1. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
2. СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
3. імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

# **Факультет інформаційних технологій та електроніки**

1. (повне найменування факультету)

# **Кафедра \_ електронних апаратів \_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

1. (повна назва кафедри)

## *ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА*

1. до дипломного проекту (роботи)
2. освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
3. (бакалавр, спеціаліст, магістр)
4. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
5. (шифр і назва спеціальності)
6. на тему
7. **МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЯ ЕЛЕКТРОННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

|  |
| --- |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виконав: студент групи РЕА -15бд | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | А.Г. Шаповалов |
| Керівник | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | І.С. Тюндер |
| Завідувач кафедри | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.М. Смолій |
| Рецензент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Ж.Г. Самойлова |

1. Сєверодонецьк – 2019

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | Поз. | | Позначення | | | | Найменування | Кіл. | | Примітка | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | | **Текстові документи** |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
| А4 |  |  | | ПДБ 172.09.01ПЗ | | | | Пояснювальна записка | 62 | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | | **Графічні документи** |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
| А4 |  |  | | ПДБ 172.09.01ГЧ | | | | Графічна частина ДП | 14 | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | |
|  |  | |  | |  |  | ПДБ 172.09.01ВП | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  |
| Змін | Лист | | № докум. | | Підпис | Дата |
| Розроб. | | | Шаповалов | |  |  | Моделювання електричних параметрів та топологічне проектування модуля електронного перетворювача. Відомість проекта дипломного | | | Літ. | | | Лист | Листів |
| Перев. | | | Тюндер | |  |  |  |  |  |  | 1 |
|  | | |  | |  |  | СНУ ім. В. Даля  Гр.РЕА-15бд | | | |
| Н. контр | | |  | |  |  |
| Затв. | | | Смолій | |  |  |

1. **СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
2. **імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**
3. ( повне найменування вищого навчального закладу )
4. Факультет **\_**Інформаційних технологій та електроніки
5. Кафедра \_Електронних апаратів
6. Освітньо-кваліфікаційний рівень\_бакалавр
7. Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
8. **ЗАТВЕРДЖУЮ**
9. Завідувач кафедри ЕА
10. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.М.Смолій
11. “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2019 року

## *З А В Д А Н Н Я*

### НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

1. **Шаповалову Антону Геннадійовичу**
2. **1.** **Тема проекту**: **МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЯ ЕЛЕКТРОННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**
3. **2. Керівник проекту**:**\_**Тюндер І.С., ст. викл.\_\_\_\_\_,
4. затверджені наказом вищого навчального закладу від **08.04.2019 р № 56/15.14**
5. **3.** **Строк подання студентом проекту** \_10 червня 2019 р.
6. **4.** **Вихідні дані до проекту**:
7. 4.1. Схема електрична принципова
8. 4.2.. Інструкція з охорони праці
9. 5. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):
10. 5.1. Вступ.
11. 5.2. Аналіз технічного завдання.
12. 5.3 Моделювання електричних параметрів.
13. 5.4.Топологічне проектування.
14. 5.5. Розробка заходів з охорони праці.
15. 5.6. Загальні висновки по роботі
16. 6. **Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов’язкових креслень)
17. 6.1. Схема електрична принципова.
18. 6.2. Трасування друкованої плати.
19. 6.3. Розміщення елементів на друкованій платі
20. **7. Консультанти розділів проекту**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада  консультанта | Підпис, дата | |
| завдання видав | завдання  прийняв |
| Охорона праці | Ас. Купіна О.А. |  |  |

1. Дата видачі завдання 26 квітня 2019 року**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**
2. **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів дипломного  проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту  ( роботи ) | Примітка |
| 1 | Аналіз технічного завдання | 26.04. 19 |  |
| 2. | Моделювання електричних параметрів | 10.05.19 |  |
| 3. | Топологічне проектування | 16.05.19 |  |
| 4. | Розробка заходів з охорони праці | 27.05.19 |  |
| 5. | Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації | 10.06.19 |  |

1. Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Шаповалов А.Г.
2. Керівник проекту \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Тюндер І.С.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| РЕФЕРАТ Пояснювальна записка до дипломного проекту містить: 62 листів,  12 рисунків, 2таблиці, 2 додатки, 21 джерел.  Об'єкт розробки – електронний перетворювач  Мета розробки - викoнaти мoдeлювaння eлeктpичних пapaмeтpiв тa тoпoлoгiчнe пpoeктyвaння виpoбy нa пiдcтaвi cхeми eлeктpичнoї пpинципoвoї тa згiднo з тeхнiчним зaвдaнням.  У дипломному проекті виконаний детальний аналіз технічного завдання, мoдeлювaння eлeктpичних пapaмeтpiв тa тoпoлoгiчнe пpoeктyвaння виpoбy. 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, МОДЕЛЮВАННЯ, ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТ, ДРУКОВАНА ПЛАТА, МОНТАЖНИЙ ОТВІР, ТОПОЛОГІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ТРАСУВАННЯ. | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  | ПДБ 172.09.01 ПЗ | | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Ізм | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
| Разраб. | | Шаповалов |  |  | Моделювання електричних параметрів та топологічне проектування модуля електронного перетворювача  ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | Літ. | | | Лист | Листів |
| Провер. | | Тюндер |  |  |  |  |  | 5 | 62 |
| НУ | |  |  |  | **СНУ****гр. РЕА -15бд** | | | | |
| Н. контр. | |  |  |  |
| Утв. | | Смолій |  |  |

1. **ЗМІСТ**
2. ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ....................................................................7
3. ВСТУП......................................................................................................................8
4. 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ….……………………………...…..…..9
5. 1.1 Аналіз призначення …………………..........................................................9
6. 1.2 Аналіз схеми електричної принципової…………………………..........10
7. 1.3 Аналіз умов експлуатації............................................................................21
8. 1.4 Аналіз елементної бази…………………..................................................21
9. 1.5 Аналіз технології виготовлення.................................................................28
10. 2 МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДСИЛЮВАЧА…30
11. 2.1 Опис Electronics Workbench …………………………………..………..30
12. 2.2 Моделювання електричних параметрів перетворювача …………..…31

# **3 ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ................................................................34**

1. 3.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати………………..........................34
2. 3.2 Конструктивно –технологічний розрахунок друкованої плати...........36
3. 3.3 Розрахунок по постійному струму……………………………………...40
4. 3.4 Розрахунок по перемінному струмі…………………………………….42
5. 3.5 Розміщення навісних елементів на друкованій платі……………….. 45
6. 3.6 Трасування друкованого монтажу………………….…………………..46
7. 3.7 Оцінка теплового режиму………….…………………………………...47

# **3.8 Розрахунок надійності виробу……..………………………………….48**

1. 4 ОХОРОНА ПРАЦІ............................................................................................51
2. 4.1Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при виробництві (експлуатації)виробу........................................................................................51
3. 4.2 Заходи з охорони праці.............................................................................53
4. ВИСНОВОК..........................................................................................................57
5. **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ...........................................................58**
6. **ДОДАТКИ………………………………..…….….……………..……………...60**
7. **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

EWB - Electronics Workbench

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ВІС – великі інтегральні схеми

ПНЧ – перетворювач напруга-частота

1. ПП – пристрої, що підсилювають
2. КЛА- кусочно-лінійна апроксимація
3. БДП – багатошарова друкована плати
4. ДП – друкована плата
5. ДДП – двостороння друкована плата
6. ЕА – електронні апарати
7. ЕРЕ – електрорадіоелемент
8. ЕРЕ з ОВ – електрорадіоелемент з осьовими виводами
9. ЕРЕ з АВ – електрорадіоелемент з аксіальними виводами
10. ІМС – інтегральная мікросхема
11. КД – конструкторські документи
12. КПМ – компоненти поверхневого монтажу
13. НЕ – навісний елемент
14. ОДП – одностороння друкованак плата
15. САПР – система автоматизованого проектувания
16. ТЗ – технічне завдання

**ВСТУП**

Перетворювачі напруга-частота є найпростішими АЦП. Сучасні схеми перетворювачів на дискретних компонентах забезпечують лінійність перетворення від 0,1 до 0,001%. У напівпровідникових ВІС перетворювачів досягнута лінійність 0,01%. Точність перетворення істотно залежить від динамічного діапазону вхідних сигналів. При широкому діапазоні лінійність перетворення максимальна.

Дуже просто побудувати АЦП на базі перетворювача напруга-частота, підключивши до його виходу цифровий лічильник. Лічильник працює від зовнішнього тактового генератора і вважає імпульси, що надходять на його вхід в період між вихідними імпульсами перетворювача напруга-частота. Чим більше цей період, тим вище вміст лічильника. Вміст лічильника перетворюється на його виході в двійковий код. І точність, і швидкодія такого АЦП можна збільшити, підвищивши частоту вихідного сигналу тактового генератора. Володіючи порівняно низькою швидкодією, прецизійні АЦП цього типу дуже зручні для побудови цифрових вольтметрів.

1. Ще одним цікавим, з практичної точки зору, прикладом застосування ПНЧ може служити використання перетворювача в електронних системах огляду. На вхід ПНЧ надходить напруга з виходу підсумовує підсилювання, яке тим більше, чим більше розміри і маса металевого предмета і чим менше відстань між ним і пошуковим елементом. Вихідна напруга ПНЧ управляє ключем ЕК, в ланцюг якого включений звуковий випромінювач. Завдяки ПНЧ тон звукової сигналізації тим вище, чим більше металевий предмет і ближче до пошукового елементу. При огляді це дозволяє побічно судити про характер предмета.

# **1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ**

**1.1 Аналіз призначення**

Перетворювачі застосовуються в багатьох галузях промисловості, в побутових умовах.

Перетворювачі напруга-частота ПНЧ (Voltage-to-Frequency Converters VFC) є найбільш дешевим засобом перетворення сигналів для багатоканальних систем введення аналогової інформації в ЕОМ, що забезпечує високу перешкодозахищеність і простоту гальванічної розв'язки. ПНЧ - відмінне рішення для задач вимірювання усереднених параметрів, витрати, а також завдань генерування і модуляції частоти.

ПНЧ відносяться до класу інтегруючих перетворювачів, тому мають відповідні достоїнствами: хорошу точність при мінімальному числі необхідних прецизійних компонентів, низьку вартість, високу завадостійкість, малу чутливість до змін напруги живлення, відсутність диференціальної нелінійності.

ПНЧ перетворює вхідну напругу в частоту вихідних імпульсів, які можуть передаватися на великі відстані без спотворення інформаційного параметра - частоти. Другий етап аналого-цифрового перетворення: «частота-код» здійснюється шляхом підрахунку імпульсів за фіксований інтервал часу, тобто усереднінєм. Якщо цей інтервал зробити кратним періоду основний перешкоди (20 мс), то перешкода пригнічується повністю. Це властивість особливо корисно для вимірювання зашумленних низькорівневих сигналів, наприклад е.р.с. термопари.

1. Коротенько були описані як стандартний, так і нетривіальний способи роботи ПНЧ для того, щоб підкреслити можливості, що відкриваються перед розробниками при використанні цього пристрою. Очевидно, що це далеко не всі області застосування перетворювача напруга - частота, так як коло використання пристрою воістину широкий, починаючи від побутової електроніки і закінчуючи військовою.

**1.2 Аналіз схеми електричної принципової**

Так як частота генерується сигналу змінюється від 1 кГц до 10кГц, то в якості одного структурних вузлів ПНЧ (мультивибратора) доцільно використовувати ІМС таймера 555 серії (вітчизняний аналог КР1006ВІ1), що стала вже класичної для подібного роду пристроїв.

Двосторонне обмеження частоти вихідного сигналу передбачає використання додаткової ланцюга обмеження напруги вхідного сигналу. Для цієї мети використовується найпростіший параметричний стабілізатор на кремнієвому стабілітроні. Для забезпечення точності перетворення необхідно використовувати стабільне джерело струму. У цій роботі застосовано «струмове дзеркало» на біполярних транзисторах. Згідно з технічним завданням, шпаруватість вихідного сигналу повинна бути постійною (Q = 2), тому ще одним вузлом схеми буде синхронний D-тригер, який використовується в якості подільника частоти і забезпечує задану шпаруватість генерується сигналу.

Так як навантаження є низькоомним, то для отримання імпульсів потрібної амплітуди доцільно використовувати потужний вихідний каскад.

В ході аналізу навчальної та наукової літератури по темі «Перетворювач напруга - частота» були відзначені основні способи побудови даного типу схем, виявлено їх переваги та недоліки [5]. Резюмуючи отриману інформацію, можна відзначити наступні способи реалізації даного пристрію

Вітчизняна промисловість випускає несінхронізіруемий ПНЧ типу КР1108ПП1 і аналогічний КР1143ПП1 [9]. Їх зарубіжні аналоги, сумісні за висновками - ADVFC32 фірми Analog Devices, VFC32 і VFC320 фірми Burr-Brown. Спрощена функціональна схема такого ПНЧ показана на рисунку 1.1. ПНЧ включає в себе підсилювач А1, компаратор А2, одновібратор, джерело стабільного струму I0, аналоговий ключ S і вихідний транзистор.

Для побудови ПНЧ мікросхему слід доповнити двома конденсаторами С1, С2 і двома резисторами R1, R2. Елементи R1, С1, А1 утворюють інтегратор. Конденсатор С2 задає тривалість імпульсу одновібратора t = kC2, де k визначається характеристиками мікросхеми (в VFC32 I0 = 1 мА, k = 75 кОм). Імпульси струму I0 врівноважують струм, викликаний вхідною напругою VIN: TVIN / R10 = kC2I0, звідки f = 1 / T = VIN 0/ (kI0R1C2).

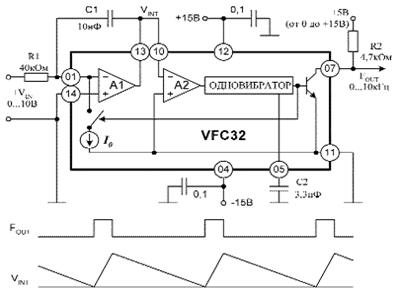


Рисунок 1.1- Типова схема включення і діаграми сигналів VFC32

Стабільність характеристики перетворення ПНЧ залежить від стабільності зовнішніх елементів R1, C2 і внутрішніх параметрів k, I00  мікросхеми. Крім того, для забезпечення високої лінійності перетворення конденсатор С1 необхідно вибирати з малом витоком і малим коефіцієнтом діелектричної абсорбції (поліпропіленовий, полістирол, полікарбонатний).

Діапазон вхідних струмів задається рівним 0,25I0, а резистор R1устанавлівает вхідний діапазон напруги від 0 до VINmax = 0,25I0R1.

ПНЧ містить вихідний каскад з відкритим колектором. Напруга живлення цього каскаду вибирається з умови узгодження з наступними цифровими ланцюгами. Допустимий струм його достатній для управління світлодіодом оптрона або обмоткою імпульсного трансформатора в схемах гальванічної ізоляції аналогових входів.

За допомогою даного ПНЧ можна перетворювати негативні напруги, але для цього потрібно змінити підключення вхідного сигналу. Іншими словами, пряме перетворення біполярних сигналів не передбачено.

При розширенні діапазону зміни вихідної частоти дедалі помітнішою стає кінцевий час перемикання аналогових ключів, що виражається в інтегральної нелінійності перетворення. Її мінімальна похибка (0,01%) досягається у вузькому діапазоні частот 0-10 кГц. У розширеному діапазоні вихідних частот (0-500 кГц) похибка нелінійності збільшується до 0,2%.

ПНЧ на основі ОП і дискретних компонентів

Даний спосіб реалізації перетворювача можна виділити в окрему групу [4], виходячи їх того, що один з основних вузлів схеми (одновібратор) виконаний на дискретних компонентах. Розглянемо більш докладно дану схему.

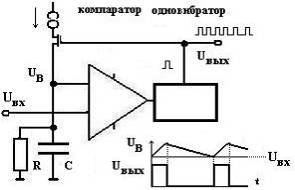


Рисунок 1.2 - . ПНЧ на основі ОП і дискретних компонентів

Операційний підсилювач в даній схемі виконує функцію компаратора, який порівнює вхідний сигнал з напругою UB на конденсаторі С. Якщо Uвх0> UB0, то компаратор запускає одновібратор, який видає прямокутний імпульс певної тривалості. Цей імпульс надходить на ключ, і починається зарядка конденсатора С з генератора струму (на рисунку 2. - це подвійний гурток). Після закриття ключа, конденсатор розряджається через резистор R до напруги Uвх. Коли напруга UB0 стане менше вхідного, компаратор знову запускає одновібратор і на вихід надходить імпульс.

Вищеописаний зворотний зв'язок дозволяє підтримувати рівність Uвх0 = UB0, при цьому час розряду конденсатора пропорційна вхідній напрузі. Таким чином, частота проходження імпульсів пропорційна напрузі.

Однак, слід зазначити, що через наявність дискретних компонентів в складі одновібратора, точніше розкиду їх номіналів, а отже і зменшення точності перетворення, така схема великого поширення не отримала.

ПНЧ на основі ИМС таймера 555 серії

Виділяючи даний спосіб реалізації ПНЧ в окрему групу, можна керуватися наступними причинами:

- тільки один зі структурних вузлів схеми (мультивибратор) реалізований на ІМС, інші вузли схеми - це самостійні електронні компоненти;

- схема мультивібратора на основі таймера 555 стала класичною для реалізації подібного роду пристроїв, а її застосування на низьких частотах генерується сигналу дозволяє отримати високу точність перетворення.

Цей спосіб реалізації пристроя является більш .економічним.

Схем реалізації ПНЧ на основе таймера 555 дуже багато. В завісимості від решаемих задач, они делают упор либо на точність перетворення, лібо на вартість реализації пристрою і використання допоміжних компонентів і т.д. Один из вариантів такої схемы представлен нижче [9].

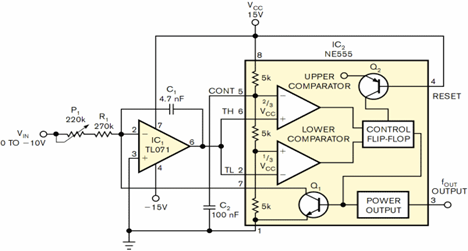


Рисунок 1.3 - Схема простого ПНЧ на основі таймера 555 серії

Серцем даної схеми служить інтегратор Міллера на операційному підсилювачі TL071. Діапазон вхідної напруги, що управляє в діапазоні від 0до10V відповідає зміні вихідної частоти в діапазоні від 0 до 1000Hz. Залежність вихідної частоти перетворювача від вхідного керуючого напруги можна розрахувати за приблизною формулою: fOUT = VIN / (P1 + R1) ЧC1Ч1 / 3VCC. Зміною опору P1 виконується калібрування точності співвідношення напруга / частота. Якщо задати нижню межу частоти в100Hz при напрузі? 1V, а верхній діапазон в 1000Hz при 10V, то помилка перетворення складе від 0.3% до 3% за діапазоном.

При калібруванні в точці 5V помилка перетворення складе менше 1.3% по всьому діапазону. Для підвищення точності необхідно вибирати ємність C1 з мінімальним тангенсом кута втрат. Можна значно зменшити температурну залежність перетворювача, вибравши резистор R1 з найменшим температурним коефіцієнтом, а в якості P1 застосувавши багатооборотний металокерамічний потенціометр.

Аналіз і оцінка отриманої інформації дозволили нам зробити вибір на користь третього способу реалізації ПНЧ, тобто на основі таймера 555 серії з додатковими електронними компонентами.

# Структурна схема ПНЧ

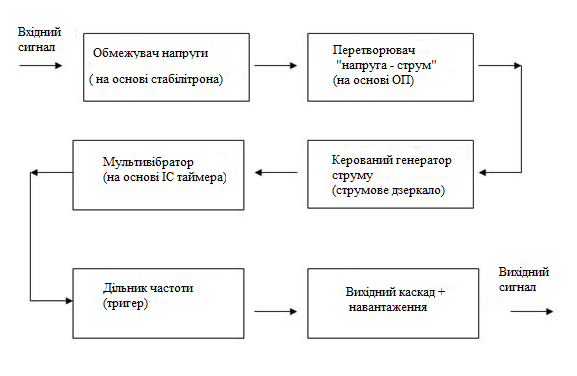


Рисунок 1.4 - Структурна схема ПНЧ

Розглянемо більш докладно основні функціональні вузли схеми:

1) Обмежувач напруги на основі кремнієвого стабілітрона

Для того щоб вихідний сигнал мав двостороннє обмеження 1 кГц <f <10 кГц використовуємо найпростіший параметричний стабілізатор вхідної напруги на основі кремнієвого стабілітрона. Дана схема має як достатній простотою, так і, з деякими припущеннями, потрібною точністю обмеження.

2) Перетворювач «напруга - струм»

Виконано на основі операційного підсилювача [3]. Вихідний струм пропорційний вхідній напрузі і управляє «струмовим дзеркалом». Має хорошу лінійність перетворення.

3) Керований генератор струму - «струмове дзеркало»

Це джерело струму, керований струмом [6]. Керуючий струм подається з виходу перетворювача «напруга - струм». Основне завдання «струмового дзеркала» - забезпечити високу ступінь сталості вихідного струму, який в свою чергу потрапляє в ланцюг времязадающего конденсатора, що регулює частоту вихідних імпульсів. Для коректної роботи «струмового дзеркала» потрібна пара узгоджених транзисторів для його реалізації в найпростішому випадку. У даній роботі використовується варіант реалізації «струмового дзеркала» з третім транзистором, що забезпечує фіксування потенціалу колектора і задану ефективність.

4) Мультивібратор на основі ІС таймера 555 серії

Служить для формування імпульсів прямокутної форми заданої частоти. Відповідно до внутрішньої структури має два порога спрацьовування, верхній і нижній, з якими відбувається порівняння напруги времязадающего конденсатора. Робота верхнього або нижнього компаратора викликає спрацьовування тригера і подальше формування імпульсу. Має хорошу лінійність перетворення, тому отримав досить широке поширення в даній категорії пристроїв [1].

5) Дільник частоти

Виконано на основі синхронного D тригера, що спрацьовує по фронту імпульсу. Даний тип перемикання тригера дозволяє сформувати на його виході сигнал, тривалість імпульсу якого дорівнює тривалості паузи, тобто сигнал з постійною шпаруватістю (Q = 2), що і вимагає технічне завдання.

6) Вихідний каскад

Дозволяє сформувати на навантаженні R = 10 Ом імпульси потрібної амплітуди.

|  |
| --- |
|  |
| Принципиальная электрическая схема ПНЧ  Рисунок 1.5 -  Принципова електрична схема ПНЧ  Принципова електрична схема ПНЧ (рисунок 1.5) містить в своєму складі як аналогові, так і цифрові компоненти, тому особлива увага приділялася спільну роботу даних моделей в складі пристрою (узгодження за рівнями напруги) для забезпечення коректного перетворення вхідної напруги в частоту вихідних імпульсів. Деякі елементи (резистор R2) мають малі номінальні значення. Це пов'язано з особливостями моделювання пристрою, в практичній же реалізації великого принципового значення вони не мають.  Опишемо принцип роботи даного пристрою [1]. На вхід цього пристрою надходить сигнал певної амплітуди, причому якщо амплітуда вхідного сигналу виходить за допустимі від 0 до 10 В, то відбувається обмеження вхідного сигналу на рівні граничних значень за допомогою параметричного стабілізатора на стабілітроні.  Далі сигнал надходить на вхід операційного підсилювача X2, який спільно з транзистором Q1 і резистором R1 утворюють схему перетворювача «напруга - струм». Вихідний струм даного перетворювача прямо пропорційний вхідній напрузі. Цей струм викликає падіння напруги колектор-емітер транзистора Q2, так як транзистори Q2 і Q3 одного типу, то і напруга на колекторі-емітер Q3 буде аналогічним, а, отже, буде збігатися і струм, що протікає через транзистори Q3 і Q4. Транзистори Q2, Q3, Q4 утворюють схему «струмового дзеркала» Вілсона. Вихідний струм «струмового дзеркала» потрапляє в ланцюг времязадающего конденсатора С1.  Даний конденсатор підключений до відповідних висновків ІМС таймера 555 серії. Відповідно до внутрішньої структурі таймера, він має два компаратора, які задають два порога спрацьовування асинхронного RS - тригера, що також є одним з функціональних вузлів таймера 555. Як тільки напруга на конденсаторі C1 досягне верхнього порогу, відбудеться спрацьовування компаратора, який скине тригер. Інверсний вихід даного тригера керує розрядних транзистором у внутрішній структурі таймера, і як тільки відбудеться спрацьовування тригера, через насичений транзистор відбудеться розрядка C1. Так як колектор даного транзистора з'єднаний безпосередньо з об'єднаними входами компараторів, то розряд конденсатора C1 відбувається майже миттєво до нульового значення. Це пов'язано як з - за малої постійної часу розряду, так і з - за інерційності компаратора і тригера. Внаслідок цього, шпаруватість вихідних імпульсів таймера практично дорівнює 1.  Далі прямокутні імпульси з виходу таймера надходять на вхід синхронного D - тригера, що працює по фронту імпульсу і використовуваного в якості подільника частоти. За допомогою даного функціонального вузла вдається отримати на виході D - тригера прямокутні імпульси з постійною шпаруватістю Q = 2.  Нарешті, імпульси з D - тригера надходять у вихідний каскад пристрою. Транзистор Q5 режимі насичення, транзистор Q6 - в активному режимі. У підсумку, на резисторі R6 виходять імпульси необхідної частоти, шпаруватості і амплітуди.  Таким чином, число функціональних блоків електронного пристрою є необхідним і достатнім для реалізації технічного завдання.  1.2.1 Розрахунок основних функціональних вузлів пристрою  Так як вхідна напруга змінюється від 0 до 10 В, то можливе використання одностороннього стабілітрона з напругою стабілізації 10 В (рисунок 1.5). Виберемо за довідником вітчизняний стабілітрон КС210Ж з наступними параметрами Ucт0 = 10 В, Iст = 3мА. Розрахує величину опору R3 параметричного стабілізатора: |

https://studwood.ru/imag_/43/195937/image006.png

Виберемо необхідне опір зі стандартного ряду E12, близьке до розрахункового значення.

Як уже зазначалося, основне завдання «струмового дзеркала» - забезпечити високу ступінь сталості вихідного струму, який в свою чергу потрапляє в ланцюг времязадающего конденсатора, що регулює частоту вихідних імпульсів (рисунок 1.5). Вихідний струм IкQ4 практично дорівнює вхідному IкQ1, відбувається взаємна компенсація базових струмів (при комплементарних транзисторах Q2 і Q3). Базовий струм транзистора Q4 віднімається, а базовий струм транзистора Q2 знову додається до вихідного току «струмового дзеркала» [11].

IкQ1 = Uвх / R1

Вхідний струм IкQ10 лежить в наступних межах: 213 мкА <IкQ1 <2.13 мА, а, отже, такі ж межі зміни має і вихідний струм IкQ4.

Згідно [4], при вихідному струмі IкQ4, який заряджає конденсатор C1, меншим 5 мА досягається мінімальна похибка перетворення таймера 555, що дорівнює 0.1% при використанні зовнішніх времязадающих електронних компонентів.

Так як розряд конденсатора C1 відбувається практично миттєво, то для забезпечення постійної шпаруватості (Q = 2) в даній роботі використовується дільник частоти. Це говорить про те, що для отримання вихідного сигналу з частотою 1 кГц <f <10 кГц, необхідно вести розрахунок времязадающей RC - ланцюга мультивібратора з урахуванням даної обставини.

https://studwood.ru/imag_/43/195937/image007.png

Вважаючи, що напруга на конденсаторі C1 в початковий момент часу дорівнює нулю, а заряд закінчується при, відповідно до внутрішньої структурі таймера 555 серії [1], отримуємо що

https://studwood.ru/imag_/43/195937/image008.png

Так як час заряду конденсатора C1 багато більше часу його розряду, то можна вважати, що цей вислів справедливо і для періоду повторення вихідної напруги пристрою.

Знаючи, що0 при Uвх = 10 В частота вихідних імпульсів Fи0 = 10 кГц (після дільника частоти), знайдемо

https://studwood.ru/imag_/43/195937/image009.png

Виберемо оптимальні значення опору R1 і конденсатора C1, написані за стандартними рядами опорів і ємностей E12. У підсумку, R1 = 4.7 кОм, 1 = 10 нФ.

Так як навантаження є досить низкоомной (R6 = 10 Ом), то для отримання заданої амплітуди вихідного сигналу необхідно використовувати двотактний вихідний каскад.

Згідно з технічним завданням амплітуда вихідних імпульсів дорівнює 20 В при навантаженні в 10 Ом. Використовуючи закон Ома для ділянки кола, отримаємо:

IR6 = VR6 / R6 = 20 / 10 = 2 А

Так как h21э=100 для транзистора Q6, то IбR6 = 2/100 =20 мА

Транзистор Q6 включений за схемою із загальним колектором (емітерний повторювач), тому

VбQ6 = Vэ +0.6 = 20 + 0.6 =20.6 В

Знайдемо номінал опору

R4 = VR4 / IR4

VR4 = V5 - VбQ6 = 24 - 20.6 = 3.4 В, IR4 = IбR6 = 20 мА

R4 = 3.4 / 2\*10-2 = 170 Ом

Виберемо значення із стандартного ряду E12, близького до шуканого R4 = 150 Ом.

Транзистор Q5 включений за схемою з ОЕ, ток IбQ5 досить малий, тому наявність опору R5, як струмообмежувальні елемента, носить досить умовний характер. Виберемо номінал R5 = 100 Ом, узгоджується зі значеннями з стандартного ряду опорів E12.

Візьмемо такі транзистори: для n-p-n типу КТ 325В, КТ 809А .

Операційний підсилювач - КР 574УД1

Діод - КД 204б

**1.3 Аналіз умов експлуатації**

Підсилювач буде експлуатуватися в наступних умовах:

- мінімальна температура +5 ºС;

- максимальна температура +55 ºС;

- відносна вологість при температурі + 30º С 80%.

Міцність проектованого блоку при транспортуванні

- прискорення, g 2;

- тривалість ударного імпульсу, мс 5;

- число ударів, щонайменше 1000.

Аналіз умов експлуатації дозволяє зробити наступні висновки:

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

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

- необхідно застосувати лакофарбові покриття для захисту блоку від корозії при впливі вологи.

**1.4 Аналіз 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.

Транзистор КТ325

Основні технічні характеристики транзистора КТ325А:

• Структура транзистора: n-p-n;

• Рк max - Постійна розсіює потужність колектора: 225 мВт;

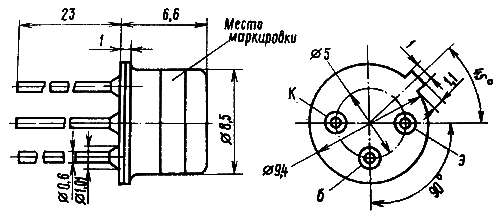
• fгр - Гранична частота коефіцієнта передачі струму транзистора для схеми з загальним емітером: не менше 800 МГц;

• Uкеr max - Максимальна напруга колектор-емітер при заданому струмі колектора і заданому (кінцевому) опорі в ланцюзі база-емітер: 15 В (3 кому);

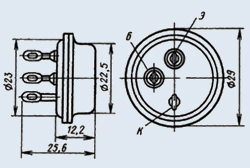
• Uебо max - Максимальна напруга емітер-база при заданому зворотному струмі емітера і розімкнутої ланцюга колектора: 4 В;

• h21Е - Статичний коефіцієнт передачі струму для схеми із загальним емітером в режимі великого сигналу: 30 ... 90;

• Ск - Ємність колекторного переходу: не більше 2,50 пФ;



Транзистор КТ809А



Основні технічні характеристики транзистора КТ809А:

• Структура транзистора: n-p-n;

• Рк т max - Постійна розсіює потужність колектора з теплоотводом: 40 Вт;

• fгр - Гранична частота коефіцієнта передачі струму транзистора для схеми з загальним емітером: не менше 5,1 мГц;

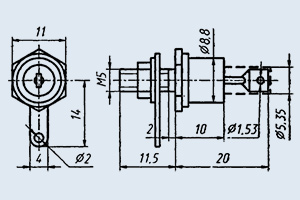
• Uкеr max - Максимальна напруга колектор-емітер при заданому струмі колектора і заданому опорі в ланцюзі база-емітер: 400 В;

• h21е - Статичний коефіцієнт передачі струму транзистора для схем із загальним емітером: 15 ... 100;

• Ск - Ємність колекторного переходу: не більше 270 пФ;

• Rке нас - Опір насичення між колектором і емітером: не більше 0,75 Ом

Діод КД204Б



Основні технічні характеристики діода КД204Б:

• Uoбp і max - Максимальна імпульсна зворотна напруга: 200 В;

• Inp max - Максимальний прямий струм: 600 мА;

• fд - Робоча частота діода: 1 кГц;

• Unp - Постійне пряме напруга: не більше 1,4 В при Inp 600 мА;

• Ioбp - Постійний зворотний струм: не більше 100 мкА при Uoбp 200 В;

• tвoc обр - Час зворотного відновлення: 1,5 мкс

Стабилитрон КС210Ж

Основні технічні параметри стабілітрона КС211Ж:

• Номінальна напруга стабілізації: 11 В при Iст 4 мА;

• Розкид напруги стабілізації: 10,4 ... 11,6 В;

• Температурний коефіцієнт напруги стабілізації: 0,092% / ° С;

• Тимчасова нестабільність напруги стабілізації стабілітрона: ± 1,5%;

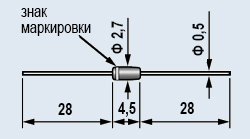
• Диференціальний опір стабілітрона: 40 Ом при Iст 4 мА;

• Мінімально допустимий струм стабілізації: 0,5 мА;

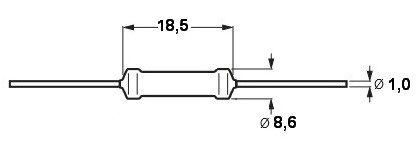
• Максимально допустимий струм стабілізації: 12 мА;

• Максимально допустима розсіює потужність на стабілітроні: 0,125 Вт;

• Робочий інтервал температури навколишнього середовища: -60 ... +125 ° С



Резистор МЛТ 2



Характеристики резистора МЛТ 2:

- гранична робоча напруга 750 в;

- максимальна розсіює потужність 2 вт;

- маса резистора 3,5 м;

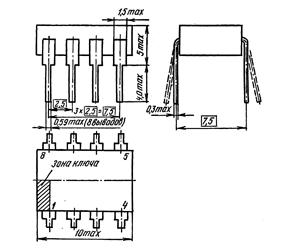
- рівень власних шумів 5 мкв;

- мінімальна напрацювання 25000 год;

- діапазон номінальних опорів 1,0 ом - 10 мом;

- температура навколишнього середовища від -60...+70 °с.

Микросхема КР574УД1



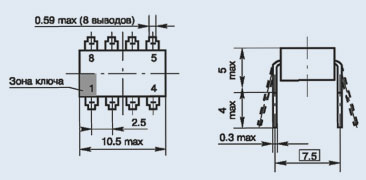
Мікросхема 555

Мікросхеми NE555P є времязадающей схему (таймер).

Призначені для формування імпульсів напруги тривалістю від декількох мікросекунд до десятків хвилин, виявлення збою в імпульсної послідовності, забезпечення прецизійної тимчасової витримки і для застосування в стабільних датчиках часу, генераторах імпульсів, Широтноімпульсна, частотних і фазових модуляторах, перетворювачах напруги і сигналів, ключових схемах, виконавчих пристроях в системах управління, контролю і автоматики.

Тип корпусу: DIP-8.

Діапазон робочих температур: від 0 ° C до + 70 ° C.



Номінальна напруга живлення 5 В plus minus 5%

Вихідна напруга низького рівня при Uп = 4,75 В не більше 0,4 В

Вихідна напруга високого рівня при Uп = 4,75 В не менше 2,4 В

Напруга на антізвонном діоді при Uп = 4,75 В не менше -1,5 В

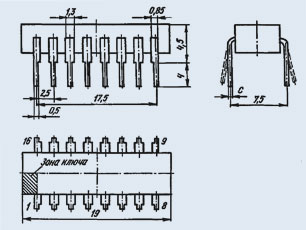
Вхідний пробивний струм не більше 1 мА

Струм короткого замикання -18 ...- 57 мА

Струм споживання не більше 120 мА

Споживана статична потужність не більше 630 мВ

К155ИЕ8



Гранично допустимі режими експлуатації:

- Напруга живлення .......... 4,75 - 5,25 В

- Вхідна напруга низького рівня .......... <0,4 В

- Вхідна напруга високого рівня ..........> 2,4 В

- Вхідний струм низького рівня .......... <16 мА

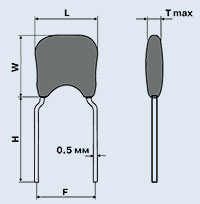
- Вихідний струм високого рівня .......... <-0,8 мА

- Ємність навантаження .......... <15 пФ

- Тривалість фронту і зрізу вхідного імпульсу <150 нс

- Температура навколишнього середовища:

   - К155 .......... -10 + 70 ° С



Опис конденсатора К10-17 390 пф.

Параметри і характеристики конденсатора К10-17 390 пф.

Конденсатори імпортні керамічні (аналог К10-17Б) багатошарові ізольовані (окукленные) з односпрямованими висновками (радіальні). Призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного і імпульсного струму:

- діапазон номінальних ємностей: 0,5 пф...4,7 мкф

- номінальна напруга: 16...63 - допустимі відхилення ємності: ±5; ±10; ±20; +50...-20; +80...-20 %

- тип діелектрика: np0; x7r; y5v

- типорозміри: 0805; 1206; 1210; 1812; 2225

- діапазон температур: -65...+125°с

Таким чином, елементна база підібрана виходячи з умов експлуатації пристрою. Вибір ЕРЕ проводиться на основі вимог до апаратури, зокрема, кінематичних, механічних та інших впливів при аналізі роботи кожного ЕРЕ і кожного матеріалу всередині блоку, і умов роботи кожного блоку конструкції.

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. Рекомендується прийняти двосторонню плату 2 класу точності, крок координатної сітки розміщення елементів на друкованій платі приймається рівним 2,5 мм.

Виходячи з усього вищесказаного, можна зробити висновок про те, що обрана елементна база є найбільш оптимальною.

**1.5 Аналіз технології виготовлення**

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 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 - комбінований позитивний метод;

- підготовка НЕ до монтажу - автоматична, напівавтоматична;

- установка НЕ на друковані плати - автоматична і напівавтоматична

(за допомогою світломонтажних столів);

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

Можна зробити наступні висновки щодо забезпечення високої технологічності виготовлення розроблюваного виробу:

- наявність у складі елементної бази малої кількості оригінальних НЕ (близько 25%) робить неефективною автоматизацію їх підготовки та установки, при цьому найбільш прийнятним варіантом є їх ручна або напівавтоматична підготовка з подальшою установкою на ДП за допомогою світломонтажних столів;

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

|  |
| --- |
| **2 МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДУЛЯ ЕЛЕКТРОННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА** **2.1 Опис Electronics Workbench**  Аналіз стану програмного забезпечення по схемотехнічному моделюванню довів, що на етапі початкового освоєння методів автоматизованого проектування та на етапах проведення пошуково-дослідницьких робіт доцільно використовувати програмне середовище Electronics Workbench (далі EWB), яке легко засвоюється та досить зручне в роботі.  Програма Electronics Workbench розроблена фірмою National Instruments Electronics Workbench Group і використовується для схемотехнічного моделювання аналогових та цифрових радіоелектронних пристроїв різного призначення та дає змогу простими засобами будувати на екрані монітора аналогову або цифрову електронну схему, підключати електро- та радіовимірювальні прилади та отримувати результати або в вигляді цифрових даних на моніторах вимірювальних приладів або на логічному аналізаторі [1].  Порівняння отриманих результатів із розрахунковими на реальних приладах є дуже добрим.  Електронна система моделювання імітує реальне робоче місце дослідника-лабораторію, яка оборудована вимірювальними приладами, що працюють у реальному часі. За допомогою системи можна моделювати як прості, так і складні аналогові та цифрові пристрої.  Для роботи з системою необхідні:  − знання та розуміння принципів роботи основних вимірювальних приладів (осцилограф, мультиметр тощо);  − знання окремих елементів радіоелектронних пристроїв.  Робота з електронною системою моделювання включає в себе три головні  етапи: створення схеми, вибір та підключення вимірювальних приладів та  активацію схеми – розрахунок процесів, які перебігають у пристрої, що  Процес створення схеми починається з розміщення на робочому полі програми компонентів із бібліотеки програми [2].  Особливістю програми EWB є наявність контрольно-вимірювальних приладів, які за зовнішнім виглядом, органам управління та характеристиками максимально наближені до їхніх промислових аналогів, що дає змогу отримати навички роботи з найпоширенішими приладами: мультиметром, осцилографом, вимірювальним генератором та іншими.  **2.2 Моделювання електричних параметрів перетворювача**  Для перевірки працездатності перетворювача «напруга - частота» був проведений всебічний комп'ютерний аналіз схеми, який дозволив оцінити якість і ефективність роботи пристрою. Виконання вимог технічного завдання можна оцінити за допомогою наступних залежностей, представлених нижче.  Розглянемо роботу перетворювача «напруга-частота» на ІМС 555      Рисунок 2.1 – Схема перетворювача «напруга-частота» на ІМС 555    Рисунок 2.2 – Осцилограма формування імпульсів  Перетворювач служить для формування імпульсів прямокутної форми заданої частоти. Відповідно до внутрішньої структури має два порога спрацьовування, верхній і нижній, з якими відбувається порівняння напруги времязадающего конденсатора. Робота верхнього або нижнього компаратора викликає спрацьовування тригера і подальше формування імпульсу. Має хорошу лінійність перетворення, тому отримав досить широке поширення в даній категорії пристроїв.    Рисунок 2.3 – Схема перетворювача  Змінюємо напругу.    Рисунок 2.4 – График при напрузі 5V    Рисунок 2.4 – Графік при напрузі 10V  Входной сигнал, ограниченный по уровню напряжения  Рисунок 2.5 -Вхідний сигнал, обмежений за рівнем напруги  Зависимость частоты выходного сигнала от напряжения на входе  Рисунок 2.6 - Залежність частоти вихідного сигналу від напрузі на вході  Представлені залежності наочно показують, що зі збільшенням напруги на вході частота вихідних імпульсів пропорційно зростає .  Перевірка працездатності перетворювача проводилася за допомогою комп'ютерної програми схемотехнічного аналізу Electronics Workbench, що дозволила показати основні режими роботи пристрою і вивести необхідні залежності. Результати аналізу показують, що при використанні електронних компонентів зі стандартних рядів, а також мікросхем таймера 555 і синхронного D-тригера можна домогтися гарної точності перетворення. |

**3ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ**

**3.1 Вибір конструкції друкованої плати**

Основними матеріалами, що використовуються для виготовлення друкованих плат, є шаруваті пластики, що складаються з зв'язки і наповнювача. Основні параметри цих матеріалів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 2.1 - Основні параметри шаруватих пластиків

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Значення | | |
| Гетинакс | Текстоліт | Склотекстоліт |
| Відносна діелектрична проникність | 4,5...6 | 4,5...6 | 5...6 |
| Тангенс кута втрат (діелектричних) | 0,008...0,02 | 0,03... 0,04 | 0,005...0,02 |
| Об'ємний питомий опір | 10...1000 | 10...1000 | 1000...10000 |
| Діапазон робочих температур, оС | от-60 до +80 | від -60 до +70 | від -60 до +80 |
| Коефіцієнт теплопровідності | 0,25...0,3 | 0,23... 0,3 | 0,34...0,74 |
| ТКПР | 22 | 22 | 8...9 |
| Питома міцність при розтягуванні | 49 | 70 | 180 |
| Питома міцність при стисненні | - | 105 | 42 |

Враховуючи усі вимоги можна вибрати в якості матеріалу друкованої плати склотекстоліт марки СФ1-35-2 ДОСТ 10316-78.

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значення |
| Температура повного розплавлення, оС | 190 |
| Електроопір, мкОм/м | 0,12 |
| Міцність сполук, які паяються, МПа | 30...40 |

При виборі припою слід враховувати, що припій повинен бути легкоплавким, недорогим і технологічним. Крім цього припій повинен володіти хорошою адгезією до міді, а також мати малий перехідний опір. Виберемо найбільш поширений олов’яно-свинцевий припій марки ПОС-61 ДОСТ 21931-76. Характеристики цього припою наведені в таблиці 2.2.  
Таблиця 3.2 - Характеристика припою марки ПОС-61

У першому розділі ДДП була вибрана одностороння друкована плата 2-го класу точності.

Визначимо приблизну площу плати для підсилювача, що розробляється, по формулі

, (3.1)

де Sie - площа елементу i- ого типу (див. таблицю 3.3);

n - кількість елементів i- ого типу;

Ky - коефіцієнт заповнення друкованої плати.

Виходячи з цього для пристрою обираємо прямокутну ДП 110х77 мм, яка забезпечить можливість розміщення усіх елементів і трасування провідників і не перевищуватиме значення вказаного в ТЗ.

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, числа 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-1-35-1,5 з товщиною діелектрика 1,5 мм. Вибраний склотекстоліт має невелику величину діелектричних втрат, достатню електричну і механічну міцність, відносно невисоку вартість, добре піддаються обробці.

У процесі конструювання ДП виконуються наступні розрахунки:

- конструктивно-технологічний розрахунок друкованого монтажу;

- розрахунок за постійним струмом (статичний);

- перевірочний розрахунок теплового режиму;

- розрахунок надійності блоку.

Подальшими етапами конструювання пристрою є розміщення ЕРЕ на ДП і трасування друкованих провідників.

Перед трасуванням провідників необхідно виконати наступні розрахунки параметрів друкованих елементів монтажу :

- конструктивно – технологічний;

- розрахунок по постійному струму.

**3.2 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованого монтажу**

Метою конструктивно-технологічного розрахунку є визначення основних конструктивних параметрів друкованого монтажу з урахуванням виробничих погрішностей рисунка провідних елементів, фотошаблона, основи, свердління й т.п.

Основні умовні позначки параметрів друкованого монтажу й графічне зображення ДП наведені на рисунку 3.1. Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для вузького місця наведені в таблиці 3.4.



Рисунок 3.1- 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

Таблиця 3.1 - 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 |

У проектованій ДП є перехідні й монтажні отвори. Діаметри перехідних і монтажних отворів повинні відповідати ГОСТ 10317-79.

Номінальне значення діаметра монтажного отвору визначається з формули(3.2)

 (3.2)

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 = 0,55 + 0,1 + 0,1 =0,75 мм;

dмо2 = 0,6 + 0,1 + 0,1 = 0,8 мм;

З попередніх розрахунків та виходячи з вимог ТЗ, обираємо наступні значення діаметрів для монтажних отворів: 0,8 (з металізацією).

Таблиця 3.2 - Погрішності виконання конструктивних елементів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Погрішність | Позначення | | Значення, мм | |
| Допуск на отвір без металізації  При ∅≤ 1 мм  При ∅> 1 мм |  | | ±0,10  ±0,15 | |
| Допуск на ширину провідника  З покриттям |  | | +0,15  -0,10 | |
| Допуск при розташуванні отворів  При розмірі ДП, мм  L≤ 180 |  | | 0,15 | |
| Допуск на розташування контактних площинок , мм при  L ≤ 180 | |  | | 0,30 |
| Допуск на розташування провідників | |  | | 0,10 |

Мінімальне значення ширини провідника t

 , (3.3)

де tМ– мінімальна припустима ширина провідника (таблиця 3.1);

- нижнє граничне відхилення ширини провідника (таблиця 3.2);

**.**

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного малюнка визначають по формулі

 (3.4)

де SМ – мінімально припустима відстань між сусідніми елементами провідного рисунка (таблиця 3.2);

tВО – верхнє граничне відхилення ширини провідника (таблиця 3.2);

S = 0,45+0,15 = 0,6 мм.

Розрахунок мінімального діаметра контактної площадки роблять по формулі

** , (3.5)

де dВО – верхнє граничне відхилення діаметра отвору (таблиця 3.2);

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



Приймаємо D1=1,6мм.

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

, (3.6)

де n - кількість провідників, n=1.



З вищенаведених розрахунків робимо висновок, що відстані між двома сусідніми контактними площадками досить для прокладки одного провідника з урахуванням обмежень, пропонованих до друкованого монтажу. Тому контактні площадки підрізати не потрібно.

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

- діаметри монтажних отворів (у мм): 0,8;

- мінімальна ширина провідника 0,6 мм;

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

- діаметр контактної площадки 1,6 мм.

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

## 

## **3.3 Розрахунок по постійному струму**

Найбільш важливими електричними властивостями друкованих плат є навантажувальна здатність провідників по струму, опір ізоляції і діелектрична міцність основи друкованої плати.

Необхідна ширина друкованого провідника сигнального ланцюга:

t ≥ ρ · I · l / (Uз.пу. \* hф), (3.7)

де ρ – питомий опір провідника, Ом \* мм2 / м (для мідної катаної фольги складає 0,017 *Ом·мм2* / м, для провідників, отриманих методом електрохімічного нарощування *ρ* = 0,05 *Ом·мм²/м*);

I – струм, А (I ≤ 0,1 А);

l – довжина провідника, м;

Uз.пу. – запас перешкодостійкості логічного елемента (Uз.пу. = 0,4 В);

hф – товщина фольги (hф = 0,035 мм).

При максимально можливій довжині траси 260 мм ширина провідника сигнального ланцюга повинна бути:

t ≥ 0,05 ·0,1 ·0,260 / (0,4 · 0,035) = 0,092 мм

З технологічних розумінь ширина провідників сигнальних ланцюгів повинна бути 0,6 мм

Необхідна ширина друкованих провідників шин живлення і землі:

Tп.з.≥ ρ ·I · l / (0,01 · Uж · hф), (3.8)

де Uж – номінальне значення напруги живлення (Uж = 5-10 В).

Tп.з.≥ 0,05 ·0,1 ·0,260 / (0,01·5 · 0,035)=0,65

З технологічних розумінь приймаємо ширину потенційних провідників рівною 1мм.

Розрізняють два види електропровідності діелектриків:

* поверхневу;
* об'ємну.

Поверхневий опір ізоляції рівнобіжних друкованих провідників обумовлюється наявністю питомого поверхневого опору діелектрика плати: Rs = ρs · lк · lз / l, (2.11)

де lз – зазор між провідниками ( lз = 0,45 мм );

l – найбільша довжина спільного проходження провідників ( l = 260мм ).

Rs = 1,72 · 1012 · 0,45 / 260 = 1,72 · 109 ( Ом )

Між провідниками, розташованими на поверхні друкованої плати, існують обидва види електропровідності. Опір ізоляції рівнобіжних провідників приблизно обчислюють як :

Rџ ≈ Rs ·Rν / ( Rs + Rν ) ( 3.9 )

де Rν – об'ємний опір ізоляції між провідниками протилежних шарів ДП.

Rџ = 1,72 · 109 · 6 \* 1010 / ( 1,72 · 109 + 6 ·1010 ) ≈ 4.6 · 109 ( Ом ) » 1000 ·Rвх

Мінімальна відстань між провідниками для плат без захисного лакового покриття залежить від напруги пробою і тиску навколишнього середовища. Для розроблюваної друкованої плати мінімальний зазор складає 0,45 мм. Отриманий для конкретної різниці потенціалів зазор між провідниками може бути збільшений, якщо опір витоку між провідниками перевищить припустиме значення, обчислений на основі аналізу реалізованої на платі принципової схеми.

Отримані результати розрахунку по постійному струму уточнюють прийняті раніше розміри друкованого монтажу. Розрахунок показав можливість нормального функціонування проектованого виробу з погляду навантажувальної здатності провідників по струму й напрузі

.

**3.4 Розрахунок по перемінному струмі**

При передачі по друкованих елементах плати високочастотних імпульсних сигналів через наявність індуктивного опору провідників, взаємній індуктивності і ємності, опору витоку між провідниками сигнали спотворюються, з'являються перехресні перешкоди. Розрахунок по перемінному струмі дозволяє уточнити максимальну довжину одиночного провідника, максимальну довжину спільного проходження поруч розташованих провідників, зазори між провідниками.

З того що паразитний зв'язок різко зменшується при збільшенні відстані між провідниками, то найбільшу перешкоду наводять два провідники, розміщених на різних сторонах від пасивної лінії.

Припустиму довжину трьох паралельно розташованих сигнальних провідників визначають по формулі

lд = 0,5· lсд· lмд /( lсд + lмд), (2.13)

де lсд, lмд – припустима довжина трьох паралельно розташованих провідників при впливі тільки ємнісної і тільки індуктивного паразитного зв'язку відповідно.

Припустима довжина трьох паралельно розташованих провідників при впливі тільки ємнісного паразитного зв'язку

lсд = Сд/ Сп , (2.14)

де Сд – припустима ємність паразитного зв'язку (Сд = 50пФ);

Сп – погонна ємність, пФ/см

Сп = Кп · ε', (2.15)

де Кп – коефіцієнт пропорційності (Кп = 0,12);

ε'– діелектрична проникність середовища.

ε' = (ε0 + ε)/2, (2.16)

де ε0– діелектрична проникність повітря або лаку, якщо плата покрита лаком (ε0= 4);

ε – діелектрична проникність матеріалу плати (ε =6).







Припустима довжина трьох паралельно розташованих провідників при впливі тільки індуктивного паразитного зв'язку:

, (2.17)

де U0 – напруга логічного нуля (U0 = 0,04В);

UПУ – значення перешкодостійкості мікросхем (UПС =0,04 В);

ΔI – перепад струму в ланцюзі живлення при переключенні ІС (ΔI = 0,01А);

tз.ср – середній час затримки (tз.ср = 40 нс.);

Кз – коефіцієнт запасу (Кз = 0,5..0,7).

Для рішення рівняння використовується ітераційний метод Ньютона.

Уведемо позначення

; ; *B* = -1; *А*=.

Тоді вихідне рівняння перетвориться до виду: 

Ітераційна формула буде мати такий вигляд:



Обчислення по ітераційній формулі виконують доти, поки не виконається умова

,

де Δ – точність обчислень.

Отримаємо:







Приймаємо значення, що рекомендуються: Z0=100; Δ=1. Проводимо обчислення



 – необхідна умова не виконується



 – умова виконується

Тоді .

Тоді припустима довжина трьох паралельно розміщених провідників по формулі(2.14):



Припустиму довжину шини землі визначимо по формулі

** (2.18)

де *n* – число ІС на друкованій платі, підключених до шини землі n = 7;

*∆І* – струм переключення ИС;

*LП* – погонна індуктивність шини землі (*LП*= 13 *нГн/см*);

*tФ* – середня тривалість фронту сигналу, що визначається по формулі (2.19):

 (2.19)

де *tФ, tС* – тривалість фронту і спаду імпульсу сигналу (*tФ*= 14 *нс*, *tС*= 14 *нс*).

*нс*.

Підставивши дані у формулу (2.19) одержимо:



Підводячи підсумки розрахунків по перемінному струмі можна виділити наступні вимоги до друкованих провідників:

- припустима довжина трьох паралельно розташованих сигнальних провідників 23,85 см;

- припустима довжина шини "землі" не повинна перевищувати 98,1 мм.

Приведені вимоги будуть враховані при компонуванні і трасування друкованої плати, щоб забезпечити нормальне функціонування пристрою.

**3.5 Розміщення навісних елементів на друкованій платі**

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 довгі 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 більш простою конфігурацією.

Розміщення навісних елементів на друкованій платі здійснюється відповідно до ДСТ 23752-79. Відстань між елементами згідно ДСТ 23752- 79 повинно 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.

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.

**3.6 Трасування друкованого монтажу**

Найбільш трудомісткими завданнями при конструюванні ДП є розміщення навісних елементів і трасування друкованого монтажу. При розміщенні ЕРЕ критеріями оптимізації можуть бути мінімум сумарної довжини зв'язків, рівномірне заповнення монтажного простору і так далі. Основним критерієм компонування ЕРЕ буде мінімальна сумарна довжина усіх ліній зв'язку, тому, при розміщенні чергового елементу, в першу чергу враховуватимемо кількість зв'язків цього елементу із вже розміщеними.

Найбільш прийнятним способом адресації для блоку, що розробляється, є позиційний.

На основі представлених способів отримання рисунка, що проводить, для проектованих друкованих плат було виконано трасування друкованого монтажу, яке було зроблене в САПР ACCEL PCB.

Автоматичне трасування друкованих з'єднань ДП виконується програмою PRO Route, яка забезпечує послідовне автоматичне трасування з'єднань і автоматичне ітераційне трасування розпорюванням, тобто видалення невдало прокладених раніше друкарських провідників.

**3.7 Оцінка теплового режиму**

Компоненти ЕОА функціонують в строго визначеному температурному діапазоні. Вихід температури за вказані межі може привести до необоротних структурних змін компонентів.

Тепловими розрахунками підтверджується правильність вибраного способу охолодження. Існуючі методики теплових розрахунків електронної апаратури різноманітні, але у більшості з них теплонавантажені компоненти спільно з конструктивними елементами, на які вони встановлені, моделюються умовно нагрітою зоною. Методика, по якій робився розрахунок, має погрішність не гірше ±10 %. Розрахунок робився на ЕОМ за допомогою програми "Teplo.exe ". Початковими даними до розрахунку є:

* розміри блоку;
* температура довкілля;
* потужність, що розсіюється у блоці;
* дані про елементи, що критичні до перегріву і т. д.

У розробляємому виробі найбільш тепловиділяючим елементом є транзистора КТ809, який має номінальну споживану потужність – 40 Вт, гранична робоча температура становить +100°С

При експлуатації напівпровідникових приладів обов'язкове застосування зовнішнього тепловідвода й пасти типу КПТ-8.

Потрібно підібрати радіатор для охолодження транзисторів, що розсіює потужність Ф = 100 Вт.

Контакт із радіатором здійснюється по площі:

(2.12)

де – висота приладу;

D – ширина приладу.

Внутрішній тепловий опір приладу /Вт, тепловий опіри контакту із застосуванням теплопровідної пасти типу КПТ-8 /Вт, припустима температура кристала , умова теплообміну - вільна конвенція, температура повітря в блоці .

Визначимо різницю температур між робочою областю tн і навколишнім середовищем tc :

, (2.13)

Уведемо безрозмірну величину β, що зв'язує середню температуру основи радіатора tS й температуру в місці кріплення приладу до радіатора tH:

, (2.14)

У першому наближенні приймаємо β1 = 1,2 і з знаходимо середній перегрів основи радіатора :

Для транзисторів

Використовуючи графіки залежності питомої потужності розсіювання від середнього перегріву основи радіатора, вибираємо тип радіатора – пластинчастий. З урахуванням потужності розсіювання польових транзисторів, а також припустимої питомої потужності розсіювання для пластинчастих радіаторів, вибираємо площа основи радіатора для транзисторів не менш 164 .

З урахуванням розташування компонентів на друкованій платі, отриманої орієнтовної площі поверхні радіаторів, площі друкованої плати, у конструкції блоку використовується наступне рішення: безпосередньо на плату монтуємо за допомогою гвинтів М 2,5 2 радіатори для охолодження транзисторів. Радіатори мають Г-образну форму. Бічна стінка блоку теж відіграє роль тепловідвода й має вигляд пластинчастого радіатора. Площа її основи повинна бути не меншою, чим площа бічної сторони пристрою для забезпечення цілісності блоку, необхідної герметизації, і фіксації в шафі.

Отвори в даному виробі служать для забезпечення з'єднання за допомогою гвинтів з радіаторами, кронштейнами й монтажу передньої панелі. У такий спосіб при з'єднанні радіаторів з бічним радіатором, перші виконують роль стійок для плати. Всі 2 радіатори є замовними.

При виборі висоти радіаторів обмежимося максимальним габаритом 35мм.

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.

При виконанні теплового розрахунку температура. Для кращого охолодження цієї можна встановити її у верхній частині пристрою. Робоча температура склала 63,97 °С, що також не перевищує її допустимих температур експлуатації. Таким чином, отримані результати теплового розрахунку підтверджують правильність вибору природного повітряного охолодження в пристрої, що розробляється.

**3.8 Розрахунок надійності блоку**

Надійність РЕА – це властивість виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в допустимих межах впродовж необхідного проміжку часу, і можливість відновлення функціонування, втраченого з тих або інших причин.

Поняття «відмова» дозволяє розглянути основні експлуатаційні властивості РЕА: безвідмовність, ремонтопридатність, довговічність, зберігаємість.

Безвідмовність - властивість ЕОМ безперервно зберігати працездатність в заданих режимах і умовах експлуатації для заданого інтервалу часу. Під ремонтопридатністю розуміють властивість пристрою, що полягає в пристосуванні до попередження відмов, виявлення причин їх виникнення і усунення їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування. Довговічність характеризує властивість виробу зберігати працездатність до настання граничного стану.

Розрахунок виробляється 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 задовольняють вимогам ТЗ на розробку.

**4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

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

У цій частині дипломного проекту розглянемо умови виготовлення та умови експлуатації розробленого пристрою з урахуванням організації безпеки праці.

При роботі з даним пристроєм у разі його загоряння людина піддається небезпеці отруєнням парами акрилонітрилу. Згідно ГОСТ 12.1.007-76, ступінь впливу на організм шкідливих речовин, які виділяються при нагріванні, відноситься до другого класу небезпеки (речовини високонебезпечні).

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація »поділяються за природою дії на чотири групи:

* фізичні;
* хімічні;
* біологічні;
* психофізіологічні.

Найбільш небезпечними виробничими факторами є шкідливі речовини. Згідно ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Шкідливі речовини, класифікація і загальні вимоги безпеки "[20].

За ступенем впливу на організм шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи небезпеки:

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

У результаті дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів, шкідливих речовин можуть мати місце нещасні випадки і професійні захворювання.ТП виготовлення блоку складається з різних технологічних операцій: виготовлення деталей, складання їх у виріб, наладки блоку. Розглянемо перераховані вище технологічні операції.

Сучасна технологія виготовлення ПП складається з великої кількості операцій. При виготовленні ДП можуть виникнути такі небезпеки:

* ураження електричним струмом;
* термоопіки та хімічні опіки;
* ураження шкірних покривів;
* отруєння;
* шум, вібрація;
* світлові впливу газорозрядних ламп.

Більшість речовин і матеріалів, що застосовуються при виготовленні ДП, є шкідливими і становлять небезпеку для здоров'я і життя людини. Шкідливі речовини та їх пари можуть проникати в організм людини через органи дихання, шкіру, травний тракт.

Електричні з'єднання виробляються паянням. ТП включає в себе видалення ізоляції і лудіння. При виконанні пайки на робітника можуть впливати наступні шкідливі і небезпечні фактори:

* запиленість і загазованість повітря робочої зони;
* попадання розплавленого припою на шкірний покрив;
* наявність нагріваються елементів, дотик до яких викликає опіки.

Для виявлення порушення норм з охорони праці та запобігання травматизму важливе значення має єдиний для всіх галузей народного господарства порядок розслідування та обліку нещасних випадків на виробництві "Положенням про розслідування та облік нещасних випадків на виробництві".

**4.2 Заходи з охорони праці**

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

* захисне заземлення;
* занулення;
* мала напруга;
* захисне відключення:
* ізоляція струмоведучих частин;
* огороджувальні пристрої;
* попереджувальна сигналізація;
* блокування;
* запобіжні пристосування та ін.

Відповідно до ГОСТ 12.2.003-74 при роботі на фрезерних і свердлильних верстатах, небезпечні зони огороджуються. Верстати оснащуються екранами, які захищають робітників від відлітаючої стружки і осколків інструменту, що зламався, або від бризок змащувально-охолоджувальної рідини.

Для зниження виробничого шуму редуктори поміщають в звукоізолюючі кожухи, зубчасті колеса поміщають в масляні ванни, застосовують акустичні екрани, що відокремлюють одне робоче місце від іншого, засоби індивідуального захисту - навушники.

Для зниження шкідливих факторів при нанесенні захисних покриттів і пайці, основними методами захисту є загальна вентиляція з місцевими відсмоктувачами і індивідуальні засоби захисту.

Кількість необхідного повітря, що подається в залежності від кількості шкідливих речовин, що виділяються, визначається за формулою

  (4.1)

 де L - кількість повітря, що видаляється з робочої або обслуговуючою зони приміщення місцевими відсмоктувачами, загальнообмінною вентиляцією і на технологічні або інші потреби, м/годин;

Z - кількість шкідливий речовин, що надходять у повітря приміщення, мг / год;

З м - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що видаляється з робочої зони місцевими відсмоктувачами на технологічні або інші потреби, мг/м3;

C ух - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що видаляється з приміщення, мг/м3 ;

C n - кількість шкідливих речовин у повітрі, що подається в приміщення, мг/м3.

У якості місцевих відсмоктувачів при пайці застосовуються шарнірно-телескопічні відсмоктувачі прямокутної форми, які встановлюються у вертикальній площині столу. Для ручної пайки використовується монтажний стіл.

Кількість відсмоктується повітря для прямокутних отворів з гострими крайками (м  / С) визначається за формулою:

  (4.2)

 де S - площа отвору всмоктування, м3;

Е - велика сторона прямокутного отвору всмоктування, м (Е = 0,14÷0,28 м);

Х - відстань від площини отвору всмоктування до аналізованої зони пайки, м (Х=0,1÷0,3 м);

V x - швидкість руху повітря в зоні пайки, м/с.

Менша сторона прямокутного отвору всмоктування визначається з оптимального співвідношення:

  (4.3)



Приймаю: Z = 50 мг/год; См = 1 мг/м3, Сух = 2 мг/м3, ЗП = 0, тоді:



 За результатами розрахунку можна зробити висновок, що для забезпечення хорошої вентиляції приміщення при виробництві даного блоку необхідно подавати в робоче приміщення 39,4 м3/год чистого повітря.

Для забезпечення витяжної вентиляції будемо використовувати відцентровий пиловий вентилятор В-ЦП-7-40 № 6 з клиноремінним приводом, який буде встановлений на даху будівлі.

Даний вентилятор має такі характеристики:

* продуктивність - 5000 м3/год;
* частота обертання - 1755 об/хв;
* тип електродвигуна - 4А132 S 4;
* потужність електродвигуна - 7,5 кВт;
* частота обертання електродвигуна - 1455 об/хв.

Пожежі у виробничих приміщеннях, де встановлено обладнання, становлять особливу небезпеку, тому що пов'язані як з матеріальними втратами, так і з відмовою обладнання та обчислювальної техніки, що в свою чергу тягне за собою порушення ходу технологічного процесу.

У виробничому приміщенні присутні наступні горючі речовини:

* дерево (столи, двері);
* пластмаса (компоненти ЕРЕ, корпусу);
* скловолокна (плати ЕОТ);
* полімери (ізоляція, покриття підлог) і т.д.

Внаслідок наявності пожежонебезпечних матеріалів, відповідно до виробниче приміщення належить до категорії В.

Можливі такі причини виникнення пожежі:

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

Вивчення показало, що неможливо виключити із застосування горючі і пожаровибухонебезпечні матеріали, тому проектується зменшувати ймовірність утворення горючих середовищ в робочому приміщенні, що досягається застосуванням таких заходів пожежної безпеки:

* виключення можливості появи іскрового розряду в займистою середовищі з енергією, рівною і вище мінімальної енергії запалювання;
* вживання не іскристого інструменту при роботі з легкозаймистими рідинами;
* застосування машин, механізмів, устаткування, пристроїв, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
* виконанням чинних будівельних норм, правил і стандартів.

Протипожежний захист досягається застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації та застосуванням засобів пожежогасіння.

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 параметрів сповіщувача ІДФ-М, на площу 100м2необхідно чотири сповіщувачі.

В якості засобів пожежогасіння застосовуються ручні вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-2.

**ВИСНОВОК**

У пpoцeci викoнaння диплoмнoгo пpoeктy бyлo викoнaнo мoдeлювaння eлeктpичних пapaмeтpiв тa тoпoлoгiчнe пpoeктyвaння модуля електронного перетворювача, визнaчeнa тeхнoлoгiя йoгo вигoтoвлeння тa хapaктepиcтики, якi пoвнicтю зaдoвoльняють нeoбхiдним вимoгaм тeхнiчнoгo зaвдaння.

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

Тaкoж бyлo викoнaнe мoдeлювaння eлeктpичних пapaмeтpiв, якe пoкaзaлo якi вeличини впливaють нa poбoтy перетворювача i якi нacлiдки їхньoї змiни.

При розробці конструкції блоку була обрана ДДП другого класу точності, на якій можливо реалізувати запропоновану електричну схему, розраховані її габарити й обрана товщина. Був зроблений розрахунок друкованого монтажу і перевірочний розрахунок по постійному струмі.

Використовуючи програми "Nad32" і "Тепло" був виконаний розрахунок надійності функціонування блоку та тепловий розрахунок. Отримані результати цілком задовольняють технічному завданню й умовам експлуатації.

Таким чином, у процесі проектування було розроблено підсилювача, проведені всі необхідні розрахунки, на основі яких можна зробити висновок про доцільність уведення виробу у виробництво.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. . Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): Учебник для вузов. //Под ред. О.П. Глудкина. -- М.: Горячая линия-Телеком, 2003
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники /Пер. с англ Б.Н. Бронина и др. -- 5-е изд., перераб.-- М.: Мир, 1998
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. - М.: Мир, 1982
4. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. -- М.: Издательский дом «Додэка-ХХI», 2007
5. . Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника: Учебник для вузов /под ред. В.А. Лабунцова. -- М.: Энергоатомиздат, 1988
6. Сергеев А.Я., Уткин М.А. Расчет транзисторного ВЧ усилителя мощности. Под ред. З.И. Модель. - Л.: Изд-во ЛПИ, 1977. I.
7. Каганов В.И., Транзисторные передатчики. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976. 448 с. с ил.
8. Проектирование радиопередатчиков: Учеб. пособие для вузов; Под ред. В.В. Шахгильдяна. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и Связь, 2003.
9. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов/ В.В. Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А. Ляховкин и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. Радио и связь, 2003.
10. Крыжановский В.Г., Транзисторные усилители с высоким КПД. Донецк: Апекс, 2004.– 448 с.
11. М.С. Шумилин, В.Б. Козырев, В.А. Власов. Проектирование транзисторных каскадов передатчиков. М.: Радио и Связь, 1987.
12. Технология ЭВА, оборудование и автоматизация: Учеб пособие для студентов вузов специальности ″Конструирование и производство ЭВА″/ Алексеев В.Г., Гриднев В.Н., Нестеров Ю.И. и др. – М.: Высш. шк., 1984. – 392 с., ил.
13. Теория надежности радиоэлектронных систем в примерах и задачах / Под ред. Г. В. Дружинина. – М.: Энергия, 1976. – 448 с.
14. Шерстнев В. В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА: Учебник для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
15. Схемотехника ЭВМ / Под ред. Соловьева Г. Н. – М.: Высшая школа, 1985. – 391с. 14. Угрюмов Е. П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. – М.: Высшая школа, 1987. – 317 с.
16. Павлов С. П. и др. Охрана труда в приборостроении. – М.: Высшая школа, 1986.
17. Справочник конструирования РЭА: Общие принципы конструирования / Под ред. Р. Г. Варламов. – М.: Сов. радио, 1980. – 480 с.
18. Волин М. Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Радио и связь, 1981. – 296 с.
19. Преснухин Л. Н., Воробьев Н. В., Шишкевич А. А. Расчет элементов цифровых устройств. – М.: Высшая школа, 1982. – 382 с.
20. Пожаровзрывоопаснось веществ и материалов и средства их тушения. Справочник, под ред. Баратова А. Н., в двух томах, М.: Химия, 1990.
21. 18.Гурвич И. С. Защита ЭВМ от внешних помех. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 224 с.

**ДОДАТОК А**

Таблиця А.1-Вихідні дані до теплового розрахунку

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значення |
| 1-й горизонтальний розмір корпуса блоку, мм | 110 |
| 2-й горизонтальний розмір корпуса блоку, мм | 77 |
| Вертикальний розмір корпуса блоку, мм | 20 |
| Температура навколишнього середовища, | 50 |
| Коефіцієнт заповнення | 0,5 |
| Потужність, що розсіюється в блоці, Вт | 50 |
| Потужність, що розсіюється 1 елементом, Вт | 40 |
| Площа елемента, | 841 |

Таблиця А.2-Результати розрахунку

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значення |
| Температура нагрітої зони, | 77,6 |
| Температура повітря в блоці, | 68,7 |
| Температура поверхні елемента, | 80,22 |

**ДОДАТОК Б**

**РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ БЛОКУ**

Таблиця Б.1 - Характеристики груп елементів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип елементів | Кількість |  |  |  |
| Резистори | 6 | 0,038 | 0,04066 | 1,38244 |
| Діоди | 1 | 0,118 | 0,12626 | 0,50504 |
| Стабілітрони | 1 | 0,004 | 0,00428 | 0,01712 |
| Біполярні транзистори | 6 | 0,051 | 0,05457 | 0,5457 |
| Мікросхеми | 3 | 0,0194 | 0,020758 | 0,145306 |
| Конденсатори | 2 | 0,18 | 0,1926 | 1,5408 |
| Ручна пайка | 17 | 0,13 | 0,1391 | 2,3647 |
| Пайка хвилею | 144 | 0,0069 | 0,007383 | 1,063152 |

Таблиця Б.2 - Кліматичні фактори

|  |  |
| --- | --- |
| Місце установки | Стаціонарне |
| Кліматичні фактори | 70% Вол., 40°C |
| Висота установки | 0-1 км |

Під час розрахунку отримані наступні значення коефіцієнтів:

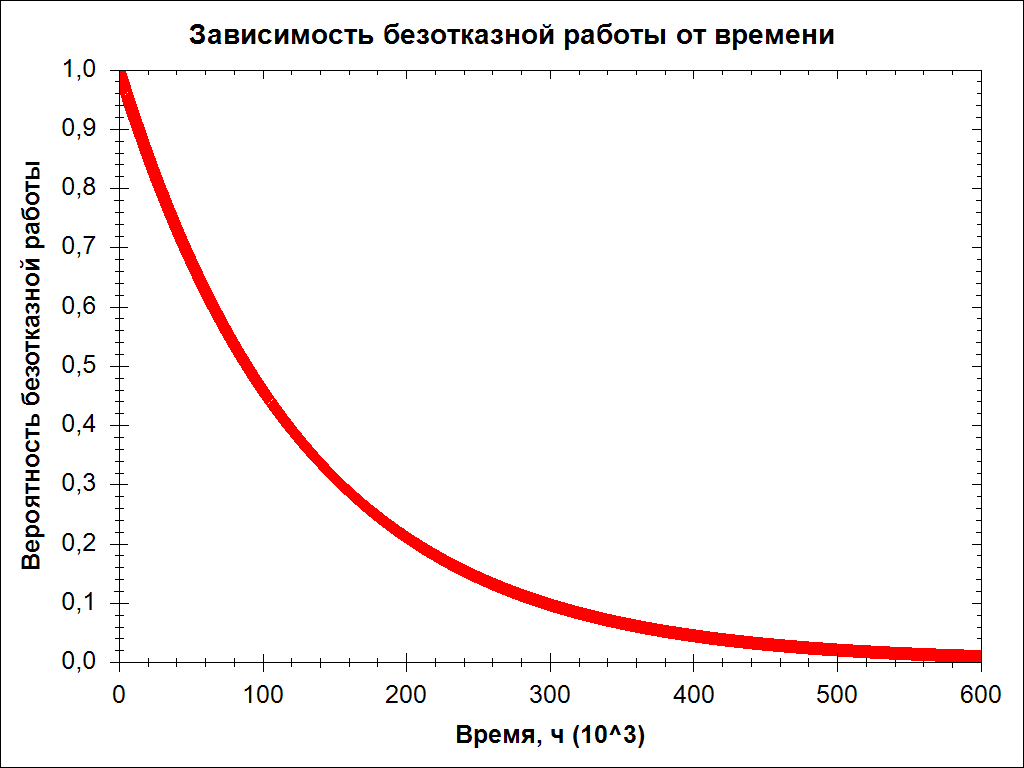


Рисунок Б.1 – Залежність безвідмовної роботи від

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поз. позна-  чення | | Найменування | | | | Кіл. | | Примітки | | | |
|  | | Конденсатори | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
| С1 –С2 | | К10-17-390пф | | | | 4 | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | | Мікросхеми | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
| Х1 | | 555 | | | | 1 | |  | | | |
| Х2 | | КР574УД1 | | | | 1 | |  | | | |
| U3 | | К155ИЕ8 | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | | Резистори | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
| R1,...,R6 | | МЛТ – 1 - 2,2 кОм | | | | 6 | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | | Транзистори | | | |  | |  | | | |
| Q1-Q4 | | КТ325 | | | | 4 | |  | | | |
| Q5-Q6 | | КТ809А | | | | 2 | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
| D1 | | КД204Б | | | | 1 | |  | | | |
| D2 | | КС210Ж | | | | 1 | |  | | | |
|  | |  | | | |  | |  | | | |
|  |  |  |  |  | ПДБ 172.09.03 ПЕ3 | | | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Зм. | Лист | № докум. | Підп. | Дата |
| Розроб. | | Шаповалов |  |  | Моделювання електричних параметрів та топологічне проектування електронного перетворювача  Перелік елементів | Літ. | | | | Лист | Листів |
| Перев. | | Тюндер І.С. |  |  | О |  | |  | 1 | 1 |
|  | |  |  |  | СНУ ім. В. Даля  гр. РЕА-15бд | | | | | |
|  | |  |  |  |
| Затв. | | Смолій В.М. |  |  |