для міжкаскадного зв'язку конденсатори): їх симетрична схема по суті своїй пристосована для компенсації температурного дрейфу.

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

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

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

- відстань між сусідніми елементами повинно забезпечувати можливість технологічних процесів ручний, 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 °.

**1.3 Аналіз умов експлуатації**

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.

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

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.

Аналіз умов експлуатації дозволяє зробити наступні висновки:

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

- немає необхідності в розрахунку системи амортизації пристрою через невеликі механічних впливів на нього на місці експлуатації;

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

При транспортуванні на апаратуру діють випадкові поштовхи, удари, коливання частин транспортних засобів. Для запобігання цих впливів пристрій необхідно перевозити в спеціальній тарі, усередині якої є амортизуюча упаковка. Упаковка повинна бути жорсткою і стійкою, мати мінімальну кількість отворів (захист від вологи). Рух пристрої всередині тари запобігається за рахунок застосування пінопласту, щільно облягає і повторює форму виробу.

**1.4 Вибір та обґрунтування елементної бази**

Вибір елементної бази необхідно здійснювати виходячи з умов експлуатації пристрою. Таким чином, до всіх електрорадіоелементів схеми, до всіх конструкційних матеріалів і виробів висувають ті ж вимоги, що і до всього пристрою в цілому.

Резистори 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 |



Рисунок 1.1 – Резистор МЛТ

Резистор СП3-44А 0,25Вт10К

Основні технічні характеристики резисторів СП3-44А:

- діапазон номінальних опорів: 10 Ом ... 10 МОм;

- номінальна потужність: 0,25 Вт;

- граничне напруга: 200 В;

- допустимі відхилення опорів: ± 10; ± 20%;

- діапазон температур: -60 ... +85 ° С;

- функціональна характеристика: А;

- маса: 2,5 г.



Рисунок 1.2 – Резистор СП3-44А

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики конденсаторів типу КМ-6а

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Гранична номінальна ємність, пФ | Розміри, мм | Номінальна напруга, В |
| L | W | H | A |
|  120-360 | 6,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 50 |
|  390-560 | 7,5 | 7,5 | 6,0 | 5,0 |
|  520-21200 | 9,5 | 9,5 | 6,0 | 7,5 |
|  1300-2700 | 12 | 12 | 6,0 | 7,5 |

Таблиця 1.4 - Експлуатаційні характеристики конденсаторів КМ-6а

|  |  |
| --- | --- |
| 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 1.3 - Загальний вигляд конденсатору типу КМ-6а

Транзистори КТ315А



Тип матеріалу: Si

Полярність: NPN

Максимальна потужність, що розсіюється (Pc): 0.15 W

Макcимально допустима напруга колектор-база (Ucb): 25 V

Макcимально допустима напруга колектор-емітер (Uce): 25 V

Макcимально допустима напруга емітер-база (Ueb): 6 V

Макcимально постійний струм колектора (Ic): 0.1 A

Гранична температура PN-переходу (Tj): 120 ° C

Гранична частота коефіцієнта передачі струму (ft): 250 MHz

Ємність колекторного переходу (Cc): 7 pf

Статичний коефіцієнт передачі струму (hfe): 30

Транзистор КТ625А, КТ 629А



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Транзистор** | **B1-B2/Iк/мА** | **FтМГц** | **Cк/Uкпф/В** | **Cэ/Uэпф/В** | **Rб\*Cкпсек** | **tрнс** | **Uкэ/(Iк/Iб)В/(мА/мА)** | **UкбВ** | **Uкэ/RВ/Ом** | **UэбВ** | **Iкм/IкнА/А** | **IбмА** | **Pк/PтВт/Вт** | **RпкC/Вт** |
| КТ625А | 20-200/500 | 200 | 9/10 | 90/0 |   |   | 0.65(500/50) | 60 | 40/5к | 4 | 1/1.3 |   | /1 | 50 |
| КТ629А | 25-150/500 | 250 | 25/10 | 120/0.5 | 200 | 90 | 1.0(500/50) | 50 | 50/1к | 4.5 | 1/ |   | /1 | 55 |

Стабилитрон КС 175А



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Uстаб. B | Iстаб.мин. mA | Iстаб.макс. mА | Rст. Ом | Pмакс. Вт |
| 7.5 | 3 | 18 | 16 | 0.15 |

Проаналізувавши характеристики застосовуваних НЕ, можна зробити висновок, що вони повністю відповідають необхідним вимогам до проектованого блоку. Діапазон робочих температур навколишнього середовища, допустима 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 ПП автоматами. Однак для обсягів виробництва, зазначених у ТЗ, (дрібносерійне виробництво) передбачається напівавтоматична установка НЕ на ДП за допомогою светомонтажних 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 насичена лініями зв'язку, рекомендується прийняти 2 клас точності, крок координатної сітки розміщення елементів на друкованій платі приймається рівним 2,5 мм.

**1.5 Аналіз вимог до виробництва**

Дуже важливе значення на стадії аналізу ТЗ має облік особливостей виготовлення проектованого апарату, оскільки саме технологічність конструкції і підготовленість виробництва до випуску даного виду ЕА в кінцевому рахунку визначає його якість і вартість виробу.

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 – субтрактивний, адитивний, комбінований позитивний методи;

- підготовка НЕ до монтажу - автоматична, напівавтоматична;

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

- методи пайки: групова (хвилею припоя), індивідуальна.

Розподіл використовуваної елементної бази за типорозмірами наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Розподіл елементної бази за типорозмірами

|  |  |
| --- | --- |
| Типорозмір | Кількість |
| штук | % |
| 1 Навісні елементи з осьовими висновками | 27 | 93 |
| 2 Оригінальні навісні елементи | 2 | 7 |

Застосування типових технологічних процесів розроблених на даному підприємстві, дозволяє знизити собівартість виробу, а так само підвищити його технологічність.

**1.6 Технічні пропозиції на розробку**

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

- виконання - стаціонарне;

- тип друкованої плати - одностороння;

- клас точності виготовлення друкованої плати - 2;

- крок координатної сітки 2,5мм;

- способи створення електричних з'єднань: між елементами - друковані провідники; між встановленими елементами і друкованою платою - пайка;- спосіб охолоджування – конвекція.

**2 СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ**

**2.1Вибір конструкції друкованої плати**

Згідно аналізу ТЗ на розробку підсилювача, для забезпечення ефективності процесу трасування при конструюванні ДП, друкований монтаж виконуємо по 2 класу точності провідного рисунку, при якому крок координатної сітки дорівнює 2,5мм.

Зробимо розрахунок сумарної площі, займаної кожним типом ЕРЕ на друкованій платі по формулі

 , (2.1)

де n - кількість елементів і-го типу;

Sі - площа одного елемента і-го типу.

Площа всіх радіоелементів на друкованій платі

S = 2008 мм2.

Для друкованих плат з радіоелементами 3-го покоління коефіцієнт k знаходиться в межах 3-7. Приймаємо k рівним 3, тоді з формули 2.1

 , (2.2)

де k - коефіцієнт заповнення друкованої плати.

Друкована плата виконана по другому класу точності із кроком координатної сітки 2,5 мм.

З огляду на наявність перехідних отворів і друкованих провідників друковану плату необхідно вибирати із запасом.

Плати уніфікованих типових конструкцій не підходять, бо пристрій не є стандартним, тому візьмемо ДП довільних розмірів з дотриманням вимог.

Відповідно до вищевикладеного ДП буде мати наступні розміри: 95х95мм.

В якості діелектричної основи для виготовлення ДП, широкого поширення набули шаруваті діелектрики, що складаються з наповнювача і сполучної речовини (синтетичної смоли), керамічні та металеві (з поверхневим діелектричним шаром) матеріали. Товщина ДП залежить від методу виготовлення, числа шарів і товщини матеріалу, і може бути в межах від 0,3 до 3 мм. Так як ДП при експлуатації не будуть піддаватися високим механічним і тепловим впливам, впливів агресивних середовищ, то згідно ГОСТ 10316-78, вибираємо найбільш поширений матеріал склотекстоліт СФ-1-35-1, 5 з товщиною діелектрика 1,5 мм.

Розміщення НЕ на ДП здійснюємо відповідно до ДСТУ 23751-7. При компонуванні ДП необхідно забезпечити відповідно до ГОСТ 23751-79 раціональне розміщення навісних елементів з урахуванням електричних зв'язків і теплового режиму із забезпеченням мінімальних значень довжин зв'язків, кількості переходів друкованих провідників з шару у шар , паразитних зв'язків між елементами, по можливості рівномірний розподіл мас навісних елементів по поверхні.

## 2.2 Конструктивно –технологічний розрахунок друкованої плати

Для визначення основних параметрів друкованого монтажу виконується конструктивно - технологічний розрахунок друкованого монтажу, що проводиться з урахуванням виробничих погрішностей рисунка провідних елементів, фотошаблона, базування, свердління й т.п.

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.



Рисунок 2.1- Одностороння друкована плата,
де НП - товщина друкованої плати; НМ - товщина основи друкованої плати;
hФ - товщина фольги; b - гарантійний поясок контактної площадки навколо
отвору; d - діаметр отвору; D - діаметр контактного майданчика; t - ширина
друкованого провідника; s - відстань між краями сусідніх елементів провідного рисунка; Q - відстань від края плати, виріза до елемента провідного рисунка

Номінальне значення діаметра монтажного отвору визначається з формули(2.3):

 (2.3)

де dв - максимальне значення діаметра виводу начіпного елемента;

 ∆d - нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору;

 ∆ - зазор між виводом і монтажним отвором (∆ = 0,1...0,4 мм);

dмо1 = 0,04 + 0,1 + 0,1 =0,7 мм; (транзистор)

dмо2 = 0,6 + 0,1 + 0,1 = 0,8 мм; (резистор, конденсатор)

dмо3 = 0,8 + 0,1 + 0,1 = 1,1 мм; (транзистор)

З попередніх розрахунків та виходячи з вимог ТЗ, обираємо наступні значення діаметрів для монтажних отворів: 0,9; 1,1.

Мінімальне значення ширини провідника t

 , (2.4)

де tМ– мінімальна припустима ширина провідника (таблиця 2.1);

- нижнє граничне відхилення ширини провідника (таблиця 2.2);

**.**

Таблиця 2.1 - Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для вузького місця

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування розрахункового елемента | Позначення | Значення параметрів для 2-го класу точності ДП |
| Ширина провідника, мм | t | 0,45 |
| Відстань між краями сусідніх елементів провідного рисунка, мм | S | 0,45 |
| Відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати | I | 0,50 |
| Ширина гарантійного паска, мм | BМ | 0,10 |

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного малюнка визначають по формулі

 (2.5)

де SМ – мінімально припустима відстань між сусідніми елементами провідного рисунка (таблиця 2.2);

tВО – верхнє граничне відхилення ширини провідника (таблиця 2.2);

S = 0,45+0,15 = 0,6 мм.

Таблиця 2.2 - Погрішності виконання конструктивних елементів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Погрішність | Позначення | Значення, мм |
| Допуск на отвір без металізаціїПри ∅≤ 1 ммПри ∅> 1 мм |  | ±0,10±0,15 |
| Допуск на ширину провідникаЗ покриттям |  | +0,15-0,10 |
| Допуск при розташуванні отворівПри розмірі ДП, мм L≤ 180 |  | 0,15 |
| Допуск на розташування контактних площинок , мм при L ≤ 180 |  | 0,30 |
| Допуск на розташування провідників |  | 0,10 |

Розрахунок мінімального діаметра контактної площадки роблять по формулі

** , (2.6)

де dВО – верхнє граничне відхилення діаметра отвору (таблиця 2.2);

dТР – підтравлювання діелектрика (приймається рівним 0,03 ).





Приймаємо D1=1,6мм, D2=1,9мм.

Розрахунок мінімальної відстані для прокладки n-ї кількості провідників з контактними площадками діаметрів D роблять по формулі

, (2.7)

де n - кількість провідників, n=1.



Аналізуючи приведений вище конструктивно - технологічний розрахунок, виділяємо основні параметри друкованого монтажу :

- діаметри монтажних отворів (у мм): 0,9; 1,1;

- мінімальна ширина провідника 0,6 мм;

- мінімальна відстань між сусідніми елементами провідного рисунка 0,45 мм;

- діаметр контактної площадки 1,6 мм, 1,9мм.

Отримані значення параметрів конструктивного розрахунку можуть коректуватися убік збільшення на підставі електричного розрахунку тих же елементів по постійному струмі, що приведений у наступному підрозділі.

**2.3 Розрахунок за постійним струмом**

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

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

Виходячи з вимоги допустимого перегрівання друкарських провідників (800С) експериментально для них встановлена допустима щільність струму γдоп.(близько 20 А/мм2 для провідників, отриманих електрохімічним методом). Виходячи з цього допустимий струм в друкарських провідниках

, (2.8)

де *tп*  - товщина провідника;

 *b* - ширина провідника, мм;

 - струм, А.



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

З (2.8) витікає, що для стабільної роботи друкарських провідників повинна дотримуватися нерівність.

Отримуємо *b≥ 0, 6 мм*

Приймаємо *b= 1,5 мм.*

Оскільки, в підсилювачі немає змінного струму і його складових, оскільки немає мікросхем, а відповідно до їх перемикань, які можуть вносити цю складову розрахунок по змінному струму не проводимо.

**2.4 Розміщення навісних елементів і трасування з'єднань**

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.

Зіставляючи 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 ДСТ 10317-79, ДСТ 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 площадок варто розташовувати у вузлах координатної сітки. Для збільшення надійності контактних площадок при експлуатації виробу приймається округла 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**

Компоненти ЕОМ функціонують у строго визначеному температурному діапазоні. Відхід температури за зазначені межі може привести до необоротних структурних змін компонентів.

 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 тепло навантажені компоненти разом з конструктивними елементами, на які вони встановлені, моделюються умовно нагрітою зоною. Методика, по якій вироблявся розрахунок, має погрішність не гірше ±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 КТ625А, КТ 629А, які мають номінальну споживану потужність - 1Вт, гранична робоча температура становить +120°С

Результати розрахунку приведені в додатку А. За результатами можна зробити висновок про можливості застосування в проектованому модулі природного охолодження, тому що отримані результати цілком задовольняють технічному завданню.

**2.7 Оцінка показників надійності**

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

Для розроблювального підсилювача 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 як інтегральні мікросхеми, резистори, конденсатори тощо, що виконують визначену функцію і включені в загальну електричну схему. Приймається послідовна структурна схема, відповідно до якої відмовлення пристрою виникає при відмова хоча б одного елемента.

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи модуля здійснюється по формулі

 , (2.9)

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

, (2.10)

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 можна зробити висновок про те, що отримані дані в частині надійності цілком задовольняють вимогам ТЗ на розробку.

**3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ**

**3.1 Структура виготовлення пристрою**

Відповідно до технічного аналізу виробу, у виборі типу виробництва слід орієнтуватися на серійне багатономенклатурне виробництво. Це накладає певні обмеження на вибір способів виготовлення і застосовуваного технологічного устаткування.

Технологічні операції виготовлення ДП у відповідності з послідовністю їх виконання діляться на наступні три основні групи:

-підготовчі операції;

- основні операції;

- заключні операції.

Для виготовлення ДП використовують субтрактивний, адитивний або комбінований методи.

Технологічний процес збірки та монтажу блоку складається з наступних етапів:

-підготовка НЕ;

- установка ЕРЕ на ДП;

- отримання контактних з'єднань виводів елементів з друкованим монтажем;

- функціональний контроль монтажу і параметрів блоку;

- покриття вологозахисним шаром.

* 1. **Виготовлення друкованої плати**

3.2.1Вибір методу виготовлення друкованої плати

У даний час застосовують кілька методів виготовлення ДП:

- субтрактивний;

- адитивний;

- комбінований.

В умовах дрібносерійного многономенклатурного виробництва з метою збільшення технологічності та економічності для виготовлення ДП вибираємо субтрактивний метод.

Субтрактивний хімічний метод найбільш простій, має низьку вартість, добре автоматизується, але має істотні недоліки: неможливість металізації отворів, ненадійність з'єднання виводу з контактною площадкою, нераціональне використання міді.

Для одношарових плат, а також при виготовленні внутрішніх шарів БДП, виконаних методами металізації наскрізних отворів і пошарового нарощування, використовується хімічний субтрактивный спосіб. Власне з цього методу і починалася індустрія друкованих плат. Як початковий матеріал використовуються фольговані міддю ізоляційні матеріали. Після перенесення рисунка друкарських провідників у вигляді стійкої до розчинів того, що труїть плівки на фольговану основу, незахищені від неї місця хімічно віддаляються - підбурюються. Звідси і сама назва методу

Схема стандартного субтрактивного методу виготовлення плат:

- вирубування заготівлі;

- свердління отворів (ця технологічна операція застосовується тільки при виготовленні ОДП, при виготовленні заготівель внутрішніх шарів БДП ця технологічна операція відсутня);

- підготовка поверхні фольги (дезоксидация), усунення задирок (тільки для ОДП);

- отримання провідного рисунка;

- травлення плати;

 - відмивання і сушка плати;

- нанесення паяльної маски (тільки для ОДП);

- гаряче лудіння або нанесення альтернативного типу фінішного покриття (тільки для ОДП);

- нанесення маркіровки (тільки для ОДП);

 - контроль.

Головні фрагменти субтрактивной технології показані на рисунку 3.1

 Переваги субтрактивного методу полягають в наступному:

- можливість повної автоматизації процесу;

 - висока продуктивність;

- низька собівартість.



Рисунок 3.1 - Послідовність операцій при субтрактивної технології виготовлення плат : a) експонування фоторезисту (3) через фотошаблон-негатив (1) і захисну плівку (2); b) рисунок з фоторезисту проявлений і здатний захистити фольгу (4) від травлення; c) рисунок з фольги витравлений; d) фоторезист видалений - на підставі ДП (5) залишився рисунок провідників

Недоліки субтрактивного методу виготовлення :

 - внаслідок необхідності підбурювання фольги порівняно великої товщини утворюються великі підтрави, що робить неможливим виготовлення плат по високому класу точності з малими значеннями проміжків між елементами друкарського провідника і малою шириною провідників. Тому для виготовлення внутрішніх шарів БДП застосовується тонша фольга - від 18 мкм і менше. При її підбурюванні утворюються підтрави меншої величини, що підвищує клас точності;

- необхідність використання фольгованих матеріалів, які дорожче чим нефольговані;

- необхідність видалення дорогої міді;

- із-за освіти великих об'ємів відпрацьованих травильних розчинів виникають додаткові проблеми з їх регенерацією, утилізацією і так далі.

3.2.2 Підготовчі операції

Першим етапом виготовлення ДП є механічна обробка, яка включає в себе розкрій листового матеріалу на смуги, одержання з них заготовок і виконання фіксуючих, технологічних, перехідних і монтажних отворів.

Вибір методу одержання заготовки визначається типом виробництва. Заготівлі ДП в серійному виробництві отримують штампуванням. Фіксуючі, технологічні, монтажні та перехідні отвори виконуються штампуванням або свердлінням. При штампуванні відбувається розшарування матеріалу, що ускладнює металізацію отворів. Тому для отримання отворів будемо використовувати свердлильний верстат з ЧПУ.

Для свердлення отворів друкованих плат призначений свердлильний чотирьохшпиндельний верстат ОФ-101АФ2 з числовим програмним керуванням.

Основні характеристики верстата ОФ-101АФ2:

- продуктивність (число операцій у хвилину) – 120;

- максимальні розміри оброблюваних плат, мм - 240 х 360;

- діаметр отвору, мм - 0,4...3 3;

- частота обертання, про/хв - 20 000 - 12 000;

- дискретність, мм - 0,01;

- точність позиціонування, мм - ± 0,02;

- установлена потужність. кВт – 5;

- габаритні розміри, мм - 1520 х 1895 х 1650;

Контроль якості отворів виконується візуально за допомогою спеціальних ширококутних мікроскопів з розгортанням поверхні типу "Мікробор". Наявність отворів перевіряється на спеціальних компараторах методом сканування зображення контрольованої та еталонної плати.

Перед операціями отримання елементів друкованого монтажу виконується підготовка поверхні заготовки ДП. Підготовчі операції включають очищення вихідних матеріалів і монтажних отворів від оксидів, жирових плям, змащення, плівок та інших забруднень; активація поверхні і контроль якості підготовки.

Механічна підготовка в умовах серійного виробництва здійснюється автоматом. Автоматична хімічна та електрохімічна підготовка поверхні проводиться у ваннах із різними розчинами, з подальшим їх промиванням і сушінням.

3.2.3 Метод отримання провідного рисунка

Основними методами, застосовуваними в промисловості для створення захисного шару, є офсетний друк, сеткографіі і фотодрук. Вибір методу визначається конструкцією ДП, необхідною точністю і щільністю монтажу, продуктивністю обладнання та економічністю процесу.

Перші два методи використовуються в умовах масового і багатосерійного виробництва для отримання плат 1-2 класів щільності монтажу.

Самою високою точністю (0,05 мм) і щільністю монтажу 3-5 класу володіє метод фотодруку. Він полягає в контактному копіюванні рисунка друкованого монтажу з фотошаблона на підставу, вкрите світлочутливим шаром (фоторезистом).

Технологія нанесення захисної маски значно спрощується при використанні плівкового фоторезиста. Процес легко піддається автоматизації і забезпечує рівномірне нанесення захисного шару.

Після отримання друкованого рисунка виконується контроль ДП: зовнішній контроль, контроль геометричних розмірів і оцінка точності виконання окремих елементів, визначення цілісності струмопровідних ланцюгів і опору ізоляції.

Нанесення захисного покриття на плату виконується в два етапи: спочатку лудіння провідників, а потім нанесення полімерного покриття, щоб захистити провідний рисунок від зайвого припою під час пайки і щоб захистити провідний рисунок від корозії. Від цього покриття захищаються контактні площадки, монтажні і перехідні отвори. Після цього на плату наносять маркувальні написи, контури й умовні позначки елементів. На цьому закінчується етап виготовлення друкованої плати.

**3.3 Установка навісних елементів**

3.3.1 Підготовка навісних елементів до монтажу

У серійному виробництві підготовка НЕ здійснюється поопераційно з автоматичною подачею компонентів. Розміщення компонентів у технологічній тарі дозволяє підвищити продуктивність підготовки НЕ до монтажу, використовуючи автоматичне обладнання для комплексної підготовки.

Для підготовки виводів НЕ масового застосування (резистори, конденсатори, діоди і т.д.) будемо використовувати спеціальне технологічне обладнання.

Для комплексної підготовки ЕРЕ з осьовими й аксіальними виводами (формування, обрізка, лудіння) застосовуються автомати типів АКПР-1 (для ЕРЕ з АВ) і АКПР-2 (для ЕРЕ з ОВ).

Таблиця 3.1 - Характеристики автоматів для комплексної підготовки НЕ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип автомата | Виготовленняшт/година | Завантажувальна ємність | ПотужністькВт | РозміриД×Ш×В,мм | Масакг |
| АКПР-1 | 900 | спецкасета | 0,55 | 825×545×1336 | 250 |
| АКПР-2 | 900 | вібробункер | 1 | 1120×86×1180 | 550 |

Після підготовки елементів виконується зборка блоку.

3.3.2 Установка навісних елементів

Складання компонентів на ДП складається з подачі до місця установки орієнтації висновків щодо монтажних отворів або контактних майданчиків, сполучення зі збірними елементами і фіксації в необхідному положенні.

Збірка здійснюється вручну, механізованим або автоматизованим способом.

Основними операціями технологічного процесу складання є наступні: вхідний контроль, підготовка радіоелементів до монтажу, встановлення та кріплення радіоелементів на друкованих платах, пайка або зварювання монтажних з'єднань, контроль працездатності зібраного електронного вузла.

При ручній збірці всі операції, включаючи пайку, виконуються без спеціальних пристосувань.

До початку збирання проводиться огляд друкованих плат на відсутність тріщин, сколів, викривлення і інших видів пошкоджень і деформацій, а також перевіряється цілісність друкованих провідників.

Після огляду друкованих плат проводиться підбір і контроль комплектуючих елементів, а потім підготовка їх до установки на друковану плату, яка включає правку, формовку і різання висновків до необхідної величини. Процес ручної збірки може здійснюватися по-різному. Можна спочатку виконати всі підготовчі прийоми, а потім приступити до установки радіоелементів на плату. Більш зручна і продуктивна в таких випадках поштучна підготовка і установка радіоелементів на плату, користується зазвичай двома-трьома інструментами, і кожна встановлена деталь після отгібкі висновків виявляється досить жорстко пов'язаної з монтуемої друкованої платою.

Після установки радіоелементів, конструкційних та допоміжних деталей доцільно проконтролювати правильність їх розміщення за монтажною схемою і лише після цього приступати до здійснення пайки.

Вибір обладнання для автоматичної установки НЕ виконується з міркувань забезпечення універсальності щодо встановлюваних типорозмірів НЕ, достатньої продуктивності для виконання необхідного обсягу виробництва, мінімальних масі і габаритних розмірах і т.п. У результаті для автоматичної установки НЕ з аксіальними і осьовими висновками на ДП при виготовленні вибирається автомат ВА-5860 (Fuji Machine, Японія) з продуктивністю 4,8 тис. штук на годину.

**3.4 Пайка контактних з'єднань. Функціональний контроль і покриття лаком**

Технологічний процес пайки складається з наступних операцій:

- нанесення і сушка флюсу;

- попередній нагрів плати і компонентів;

- пайка;

- обрізування виводів і очищення.

Для підвищення продуктивності і якості пайки використовуємо метод групової пайки. При цьому методі флюс і припій рівномірно покривають нижню поверхню плати і проникають в отвори. Як устаткування для пайки хвилею припою візьмемо установку ETS250.

Метод пайки хвилею припою виявився ефективним при реалізації деяких змішаних варіантів зборки і монтажу друкованих вузлів апаратури.

Пайка подвійною хвилею припою застосовується в основному для одного типу друкованих вузлів: із традиційними компонентами на верхній стороні і простими компонентами які монтуються на поверхню (чіпами і транзисторами) на звороті. Деякі компоненти (навіть пасивні) можуть бути ушкоджені при зануренні в припой під час пайки. Тому важливо враховувати їхню термостійкість.

Якщо пайка подвійною хвилею застосовується для монтажу плат із установленими на їхню поверхню компонентами складної структури, необхідні деякі обережності:

* застосовувати ІС, що монтуються на поверхню, нечуттєві
 до теплового впливу;
* знизити швидкість транспортера;
* проектувати друковану плату таким чином, щоб виключити ефект затінення одного компонента іншим.

Добре рознесені, що не загороджують один одного, компоненти сприяють улученню припою на кожну необхідну ділянку плати, але при цьому знижується щільність монтажу.

При високій щільності монтажу, що дозволяє реалізувати технологія поверхневого монтажу, за допомогою пайки подвійною хвилею припою практично неможливо пропаяти компоненти що монтуються на поверхню з чотирибічним розведенням виводів (наприклад, мікросхеми в корпусі PLCC). Щоб зменшити ефект затінення, прямокутні чіпи варто розміщати перпендикулярно або під кутом 45° до напрямку руху хвилі.

Основними технологічними параметрами процесу пайки хвилею припою є:

* температура розплаву припою (звичайно між 240 і 270 °С);
* час взаємодії припою з платою (звичайно 1-3з у залежності від довжини гребеня хвилі і швидкості руху конвеєра);
* кількість нанесеного флюсу;
* ступінь висушування флюсу, що залежить від температури
підігріву, рівної 80 °С на верхній стороні плати;
* кут нахилу плати до обрію 7-10°;
* характер потоку припою в момент виходу плати з зони пайки.

Технічні характеристики обладнання для пайки хвилею припою наведені в таблиці 3.2.

Режимами пайки є температура, що для найбільш розповсюдження припою ПОС-61М складає 280 ± 10 º С, і час пайки 8-20 сек. Знижена температура приводить до недостатньої плинності припою, поганої змочуваності и т. д. Завищена температура викликає обвуглювання флюсу, вигорання компонентів припою, ерозію матеріалу паяльного жала.

Таблица3.2-Технические характеристики ETS250

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Значення |
| Ширина хвилі, мм Маса припою, кг Max висота хвилі, мм Max швидкість транспортера, м / хв Споживана потужність кВт Габаритні розміри, мм Маса, кг | 350100-71,61880\*760\*750321 |

Як устаткування для функціонального контролю використовується тестер функціонального и внутрішньосхемного контролю MTS180. Тестер призначення для внутрішньосхемного и функціонального контролю з максимальними кількістю каналів 2048. Система може мати будь-яку комбінацію аналогових гібридних каналів и може бути оснащена модулями функціонального контролю:

- 8 канальний 100 МГЦ блок виміру частоти и тимчасових інтервалів із програмувальнім вхіднім порогом спрацьовування від-25В до +25 В;

- цифровий мультимір;

- програмувальній функціональний генератор на 3 або 30 МГЦ;

- аналізатор форми сигналу;

- програмувальне чотирьохканальне джерело живлення.

Для демонтажу и ремонту використовується паяльно-ремонтна станція VAC6500. Це чотирьохканальна станція з вакуумним маніпулятором, паяльником 20Вт, термопінцетом, термофеном и зміннім модулем, що включає вакуумний термовідсмоктувач и паяльник 80 Вт - всього 6 інструментів із загально блок керування и компресорів. Аналогове регулювання температури: керамічні нагрівачі.

Після цього відбувається функціональний контроль всього пристрою, що містіть у собі контроль на відповідність технічним вимогами, діагностику відмовлень, Настроювання и регулювання, відновлення шлюбу. Для даного виробництва функціональний контроль буде вироблятися з допомогою автоматичних систем контролю - це спеціалізовані ЕОМ із прилаштувався комутації й адаптерами, що мають високий рівень універсальності.

На минулий контроль платі розпиленням наноситися захисний силіконовий лак DСА 200-Н "DURALUBE", що охороняє пристрій від впливів волога й агресивних середовищ, а так само є термопластичних, що дозволяє робити ремонт, не порушуючи рисунка провідників. Від покриття захищають рознімання. Лак наноситися в один шар товщина до 50 мкм. Його робоча температура - до 200 º С. Головна особливість лаку - його здатність затягувати механічні пошкодженню.

Найбільш універсальним методом, що забезпечує рівномірне нанесення захисного шару на всі поверхні, в тому числі і під ІС, є занурення з подальшим центрофугіровання. Покриття лаком виконаємо на установці УЛПМ-901.

# 3.5 Аналіз технологічності виробу

Під технологічністю виробу розуміють сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації й ремонті для заданих показників якості, обсягу випуску й умов виконання робіт. Розрізняють виробничу й експлуатаційну технологічність. Виробнича технологічність конструкції виробу проявляється в скороченні витрат засобів і часу на конструкторсько-технологічну підготовку виробництва й процеси виготовлення, включаючи контроль і випробування. Експлуатаційна технологічність - у скороченні витрат часу й засобів на технічне обслуговування й ремонт виробу.

Технологічність конструкції виробу можна оцінити кількісно і якісно.

Для якісної оцінки технологічності виробу використовуються відносні приватні показники, на основі яких розраховується комплексний показник технологічності. Для аналізу технологічності виробу із цих показників вибираємо 5 показників, які характеризують найбільш трудомісткі операції процесу виготовлення виробу. Сукупність базових приватних показників технологічності відображає безпосередній зв'язок між технологією й конструкцією виробу. Значення базових показників застосовують у межах

 0 <*K*< 1.

Таблиця 3.3 - Показники технологічності і коефіцієнти значимості

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Порядковий номер у ранжованій послідовності | Показник технологічності | Коефіцієнт значимості  |
| 1 |  | 1,000 |
| 2 |  | 1,000 |
| 3 |  | 0,75 |
| 4 |  | 0,5 |
| 5 |  | 0,313 |

Коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки елементів до монтажу

 =, (3.1)

де  – число ЕРЕ та ІМС, підготовка до монтажу яких здійснюється механізованими або автоматизованим засобом;

 – загальне число ЕРЕ;

 – загальне число мікросхем .



Коефіцієнт настановних розмірів

 (3.2)

де  – число типів настановних розмірів;

  – число всіх настановних розмірів.



Коефіцієнт застосовності ЕРЕ

, (3.3)

де – число типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

 – число всіх типорозмірів ЕРЕ.



Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ

–; (3.4)



Коефіцієнт використання мікросхем

, (3.5)



Комплексний показник технологічності

  (3.6)



Порівнюючи комплексний показник технологічності виробу з нормованим (*Кн*=0,7) показником технологічності для дрібносерійного виробництва можна зробити висновок про те, що розроблювальний виріб є достатньо технологічним. Основний вплив на технологічність зробив коефіцієнт використання мікросхем.

Рівень технологічності конструкції виробу при відомому нормативному показнику *К* = 0.7 оцінюється відношенням отриманого комплексного показника до нормативного, котре повинне задовольняти умові

*К* / *К* 1. (3.7)

У нашому випадку - 0,6 / 0.7 = 0,85 1, що задовольняє

**4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

**4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при виробництві виробу**

Завданням розділу є розробка технічних, санітарно-гігієнічних і організаційних заходів, спрямованих на усунення причин виробничого травматизму, професійної захворюваності, підвищення продуктивності праці.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 потенційно небезпечні виробничі фактори поділяються на чотири групи:

- фізичні;

- хімічні;

- біологічні;

- психофізіологічні.

Кожна з цих груп поділяється на підгрупи.

До фізичних факторів належать рухомі машини і механізми; невідповідність нормам мікроклімату в робочій зоні, неприпустимі рівні шуму, вібрації, ультразвуку, електромагнітних та іонізуючих випромінювань; електричний струм, недостатня кількість освітлення та ін.

До хімічних чинників належать шкідливі для організму людини речовини: загально токсичні, подразнюючі, канцерогенні (викликають розвиток пухлин), сенсибілізуючі (викликають алергічні захворювання), мутагенні (що впливають на статеві клітини організму).

До біологічних факторів відносяться мікроорганізми (бактерії, віруси, спірохети) і мікроорганізми (рослини, тварини).

До психофізичних факторів належать фізичні та нервово-психічні перевантаження: розумова перенапруга, монотонність праці.

Найбільш небезпечними виробничими чинниками є шкідливі речовини.
 За ступенем впливу на організм шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи: I - надзвичайно небезпечні, II - високо небезпечні, III - помірно небезпечні, IV - мало небезпечні. Всіперераховані вищефакториможутьпризвестидо травматизму, нещасних випадків, професійних захворювань, гострих отруєнь, помилкам при роботі.
 Відповідно до ГОСТ12.0.002-75 безпека забезпечується вибором технологічного процесу.

Розглянемо небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що виникають при деяких основних операціях.

Примеханічній обробціматеріалів:

- рухомі частини виробничого обладнання;

- ріжучі інструменти;

- висока температура обробки деталей;

- стружка, пил, шум.

 Технологія виготовлення ДП складається з великої кількості операцій. При виготовленні ДП можуть виникнути такі небезпеки:

- термоопіки та хімічні опіки;

- ураження покривів шкіри;

- отруєння;

- світловий вплив газорозрядних ламп.

 Електричні з'єднання виготовляються паянням. При виконанні пайки на робітника можуть впливати такі шкідливі і небезпечні фактори:

- запиленість і загазованість повітря робочої зони;

- попадання розплавленого припою на шкірний покрив;

- наявність нагріваються елементів, що нагріваються, дотик до яких викликає опіки.

При складально-монтажних операціях:

- механічна дія рухомих і частин, що обертаються;

- небезпечна напруга в електричному ланцюзі;

- нестача природного світла;

- підвищена пульсація світлового потоку;

- монотонність праці;

- прямий і відбитий блискіт.

При виконанні робіт з нанесення захисних покриттів і пояснюючих написів:

- токсичні компоненти лакофарбових матеріалів;

- підвищена запиленість і загазованість;

- небезпека вибуху, пожежі;

- підвищена або знижена вологість повітря;

- підвищена напруженість електричного поля і заряди статичної електрики;

- підвищена температура елементів обладнання та виробів.

Важкість робіт, що виконуються, при виготовленні й експлуатації виробу, встановлена ​​відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 - легка I-б. Відповідно до цього ж ГОСТом встановлюються параметри температури навколишнього повітря, відносної вологості, щільності і швидкості руху повітряного потоку на робочому місці.

 При виготовленні пристрою вибирається IV-б розряд зорових робіт (середня точка) при цьому нормована освітленість на робочому місці при загальному освітленні (Ен) дорівнює 200 лк.

Відповідно до ГОСТ 12.1.013-78 приміщення, в яких виконуються описані вище операції, відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою поразки персоналу електричним струмом, тому що присутні наступні умови:

- наявність вологості (пари або волога, що конденсується, виділяються у вигляді дрібних крапель і відносна вологість повітря може перевищувати 60%);

- наявність провідного пилу (технологічний або інший пил погіршує умови охолодження та ізоляції);

- наявність струмопровідних основ;

- наявність підвищеної температури;

-наявність можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будівель, технологічних апаратів, механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання - з іншого.

**4.2 Заходи з охорони праці**

Наведений у підрозділі 4.1 перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів передбачає проведення низки заходів, спрямованих на забезпечення безпеки праці.

Безпека виконання операцій лиття під тиском повинна передбачати максимальну їх автоматизацію. При цьому рекомендується чітко виконувати параметри техпроцесу, використовувати автоматичну сигналізацію (звукову і світлову) для попередження обслуговуючого персоналу у разі виникнення аварійних ситуацій.

При виготовленні ДП щоб уникнути травм і профзахворювань робота зі шкідливими речовинами проводиться з використанням фільтруючих засобів індивідуального захисту органів дихання, до яких відносяться універсальні респіратори і протигази. Для захисту рук в якості засобів індивідуального захисту застосовуються рукавиці та рукавички з різних матеріалів, а також захисні мазі, пасти і т.д. Для захисту очей застосовуються окуляри, для видалення пилу - промислові пилососи, пилостружкоприймачі, місцеву витяжну і загально обмінну вентиляцію.

Особлива увага повинна бути приділена заміні токсичних речовин менш токсичними або нетоксичними. Так, використання присадок і інгібіторів дозволяє знизити витрати на вентиляцію, а також значно зменшити виділення парів кислоти з поверхні гальванічних і травильних ванн (дзеркало ванни покривається шаром піни).

З метою поліпшення умов праці при нанесенні лакофарбових матеріалів процес фарбування рекомендується автоматизувати. При цьому людина виводиться з небезпечної зони.

У зв'язку з тим, що лакофарбові матеріали характеризуються високою швидкістю займання, для захисту фарбувальних цехів від пожеж набула поширення пожежна автоматика. У фарбувальних цехах категорично забороняється курити, приймати їжу з не призначеною для цього посуду.

Ділянки, на яких зосереджені операції пайки, виділяють в окремі приміщення. При ручній пайці з метою захисту від ураження електричним струмом електропаяльник рекомендується живити від електромережі напругою не вище 42 В. Використані серветки і ганчір'я після зміни повинні спалюватися, повторне використання їх не допускається. Шафи для зберігання робочого одягу та особистих речей кожного тижня всередині і зовні обмивають гарячою водою з милом. Приміщення, в яких розміщуються ділянки пайки, обладнуються відокремленою припливно-витяжною вентиляцією. Рекомендований приплив повітря становить 95% об'єму витяжки. Ще 5% припливного повітря надходять із суміжних, більш чистих приміщень.

Для забезпечення електробезпеки застосовуються окремо або в поєднанні один з одним такі технічні способи та засоби:

- повне зняття напруги з електроустановок при монтажі та ремонті;

- ізоляція струмоведучих частин електроустановок;

- огородження електроустановок.

Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81 для захисту людей від ураження електричним струмом при дотику до металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, передбачається захисне заземлення або «занулення» металевих частин електроустановок, які доступні для дотику людини і не мають інших видів захисту, що забезпечують електробезпеку.

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

Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювача (металевого провідника або групи провідників, з'єднаних між собою металево і знаходяться в безпосередньому з'єднанні з ґрунтом) та заземлюючих провідників, що з'єднують частини електроустановки, що заземляються, з заземлювачем.

Захисним заземленням називається навмисне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих струмопровідних частин, котрі можуть опинитися під напругою при замиканні на корпус і по іншим причинам. Завдання захисного заземлення - усунення небезпеки ураження струмом у разі торкнутися корпусу та інших струмоведучих металевих частин електроустановок, які опинилися під напругою.  Принцип дії захисного заземлення - зниження напруги між корпусом, які опинилися під напругою і землею до безпечного значення. Якщо корпус електроустаткування не заземлений, і він опинився в контакті з фазою, то дотик до такого корпусу рівносильне дотику до фази. У цьому випадку струм, що проходить через людину, може досягати небезпечних значень. Якщо ж корпус заземлений, то струм, що проходить через людину при Rоб = 0, RП = 0, можна визначити з рівняння

, (4.1)

де RЗ - опір заземлення. Відповідно до ПУЕ воно не повинно перевищувати 4 Ом

При дуже малому значенні RЗ в порівнянні з RЧ і Rиз, що звичайно має місце в практиці, цей вираз спроститься

 (4.2)

Тоді струм через людини буде



Ця величина є безпечною для людини.

Розрахунок заземлюючого контуру проводиться виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого пристрою

 (4.3)

де RЗ - опір заземлювача (стержня, труби, куточка і т.д.), Ом; Rп - опір смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом; n - кількість заземлювачів; ηЗ і ηП - коефіцієнти екранування відповідно заземлювача і з'єднуючої смуги (ηз = 0,2 ÷ 0,9; ηп = 0,1 ÷ 0,7).

Опір заземлювача

 (4.4)

де ρ - питомий опір грунту;

 l - довжина заземлючого стрижня 6 м;

d - діаметр заземлючого 0,04 м;

t - відстань від середини забитого в грунт заземлювача до рівня землі 2 м.

 Ом.

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі,

 (4.5)

де L - довжина смуги, що з'єднує заземлювачі 350 м;

b - ширина смуги при прокладці всередині будівлі 0,03 м;

t - глибина заземлення від рівня землі 0,5 м.

Ом.

Необхідна кількість заземлювачів

 (4.6)

де 4 - допустиме загальний опір;

2 - коефіцієнт сезонності.

,

Ом,

Розрахований заземлюючий контур має опір, що задовольняє умові ≤4 Ом.

В якості заземлюючих провідників допускається використовувати різні металеві конструкції: ферми, шахти ліфтів, підйомників, сталеві труби електропроводок, відкрито прокладені стаціонарні трубопроводи різного призначення (крім трубопроводів горючих і вибухонебезпечних газів, каналізації і центрального опалення).

Виробнича санітарія – це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують вплив на працюючих шкідливих виробничих факторів(ГОСТ12.0.002-80).

У виробничому приміщенні на організм людини і його працездатність впливають мікрокліматичні фактори.

Мікроклімат виробничих приміщень визначається поєднанням температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь.

Відповідно до ГОСТ12.1.005-88 виконується вид робіт при виробництві розроблювального пристрою можна віднести до категорії робіт – легка Iб.
Для робіт цієї категорії забезпечуються такі метеорологічні умови:

- для виробничих приміщень:

- у холодний період року температура повітря - 2123С, відносна вологість повітря - 40 60%, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/сек;

- в теплий період року температура повітря - 2224С, відносна вологість повітря - 40 60%, швидкість руху повітря не більше 0,3 м/сек;

- для робочої зони виробничих приміщень:

1) в холодний та перехідний періоди року температура повітря - 1925С, відносна вологість повітря - не більше 75%, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/сек;

2) в теплий період року температура повітря не більш ніж на 3 градуси вище середньої температури зовнішнього повітря найтеплішого місяця, але не більше 28С, відносна вологість повітря при температурі 28С не більше 55%, при температурі 27С не більше 60%, при температурі 25С не більше 70%, при температурі 24С не більше 75%.

Зниження шуму можна домогтися, раціонально розпланувавши приміщення, установкою обладнання на спеціальні амортизуючи прокладки. Відповідно до вимог"Санітарних норм допустимих рівнів шуму на робочих місцях» №3223-85рівні звуку не повинні перевищувати 50дБ.

Для зниження стомлюваності обслуговуючого персоналу в приміщеннях, де розташовані пристрої, що розробляються, передбачаються використовувати спокійні колірні поєднання і покриття, що не дають відблисків.

Підлога на робочих місцях повинна бути теплою, щільною, чинити опір удару; мати неслизьку і зручну для чищення поверхню; бути стійкою до впливу хімічних речовин і їх поглинання.

Стіни виробничих та побутових приміщень повинні відповідати вимогам шумозахисту, теплозахисту, запобігання сорбції; піддаватися легкої прибирання, миття; мати обробку, що виключає можливість поглинання та осадження отруйних речовин (керамічна плитка, масляна фарба).

Для підвищення працездатності та збереження здоров'я важливо створити для організму людини стабільні метеорологічні умови. Значне коливання параметрів мікроклімату призводить до порушення терморегуляції організму.

Для підтримки в зимовий час нормальної температури в виробничих приміщеннях, у відповідності з санітарними умовами та нормами, передбачається центральне опалення.

У виробничих приміщеннях передбачаються три види освітлення: природне, штучне і сполучене. Штучне освітлення у свою чергу підрозділяється на робоче, аварійне, евакуаційне. Робоче освітлення призначене для нормального виконання виробничого процесу, аварійне - для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення, евакуаційне для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення.

Правильно виконана система освітлення має велике значення у зниженні виробничого травматизму, створює нормальні умови для роботи органів зору, підвищує працездатність організму. Необхідна освітленість досягається системою сполученного освітлення, яка полягає у спільному використанні природного освітлення і штучного.

Робоче штучне освітлення може бути загальним або комбінованим. Комбіноване складається із загального освітлення та місцевого освітлення робочих поверхонь. Воно застосовується при виконанні робіт, що вимагають високої освітленості на робочих поверхнях (монтаж та збирання РЕА), і для кращих умов розрізнення.

Для штучного освітлення приміщень слід застосовувати газорозрядні люмінесцентні ртутні лампи низького тиску з різним спектральним складом світла: лампи денного світла і денного світла з покращеною передачею кольору, лампи білого світла, тепло-білого світла, холодно-білого світла, лампи природного світла та ін..

Для загального освітлення необхідно застосовуються світильники із розсіювачами та дзеркальними екранними сітками або відбивачами.

Пожежі в робочому приміщенні становлять небезпеку, оскільки пов'язані як з матеріальними втратами, так і з відмовою виробничого обладнання, що, у свою чергу, тягне за собою порушення ходу технологічного процесу, простою обладнання і втрати часу і коштів.

На ділянці складання присутні наступні горючі речовини і матеріали:

- дерево (столи, двері);

- склотекстоліт (плати);

- рідини (спирт, бензин, лаки, фарби);

- полімери (ізоляція, деталі).

Таблиця4.1–Пожежовибухонебезпека матеріалів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Матеріал | Показник небезпеки | Засоби гасіння |
|  Полістирол | Горюча речовинаЗаймання 343 0ССамозаймання 486 0С | Розпилена вода зі змочувачами |
| Лак електро- ізоляційний |  Горюча речовинаЗаймання 141 0ССамозаймання 370 0С | Розпилена вода зі змотувачами, піна, порошок ПФ (фосфорно-амонійний) |
|  Полівінілхлорид | Горюча речовинаСамозаймання 530 0С | Розпилена вода зі змотувачами, піна, порошок ПФ |
|  Склотекстоліт | Важкогорючий матеріал | Розпилена вода зі змотувачами, піна, порошок ПФ |
|  Деревина |  Горючий матеріал, схильний до теплового самозаймання,Займання 255 0ССамозаймання 399 0СТління при самозайманні 480 0С | Оберігати від джерелнагрівання з температурою вище 80 0С, гасити розпиленою водою зі змочувачем |

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 приміщення дільниці монтажу відноситься до категорії «В » (пожежонебезпечна).

Згідно класифікації за ПУЕ є наступні джерела запалювання:

- іскри і дуги коротких замикань;

- іскри при розмиканні і замиканні ланцюгів;

- перегріви при тривалому навантаженні;

- нагрівання індукційними струмами;

- нагрів від діелектричних втрат;

- розряди статичної електрики.

Основні причини запалювання технічного характеру:

- порушення технологічного режиму;

- несправність електроустановок;

- незадовільна підготовка установок до ремонту;

- самозаймання матеріалів.

Для захисту органів дихання від шкідливих газових парів (крім токсичних) у концентраціях, що не перевищують ПДК більш ніж у 15 разів, рекомендується протигазовий респіратор РУ-60М.

Для короткочасної роботи (один-два дні) допускається застосування протипилових респіраторів ШБ-1, «Лепесток», «Сніжок КУ-М».

Пожежна безпека при виготовленні приладу у відповідності з ГОСТ 12.1.004-85 «Пожежна безпека» забезпечується:

- системою запобігання пожежі;

- системою протипожежного захисту;

- організаційно-технічними заходами.

Так як видалення горючих матеріалів неможливо, потрібно виключити джерела запалювання. Для запобігання утворення в займистою середовищі джерел запалювання передбачають:

- виключення можливості появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, рівною і вище мінімальної енергії запалювання;

- застосування обладнання, що задовольняє вимогам електростатичної безпеки;

- застосування в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;

- виконання чинних будівельних норм, правил і стандартів.

Для зменшення небезпеки виникнення пожежі забороняється використання електричних кабелів з пошкодженою ізоляцією і поганими контактами в місцях з'єднання, з'єднання електричних проводів між собою і з металоконструкціями, застосування саморобних запобіжників.

Для зниження пожежної небезпеки для приміщень категорії «В» рекомендується установка первинних засобів пожежогасіння, а також системи автоматичної пожежної сигналізації на основі комбінованого сповіщувача ДІП-1, який призначений для виявлення вогнища пожежі в закритих приміщеннях по прояву диму або локальному підвищення температури.

Приміщення обладнується відповідно до "Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств" автоматичною пожежною сигналізацією з димовими сповіщувачами фотоелектричного типу ІДФ-М, призначених для виявлення початкової стадії пожежі по появі диму в місці його розташування та видачі тривожного сигналу на станцію пожежної сигналізації. Причому відповідно до розрахункових даних і параметрами сповіщувача ІДФ-М, на площу 9 м2 необхідний один сповіщувач.

В якості первинних засобів пожежогасіння пропонується використовувати:

- вуглекислотні вогнегасники в ручному виконанні ОУ-5;

- повітряно-пінний вогнегасник ОВП-5;

- азбестове полотно 1,5 х2 м.

В якості організаційно-технічних заходів рекомендується проводити навчання робочого персоналу правилам пожежної безпеки.

У розділі «Охорона праці» виконаний аналіз потенційних небезпек при виготовленні друкованих плат, розроблені заходи з техніки безпеки, заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці, та охорони навколишнього середовища, розроблені рекомендації з заземлюючої профілактики та виконаний розрахунок заземлюючого контуру.

**ВИСНОВКИ**

У ході проектування було розроблено підсилювача постійного струму.

У процесі роботи були описані основні характеристики пристрою, розглянуті достоїнства і недоліки, з'ясований принцип його функціонування.

Відповідно до призначення пристрою виконано аналіз умов експлуатації, що показав, що проектований виріб відноситься до класу стаціонарних.

У конструкторській частині вибрані форма, розміри і матеріал друкованої плати, а також розраховані елементи друкованого монтажу з урахуванням технологічних можливостей виробництва для другого класу точності виготовлення.

В процесі роботи над дипломним проектом були розглянуті різні методи виготовлення друкованих плат. Вибір методу виготовлення плат обумовлений типом виробництва. Були досліджені різновиди та технологічне устаткування методів формування рисунків на друкованих платах згідно вимогам технічного завдання.

В результаті дослідження був зроблений висновок, що вибір методу визначається конструкцією ДП, необхідною точністю і щільністю монтажу, продуктивністю устаткування і економічністю процесу.

У розділі «Охорона праці» виконаний аналіз потенційних небезпек при виготовленні друкованих плат, розроблені заходи з техніки безпеки, заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці, та охорони навколишнього середовища, розроблені рекомендації з заземлюючої профілактики та виконаний розрахунок заземлюючого контуру

 В процесі виконання проекту закріплені навики самостійного вирішення технологічних завдань при розробці ЕА, їх модулів і були отримані навики при роботі з технічною літературою і стандартами.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Медведев, А. М. Технология производства печатных плат: монография / А. М.Медведев. – М.: Техносфера, 2005. – 358 с

2. Билибин, К. И. Конструкторско – технологическое проектирование электронной аппаратуры: учеб. для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В.Журавлева и др.; ред.: В. А, Шахнов. - М.: Изд – во МГТУ им. Баумана, 2002. – 527 с.

3. Павловский, Г. В. Проектирование технологических процессов РЭА / Г. В. Павловский. - М.: Радио. 1986. - 220 с.

4. Гуськов, Г. И. Монтаж микроэлектронной аппаратуры / Г. И. Гуськов, Г. А. Блинов - М.: Радио и связь, 1987.

5. Воженин, И. Н. Микроэлектронная аппаратура в бескорпусных интегральных схемах / И. Н. Воженин, Г. А. Блинов, Л.А. Коледов. - М.: Радио и связь, 1985.

6. Парнес, М. Г. Механизация и автоматизация изготовления элементов радиоаппаратуры / М. Г. Парнес. - М.-Л: Госэнергоиздат., 1963. - 428 с.

7. Вейцман, Э. В. Технологическая подготовка производства радио-электронной аппаратуры / Э. В. Вейцман, В.Д. Венбрин. - М.: Радио и связь, 1989. - 128 с.

8. Технология электроаппаратостроения: учеб. для вузов / ред.: Ю. А. Филиппова. -Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1987. - 360 с.

9. Справочник по пайке / ред.: С. Н. Лоцманова, ред.: И. Е. Петрунина, ред.: В. П. Фролова. - М.: Машиностроение, 1975.

10. Егошин, А. Р. Справочник по единой системе конструкторской документации / А. Р. Егошин, А. К. Моргун, В. П. Градиль; ред.: Ю. И. Степанова. - Харьков, “Прапор”, 1975.

11. Пресс, Ф. П. Фотолитографические методы в технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем / Ф. П. Пресс - М.: Сов. Радио, 1978. - 96 с.

12. Смирнов, В. И. Теория конструкций контактов в электронной аппаратуре /В. И. Смирнов, Ф. Ю. Мата. - М.: Сов. Радио, 1974. - 176 с.

13. Буслович, С. Л. Автоматизация пайки печатных плат / С. Л. Буслович, Ю. М.Гельфгат, И. А. Коциньш, Л. Е. Калкут. - М.: Энергия, 1976.

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

15. 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.

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

17. Иванов Ю. В., Лакота Н. А. Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов. – М.: Радио и связь, 1987. – 464 с.

18. Иванов А. А. Гибкие производственные системы в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1988. – 304 с.

19. 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.

20. Павлов С. П. и др. Охрана труда в приборосроении. – М.: Высшая школа, 1986.

21. Пожаровзрывоопаснось веществ и материалов и средства их тушения. Справочник, под ред. Баратова А. Н., в двух томах, М.: Химия, 1990.

**ДОДАТОК А**

Таблиця А1 – Вихідні дані до теплового розрахунку

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значення |
| 1-й горизонтальний розмір корпуса блоку, мм | 100 |
| 2-й горизонтальний розмір корпуса блоку, мм | 110 |
| Вертикальний розмір корпуса блоку, мм | 23 |
| Температура навколишнього середовища, град | 50 |
| Коефіцієнт заповнення | 0,5 |
| Потужність, що розсіюється в блоці, Вт | 3 |
| Потужність, що розсіюється 1 елементом, Вт | 0,5 |
| Площа елемента, кв.мм | 207 |

Таблиця А2 – Результати розрахунку

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значення |
| Температура нагрітої зони, град  | 77,6 |
| Температура повітря в блоці, град | 68,4 |
| Температура поверхні елемента, град | 79,5 |

**ДОДАТОК Б**

**РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПІДСИЛЮВАЧА**

Таблиця Б.1 - Характеристики груп елементів.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Групи елементів | Кількістьелементів | Температураелементів | Коефіцієнтнавантаження |
|
| Опори,  | 9 | 45 | 0.000 |
| Конденсатори | 9 | 47 | 0.400 |
| Транзистори | 4 | 45 | 0,400 |
| Пайка | 36 | 40 | 0.400 |

Таблиця Б.2 - Кліматичні фактори.

|  |  |
| --- | --- |
| Місце установки | Промислове |
| Кліматичні фактори | 75% Вол., 10°C |
| Висота установки | 0-1 км |

Таблиця Б.3 - Характеристики надійності системи.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|    | Сумарна інтенсивністьвідмовлень ,1/годину | Розрахунковий наробітокна відмовлення, годин |
| Максимальна |  7,06E-0005  |  5.01E+0005  |
| Середня |  5.96E-0006  |  1.68E+0005  |
| Мінімальна |  2.00E-0006  |  1.32E+0004  |
| З урахуванням поправочного коефіцієнта |  4,911E-0006  |  2.03E+0005  |
| Інтенсивність відновлення, 1/година | 0.5000 |
| Заданий наробіток на відмовлення, годину | 420000.00 |
| Початковий момент часу, година | 100.00 |
| Коефіцієнт готовності | 0.99990290 |

Таблиця Б.4 - Інтенсивності відмовлень погрупно.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Групиелементів | Мінімальна,10-6 | Середня,10-6 | Максимальна,10-6 | Поправочна, 10-6 |
|
|
| Мікросхеми  | 0.08 | 0.80 | 1.81 | 0.89 |
| Конденсатори | 0.81 | 1.50 | 4.32 | 0.42 |
| Опори,  | 0.63 | 2.25 | 24.60 | 0.20 |
| Конденсатори | 0.02 | 0.26 | 2.55 | 2.01 |
| Пайка | 0.00 | 0.04 | 0.06 | 0.01 |

Таблиця Б.5 - Імовірність безвідмовної роботи.

|  |  |
| --- | --- |
| Наробіток, годин | Імовірність безвідмовної роботи, % |
| Мінімальна | Середня | Максимальна | Поправочна |
| 938.8 | 95.12 | 99.44 | 99.83 | 99.09 |
| 1877.7 | 90.48 | 98.89 | 99.67 | 98.19 |
| 2816.5 | 86.07 | 98.34 | 99.50 | 97.30 |
| 3755.3 | 81.87 | 97.79 | 99.33 | 96.42 |
| 4694.1 | 77.88 | 97.24 | 99.17 | 95.54 |
| 5633.0 | 74.08 | 96.70 | 99.00 | 94.68 |
| 6571.8 | 70.47 | 96.16 | 98.83 | 93.82 |
| 7510.6 | 67.03 | 95.63 | 98.67 | 92.97 |
| 8449.4 | 63.76 | 95.09 | 98.50 | 92.12 |
| 9388.3 | 60.65 | 94.56 | 98.34 | 91.29 |
| 10327.1 | 57.69 | 94.04 | 98.17 | 90.46 |
| 11265.9 | 54.88 | 93.51 | 98.01 | 89.64 |
| 12204.7 | 52.20 | 92.99 | 97.85 | 88.82 |
| 13143.6 | 49.66 | 92.47 | 97.68 | 88.02 |
| 14082.4 | 47.24 | 91.96 | 97.52 | 87.22 |
| 15021.2 | 44.93 | 91.44 | 97.36 | 86.43 |
| 15960.0 | 42.74 | 90.93 | 97.19 | 85.64 |
| 16898.9 | 40.66 | 90.43 | 97.03 | 84.87 |
| 17837.7 | 38.67 | 89.92 | 96.87 | 84.10 |
| 18776.5 | 36.79 | 89.42 | 96.71 | 83.33 |

Таблиця Б.6 - Імовірність функціонування.

|  |  |
| --- | --- |
| Наробіток (година) | Імовірність безвідмовної роботи (%) |
| 1750.00 | 98.31 |
| 3500.00 | 96.65 |
| 5250.00 | 95.02 |
| 7000.00 | 93.42 |
| 8750.00 | 91.85 |
| 10500.00 | 90.30 |
| 12250.00 | 88.78 |
| 14000.00 | 87.28 |
| 15750.00 | 85.81 |
| 17500.00 | 84.37 |
| 19250.00 | 82.95 |



Рис. Б.1 – Графік вірогідності безвідмовної роботи виробу



Рис. Б.2 – Графік ймовірності відмови вироб