**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Навчально-науковий інститут інноваційних освітніх технологій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

**ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_проф. Г.В.Конахович

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ**

**“МАГІСТР”**

**Тема роботи:** Вхідний трьохкаскадний транзисторний підсилювач

**Розробив** Д. Ю. Чалий

**Керівник**  К.С. Сундучков

**Консультанти з розділів:**

**Охорона праці** І. В. Якимець

**Охорона навколишнього середовища** І. Н. Горбач

**Нормоконтролер** М. М. Малоєд

Київ 2020

Навчально-науковий інститут інноваційних освітніх технологій

Кафедра авіаційних радіоелектронних комплексів

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Апаратура радіозв’язку, радіомовлення і телебачення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. В.М. Васильєв

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

«\_\_\_» грудня 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботи студента

**ЧАЛОГО ДМИТРА ЮРІЙОВИЧА**

**1. Тема роботи:** Вхідний трьохкаскадний транзисторний підсилювач

Затверджена наказом по університету “22” листопада 2019р. №2701/ст

**2.Термін здачі** закінченої роботи на кафедру 17 лютого 2020 р.

**3. Вихідні дані до проекту**

Частота робочого каналу частот.

Система контролю та діагностики – автоматична.

Вхідний трьох каскадний транзисторний підсилювач потужності застосувати для підсилення потужності.

Електроживлення від промислової електромережі 220 В 50 Гц.

Вхідний трьох каскадний підсилювальний каскад.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки**

(перелік розроблюваних питань):

Огляд трьохкаскданих підсилювачі потужності.

Розробка структурної і принципової схем трьох каскадного підсилювача потужності.

Розробка і функціонування агрегативної моделі.

Приклад розрахунку характеристик агрегативної моделі

Охорона праці.

Охорона навколишнього середовища.

**5. Перелік спеціального графічного матеріалу**:

Графічне представлення агрегативної моделі трьохкаскадного підсилювача потужності

Оператор спряження

**6. Консультанти з окремих розділів**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Розділ** | **Консультант** | **Підпис, дата** | |
| **Завдання видав** | **Завдання прийняв** |
| Охорона праці | І.В. Якимець |  |  |
| Охорона навколишнього середовища | І. Н. Горбач |  |  |

**7. Дата видачі завдання** 16 грудня 2019 р.

Керівник К.С. Сундучков

Завдання прийняв до виконання Д.Ю. Чалий

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Найменування етапів роботи** | **Термін виконання етапів роботи** | **Примітка** |
| 1 | Ознайомлення з тематикою дипломних робіт. Вибір теми. | 16.12.2019 | виконано |
| 2 | Обробка матеріалів за темою дипломної роботи: журнали, Інтернет | 23.12.2019 | виконано |
| 3 | Розробка агрегативної детермінованої математичної моделі вхідного трьох каскадного транзисторного підсилювача потужності | 30.12.2019 | виконано |
| 4 | Обґрунтування основних тактико-технічних характеристик та структурної схеми вхідного трьохкаскадного транзисторного підсилювача потужності | 10.01.2020 | виконано |
| 5 | Обгрунтування функціональнох та принципової схеми основних вхідних трьох каскадних транзисторних підсилювачів потужності | 15.01.2019 | виконано |
| 6 | Питання технічного обслуговування та ремонту вхідного трьох каскадного транзисторного підсилювача потужності | 25.01.2019 | виконано |
| 7 | Графічний матеріал. | 08.02.2020 | виконано |
| 8 | Оформлення електронного варіанту ПЗ та графічного матеріалу до ПЗ. | 10.02.2020 | виконано |
| 9 | Подання на кафедру.Усунення недоліків.  Оформлення пояснювальної записки. | 12.02.2020 | виконано |
| 10 | Електронна версія доповіді, ілюстративний матеріал доповіді. | Перед захистом | виконано |

Студент-дипломник Д.Ю. Чалий

Керівник роботи К.С. Сундучков

УДК 621.375.026 (083.94)

Вхідний трьохкаскадний транзисторний підсилювач потужності: Дипломна робота / Керівник: К.С. Сундучков

У пояснювальній записці до дипломної роботи наведений аналіз вхідних трьох каскадних підсилювальних каскадів. Розроблено агрегативну модель трьохкаскадного підсилювального каскаду та виконано сполучення агрегатів системи. Розглянуті питання охорони праці та навколишнього середовища.

Стор. 89, рис. 17, табл. 4, список літ.: 25 джерел

**ЗМІСТ**

[ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 8](#_Toc32480333)

[ВСТУП 9](#_Toc32480334)

[1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ВХІДНИХ ТРЬОХКАСКАДНИХ ТРАНЗИСТОРНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ПІДСИЛЮВАЧА 10](#_Toc32480335)

[1.1 Призначення вхідних трьох каскадних транзисторних підсилювачів 10](#_Toc32480336)

[1.2 Класифікація вхідних трьох каскадних транзисторних підсилювачів 10](#_Toc32480337)

[1.3 Коефіцієнт підсилення вхідного трьох каскадного транзисторного підсилювача 15](#_Toc32480338)

[1.4 Діапазон підсинюваних частот 17](#_Toc32480339)

[2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ І ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ВХІДНОГО ТРЬОХКАСКАДНОГО ТРАНЗИСТОРНОГО ПІДСИЛЮВАЧА 21](#_Toc32480340)

[2.1 Розробка структурної схеми підсилювача 21](#_Toc32480341)

[2.2 Розробка принципової схеми підсилювача 22](#_Toc32480342)

[2.3 Обґрунтування вибору елементної бази 23](#_Toc32480343)

[3. РОЗРОБКА І ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРЕГАТИВНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ТРЬОХКАСКАДНОГО ТРАНЗИСТОРНОГО ПІДСИЛЮВАЧА 31](#_Toc32480344)

[3.1 Кінцевий автомат. 31](#_Toc32480345)

[3.2 Агрегативна детермінована математична модель динамічної системи (ДС). 35](#_Toc32480346)

[3.3 Розробка агрегативної моделі трьох каскадного транзисторного підсилювача 44](#_Toc32480347)

[3.4 Початкові дані і результати параметрів розрахунку за допомогою математичних моделей системи 48](#_Toc32480348)

[3.5 Висновок 51](#_Toc32480349)

[4 ОХОРОНА ПРАЦІ 52](#_Toc32480350)

[4.1 Організація робочого місця оператора ЕОМ та монтажника радіоелектронних компонентів. 52](#_Toc32480351)

[4.2 Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження шкідливих виробничих чинників 60](#_Toc32480352)

[4.3 Пожежо- та вибухонебезпека в приміщеннях для розробки радіоелектронної аппаратури 72](#_Toc32480353)

[4.4 Інструкція з охорони праці монтажника радіоелектронних компонентів під час виконання робіт. 74](#_Toc32480354)

[5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 77](#_Toc32480355)

[5.1 Вступ 77](#_Toc32480356)

[5.2 Законодавча база охорони навколишнього середовища 78](#_Toc32480357)

[5.3 Вплив викидів в атмосферу небезпечних речовин при пайці 80](#_Toc32480358)

[5.4 Вплив на оточуюче середовище виготовлення друкованих плат 85](#_Toc32480359)

[5.5 Висновки 86](#_Toc32480360)

[ВИСНОВКИ 87](#_Toc32480361)

[ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 88](#_Toc32480362)

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

|  |  |
| --- | --- |
| АПД | агрегат представлення даних |
| АЦ | центральний агрегат |
| БПА | підсистема буферних агрегатів |
| ВБГ | вхідний блок гетеродину |
| ВВ | вхідна-вихідна послідовність |
| ВЗЗ | від’ємний зворотній зв’язок |
| ВІП | вторинне джерело живлення |
| ВСП | вузькосмугові підсилювачі |
| ВЧ | високої частоти |
| ВЧ | висока частота |
| ДС | динамічна система |
| ЕОМ | електронно-обчислювальна машина |
| ЗЕ | загальним емітером |
| ЗК | загальним колектором |
| ІМС | інтегральних мікросхем |
| ККД | коефіцієнт корисної дії |
| КЛА | кусочно-лінійний агрегат |
| НР | напрацювання ресурсу |
| НЧ | низької частоти |
| ПВЧ | підсилювачі високих частот |
| ПВЧ | приймальна вхідна система |
| ПЗА | підсистема забезпечуючих агрегатів |
| ПЗКЧ | ультразвукової частоти |
| ПК | персональний компьютер |
| ПНЧ | підсилювачі низьких частот |
| ПП | печатна плата |
| ППТ | підсилювачі постійного струму |
| ППЧ | підсилювач проміжної частоти |
| ПР | перетворювач частоти |
| ПУ | параметричний підсилювач |
| ПЧ | проміжної частоти |
| САРТ | система автоматичного регулювання температури |
| СТ | сигнальний тракт |
| СТН | стабілізований тракт накачування |
| ТРП | транзисторний підсилювач |
| ФЧХ | фазо-частотна характеристика |
| ШСП | широкосмугові підсилювачі |

# ВСТУП

В шістдесяті роки в СРСР почались розробки міжконтинентальних ракет, супутників і ракет носіїв супутників. У ці ж роки активно стали розвиватись ряд нарямків в математиці, в методах проектування, рішення задач оптимізації при створенні космічної техніки.

Показово стало зростання і результати його успіху системного проектування, що потребували рішення задач синтезу з оптимізацією шуканого рішення. Використаня етапу системного проектування стало залучення великої кількості параметрів, що навіть після нормування не вирішували проблему їх вивчення і розрахунку, тим паче використання при оптимізації. Наприклад маса, ціна, час напрацювання та інші.

Рішенням стала вимога, якщо воно відмічено в технічному завданні, то з цим параметром працюють як з будь-яким іншим. Математичні моделі створюються для його розрахунку, проводиться нормування для виключення різнорідної розмірності, то їх можна на ряду з іншими використовувати у цільовій функції.

В роботі, на ряду з традиційним рішенням по теорії кіл, розглянуті агрегативні моделі і показані алгоритми рішення оптимізаційної задачі. Додатково представлена загальна теорія розробки агрегативної моделі, задані математичні моделі для трьохкаскадного підсилювача потужності сигналу та наведено у якості прикладу розрахунок показників даного агрегату.

# 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ВХІДНИХ ТРЬОХКАСКАДНИХ ТРАНЗИСТОРНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ПІДСИЛЮВАЧА

## 1.1 Призначення вхідних трьох каскадних транзисторних підсилювачів

У блок-схемі багатокаскадного підсилювача перший вхідний каскад призначений для узгодження опору датчика вхідного сигналу з вхідним опором підсилювача при одночасному посиленні вхідного сигналу по струму або напрузі.

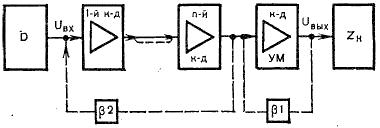


Рис. 1.1 − Блок-схема багатокаскадного підсилювача

Останній − кінцевий, або вихідний, каскад є каскадом підсилення потужності, що передається в корисне навантаження.

Всі інші проміжні каскади, включаючи передокінечний каскад, забезпечують посилення корисного сигналу по напрузі або струму до величини, необхідної для оптимальної роботи вихідного каскаду, при якій відбирається в навантаження максимально можлива корисна потужність каскаду при допустимій величині нелінійних спотворень.

На блок-схемі пунктиром показані ланцюги негативного зворотного зв'язку b1 і b2, які, зменшуючи коефіцієнт підсилення, покращують інші більш важливі якісні показники підсилювального пристрою.

## 1.2 Класифікація вхідних трьох каскадних транзисторних підсилювачів

Трьохкаскадні підсилювачі характеризуються різними ознаками, параметрами і характеристиками. За цими ознаками їх класифікують:

1) підсилювачі на електронних підсилювальних лампах, на транзисторах, на тиристорах, на тунельних діодах, на мікросхемах і т. п .;

2) по частотним властивостями - підсилювачі напруги або струму низької частоти (НЧ), високої частоти (ВЧ), проміжної частоти (ПЧ), ультразвукової частоти (ПЗКЧ), вузькосмугові і широкосмугові підсилювачі, підсилювачі постійного струму (ППТ);

3) за видом міжкаскадного зв'язку − підсилювачі з RС-зв'язком, в яких застосовуються роздільні конденсатори між каскадами; підсилювачі з трансформаторним зв'язком між каскадами; підсилювачі з смуговим коливальним контуром зв'язку між каскадами; підсилювачі з безпосереднім гальванічним зв'язком між каскадами;

4) по виду використовуваної послідовного або паралельного негативного зворотного зв'язку по напрузі або струму;

5) по режимам роботи в класах А, В, АВ, С, Д;

6) по співвідношенню величини вхідного опору першого каскаду Rвх к-ду, у порівнянні із велчиною опору датчика Rг вхідного сигналу розрізняють: а) режим холостого ходу (хх), коли Rвх к-да>> Rг; б) режим короткого замикання (кз), коли Rвх к-да << Rг; в) режим узгодження, коли Rвх к-да » Rг, при якому від датчика вхідного сигналу передається на вхід підсилювача найбільша вхідна потужність сигналу;

7) по співвідношенню величини вихідного опору з боку вихідних клем підсилювача порівняно з величиною опору навантаження Rн розрізняють наступні режими роботи:

а) режим хх, коли Rвих << Rн;

б) режим кз, коли Rвих >> Rн;

в) режим узгодження, коли Rвих >> Rн.

Серед багато каскадних підсилювальних каскадів найбільш широкого вжитку набули підсилювачі змінного струму з резистивно-ємнісними міжкаскадними зв'язками (з RС-зв'язками).

Вони мають добрі частотні властивості, невеликі габарити, високу надійність і тому широко використовуються як при створенні підсилювачів на дискретних елементах, так і в інтегральному виконанні. На рис. 1.2 наведена схема такого підсилювача.

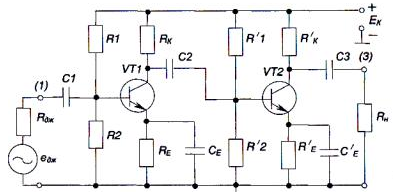


Рис. 1.2 − Двокаскадний підсилювач з резистивно-ємнісним зв'язком

Підсилювач складається з двох каскадів підсилення, виконаних на транзисторах VT1 і VT2 за схемою із загальним емітером (ЗЕ). По такій же схемі будується і трьох каскадні підсилювачі

Вхідний сигнал після підсилення першим каскадом через конденсатор С2 надходить на вхід другого каскаду, з виходу якого підсилений вдруге через конденсатор С3 подається на навантаження .

Розрахунок багатокаскадного підсилювача починають з вихідного (останнього) каскаду. Потім, знаючи його вхідну напругу, яка є вихідною напругою попереднього каскаду, приступають до розрахунку попереднього каскаду і т.д. Виходячи з умови забезпечення однотипності, каскади попереднього підсилення виконують однаковими (зазвичай з найбільш можливим коефіцієнтом підсилення). Тому розрахунок завжди зводиться фактично до розрахунку одного каскаду.

Інший варіант побудови багатокаскадних підсилювачів є варіант із трансформаторним зв'язком.

В таких підсилювачах зв'язок між каскадами здійснюється за допомогою трансформаторів. Звичайно, первинна обмотка вмикається у вихідне струмове коло транзистора попереднього каскаду, а вторинна обмотка - до входу наступного каскаду або безпосередньо до навантаження. У першому випадку маємо справу з підсилювачем напруги, у другому - з підсилювачем потужності.

Структурна схема підсилювача зображена на рис. 1.3.

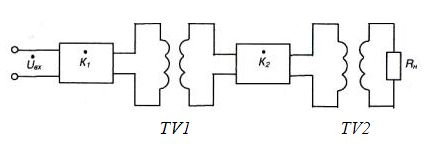


Рис. 1.3 − Двокаскадний підсилювач з трансформаторними зв'язками

У цій схемі перший каскад - підсилювач напруги, другий - підсилювач потужності Використання трансформатора надає такі переваги:

- підвищується загальний коефіцієнт підсилення як за напругою, так і за струмом;

- забезпечуються умови максимальної передачі потужності за рахунок узгодження вихідного опору каскаду з опором його навантаження (). Недоліки: підвищуються маса і габарити схеми, погіршуються частотні властивості підсилювача. Крім того, в наш час трансформатор є не технологічним виробом: технологія виробництва трансформаторів кардинально відрізняється від технології виготовлення інших вузлів підсилювача.

Ще одним з варіантів багатокаскадних підсилювачів є без трансформаторні.

Безтрансформаторні вихідні каскади підсилення якнайширше використовують як у складі інтегральних мікросхем (ІМС), так і в дискретному виконанні. Схему такого каскаду, виконану на однотипних транзисторах *п-р-п*типу, наведено на рис. 1.4.

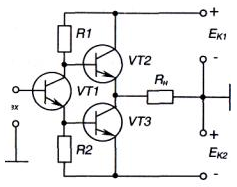


Рис.1.4 − Безтрансформаторний каскад

Транзистор *VT2* і навантаження утворюють каскад із загальним колектором (ЗК), a *VT3* і *-* каскад із ЗЕ. Сигнали, що підсилюються, надходять на входи транзисторів *VT2, VT3* із зміщенням за фазою на 180 ел. град.: одержання двох протифазних напруг забезпечує фазоінверсний каскад на транзисторі *VT2.* Транзистори *VT2* і *VT3* поперемінне відкриваються позитивними півперіодами, зумовлюючи протікання в навантаженні змінного струму.

Живлення такого каскаду можливе і від однополярного джерела. У такому випадку навантаження під’єднується через конденсатор великої ємності.

Останнім часом широко використовують каскади підсилення, побудовані на транзисторах різного типу провідності - на комплементарних парах транзисторів.

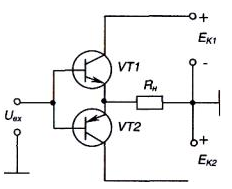


Рис. 1.5 − Найпростіший каскад підсилення

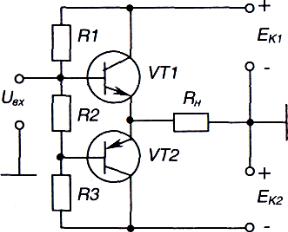


Рис. 1.6 − Безтрансформаторний каскад

Схема найпростішого такого каскаду наведена на рис. 1.5. Кожен з транзисторів разом з навантаженням тут утворює схему з ЗК.

Працює каскад у режимі класу В, який відзначається значними нелінійними викривленнями при підсиленні гармонійних сигналів.

Характерна особливість такої схеми: для неї не потрібен фазоінверсний

каскад.

При цьому за відсутності вхідного сигналу через обидва транзистори протікає невеликий струм спокою (наскрізний струм), а через навантаження не протікає.

Оскільки в цих схемах обидва транзистори увімкнені відносно навантаження як емітерні повторювачі, то вони досить просто узгоджуються з низькоомним провідності в режимі класу АВ опором навантаження і ККД при цьому досить високий. Вихідна напруга дорівнює вхідній, а підсилення потужності відбувається за рахунок підсилення струму.

## 1.3 Коефіцієнт підсилення вхідного трьох каскадного транзисторного підсилювача

Основними параметрами багато каскадних підсилювачів є:

1. Коефіцієнт підсилення по напрузі

де () та () Позначають відповідно діюче значення вихідної і вхідної напруги (струму) сигналу що підсилюється.

Для багатокаскадного підсилювача

Таким чином, результуючий коефіцієнт підсилення по напрузі багатокаскадного підсилювача визначається добутком підсилення всіх каскадів, що входять в підсилювач.

Значення коефіцієнта підсилення по струму в децибелах:

2. Коефіцієнт підсилення по струму

де - струм у навантаженні, – струм у вхідному колі підсилювача.

В робочому діапазоні частот розглядається лише модуль струмів:

де та – амплітуди вихідного та вхідного сигналу

Для багатокаскадного підсилювача

Таким чином, результуючий коефіцієнт підсилення по струму багатокаскадного підсилювача визначається добутком підсилення всіх каскадів, що входять в підсилювач.

Значення коефіцієнта підсилення по струму в децибелах:

3. Коефіцієнт підсилення по потужності

,

де – корисна потужність, що виділяється у навантаженні; корисна потужність, що витрачається у вхідному колі підсилювача.

Для багатокаскадного підсилювача

Таким чином, результуючий коефіцієнт підсилення по потужності багатокаскадного підсилювача визначається добутком підсилення всіх каскадів, що входять в підсилювач.

Значення коефіцієнта підсилення по струму в децибелах:

.

4. Шумова температура багатокаскадного підсилювача:

Коефіцієнт шуму приймача визначається в основному шумом його перших каскадів. На вході приймача слід розташовувати підсилювач з малим власним шумом і великим коефіцієнтом підсилення. Чим більше коефіцієнт підсилення першого каскаду, тим менше впливають наступні каскади на результуючий коефіцієнт шуму приймача.

## 1.4 Діапазон підсинюваних частот

Важливою характеристикою будь-якого підсилювача є його частотна (або амплітудно-частотна) характеристика, що показує залежність величини коефіцієнта підсилення підсилювача від частоти вхідного сигналу при незмінній величині вхідної напруги, тобто при .

На частотній характеристиці, показаній на рис. 1.7, б, розрізняють три області: а) область низької частоти; б) область середньої частоти; в) область верхньої частоти.

Ця характеристика показує, що найбільше підсилення корисного сигналу відбувається в області середніх частот, а в областях низької і верхньої частот відбувається завал характеристики, обумовлений реактивними (ємнісними) елементами в схемі підсилювача.

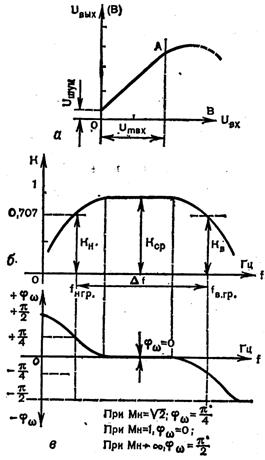


Рис. 1.7 − Характеристики підсилювачів:

а - амплітудна; б - частотна (або амплітудно-частотна); в - фазова

На цьому графіку показана робоча смуга частот в межах від верхньої граничної частоти до нижньої граничної частоти, тобто Δf = fв гран − fн гран, де завал частотної характеристики не перевищує допустиму величину більш ніж на 30% від коефіцієнта максимального підсилення. Зазвичай вісь абсцис частотної характеристики будують в логарифмічному масштабі, щоб дуже сильно не розтягувати графік.

3. Фазова характеристика, що показує величину кута зсуву фази між фазою вихідного сигналу і фазою вхідного сигналу в залежності від частоти сигналу, тобто y(f) = φвих(f) – φвх(f).

На графіку (рис. 1.7, в) видно, що фазовий кут зсуву між вихідним і вхідним напругою в області середніх частот приблизно дорівнює нулю, а в областях нижньої і верхньої частот допустима величина цього кута приблизно дорівнює p/4 = 45°.

Фазові спотворення пов'язані з наявністю реактивних елементів (ємностей і індуктивностей) в схемах підсилювальних пристроїв. Фазові спотворення істотне значення мають в осцилографічному, телевізійному, радіолокаційному, імпульсному та іншого напрямку техніки. В підсилювачах звукової частоти вони не роблять помітного впливу на сприйняття звукового сигналу людиною.

За шириною смуги частот робочого діапазону підсилювачі з лінійним режимом роботи поділяють на [широкосмугові підсилювачі](http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12830#%D0%B08) (ШСП) та [вузькосмугові](http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12830#%D0%B07) (інакше вибіркові) підсилювачі (ВСП) (рис. 1.8). Серед широкосмугових підсилювачів, залежно від діапазону середніх частот, розрізняють підсилювачі постійного струму (ППС) і підсилювачі змінного струму. Для підсилювача постійного струму (рис. 1.8,а)). Підсилювачі змінного струму, в свою чергу, об’єднують підсилювачі низьких частот (ПНЧ) і підсилювачі високих частот (ПВЧ).

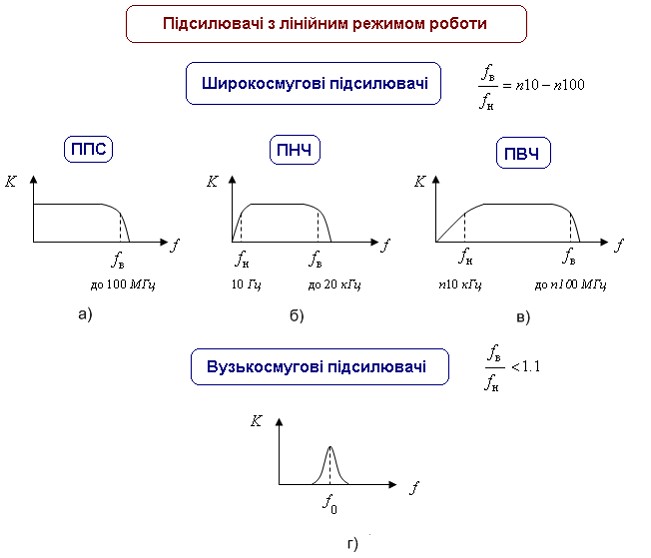


Рис. 1.8 − Класифікація підсилювачів

Широкосмугові підсилювачі застосовують для підсилення сигналів складної форми з широким спектром частот, зокрема, імпульсів. Послідовність імпульсів являє собою несинусоїдну періодичну функцію, а один імпульс можна розглядати як послідовність імпульсів з нескінченно великим періодом http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/file.php?file=/129/uploader/71_Klasifkaca_pdsiluva_v_Parametri_ta_harakteristiki_pdsiluva_v/img092.jpg. Як відомо, будь-яке періодичне збудження може бути представлене як нескінченний ряд Фур’є, що містить постійну й гармонічні складові. Імпульсний підсилювач повинен забезпечувати, по можливості, мінімальне спотворення форми імпульсів. Ця вимога зводиться до рівномірного підсилення гармонік усіх частот, що складають послідовність імпульсів. Отже, імпульсний підсилювач повинен бути широкосмуговим із якомога рівномірною частотною характеристикою. Підсилювачі, які призначені спеціально для підсилення сигналів імпульсної форми, називають імпульсними. У багатьох пристроях автоматики, обчислювальної і вимірювальної техніки, радіолокації та інших галузях широке застосування знайшли лінійні імпульсні підсилювачі, в яких амплітуда вихідного сигналу зв’язана з амплітудою вхідного через певний коефіцієнт підсилення. На сучасному етапі переважного використання інтегральної електроніки імпульсні підсилювачі виконують як підсилювачі постійного струму, смуга пропускання яких починається з нуля, що забезпечує передавання плоских вершин імпульсів майже без спотворень. Розрахункова верхня межа частотного діапазону, яка потрібна для передавання без спотворень фронтів імпульсу, забезпечується технологічними методами (високочастотні транзистори, незначні паразитні міжкаскадні ємності). Імпульсні підсилювачі в інтегральному виконанні реалізуються на різні значення коефіцієнтів підсилення за напругою.

Вузькосмугові (вибіркові) підсилювачі призначені для підсилення сигналів у вузькій смузі частот, а поза цією смугою коефіцієнт підсилення повинен сильно зменшуватися. Частотна вибірковість створює високу завадозахищеність систем, які працюють на фіксованих частотах, і це широко використовується в пристроях автоматичного керування й контролю. У багатоканальних системах зв’язку, радіо- і телевізійних пристроях вузькосмугові підсилювачі забезпечують настроювання приймального пристрою на фіксовану частоту (канал зв’язку). Є два різновиди [вузькосмугових підсилювачів](http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12847). Вибіркові підсилювачі для частот, вищих за десятки кілогерц, створюють введенням паралельного коливального LC-контура в коло навантаження підсилювача. Вузька смуга пропускання визначається частотно-вибірковими властивостями LC-контура. Оскільки опір контура найбільший в режимі резонансу, водночас має максимальне значення і коефіцієнт підсилення. Такі підсилювачі мають назву резонансні. При відхиленні частоти від резонансної опір контура зменшується, що веде до зменшення коефіцієнта підсилення. Для діапазону частот, менших за десятки кілогерц, використовування резонансних підсилювачів виявляється нераціональним з огляду на великі габарити елементів LC-контура. Низькочастотні вузькосмугові підсилювачі для діапазонів звукових і промислових частот виконують із зворотними зв’язками через частотнозалежні RC-кола (наприклад, [міст Віна та подвійний Т-подібний міст](http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12877)).

# 2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ І ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ВХІДНОГО ТРЬОХКАСКАДНОГО ТРАНЗИСТОРНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

## 2.1 Розробка структурної схеми підсилювача

У відповідності до технічного завдання стоїть задача побудувати вхідний трьох каскадний транзисторний підсилювач.

Проектування багатокаскадного підсилювача характеризується в першу чергу тим, що рішення не є однозначним. У зв'язку з цим виникає завдання вибору оптимального варіанту. Вирішуючи питання про те, яким варіантом слід віддати перевагу, необхідно, виконуючи електричний розрахунок, брати до уваги також і додаткові міркування, які пов'язані головним чином з умовами виробництва підсилювача і умовами його експлуатації.

У загальній структурі підсилювального тракту можна виділити три її основних функціональних ланки. Це вхідний каскад, один або кілька каскадів попереднього посилення, вихідний каскад. Для трьох каскадного підсилювача, перший каскад в схемі побудови буде вхідним, другий проміжним а третій вихідним каскадами. На вхідний каскад крім функції посилення покладено завдання узгодження вихідного опору джерела сигналу з вхідним опором вхідного каскаду. Під узгодженням тут розуміються заходи щодо підвищення коефіцієнта передачі вхідного ланцюга, які зазвичай досягаються за рахунок застосування у вхідному каскаді схемних конфігурацій з підвищеним вхідним опором.

 Рис. 2.1 − Структурна схема вхідного трьох каскадного підсилювача

## 2.2 Розробка принципової схеми підсилювача

При проектуванні підсилювачів змінного струму необхідно правильно вибирати елементи міжкаскадного зв'язку, оскільки саме ці елементи в більшій мірі визначають смугу пропускання підсилювача. Основним критерієм вибору елементів міжкаскадного зв'язку є рівень внесених частотних спотворень. Завданням розрахунку є забезпечення рівня внесених спотворень більше заданого, тобто забезпечення необхідної смуги пропускання підсилювача.

Принцип розрахунку ланцюгів міжкаскадного зв'язків однаковий для підсилювачів як на біполярних транзисторах, так і на польових транзисторах. Тому методику їх розрахунку розглянемо на прикладі підсилювача на біполярних транзисторах, виконаного за схемою з загальним емітером. Схема транзисторного каскаду з елементами RC-зв'язку приведена на рис. 2.2.



Рис. 2.2 − Принципова схема трьохкаскадного підсилювача на біполярних транзистора

Дана схема забезпечує високий коефіцієнт підсилення по потужності з відносно високим значенням вхідного опору (для мінімізації впливу на режим роботи джерела збудження) та низьким вихідним опором (для збільшення вихідної потужності, що може бути віддана навантаженню. Елементи зворотного зв’язку дозволяє нормалізувати коефіцієнт підсилення в робочому діапазоні частот для забезпечення незначної величини коефіцієнтів частотних спотворень як на верхній так і на нижніх частотах робочого діапазону.

## 2.3 Обґрунтування вибору елементної бази

Нехай початковими дані для розрахунку будуть наступні:

Напруга джерела живлення:

*;*

Опір навантаження наступного каскаду:

*;*

Нижня гранична частота робочого діапазону:

*;*

Верхня гранична частота робочого діапазону:

*;*

Загальний коефіцієнт підсилення:

Амплітуда вхідної напруги збудження:

Розраховуємо каскад на транзисторі *VT3*, при цьому визначаємо максимальний емітер ний струм транзистора *VT3* з умови, що на робочій частоті резистори *Rе3* та *Rн* увімкнені паралельно:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1) |

Мінімальне падіння напруги на резисторі Rк2

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2) |

Опір резистора Rк2

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.3) |

Для забезпечення термостабільності каскаду, скористуємось співвідношенням

де Si - 2…5 коефіцієнт нестабільності.

Так як для каскаду на транзисторі *VT3* Rб = Rк2 отримаємо

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |

Для вибору типу вихідного транзистора допустимо, що . Тоді транзистор VT3 має відповідати наступним вимогам:

;

;

;

*.*

У відповідності до отриманим розрахункам і вхідним даним, за довідником вибираємо транзистор BD165 із наступними параметрами:

Вважаючи, що і з урахуванням для мінімальної напруги на резисторі , занаходимо:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.5) |

Приймаємо Rе3=68 (Ом)

Розраховуємо каскад на транзисторі *VT2*.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.6) |

Приймаємо Rк2=330 (Ом).

Визначаємо струм спокою транзистора *VT2*

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.7) |
|  | (2.8) |

Приймаємо Rе2 = 54 (Ом)

Транзистор *VT2* має відповідати наступним вимогам:

(мВт).

По отриманим даним із довідника вибираємо транзистор 2N4124 із наступними параметрами:

На основі розрахункового співвідношення: отримаємо:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.9) |

Тоді:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.10) |

За умови , знайдемо:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.11) |
|  | (2.12) |

Струм спокою бази транзистора *VT2*:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.13) |

Струм дільника на резисторах 

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.14) |

що відповідає умові незалежності вихідної напруги дільника від струму бази транзистора .

Опір навантаження каскаду на транзисторі *VT2*:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.15) |

Коефіцієнт підсилення каскаду на транзисторі VT2 без урахування дії кола місцевого зворотного зв’язку (*Rвх=230 Ом*)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.16) |

Опір навантаження для каскаду на транзисторі *VT1* по змінному струму:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.17) |

Розраховуємо каскад на транзисторі *VT1*.

Резистор RК1 визначаємо з умови



Приймаємо *Rк1* = 1000 (Ом).

Струм спокою транзистора VT1 з припущення, що *UК1=Uп/2*, рівний

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.18) |

Транзистор *VT1* вибираємо з умови:

мВт.

Цим вимогам задовольняє транзистор 2N843 із наступними параметрами:

Струм спокою бази транзистора *VT1*

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.19) |

Приймаємо струм дільника на резисторах Rб1, Rб2 рівним

тоді

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.20) |

Значення знаходять з умови:

з припущення *Si*=5,5 и *Uбе1*=0,75 (В)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.21) |

Вирішуючи наведені рівняння і округляючи отримані значення до найближчих зі стандартного ряду величин, знаходимо *Rе1*=390 (Ом);

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.22) |

Приймаємо .

Для введення загального ланцюга від’ємного зворотного зв’язку (ВЗЗ) резистор Rе1 розділяють у співвідношенні:

R’е1=360 Ом; R’’е1 =30 Ом.

Тоді коефіцієнт посилення каскаду транзистора VT1 по змінному струмі

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.23) |

Вхідний опір підсилювача для змінної складової знаходимо з умови

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.24) |

Розраховуємо ланцюг зв'язку і конденсатори ланцюга місцевого ВЗЗ.

Розрахунок конденсаторів схеми виконують, вважаючи, що розділові й емітерні конденсатори формують значення *fн*, а конденсатор *Сзз*значення *fв* підсилювача. Так як підсилювача трьохкаскадний, то для отримання потрібного значення необхідно, щоб частота зрізу кожного каскаду була рівна . Тоді сумарний коефіцієнт підсилення на частоті  досягне 3дБ.

Використовуючи вирази для підсилювача з RC-зв'язками, отримаємо

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.25) |
|  | (2.26) |
|  | (2.27) |

Тоді відповідно отримаємо для каскаду на транзисторі VT1:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.28) |
|  | (2.29) |
|  | (2.30) |
| (Ф) | (2.31) |

Приймаємо *Ср1*=93 (мкФ);

Для каскаду на транзисторі VT2:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.32) |

звідки *R2*=200 (Ом).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.33) |

Приймаємо *С2* = 7550 (мкФ);

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.34) |

Конденсатор *Ср3* вибираємо в припущенні, що вихідний опір емітерного повторювача дорівнює нулю. Тоді для вихідного кола справедлива передавальна функція

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2.35) |

де *T1=RнСр3*.

Звідки

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.36) |

Приймаємо *Ср3*=470 (мкФ)

Розраховуємо коло загального зворотного зв’язку.

Коло загального ВЗЗ має передавальну функцію

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.37) |

де:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.38)  (2.39)  (2.40) |

Для розрахунку ланцюга ВЗЗ визначаємо частоти зрізу для кожного каскаду, що характеризуються власними частотними властивостями транзисторів.

|  |  |
| --- | --- |
| Для каскаду на *VT1:* fср1=250·10 6/350=714 (кГц).  Для каскаду на *VT2:* fср2=5·10 6/120=41,6(кГц).  Для каскаду на *VT3:* fср3=5·10 6/40=125(кГц). | (2.41)  (2.42)  (2.43) |

Отже, ланцюг ВЗЗ повинний забезпечити спад частотної характеристики в діапазоні частот 

Сумарний коефіцієнт підсилення підсилювача без ланцюга ВЗЗ

|  |  |
| --- | --- |
| KΣ = Kuк·Ku1 = 303 | (2.44) |

Потрібний коефіцієнт підсилення KuΣ = 100

Тоді коефіцієнт передачі ланцюга по постійному струму

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.45) |

Звідси RЗЗ = R’’е1 /K=3001 Ом. Приймаємо RЗЗ=3 (кОм).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.46) |

приймаємо СЗЗ = 1 (нФ).

# 3. РОЗРОБКА І ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРЕГАТИВНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ТРЬОХКАСКАДНОГО ТРАНЗИСТОРНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

## 3.1 Кінцевий автомат.

*Модель кінцевого автомату.*

До дискретних динамічних систем відносять такі динамічні системи, в яких процеси формуються лише в окремі моменти часу хоча б в одному із елементів їх структури.

Існуючі пристрої і системи у багатьох випадках представляють собою саме динамічні системи, параметри яких змінюються в часі для адаптації до оточуючих її умов. До таких систем можна віднести: системи керування технологічними процесами в хімічних, металургійних та інших підприємств, системи радіозв’язку та інші. При реалізації подібних систем як правило передбачається кінчена кількість значень параметрів і дискретність у часі процесів з якими працює система.

Найбільш простою для реалізації і опису подібних динамічних систем можна назвати кінцевий автомат.

Складні пристрої, що описуються динамічними системами мають часто розгалужену модель, для якої характерні паралельні процеси в окремих гілках та блоках. Недивлячись на це кінцевий автомат не втрачає своєї актуальності, і тому є наступні причини. Будь-яка складна динамічна система може бути представлена кінцевим автоматом.

Складну динамічну систему зручно досліджувати шляхом укрупнення характеристик (параметрів) що описують її в одному часовому просторі за допомогою кінцевих автоматів як модель.

Складові елементи динамічної системи значно простіше описувати окремо використовуючи математичний апарат кінцевих автоматів, який дозволяє виконувати операції аналізу, синтезу і оптимізації як їх самих так і системи в цілому.

Будь-який пристрій є свого роду «чорною скринькою» зі своїми входами та виходами. Опис роботи серцевини описується кінцевим автоматом. Для того щоб модель відповідала дійсності, вона має володіти набором властивими реальній системі характеристиками.

Суттєвими властивостями є множина взаємозв’язків у часі впривів та множини у часі реакцій на ці впливи. Для дискретних пристроїв взаємозв’язку впливу і реакції відповідна пара символів стану входу і відповідного стану виходу. Це так звана вхідна-вихідна послідовність (ВВ послідовність). Реакція дискретного пристрої А є множина усіх таких послідовних пар ВВ LA.

При цьому кажуть що кінцевий автомат є ні чим іншим як «чорною скринькою» з L поведінкою. Відповідно що в реальному житті важливий не сам пристрій, а зовнішня реакція пристрою на вхідну дію.

*Алфавіт динамічної системи*

Нехай задана порожня множина – алфавітом станів S = {s0,s1,…,sn-1}, алфавіт входів X = { x0,…, xm}та алфавіт виходів Y = { y0,…, yp}. Кінцевим автоматом А називається впорядкована метрика <X,S,Y, SH,h> , де SH– множина початкових станів, а h – відображення h: S×Y→2S×Y.

Для опису деякого широкого класу систем що мають назву алфавітними перетворювачами використовується математична схема кінцевих автоматів.

Алфавіт це як букви різних мов, цифри, слова, мова . різні знаки, та й взагалі об’єкти різної природи.

Впорядкована послідовність літер в алфавіті має назву слово. наприклад, в алфавіті (x,y) словами буде yxy, xxyx, xxyyx. Довжина слова вимірюється числом літер з яких воно складається. Слово що не складається з жодної літери позначається Ǿ (пуста множина).

*Алфавітний оператор.*

Відповідність, що дозволяє спів ставляти слова в цьому самому або іншому алфавіті має назву алфавітним оператором або відображенням.

Такі оператори, що задаються за допомогою правил кінцевих систем, дозволяють за певну кількість кроків, маючи на будь-яке вхідне слово, що входить в область визначення, знайти вихідне слово. Вони називаються алгоритмами.

Крім алфавітних є і інші види операторів, що мають широку практичну цінність.

*Кінцевий автомат.*

Визначимо поняття – кінцевий автомат. Задамось множиною моментів часу t0< t1< t2< …, в кожен з яких кінцевий автомат знаходиться в деякому стані. Стан автомата в момент tn позначається Z(tn). Множину станів автомата позначимо як Z. Передбачається, що множина обмежена. Звідси і назва «кінцевий автомат». В кожен момент ti часу автоматату, починаючи з t1, на вхіда автомата надходить одна з літер х з алфавіту Х, що є його вхідним сигналом (). Кінцеві впорядковані сукупності вхідних сигналів х(1), х(2),…, х(k) – є вхідні слова.

Принцип роботи автомата полягає у наступному:

Внутрішній стан автомата змінюється у відповідності з функцією переходу у новий стан:

Z(t) = φ[Z(t-1),x(t)].

Вихідний сигнал є функцією вхідних сигналів:

Y(t) = ψ[Z(t-1),x(t)].

На виході автомата буде з’являтись вихідне слово такої ж довжини як довжина вхідного слова з множини допустимих слів. Процес співставлення вхідних і вихідних слів має назву відображенням, що індукується даним автоматом.

Відображення F, задовольняє наступним умовам:

1. Будь-якому вхідному слову lвх ставиться у відповідність вихідне слово lвых=F(lвх) , що має з ним lвх однакову довжину;
2. Якщо l1 – кінцевий відрізок слова lвх, то слово F(l1) є початковим відрізком слова lвых=F(lвх). Перелічені умови є умовами автоматності відображення (операторами), а відображення (оператора) – автоматним відображенням (оператором).

*Поширені автоматичні схеми.*

1) Математичні моделі детерміністичних об’єктів дискретного часу широкого класу, призводять до різних типів кінцевих автоматів - найбільш простим є типові математичні схеми.

2) Для опису об’єктів неперервного часу користуються диференціальними рівняннями.

3) Для опису об’єктів з випадковою поведінкою в дискретному часі моделюють за допомогою ймовірнісних автоматів.

4) Макрівські процеси є яскравим прикладом математичних моделей випадкових об'єктів, що функціонують в безперервному часі.

Існують й інші математичні схеми, проте всі що були перелічені є прикладами динамічних систем в цифровому значенні:

1) функціонує в часі, причому в кожен момент часу він знаходиться в одному з можливих станів;

2) з плином часу переходить з одного стану в інший під дією внутрішніх і зовнішніх причин;

3) в процесі функціонування взаємодіє з іншими елементами та об'єктами зовнішнього середовища шляхом отримання вхідних і видачі вихідних сигналів.

*Детермінований і не детермінований автомат.*

Кінцевий автомат має назву детермінованим, якщо відображення h представляє собою множину пар з S×X в множину пар в S×Y, тобто h: S×X→S×Y . У такому випадку h може бути представлено у вигляді сукупності двох функцій і, які називаються відповідно функцією переходів і функцією виходів.

Якщо відображення h такого уявлення не допускає, то кінцевий автомат називається не детермінованим.

Нехай заданий не порожній кінцевий алфавіт X = { x1,…, xm}\*) (алфавіт Х розглядається не як вхідний алфавіт, а як алфавіт, що допускає довільне тлумачення (наприклад, як вхід-вихідний)). Під словами в цьому алфавіті будемо розуміти кінцеві ланцюжки символів з Х і будемо позначати їх через v. Довжина слова g (v) - кількість символів з Х в цьому слові. Різні підмножини Х \*) позначатимемо через L. Якщо L являє собою безліч ВВ-послідовностей (тобто слів, буквами яких є пари «вхід-вихід»), то їхні капітали такого автомата детерміновані по парам «вхід-вихід».

X1 X2 … Xn

Z1 Z2 … Zm

Рис.3.1 − Узагальнена схема автомата

Узагальнена схема автомата наведена на рис. 3.1. Автомат мА кінцеву кількість вхідних (x1, x2,…, xn) і вихідних (z1, z2,…, zn) каналів. І заданої кінцевої множини допустимих сигналів на будь-який вхід автомата xі може надходити вхідний сигнал. Якщо по кожному вхідному каналу може надоходити l різних сигналів, то кількість різних станів на усіх вхідних каналах буде ln. Вхідні сигнали в каналах кодуються символами або групами символів вхідного алфавіту (наприклад, двійкового).

Подібна ситуація і на виході каналів zi (може з’являтись будь-який з r можливих вихідних сигналів (реакцій), то загальне число всіх вихідних узагальнених реакцій автомата дорівнюватиме rm.

## 3.2 Агрегативна детермінована математична модель динамічної системи (ДС).

**3.2.1. Узагальнена математична модель динамічної системи на прикладі приймальної вхідної системи (ПВС).**

Лише врахуванням взаємодії підсистем між собою і з зовнішнім середовищем дозволяє коректне моделювання системи в цілому. Для цього потрібно однаковий математичний опису всіх підсистем системи. Проблема вирішується якщо за основу взяти узагальнену модель динамічної системи. Один з підходів до вирішення зазначеної проблеми відомий, як метод моделювання агрегативних систем. В цьому випадку система розглядається як безліч взаємопов'язаних агрегатів (А1А2, ...). Вони описуються незалежно від функціональних особливостей, на основі узагальненої моделі доповненої динамічної системи.

Приклад узагальненої моделі динамічної системи має вид:

∑={T,X,U,Ω,Y,Г,H,G},

де Т, X, U, Ω, Y, Г - безлічі моментів часу, станів системи, миттєвих значень впливів, допустимих вхідних впливів, миттєвих значень вхідних впливів і вихідних впливів, відповідно; Н - оператор переходів, що встановлюють функціональний зв'язок між змінними; G - оператор, який встановлює функціональний зв'язок між станом системи і її вихідний величиною, яка зумовлює безліч Г можливих вихідних функцій.

Зовнішній вплив U(t)ϵU в узагальненому випадку представляє собою множину різних матеріальних, інформаційних і енергетичних впливів U(t) ={U1(t), ...Um(t)}. З множини впливів U(t) можна відокремити керуючів і позначити як υ(t) = (υ(t), ...υe(t)}, що можуть змінювати внутрішню структуру агрегату, його характеристики і, таким чином, впливати на характер його функціонування. Це означає, що вхідний керуючий вплив визначає на вигляд операторів Н і виходів G. Безліч зовнішніх впливів, які не впливають на вигляд операторів Н і G, будемо називати множиною вхідних впливів і позначимо

ω(t)={ω1(t),...ωx(t)}

Таким образом: U(t) = υ(t)ᴗω(t); υ(І)ϵV; ω(t)ϵW

За допомогою фіктивного агрегату (А0) можна описати зовнішню структуру агрегативної системи. Для опису структури агрегативних систем зручним інструментом є введення оператора спряження агрегатів Rs. Він встановлює зв’язок між елементами множини елементарних входів X кожного і-го агрегату з елементами множин елементарних виходів Y всіх агрегатів системи, тобто

(Ydj)N=Rs(Xpi)N,

де i,j=l,N - номер агрегату; d=l,D - номер елементарного виходу; р=1,р - номер елементарного входу.

Введення оператора Rs − завершує формалізацію сполучення агрегатів в системі. При моделюванні агрегативної системи можна умовно вважати відомою наступну інформацію про: оператор сполучення; вихідні дані, необхідні для автономного моделювання кожного агрегату системи; часову діаграму надходження впливів із зовнішнього середовища на полюси агрегативної системи або математичну модель їх формування (оператор виходу агрегату А0), що для наочності коротко може бути представлено в наступному вигляді:

Узагальнена Агрегативна модель динамічної системи.

MDS= {T, X, U, Ω,Y,Г,H,G}

Вона складається з множини моментів часу, станів, миттєвих значень впливів, допустимих вхідних, миттєвих вихідних, допустимих вихідних, оператор переходів (зв'язок між змінними), оператор зв'язку між станом системи і вихідною величиною.

U(t)= {U1(t), …Um(t) }

*Агрегативна модель приймальної вхідної системи (ПВС) зі стаціонарною структурою.*

Розглянемо ПВС зі стаціонарної структурою, яка знаходиться в різні моменти часу в однозначно певних станах.

Сигнальний тракт складається з параметричного підсилювача (ПУ), транзисторного підсилювача (ТРП), перетворювача частоти (ПР). Сигнал накачування для ПУ виробляється в стабілізованому тракті накачування (СТН). До складу ПВС включені: вихідний блок гетеродину (ВБГ), система автоматичного регулювання температури (САРТ) і блок вторинних джерел живлення (ВІП). Графічне зображення ПВС у вигляді агрегативної системи представлено на рис. 3.2, де зовнішнє середовище представлена агрегатом А0. Описані блоки зображені у якості відповідних агрегатів А1 А2, А3, А4, А5, А6, А7,. При нумерації входів і виходів передбачалось що входи агрегатів пронумеровані із зовні агрегату, а його виходи мають нумерацію всередині агрегату.

У кожен момент часу ПВС знаходиться в стані x(t), що є набором характеристик x (t) = (x1 (t), ... xn (t), xn + 1 (t), xn + 2 (t) , xn + 3 (t)}, що описують найбільш суттєві для цілі моделювання елементи множин властивостей і відносин, на яких побудована система. на рис. 3.2 характеристики системи представлені як сигнали впливу ПВС на навколишнє середовище, які передаються (n + 3) елементарними каналами на (n + 3) входів агрегату А0. Оскільки у формуванні більшості характеристик системи, наприклад, таких як маса, вартість, трудомісткість і т.д. приймають участь всі агрегати, то можна виявити по числу сигналів, а одночасно і число елементарних каналів, що зв'язують агрегати системи із зовнішнім навколишнім середовищем більше, ніж кількість входів у агрегату А0. Згідно другого обмеження на взаємозв'язок агрегатів, який наведений вище, до елементарного входу може бути приєднаний тільки один елементарний канал. Зняти цю суперечність можна введенням в структуру системи ще одного фіктивного агрегату А8, представленого на рис.3.3. Оскільки основна функція цього агрегату - перетворення інформації, дамо йому назву агрегатом представлення даних (АПД).

Можна вважати, що стан системи однозначно залежить від зовнішнього впливу навколишнього середовища на систему оскільки в розглянутому класі системи мають стаціонарної структурою і знаходяться в стійкому стані, якщо не змінюються умови навколишнього середовища.

Безліч вхідних впливів в загальному випадку може складатися з підмножини керуючих впливів і підмножини зовнішніх впливів, які не впливають на вигляд операторів Н і G, позначимо W., а його елементи ω(t)ϵW. Зауважимо, що ω(t)={ω1(t),...,ω7(t)} відповідає кількості виходів агрегату А0 (рис. 3.2).

Основною задачею при моделювання електронних схем типу підсилювальних каскадів є виявлення параметрів системи при нормальному і екстремальному впливах в процесі експлуатації. Кожна характеристика ωi(t) приймає значення із деякої допустимої підмножини ωi(t)ϵWi.

Однією з таких характеристик оточуючого середовища є температура оточуючого середовища ω1(t)= Тoc. Елементами множини Тoc є: ω1(t)= { Тocну, Тocmах, Тocmin}, де Тocну – температура за нормальних умов; Тосmах - максимальна робоча температура; Tocmin -минимальна робоча температура.

Наступною характеристикою оточуючого середовища на ПВС є частота інформаційного каналу в смузі робочих частот:

ω2(t)= F1= {fс0, fс1,fс2,...,Ø}

Третьою характеристикою впливу навколишнього середовища на ПВС є частоти сигналів перешкод, розташовані поза або всередині смуги прийому ПВС:

ω2(t)= F2= {fn1,2fn1,..., fcz ,2fnz,...Ø}

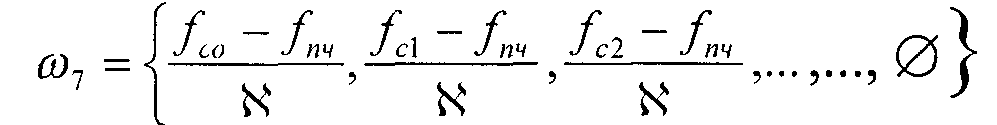
Четвертою характеристикою впливу навколишнього середовища на ПВС є частоти сигналів, що потрапляють в паразитні смуги прийому ПВС:

Елементи множин ω2(t), ω3(t), ω4(t) задані у вигляді дійсних чисел, рівних відповідним частотам сигналів. нульова частота Ø відповідають відсутністю впливу.

П'ятої характеристикою впливу навколишнього середовища на ПВС є напрацювання ресурсу: ω 5(t) = HP. Елементами безлічі HP можуть бути, наприклад, числа, що характеризують кількість тисяч годин напрацювання системи: ω 5(t) = {0,1; 1,0; 5,0; 10,0}.

Шостою характеристикою впливу навколишнього середовища на ПВС є напруга живлення: ω 6(t) = Unит. Елементами множини Unит можуть бути наприклад, ω6(t) = {Uном, Umax, Umin }, де Uном - номінальне значення напруги живлення; Umax - максимальне значення напруги живлення; Umin - мінімальне значення напруги живлення.

Сьомою характеристикою впливу навколишнього середовища на ПВС є опорний сигнал гетеродину: ω7(t) = Fгет. Множина Fгет складається з наступним елементів:



де: fпч - величина проміжної частоти, яка народжується в блоці (ПРf), а χ - величина, на яку множиться частота гетеродинного сигналу в помножувачі вихідного блоку гетеродину.

**3.2.2. Дискретна множина станів системи.**

Якщо задати часову діаграму надходження впливів із зовнішнього середовища на полюси агрегативної системи то можна визначення дискретну множину станів системи. Приклад такої діаграми наведений в таблиці 3.1.

У таблиці перші тринадцять моментів часу представляють тринадцять станів ПВС в початковому періоді життя системи.

Перші десять із шістнадцяти характеризують стан системи в нормальних кліматичних умовах:

Одинадцяте і дванадцятим стану системи представлено при нижній температурі навколишнього середовища:

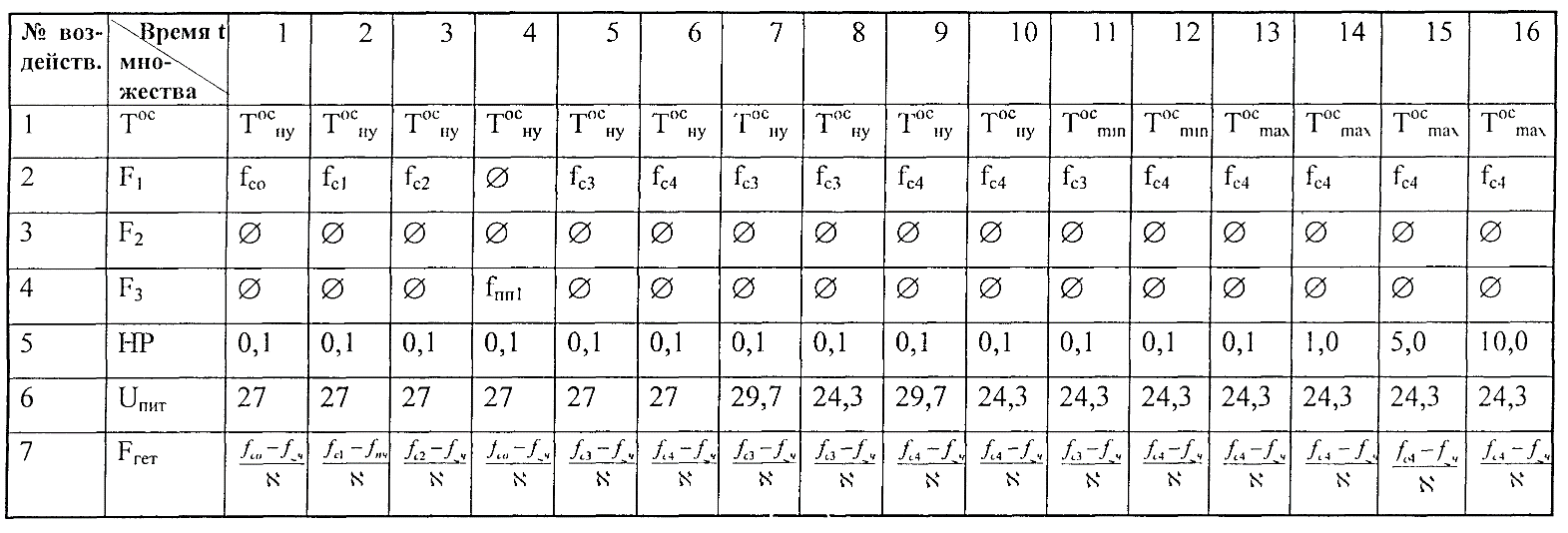
ω1(ti)= , де і = 11,12.

Інші характеризують стан ПВС №№ 13,14,15,16 для верхньої межі температури дослідження:

ω1(ti) = , де і =13, 14, 15, 16.

Шостий вплив навколишнього середовища на ПВС, згідно часової діаграми, розподілено наступним чином: номінальна напруга живлення 27В подається в перші шість стани системи [ω6(ti) =27B, де і = 1, 2,..., 6]; максимальна допустима напруга живлення 29,7 В подається на систему в сьомий і дев’ятий стани [ω6(ti) =29,7В, де і = 7, 9]; мінімально допустимий харчування подається на ПВС, коли воно знаходиться в станах №№ 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 [ω б(tі)=24,3В, де і = 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Таблиця 3.1 − Дискретна множина станів системи.



Третій вплив в розглянутих шістнадцяти станах ПВС представлено порожньою множиною [ω3(ti) =0, де і = 1÷16]. У нашому прикладі сигнали перешкод відсутні.

Четвертий стан ПВС характерно тим, що на вхід системи з навколишнього середовища приходить сигнал ω4(ti) i=4 з частотою потрапляє в паразитну смугу прийому, наприклад, в смугу прийому дзеркального каналу. У цьому стані системи представляються можливим визначити вибірковістю в смузі прийому дзеркального каналу ПВС. В інших з розглянутих станах сигнали в паразитних смугах прийому відсутні: ω4(ti) =0 якщо i≠4.

Перші три стани системи відрізняються різними частотами інформаційного впливу на систему в смузі робочих частот ПВС: ω2(t1) = fc0, ω2(t2) = fc1, ω2(t) = fc2.

Це можуть бути центральна частота і крайні (максимальна і мінімальна) частоти смуги робочих частот, або смуги будь-якого стовбура прийому в смузі робочих частот, або довільно задані оператором конкретні частоти в смузі робочих частот ПВС. Кількість даних для аналізу конкретних частотних точок в смузі робочих частот, а також і поза смугою робочих частот може бути будь-яке кінцеве число. Однак, подібне завдання інформаційних сигналів виявляється корисним тільки в тому випадку, якщо є можливість визначити частотні характеристики функціональних вузлів (блоків) системи, представлених агрегатами в будь-який частотної точці, що не завжди представляється можливим.

При аналізі ланцюгових схем надвисоки частот найчастіше розробники систем в своєму розпорядженні мають данні максимальних і мінімальних значень параметрів вузлів (блоків) у розглянутій смузі робочих частот. При роботі з детермінованими моделями вузлів (блоків) наскрізні характеристики НВЧ ланцюгових схем, як правило, оцінюються за найгіршими умовами, тобто без урахування фазових співвідношень сигналів. В нашій діаграмі станів ПВС елементи множини другого впливу навколишнього середовища F1, задані у вигляді fc3 і fc4 символізують частоти, на яких коефіцієнти передачі всіх вузлів (блоків) максимальні для fc3 і мінімальні для fc4. Для широкосмугових систем з великою вірогідністю можна припустити, що такі частоти знайдуться в смузі робочих частот. Певні на цих частотах характеристики системи в різних умовах експлуатації дають перше уявлення про поведінку ПВС в різних станах.

Елементи безлічі сьомого впливу обрані такими, які забезпечують задану проміжну частоту на виході ПВС.

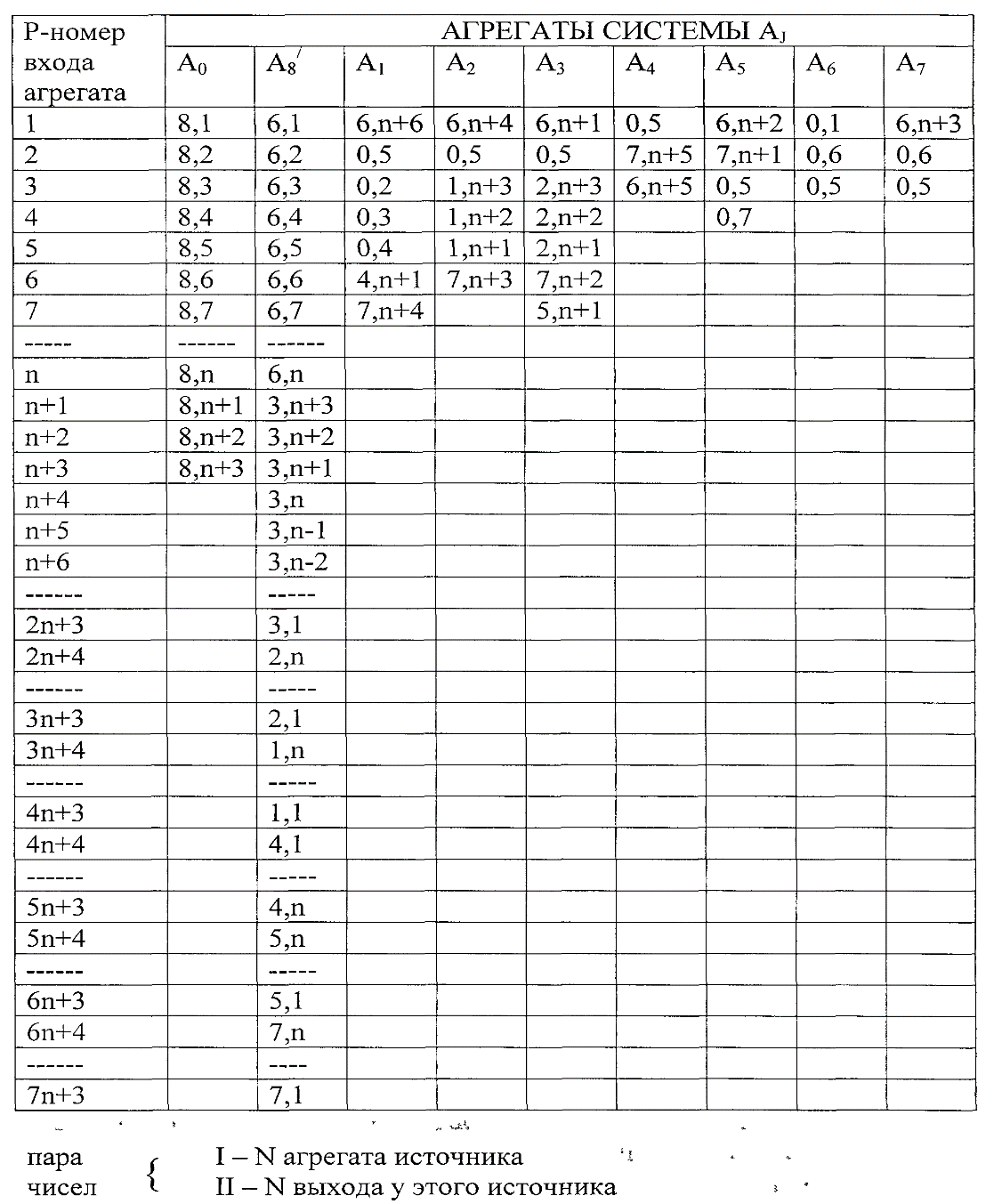
**3.2.3. Оператор спряження агрегатів ПВС.**

Опишемо оператор сполучення агрегатів системи Rs, що можливо після визначені часової діаграми впливів і елементів множин цих впливів. Оператор сполучення можна задавати у вигляді таблиці, в якій на перетині стовпців з номерами агрегатів j і рядків з номерами елементарних входів р записується пара чисел, перше з яких позначає номер агрегату - джерело впливу, а друге - номер елементарного виходу. Для розглянутої у якості прикладів системи оператор сполучення наведено в таблиці 3.2.

Перехідна функція стану системи описується оператором Н, який встановлює функціональний зв'язок між змінними. Вид оператора Н залежить від конкретних функціональних, структурних і конструктивних особливостей модельованої системи. Керуючі впливи можуть змінювати структурні і конструктивні параметри системи, а, отже, вид оператора Н, тобто Н = F[t,υ(t)].

Оговоримо той факт, що оператор Н може змінюватись стрибкоподібно у момент надходження керуючого впливу. Вхідні впливи ω(t) на вид оператора переходів не впливають.

Таблиця 3.2. − Спряження агрегатів ПВС



На II рівні (в зоні підсистеми забезпечуючих агрегатів) зосереджені агрегати які забезпечують правильну роботу інших агрегатів (обслуговують їх роботу). Вони є самостійними і виробляють ті чи інші сигнали для підсистеми "центральний агрегат". До таких агрегатів можна віднести, крім уже названих, різні блоки формування команд, наприклад, блок управління фазовим коректором для систем з дискретним зміною ФЧХ; блок керування агрегатом захисту для систем із захисними пристроями на вході і т.д.

## 3.3 Розробка агрегативної моделі трьох каскадного транзисторного підсилювача

**3.3.1 Структурна схема, оператор спряження математичної моделі трьох каскадного транзисторного підсилювача**

На рисунку 3.2. зображена агрегативна модель трьохкаскадного підсилювача потужності.

Дана модель складається з наступних основних елементів: агрегат оточуючого середовища (АОС), агрегати першого (A1), другого (A2) та третього (A3) каскаду підсилення, агрегат джерела живлення (A4), агрегат підготовки даних (АПД). Розглянемо послідовно кожен з агрегатів.

АОС – агрегат оточуючого середовища. Даний елемент є узагальненням взаємодії трьох каскадного підсилювача і зовнішніми по відношенню до нього елементів і середовища. Так вихідними сигналами агрегату оточуючого середовища є потужність сигналу який має бути в подальшому підсилений (). Для урахування експлуатаційних станів моделі від оточуючого надходить умовний сигнал – час напрацювання моделі. Ще одним параметром математичної моделі є температура оточуючого середовища (), що впливає на параметри підсилювальних каскадів, наприклад такий як коефіцієнт підсилення. Оскільки будь-який електронний пристрій потребує живлення то від агрегату оточуючого середовища надходить живлення ().

Крім сигналів, що формує сам агрегат оточуючого середовища на його вхід надходить сигнали від агрегатів підсилювача. Таким сигналами є маса (), ціна (), і вихідна потужність сигналу (), які дозволяють визначити відповідність моделі умовам технічного завдання.

Агрегати першого (A1), другого (A2) та третього (A3) каскаду підсилення мають між собою багато спільного. Спільними вхідними сигналами для них є , . На вхід кожного з них надходить сигнал з величиною потужності від агрегата оточуючого середовища на перший агрегат, від першого на вхід другого агрегату, , від другого на вхід третього агрегату і на вхід агрегату підготовки даних.

Додатково на вхід кожного з агрегатів підсилення надходить напруга живлення від одного агрегату вторинного джерела живлення – відповідно на перший другий і третій.

У кожного з підсилювальних агрегатів на виході формується сигнал пропорційний масі та ціні відповідного агрегату, що надходять на вхід АПД.

Агрегат А4 є вторинним джерелом живлення для підсилювальних каскадів. На його входи надходить сигнал температури оточуючого середовища і напруги живлення. Вихідними сигналами агрегату є напруги живлення на кожен з підсилювачів і вага () та ціна ()



Рис. 3.2 – Агрегативна модель трьохкаскадного підсилювача потужності

Для опису взаємозв’язків агрегатів між собою використовується крім графічного зображення так званий оператор сполучення агрегатів системи. Для трьох каскадного підсилювача він представлений в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 − Оператор сполучення агрегатів системи для трьох каскадного підсилювача

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вх. в будь-якому агрегаті | Найменування агрегатів системи, номера виходів з них, розмірність сигналу | | | | | | |
| АОС | A1 | А2 | А3 | А4 | | АПД |
| 1 | На вх.1, АОС, АПД, 1, [m, г] | На вх.1, А1  З А4, 1, [V1,В] | На вх.1, А2  З А4, 2, [V2,В] | На вх.1, А3  З А4, 3, [V3,В] | На вх.1, А4  З АОС, вих.4, [Voc,В] | | На вх.1 АПД З А4, вих.5 [Ц4, $] |
| 2 | На вх.2 АОС З вих.2,АПД [Ц,$] | На вх.2 А1  З вих.3 АОС  [Тос, 0C] | На вх.2 А2  З вих.3 АОС  [Тос, 0C] | На вх.2 А3  З вих.3 АОС  [Тос, 0C] | На вх.2 А4  З вих.3 АОС  [Тос, 0C] | | На вх.2 АПД З вих.4,А4 [m4,кг] |
| 3 | На вх.3 АОС З вих.3 АПД  [Pсвих, Вт] | На вх.3, А1  З вих.2, АОС [tнп, год] | На вх.3, А2  З вих.2, АОС [tнп, год] | На вх.3, А2  З вих.2, АОС [tнп, год] |  | На вх.3 АПД З вих. 3 А3 [PсвихA3, Вт] | |
| 4 |  | На вх.4, А1  З вих.4, АОС [tнп, год] | На вх.4, А1  З А1, 3, [РсвихA1, Вт] | На вх.4, А2  З А2, 3, [РсвихA2, Вт] |  | На вх.4 АПД З А3, вих.2 [Ц3, $] | |
| 5 |  |  |  |  |  | На вх.5 АПД З вих.1,А3 [m3,кг] | |
| 6 |  |  |  |  |  | На вх.6 АПД З вих.2 А2 [ц2, $] | |
| 7 |  |  |  |  |  | На вх.7 АПД З вих.1 А2 [m2 , кг] | |
| 8 |  |  |  |  |  | На вх.8 АПД З вих.2 А1 [ц1, $] | |
| 9 |  |  |  |  |  | На вх.9 АПД З вих.1 А1 [m1 , кг] | |

Тос, 0C – температура оточуючого середовища

tнп, год – час напрацювання

**3.3.2 Математичні моделі розрахунку параметрів агрегативної моделі трьох каскадного транзисторного підсилювача потужності, джерела вторинного живлення, агрегату оточуючого середовища і агрегату підготовки даних (далі «система»)**

**3.3.2.1 Агрегативна модель розрахунку коефіцієнтів підсилення потужності**

Математичною моделлю розрахунку параметру коефіцієнту підсилення потужності можна записати у виді:

де … − коефіцієнти по потужності кожного окремого агрегату підсилення.

Тобто загальний коефіцієнт підсилення по потужності розраховується як добуток коефіцієнтів підсилення кожного з каскадів.

**3.3.2.2 Агрегативна модель розрахунку рівня насичення коефіцієнта підсилення системи по критерію – 3 дБ**

Рівень насичення коефіцієнта підсилення системи дає відповідь чи перевищать нелінійні спотворення допустимий рівень. Для цього використовуючи графік залежності коефіцієнту підсилення від вхідної потужності зображений на рисунку 3.3. Якщо вхідна потужність перевищить деякий фіксований рівень якому відповідає зниження коефіцієнту підсилення сигналу на величину -3 дБ від номінального рівня, то агрегативна модель має видати попередження про це.



Рис. 3.3 – Амплітудна характеристика підсилювача

Таким чином агрегативна модель розрахунку рівня насичення коефіцієнта підсилення системи по критерію – 3 дБ є логічним станом (висновком) про перевищення рівня нелінійних спотворень.

**3.3.2.3 Агрегативна модель розрахунку маси системи в цілому**

Математичною моделлю розрахунку маси системи можна записати у виді:

де – маса кожного окремого агрегату підсилення, агрегату джерела живлення та інших допоміжних агрегатів (за їх наявності).

У даній формулі коефіцієнт 1,1 враховує додаткову масу що вноситься каркасом і елементами кріплення.

**3.3.2.4 Агрегативна модуль розрахунку вартості системи в цілому**

Математичною моделлю розрахунку ціни системи можна записати у виді:

де – ціна кожного окремого агрегату підсилення, агрегату джерела живлення та інших допоміжних агрегатів (за їх наявності).

У даній формулі коефіцієнт 1,5 враховує додаткову вартість, що вноситься у ціну за рахунок збирання готового пристрою.

## 3.4 Початкові дані і результати параметрів розрахунку за допомогою математичних моделей системи

Виконаємо розрахунок параметрів агрегативної моделі трьохкаскадного підсилювача на основі наступних початкових даних:

Почнемо розрахунок з визначення сумарного коефіцієнта підсилення системи.

Для його визначення відповідно до математичної моделі потрібна інформація про три коефіцієнти підсилення.

Або у децибелах:

Оскільки в технічному завданні дана величина сигналів на вході і виході кожного з блоків, можна визначити коефіцієнт підсилення кожного з окремо взятих підсилювачів, а потім перемножити їх між собою, але оскільки система має інформацію про величину сингалу на вході і виході трьох каскадного агрегату підсилення, можна спростити розрахунок просто поділивши рівень вихідного сигналу на величину рівня вхідного сигналу.

Або у децибелах:

Як видно проста оптимізація дозволяє зменшити кількість розрахунків

Наступною величиною для розрахунку є маса агрегативної моделі у цілому. Відповідно до математичної моделі маємо наступний результат:

Аналогічно за відповідною моделлю розраховуємо цінову характеристику:

Розглянемо визначення стану системи по рівню насичення коефіцієнта підсилення системи по критерію – 3 дБ

Нехай амплітудна характеристика має наступний вид:



Рис. 3.4 – Амплітудна характеристика підсилювача (приклад)

Оскільки потужність вхідного сигналу на перший (вхідний) агрегат системи не перевищує 0,1 мВт, то нелінійні спотворення не перевищать допустимий рівень.

## 3.5 Висновок

В розділі 3 було виконано аналіз математичних моделей динамічних систем за допомогою яких можна було врахувати не тільки електричні, але й економічні та витратні, експлуатаційні та іншого роду аспекти проектованого трьох каскадного підсилювача.

Результатом пошуку стала агрегативна модель, яка в повному обсязі задовольняє поставленій задачі. Для умови технічного завдання була побудована агрегативна модель і складена таблиця операторів сполучення для неї. Додатково було розраховано у якості прикладу параметри агрегативної моделі для заданих математичних моделей агрегату системи.

# 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В процесі проектування будь-якого радіоелектронного чи іншого виду обладнання важливу роль займає організація робочого місця проектувальника. Сучасний розробник апаратури виконує свою роботу за допомогою електронно-обчислювальної машини, яка збільшує оперативність, точність розрахунків, дозволяє оперативно вносити корективи в існуючий проект, зберігати та розмножувати документацію та багато іншого. Після виконання проектування виконується збірка робочого зразка і монтаж радіоелектронних елементів що входять до його складу та тестування. Після завершення процесу налагодження тестового зразка процес переноситься на великі підприємства для виробництва Оскільки в роботі розглядається лише перший етап, розглянемо особливості організації робочого місця місце оператора ЕОМ та монтажника радіоелектронних компонентів.

## 4.1 Організація робочого місця оператора ЕОМ та монтажника радіоелектронних компонентів.

Відповідно до «Методичних рекомендацій щодо визначення робочих місць», схвалених протоколом Міністерства праці України від 21 червня 1995 р. № 4 робоче місце працівника характеризується наявністю:

− закріпленої зони;

− технічних засобів (основних виробничих і невиробничих фондів, інструменту, приладів, інвентарю) або їх сукупності, необхідної для виробництва продукції, надання послуг, виконання робіт або установчих функцій.

Розглянемо необхідні для роботи засоби. Для вирішення поставлених завдань оператору ЕОМ необхідні:

* + Персональний комп'ютер для роботи з програмним забезпеченням.
  + Письмовий стіл для роботи з документами, кресленнями, книгами і статтями, а також для розміщення необхідних для ефективної роботи приладів, приладдя і пристосувань.
  + Стелаж для зберігання довідкової літератури, технічної документації, та ін.
  + Принтер для друку необхідних документів.

Приклад розташування в приміщені перелічених вище наведено на рис. 4.1.

Приміщення має площу 36 квадратних метрів (6м довжина і 6м ширина). Висота приміщення становить 3.5 м. Вікна виходять на західну сторону, на вікнах є штори. Підлога в приміщенні дерев'яний, зверху покритий лінолеумом. Стіни пофарбовані фарбою світло-зеленого кольору. На стелі знаходяться чотири світильника.



Рис. 4.1 − Розташування робочих місць проектувальників

Приміщення має площу 36 квадратних метрів (6м довжина і 6м ширина). Висота приміщення становить 3.5 м. Вікна виходять на західну сторону, на вікнах є штори. Підлога в приміщенні дерев'яний, зверху покритий лінолеумом. Стіни пофарбовані фарбою світло-зеленого кольору. На стелі знаходяться чотири світильника.

В кімнаті є шість обладнаних робочих місць інженерів-програмістів. Вони включають в себе комп'ютери, столи, на яких розміщені ці комп'ютери, шафи з документацією і довідковою літературою, а також письмові столи. Клавіатура і маніпулятор типу "Миша" розташовані на столах. Принтер є мережевим. Є звичайні стільці з нерегульованою спинкою.

Вимоги до розташування робочого місця монтажника радіоелектронних компонентів мають деякі особливості.

Робоче місце радіомонтажника має містити:

1) однотумбовий стіл;

2) гвинтовий стілець;

3) підвіску для креслень, що прибирається;

4) світильник, положення якого регулюється за горизонталлю та вертикаллю;

5) ящик для відходів, що кріпиться на шарнірах;

6) ввід для паяльника та паяльного фена;

7) газоприймач місцевого відсмоктування;

8) панель для включення контрольно-вимірювальних приладів з клемою для заземлення.

Верхня кришка столу покривається жароміцним пластиком. За необхідністю регулювання температури нагріву електропаяльника та паяльного фену робоче місце облаштовується автотрансформатором або автоматичним пристроєм для регулювання температури жала електропаяльника. Комбіноване освітлення (загальне та місцеве) повинно забезпечувати освітленість у робочій зоні 300-400 лк. Для загального освітлення використовують люмінесцентні лампи, для місцевого – лампи денного світла.

У холодний та перехідний періоди року температура в робочій зоні повинна бути 18-20°С, відносна вологість повітря – 60-40%, швидкість руху повітря – 0,2 м/с; у теплий період року: температура 22-25°С, відносна вологість повітря – 60-40%, швидкість руху повітря – 0,3 м/с. Такий мікроклімат у виробничому приміщенні підтримує механічна загальнообмінна вентиляція.

Клеми введення електроенергії до робочого місця повинні бути огороджені, щоб уникнути випадкового дотику. Штепсельні роз’єми, а також закладення проводів та кабелів у електроінструментах повинні суворо відповідати технічним вимогам. Підлога під ногами радіомонтажника повинна бути сухою та ізольованою від металевих частин.

Напруга живлення електропаяльників і тиглів повинно бути 36 В, для паяльних фенів і пробників – 6 В, для вимірювальної апаратури -220 В.

При роботі з напівпровідниковими приладами та мікросхемами необхідно забезпечити заземлені:

– руки радіомонтажника;

– корпус (жало) електропаяльника;

– корпуси напівавтоматичних та автоматичних установок, призначених для монтажу напівпровідникових приладів і мікросхем;

– корпуси вимірювальної та іншої апаратури.

Всі предмети (інструменти, малогабаритні прилади, комплектуючі вироби в металевій антистатичної тарі або без неї та ін.), що не під’єднані до лінії заземлення,мають бути розташовуваними на заземленій металевій пластині робочого столу.

Приклад організації робочого місця монтажника радіоелектронних елементів наведено на рис. 4.2.

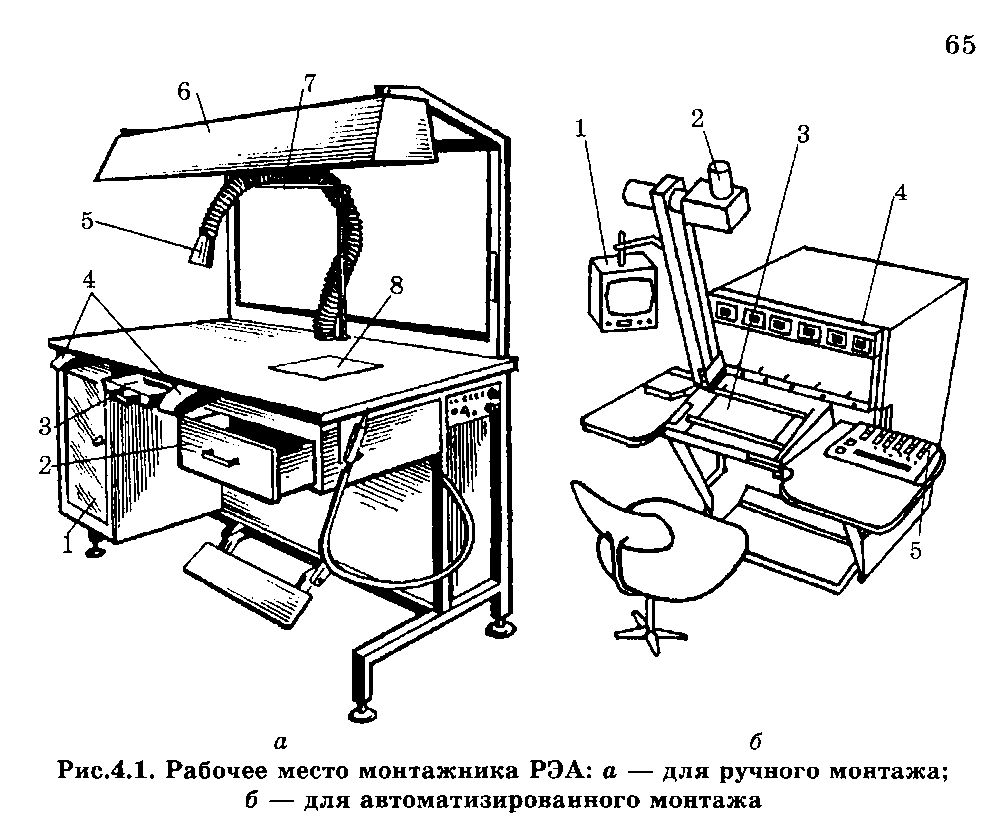


Рис. 4.2 − Робоче місце монтажника радіоелектронних елементів: для ручного монтажу (а) та автоматизованого монтажу (б)

Відповідно до міжнародного стандарту ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Класификация»

*Шкідливі фактори при роботі з ЕОМ та монтажі радіоелектронного обладнання.*

Працівники, задіяні на роботах, пов'язаних з періодичною або постійною роботою за комп'ютером, піддаються впливу факторів виробничої небезпеки, основними з яких є:

1. Фізичні.

* Підвищений рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло працюючого.
* Підвищений рівень рентгенівського випромінювання.
* Підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання.
* Підвищений рівень інфрачервоного випромінювання.
* Можливість ураження статичною електрикою.
* Запиленість повітря робочого приміщення.
* Підвищений вміст важких (+) аероіонів.
* Нерівномірний розподіл яскравості в полі зору.
* Підвищений рівень пульсації світлового потоку.

1. Хімічні.

* Підвищений вміст у повітрі вуглекислого газу, озону, аміаку, фенолу, формальдегіду та ін.

1. Психофізіологічні.

* - Напруга зору.
* - Напруга пам'яті.
* - Напруга уваги.
* - Тривале статичне напруження.
* - Відносно великий обсяг інформації, що обробляється в одиницю часу.
* - Монотонність праці в окремих випадках.
* - Нераціональна організація робочого місця.

До основних шкідливих факторів при роботі з комп'ютером відносять: тривале сидяче положення, електромагнітне випромінювання, навантаження на зір, перевантаження кистьових суглобів, можливість захворювань органів дихання, алергії, порушення нормального перебігу вагітності та ін.

*Тривале сидяче положення* приводить до напруги м'язів шиї, голови, рук і плечей, остеохондрозу. Тривале сидяче положення ще приводить до застою крові в тазових органах і, як наслідок, до простатиту й геморою. Малорухливий спосіб життя призводить до ожиріння. Остеохондроз виникає при порушенні міжхребцевих дисків, яке призводить до випинання в яку або сторону (грижі міжхребцевого диска). Грижа може зашкодить спинний мозок і нервові відростки. Наслідки можуть бути найрізноманітнішими, від болів в спині і кінцівках, до паралічу кінцівок і смерті. Одна з поширених причин остеохондрозу - дистрофія м'язів спини. Людина, провідний в основному сидячий спосіб життя, цілком може захворіти остеохондрозом. Ознаки початку захворювання: дискомфорт у спині та больові відчуття, головні болі, порушення роботи внутрішніх органів. До факторів ризику захворювання гемороєм відносять: сидячий спосіб життя, ожиріння, надмірне вживання копчених, гострих, солоних і пряних продуктів, запальні захворювання малого таза та ін Ожиріння виникає через нераціональне харчування, малорухомого і в тому числі сидячого способу життя, неадекватної реакції на стресові ситуації, надмірно довгий сон, застосування гормональних препаратів, перевантаження організму харчовими жирами і ін Ожиріння призводить до збільшення навантаження на серце, зміни конфігурації та положення серця в грудній порожнині, підвищення вмісту холестерину в крові, в результаті він відкладається на стінках судин ( атеросклероз). Підвищений скупчення жиру всередині грудної порожнини впливає на роботу органів дихання, що призводить до появи задишки та гіпоксії органів і тканин.

*Навантаження на зір.* Людське око реагує на найдрібнішу вібрацію тексту і на мерехтіння екрану. М'язи ока, керуючі кришталиком, перебувають у постійній напрузі, що обов'язково призводить до втрати гостроти зору. Немаловажне значення для профілактики зорових дисфункцій надають: правильний чи рекомендований підбір кольору, шрифтів, компоновки вікон у використовуваних додатках, орієнтація дисплея монітора. Тривала робота за комп'ютером - це величезне навантаження на очі, оскільки зображення на моніторі складається не з безперервних ліній, як на папері, а з окремих точок, які світяться і мерехтять. У користувача неминуче погіршується зір, очі починають сльозитися, з'являється головний біль, втома, зображення двоїться і спотворюється.

*Перевантаження суглобів кистей рук* приводить головним чином до такого явища, як синдром зап'ястного каналу (див. вище).

*Робота за комп'ютером і стреси.* Стрес - це емоційні переживання, внутрішнє напруження, викликані подіями в житті. Стрес виникає, в першу чергу, при втраті або пошкодженні інформації. Причини: відсутність резервних копій, комп'ютерні віруси, поломки жорстких дисків, робочі помилки. Іноді стреси є причиною інфарктів. Стреси бувають емоційно позитивними і емоційно негативними, короткочасними і довгостроковими, гострими і хронічними, фізіологічними і психологічними (інформаційними й емоційними). Робота за комп'ютером є одним з факторів, що викликають стрес (стресором). Реакція організму на стрес являє собою запуск біохімічних процесів, які спрямовані на придушення екстремальній ситуації. Стресові ситуації і пов'язані з ними переживання викликають в організмі численні негативні зрушення. *Робота за комп'ютером і органи дихання.* Захворювання органів дихання у даному контексті носять в основному алергічний характер. Це пояснюється тим, що за час довгої роботи комп'ютера корпус і плати останнього виділяють в повітря ряд шкідливих речовин, а так само комп'ютер створює навколо себе електростатичне поле, яке притягує пил, який осідає в легенях. Так же комп'ютер деіонізує навколишнє середовище і зменшує вологість повітря. *Алергія* − це підвищена чутливість організму до різних подразників, що виявляється в специфічних реакціях при контакті з ними. Це викликає такі симптоми алергії як риніт, сльозоточивість, шкірний висип, анафілактичний шок. Комп'ютер є досить серйозним джерелом низки алергенів. Приміром, корпус монітора, нагріваючись до 50-55 ° С починає виділяти в повітря пари тріфенілфосфата. Крім монітора нагрівається і материнська плата, блок живлення, процесор, відеокарта, які так само можуть виділяти в навколишнє середовище шкідливі органічні та неорганічні речовини (фтор-, хлор-, фосфоровмісні). Крім того, в комп'ютері є дуже багато місць, де накопичується пил і бруд, розмножуються мікроби і грибки. Пил отримує від екрану монітора слабкий статичний заряд, якого вистачає, що б пил осідав на тілі користувача і в його дихальних шляхах. При алергії підвищується стомлюваність, посилюється дратівливість і знижується імунітет. Алергія провокує ряд захворювань: екзему, гемолітичну анемію, бронхіальну астму та ін Найбільш тяжким проявом алергії є анафілактичний шок, який супроводжується утрудненням дихання, судомами, втратою свідомості, зниженням артеріального тиску і часто смерті.

При виготовленні плат та монтажі радіоелектронних компонентів шкідливими чинниками для людини є:

- запиленість і загазованість повітря робочої зони;

- наявність інфрачервоних випромінювань від розплавленого припою у ванні чи від паяльника;

- наявність електромагнітного випромінювання високої частоти (ВЧ);

- дія ультразвуку при паянні “хвилею”, яка утворюється за рахунок дії ультразвуку на розплавлений припій;

- дія електростатичного заряду;

- недостатня освітленість робочих місць чи підвищена яскравість;

- незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні;

- дія бризок і краплин розплавленого припою;

- ураження електричним струмом, а також група психофізіологічних факторів;

- фізичні перевантаження (статичні і динамічні);

- нервовопсихічні (монотонність праці, емоційні перевантаження). Операції паяння, лудіння і обпалювання ізоляції супроводжуються забрудненням повітря в приміщеннях:

- парами свинцю, олова, сурми та інших елементів, які входять в склад припою;

- парами каніфолі та різних рідин, які застосовуються для флюсу, змивання і розчинення різних лаків, якими покривають ПП;

- парами соляної кислоти;

- газами (окис вуглецю, вуглеводню).

Пари, які потрапляють в атмосферу цеху, конденсуються і перетворюються в аерозолі такої конденсації, частини якої за своєю дисперсністю наближаються до диму. Враховуючи шкідливість компонентів, що входять до складу

## 4.2 Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження шкідливих виробничих чинників

Для працівників, робота яких полягає в тривалій взаємодії з ЕОМ в закритому приміщенні, а саме до таких можна віднести розробника радіоелектронної апаратури саме на первинному етапі проектування, для зниження впливу цих факторів і збереження життя і здоров’я потрібно забезпечити виконання наступних нормативно-правових документів:

* Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 2.3.6.037-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 37;
* Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 39;
* Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42;
* Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 р. № 7;
* Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджені наказом Держгірпромнагляду від 26.03.2010 р. № 65 (далі — Правила № 65);
* Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, затверджені наказом МНС від 25.01.2012 р. № 67.

Дані норми встановлюють перелічені нижче умови.

Площу приміщень, в яких розташовують персональні комп’ютери, визначають згідно з чинними нормативними документами. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК, встановлено такі норми:

* площа — не менше 6,0 кв. м;
* об’єм — не менше 20,0 куб. м.

Заземлені конструкції, що знаходяться у приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Також в цих приміщеннях повинні бути медичні аптечки першої допомоги, системи автоматичної пожежної сигналізації та переносні вуглекислотні вогнегасники. Підходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільними.

Робочі місця, згідно з п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98, слід розташовувати відносно світлових прорізів так, щоб природне світло падало переважно з лівого боку.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп’ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози офісного працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Правилами встановлюються висота робочої поверхні робочого столу, параметри ширини і глибини для робочих столів, які мають забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Відповідно до п. 4.8 ДСанПіН 3.3.2.007-98 робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом нахилу сидіння та спинки, від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край — заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися.

Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм’якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко чиститься і не електризується (п. 4.12 ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Робочий стіл для ПК, як правило, має бути обладнаним підставкою для ніг, вимоги до її розмірів та конструкції також прописані в правилах. Застосування підставки для ніг тими, у кого ноги не дістають до підлоги, є обов’язковим.

Приміщення можуть обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажами, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер’єру приміщень з персональними комп’ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

*Дотримання вимог електробезпеки під час роботи*

Відповідно до розд. VI Правил № 65 щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп’ютер і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити персональний комп’ютер і периферійні пристрої від електричної мережі.

Персональні комп’ютери, периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з’єднань і електророзеток заводського виготовлення (п. 2.9 Правил № 65). Штепсельні з’єднання та електророзетки, окрім контактів фазового та нульового робочого провідників, повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз’єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з’єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп’ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі — з використанням перехідних пристроїв.

Є неприпустимими:

* експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією;
* застосування саморобних подовжувачів, застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
* користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з’єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;
* використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

*Вимоги до вентиляції, опалення, кондиціонування, мікроклімату*

Приміщення для роботи з персональними комп’ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та рухливості повітря відповідно до норм та правил, а також ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», затверджених наказом Мінрегіону від 25.01.2013 р. № 24.

Відповідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 в офісних приміщеннях температура повітря повинна становити 22–25°С, відносна вологість повітря — 40–60%, швидкість руху повітря — не більше 0,1 м/с.

Під час перевищення припустимих значень робочий день співробітників повинен бути скорочений мінімум на 10%.

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних і негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціювання повітря. В Україні відсутні затверджені на законодавчому рівні гранично допустимі норми вмісту вуглекислого газу в повітрі для житлових, офісних та громадських споруд. Проте, враховуючи його вплив на працівників, а саме суттєве зниження їх працездатності, роботодавцям варто приділяти цьому питанню увагу та вживати заходи профілактики.

Окрім цього, наслідком сучасного технічного прогресу є зростання з кожним роком енергоспоживання та збільшення навантаження на кабелі, що в свою чергу призводить до збільшення напруги електромагнітних полів, несприятлива дія яких може призвести до погіршення стану здоров’я працівників. Таким чином, роботодавцям варто пам’ятати, що причиною зниження працездатності офісних працівників дуже часто є саме незадовільні параметри мікроклімату.

*Вимоги до освітлення*

Як відомо, тривала робота за комп’ютером та з документами при недостатньому рівні освітленості може призвести до значного перенапруження зору, тому вимоги до освітлення є досить важливими.

Додатково, окрім вже перелічених документів, вимоги до освітлення встановлено ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення», затвердженими наказом Мінрегіону від 15.05.2006 р. № 168.

Як вже зазначалося, відносно вікон робоче місце необхідно організовувати так, щоб природне світло було з лівого боку (п. 4.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98). Робоче місце необхідно розміщувати таким чином, щоб уникнути попадання прямого світла в очі. Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп’ютерних випромінювань необхідне застосування приекранних фільтрів, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат (п. 4.19 ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Штучне освітлення приміщення має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення (п. 3.2.2 ДСанПіН 3.3.2.007-98). У приміщеннях при переважній роботі з документами допускається використання системи комбінованого освітлення, тобто встановлення світильників місцевого освітлення додатково до загального.

Як джерела штучного освітлення необхідно використовувати люмінесцентні лампи. Згідно з п. 3.2.5 ДСанПіН 3.3.2.007-98 система загального освітлення має бути у вигляді суцільних або переривчатих ліній світильників, що розташовані збоку від робочих місць (зазвичай ліворуч) паралельно лінії зору працівників.

Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення та, у разі влаштування відбитого освітлення у виробничих чи адміністративно-громадських приміщеннях, металогалогенних ламп потужністю 250 Вт.

Коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 5% (п. 3.2.14 ДСанПіН 3.3.2.007-98). Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300–500 лк. Світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях відповідно до п. 3.2.15 ДСанПіН 3.3.2.007-98 необхідно мити вікна і світильники не рідше 2 разів на рік, а також своєчасно замінювати лампи, що перегоріли.

*Вимоги до рівнів шуму та вібрації (рівні звукового тиску та норми вібрації)*

Рівні шуму та вібрації на робочих місцях осіб, що працюють з ПК, визначаються відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Для забезпечення дотримання допустимих рівнів шуму на робочих місцях застосовуються засоби звукопоглинання, вибір яких обґрунтовується спеціальними інженерно-акустичними розрахунками (п. 3.3.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Перелік організаційно-технічних заходів щодо обмеження несприятливого впливу шуму та вібрації на працюючих наведено в ДСН 2.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.039-99, серед яких зменшення шуму та вібрації на шляху розповсюдження засобами ізоляції та поглинання, наприклад, за рахунок використання гумових, поролонових, інших шумо- чи вібропоглинаючих матеріалів, або інших матеріалів аналогічного призначення, що дозволені для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

*Допустимі параметри неіонізуючого електромагнітного випромінювання*

Вимоги щодо рівня неіонізуючих електромагнітних випромінювань, електростатичних та магнітних полів встановлюються відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98, а також Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів, затверджених наказом Міненергетики від 05.02.2014 р. № 99, ДСанПіН 3.3.6.096-2002.

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих відповідно до встановлених норм.

*Режим праці та відпочинку: регламентовані перерви, обідня перерва, режим праці з комп’ютером*

При організації праці, що пов’язана з використанням персональних комп’ютерів, для збереження здоров’я працюючих, запобігання професійним захворювання і підтримки працездатності слід передбачити регламентовані перерви для відпочинку. Режими праці і відпочинку мають передбачати додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об’єктивних і суб’єктивних ознак стомлення і зниження працездатності. За основну роботу з персональним комп’ютером слід вважати таку, що займає не менше 50% часу впродовж робочої зміни.

Відповідно до п. 5.3 ДСанПіН 3.3.2.007-98 протягом дня мають передбачатися:

* перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви);
* перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами);
* додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

Аналогічні вимоги і снують і для організації робочого місця монтажника елементів радіоелектронної апаратури.

Дільниці, на яких зосереджені операції паяння, виділяють в окремі приміщення. Якщо паяння проводиться на поточній лінії при чергуванні з іншими технологічними операціями, виробничі приміщення в такому випадку розглядають як приміщення, призначені для паяння.

Стіни, віконні рами, опалювальні прилади, повітропроводи повинні бути гладенькими (рівними) і покриті масляною фарбою світлих тонів (панелі на рівні 1,5...2 м краще облицювати плиткою).

Підлога повинна бути водонепроникною, мати підвищену міцність і опір стиранню та загоранню, без щілин та мати нахил до трапів каналізації. На дільницях паяння підлогу миють після кожної зміни. Не рідше одного разу на тиждень роблять вологе прибирання всього приміщення.

При ручному паянні та обпалюванні ізоляції з метою захисту від ураження електричним струмом електропаяльник та електрообпалювалка повинні працювати від електромережі напругою не більше 42 В.

Прибирання обладнання проводиться із застосуванням пневмоприбиральної системи. Робочі поверхні верстатів, ящиків для зберігання інструментів і тара в кінці зміни очищаються і обливаються гарячим мильним розчином. Використані серветки і ганчірки після зміни повинні спалюватися, повторне їх використання не допускається. Шафи для зберігання робочого одягу та особистих речей щотижня всередині і зовні обмиваються гарячою водою з милом.

Експлуатація дільниць паяння, не обладнаних відсмоктувальною вентиляцією, забороняється. Вентиляційні установки повинні включатися до початку робіт і виключатися після їх закінчення. Приміщення, в яких розташовані дільниці паяння, обладнуються окремою вентиляцією. Надходження повітря повинно складати 95% об’єму відсмоктування. Решта 5% повітря надходить з суміжних, більш чистих приміщень.

Особи, які не досягли 18 років, до постійної роботи з припоями, що містять свинець і кадмій, не допускаються. Жінки, зайняті паянням, в період вагітності та годування дітей переводяться на роботу, не пов`язану з паянням. При влаштуванні на роботу всі повинні бути проінструктовані про заходи безпеки при роботі з припоями та флюсами.

Особлива увага при інструктажі приділяється питанням особистої гігієни. Місця, відведені для паління, а також кімнати для харчування та виробничі дільниці обладнуються умивальниками, до яких безперервно повинна подаватися гаряча і холодна вода. Біля умивальників передбачаються банки з 1% розчином оцтової кислоти чи змивної пасти на основі ОП-7 для попереднього обмивання рук з наступним обмиванням їх теплою водою з милом. Перед прийманням їжі і палінням обов`язково мити руки і полоскати рот. Для витирання рук застосовують разові серветки. Застосування рушників загального користування не дозволяється.

Для захисту шкіри рук від дії сенсибілізувальних речовин, які входять до складу флюсів, використовують захисні мазі і пасти типу “Міколан”, пасти ІЕР-1, ХІОТ-14, які наносять на шкіру перед початком роботи і після обідньої перерви. Після роботи для шкіри рук необхідно застосовувати жирні поживні креми. Питну воду для працюючих на дільницях паяння необхідно подавати

В приміщеннях, де виконується паяння, забороняється зберігати спецодяг, особисті речі, приймати і зберігати їжу, питну воду а також палити. Знаходитись в приміщеннях для приймання їжі, їдальнях та буфетах в робочому одязі забороняється. Після закінчення роботи необхідно прийняти теплий душ, почистити зуби.

Цій категорії робітників не рекомендується видавати молоко, тому що воно містить кальцій, що легко засвоюється, підвищене введення якого в організм викликає негативний вплив на хід свинцевої інтоксикації. Тому при роботі з свинцем та його з’єднаннями замість молока робітникам необхідно видавати пектин (8-10 г) у вигляді мармеладу чи концентрату пектина з чаєм.

Деякі з речовин і матеріалів, які застосовуються на дільницях паяння, пожежовибухонебезпечні. Пожежа може виникнути на операціях приготування флюсів (етиловий спирт, етилацетат), припоїв, при видаленні залишків флюсів після паяння (спиртобензинова суміш, ацетон) і при проведенні робіт щодо захисту дзеркала розплавленого припою в агрегатах паяння (загорання масла).

*Розрахунок освітленості робочого місця*

Метод коефіцієнтів використання призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення на задану освітленість горизонтальної поверхні, при світильниках будь-якого типу. При розрахунку за цим методом використовується як прямий так і відбите світло. Основна розрахункова формула розглянутого методу має наступний вигляд:

(4.1)

де − потік лампи (чи ламп) у світильниках, лм;

– нормована мінімальна освітленість, лк;

− коефіцієнт запасу, з урахуванням запилення світильників і їх зносу;

− кількість світильників, визначається з умови створення рівномірної освітленості всієї площі поверхні;

− коефіцієнт використання світлового потоку (в частках одиниці), тобто відношення потоку, падаючого на розрахункову поверхню до сумарного потоку всіх ламп. залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття світлового потоку від стін, геометричних розмірів приміщення і висоти підвісу світильників, що враховується характеристикою ( − ширина, − висота, − висота приміщення):

(4.2)

– відношення середньої освітленості до мінмімальної;

– коефіцієнт затемнення;

– площа приміщення.

При освітленості рядами люмінесцентних світильників до розрахунку додається число рядів, а також тип і потужність ламп, що і визначає її потік . Необхідна кількість світильників визначається за формулою:

(4.3)

де - число рядів у світильнику.

Розподілом на число рядів визначається число світильників в кожному ряду, а так як довжина світильника відома, то можна знайти повну довжину всіх світильників ряду. Якщо зазначена довжина близька до геометричній довжині ряду, він виходить суцільним; якщо вона менше довжини ряду, світильники розміщуються в ряду з розривами; якщо, нарешті, вона більше довжини ряду, збільшується число рядів або ж кожен ряд утворюється з здвоєних (прибудованих) світильників.

Виконаємо розрахунок за таблицями питомої потужності. Початкові дані:

* довжина приміщення: А = 6 м;
* ширина приміщення: В = 6 м;
* розрахункова висота приміщення: h = 3.5 м;
* коефіцієнт відбиття:

− від стін 50%,

− від стелі 70%,

− від підлоги 10%;

* нормована освітленість 300 лк.
* затемнених робочих місць немає.

Необхідно визначити число світильників при загальному рівномірному освітленні.

Вибираємо лампи для освітлення приміщення типу ЛБ - 40 (згідно СінПін 2.2.2 542 - 96 для приміщень обчислювальних центрів). Світильники обираємо типу ЛСП - 13 - 2 х 40 - 06 для встановлення двох ламп типу ЛБ - 40. Лампи ЛБ - 40 мають , а так як у світильнику їх дві, то .

Для визначення кількості рядів існує коефіцієнт , який знаходиться як відношення відстані між рядами до висоти приміщення . Його значення зазвичай приймається 1,4. Тоді знайдемо як:

(4.4)

Очевидно, що таку відстань між рядами в розглянутому приміщенні забезпечити не можна, отже, лампи необхідно встановлювати в один ряд.

Розрахуємо площу приміщення:

(4.5)

Рекомендовані значення:

(Для приміщень обчислювальних центрів, освітлюваних люмінесцентними лампами з очищенням світильників не рідше 2-х разів на рік);

(виходячи з оптимального розташування світильників);

(для приміщень з фіксованим положенням працюючих);

(4.6)

Cвітильник ЛСО - 04 має криву сили світла класу Г-2; для і вищевказаних коефіцієнтів відбиття отримуємо q рівне 0,74.

(4.7)

Тобто в ряду встановлюється чотири світильника.

Відстань від стін приміщення до торців ряду світильників, а також відстань між світильниками в ряду розраховується за формулами:

(4.8)

де – відстань між світильниками в ряду;

– довжина світильника,

Тоді відстань від стін приміщення до торців ряду світильників:

## 4.3 Пожежо- та вибухонебезпека в приміщеннях для розробки радіоелектронної аппаратури

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 р. № 5403-VI, Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом МВС України від 30.12.2014 р. № 1417, Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України від 09.01.98 р. № 4 правила техніки протипожежної безпеки є наступними.

Будь-яке перепланування, технологічне переоснащення, зміна функціонального призначення приміщень дозволяється лише за наявності проектної документації, яка пройшла попередню експертизу на відповідність нормативним актам з питань пожежної безпеки та отримала позитивні результати в органах державного пожежного нагляду.

Меблі та устаткування мають розміщатися так, щоб забезпечити вільний евакуаційний прохід до виходу з приміщення (не менше 1 м).

Евакуаційні шляхи та виходи слід завжди утримувати вільними, нічим не захаращеними. В міру накопичення горючих відходів (використаного паперу тощо), а також після закінчення роботи їх слід прибирати у спеціально відведені сміттєзбірники.

Електромережі, електроприлади та апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані з урахуванням вказівок і рекомендацій заводів-виробників. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електроприладів слід негайно вимкнути їх і вжити необхідних заходів щодо приведення до пожежобезпечного стану.

Документи, папір та інші горючі матеріали слід зберігати на відстані, не менше 1 м від електрощитів, електрокабелів, проводів (0.5 м – від світильників, 0.25 м – від приладів опалення).

Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, у разі наявності людей, повинні постійно освітлюватись електричним світлом.

Електрощити повинні бути оснащені схемами підключення споживачів з пояснювальними написами і вказаним значенням номінального струму апарата захисту (плавкої вставки).

Встановлення на горючі основи (конструкції) електророзеток, вимикачів, перемикачів та інших подібних пристроїв допускається тільки з підкладанням під них суцільного негорючого матеріалу, що виступає за їх габарити не менш ніж на 10 см.

Засоби протипожежного захисту слід утримувати у справному стані. Всі працівники зобов’язані вміти користуватися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння та внутрішніми пожежними кранами, знати місця їх розташування. Відстань від найвіддаленішого місця приміщення до найближчого вогнегасника не повинна перевищувати 20 м.

Пожежні сповіщувачі повинні функціонувати цілодобово і постійно утримуватися в чистоті. До них має бути забезпечений вільний доступ. Відстань від складованих матеріалів і устаткування до сповіщувачів повинна бути не менша ніж 0,6 м.

У приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, що за вимогами технології працюють цілодобово).

На рис. 4.3 зображено приклад можливого плану евакуації з описаного приміщення та розміщення засобів пожежогасіння.



Рис. 4.3 − План евакуації

## 4.4 Інструкція з охорони праці монтажника радіоелектронних компонентів під час виконання робіт.

Роботи зі шкідливими і пожежовибухонебезпечними речовинами при нанесенні припоїв, флюсів, паяльних паст, сполучних і розчинників повинні проводитися при діючій загальнообмінної і місцевої витяжнії вентиляції. Системи місцевих відсмоктувачів повинні включатися до початку робіт і вимикатися після їх закінчення.

Забороняється під час роботи з електроінструментом знімати засоби індивідуального захисту, до вимикання електроінструменту і торкатися до електроінструменту до його повного охолодження.

Повітряприймачі місцевих відсмоктувачів повинні кріпитися на гнучких або телескопічних воздуховодах, здатних переміщатися в процесі пайки паяльником до місця пайки. При цьому повинна бути забезпечена надійна фіксація положення повітроприймачів.

Утримувати робоче місце в чистоті, не допускати його захаращення.

При виконанні робіт дотримуватися прийнятої технології пайки виробів.

Паяльник, що знаходиться в робочому стані, встановлювати в зоні дії місцевої витяжної вентиляції.

Паяльник на робочих місцях встановлювати на вогнезахисні підставки, що виключають його падіння.

Нагріті в процесі роботи вироби і технологічне оснащення розміщувати в місцях, обладнаних витяжною вентиляцією.

Для переміщення виробів застосовувати спеціальні інструменти (пінцети, кліщі, кусачки з уловлювачами, або інші інструменти), що забезпечують безпеку при пайці.

Збірку, фіксацію, затискаючих з'єднань, нанесення припою, флюсу та інших матеріалів на складальні деталі проводити з використанням спеціальних пристосувань або інструментів, зазначених у технічній документації.

Надлишки припою і флюсу з жала паяльника знімати із застосуванням матеріалів, зазначених у технічній документації.

Забороняється працювати поруч з легкозаймистими рідинами і газами.

Щоб уникнути опіків розплавленим припоєм при розпаювання забороняється висмикувати різко з великим зусиллям дроти що паяються.

Паяльник переносити за корпус, а не за провід або робочу частину. При перервах в роботі паяльник відключати від електромережі.

При нанесенні флюсів на місця з’єднання користуватися шприцами, порцелянової лопаткою, або зубочистками.

При перевірці результатів пайки забороняється прибирати виріб з активної зони витяжки до повного його охолодження.

Вироби для пайки паяльником укладати таким чином, щоб вони знаходилися в стійкому положенні.

На ділянках пайки паяльником забороняється проводити прийом і зберігання їжі.

Забороняється працювати в приміщення з вологістю повітря від 60% до 100% і при випаданні атмосферних опадів.

Забороняється використовувати паяльну станцію, паяльник, теплової пістолет в роботах, не передбачених інструкцією заводу-виготовлювача.

# 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

## 5.1 Вступ

Охорона навколишнього середовища − це комплекс заходів, спрямованих для запобігання негативного впливу людської діяльності на природу, забезпечення сприятливих і безпечних умов життєдіяльності людини. В умовах науково-технічного прогресу найважливішим завданням людства є охорона найважливіших елементів навколишнього середовища (повітря, вода, грунт), які через шкідливих промислових викидів і відходів піддаються найсильнішому забруднення. Результатом чого є окислення ґрунту і води, зміна клімату і руйнування озонового шару. Саме з цього охороні навколишнього середовища в будівництві відводиться важливе місце в загальнодержавних завданнях. В останні роки, у зв'язку з необоротними процесами і змінами навколишнього середовища, питання охорони середовища виросли в загальносвітову проблему. Тому розробка довгострокової екологічної політики щодо створення сприятливих умов стала необхідна. Щоб максимально знизити рівень забруднень, що викидаються підприємствами, необхідно проводити наступні обов'язкові заходи з охорони навколишнього природного середовища: - Виявлення, оцінка, постійний контроль і обмеження шкідливих викидів в навколишнє середовище; створення природних і ресурсозберігаючих технологій. - Розробка юридичних законів, правових актів з охорони навколишнього середовища, а також матеріальне стимулювання виконання вимог цих законів і природоохоронних заходів. - Попередження погіршення екологічної обстановки та охорони навколишнього середовища від шкідливих і небезпечних факторів шляхом створення спеціально виділених територій. Найбільшими забруднювачами довкілля є підприємства. Тому державою передбачена оцінка впливу на навколишнє середовище як планованої господарської діяльності, яке може зробити прямий або непрямий вплив на навколишнє середовище, так і існуючих підприємств. Забороняється будівництво, реконструкція будівель, споруд та інших об'єктів до затвердження проектів, а також зміна затверджених проектів на шкоду вимогам в області охорони навколишнього середовища. Розділ охорони навколишнього середовища повинен містити свої проектні розробки по охороні природного середовища. Проектні розробки включають в себе елементи екологічного нормування, комплекс пропозицій щодо раціонального використання природних ресурсів, охорони навколишнього середовища та розрахунку гранично допустимих викидів

## 5.2 Законодавча база охорони навколишнього середовища

Відносини у галузі охорони навколишнього середовища в Україні регулюються законами:

* «Про охорону навколишнього природного середовища від 25.06.1991 № 1264-XII;
* «Про природно-заповідний фонд України» від 16.06.1992 p.;
* «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 p.;
* «Про тваринний світ» від 03.03.1993 p.;
* «Про екологічну експертизу» від 09.02.1995 p.;
* «Про внесення змін і доповнень у деякі законодавчі акти України з питань охорони навколишнього природного середовища» від 06.03.1996 p.

Постановами Верховної Ради України:

* «Про затвердження порядку обмеження, тимчасову заборону або припинення діяльності підприємств, установ, організацій і об'єктів у випадку порушення ними законодавства «Про охорону навколишнього природного середовища» від 20.10.1992 p.;
* «Про порядок і видачу дозволів на спеціальне використання природних ресурсів і встановлення лімітів використання природних ресурсів республіканського значення» від 10.08.1992р. №459;
* «Про затвердження порядку визначення плати і стягнення платежів за забруднення навколишнього природного середовища» від 13.01.1992 р. № 018;
* «Про затвердження «Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища в Україні» від 23.09.1993 р № 785.

Кодекси України:

* «Земельний Кодекс України» від 18.12.1992 р. зі змінами від 05.05.1995 р.
* «Лісовий Кодекс України» від 21.01.1994 р;
* «Водний Кодекс України» від 06.06.1995 р;
* «Кодекс України про надра» від 27.07.1994 р.

Згідно з цими законами, а також розроблюваними відповідно нього земельним, водним, лісовим законодавством, законодавством про надра, про охорону атмосферного повітря, про охорону і використання рослинного і тваринного світу та іншим спеціальним законодавствами - основними принципами охорони навколишнього природного середовища є:

* пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;
* гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров’я людей;
* запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;
* екологізація матеріального виробництва на основі комплексності у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широко-провадження новітніх технологій;
* збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;
* науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання між дисциплінарних екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;
* обов'язковість екологічної експертизи;
* гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;
* науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;
* безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;
* стягнення збору за забруднення навколишнього природного середовища та погіршення якості природних ресурсів, компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;
* вирішення питань охорони навколишнього природного середовища;
* використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної змінності територій, сукупної дії факторів, що негативно впливають на екологічну обстановку;
* поєднання заходів стимулювання і відповідальності у справі охорони навколишнього природного середовища;
* вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва.

## 5.3 Вплив викидів в атмосферу небезпечних речовин при пайці

При розробці заходів з охорони атмосферного повітря переслідується мета максимально скоротити і повністю виключити шкідливі викиди в повітряний басейн для забезпечення гарної якості повітряного простору.

З результатів проведених досліджень щодо чистим вважається таке повітря, в якому концентрація шкідливих домішок не перевищує гранично допустиму концентрацію. Цей показник приймається як норматив якості повітря. Для людини більш ніж на 600 токсинів, які досить повно характеризують екологічну ситуацію.

Пайка металевих виробів (деталей, вузлів, висновків, ювелірних виробів) із застосуванням різних флюсів є найпоширенішою операцією в технології складання радіоелектроніки:

а) пайки металів і сплавів свинцево-олов'яними припоями різних марок із застосуванням каніфолі в якості флюсу супроводжується виділенням в атмосферу аерозолів свинцю, олова і парів каніфолі.

Валова кількість аерозолів свинцю і олова, т / рік, що виділяються при пайку припоями марки ПОС, визначається за формулою:

G = qnn T 10 -6,

де: qnn - питомий показник виділення аерозолів свинцю і олова при пайці свинцево-олов'яними припоями для одного робочого місця, г / ч (таблиця 5.1).

Максимальний викид аерозолів свинцю і олова, г / с, визначається за формулою:

Описание: http://base1.gostedu.ru/59/59535/x004.gif,

де: N - кількість робочих місць, одночасно задіяних в робочому процесі;

t - час пайки (годину).

Валова кількість парів каніфолі, т / рік, що утворюються при пайку виробів із застосуванням каніфолі в якості флюсу, визначається за формулою:

G = Q Knф,

де КПФ − кількість парів каніфолі, що утворюються при пайку з каніфольного флюсу, в відносних одиницях;

КПФ − складає 20% від загальної витрати каніфольного флюсу, 0.2 в відносних одиницях.

Q - витрата каніфолі за рік.

Валовий викид парів кислот визначається за формулою (т / рік):

G = 10-3Q Кк

Борна кислота і бура в якості флюсу застосовуються в незначних кількостях тільки при пайці дорогоцінних металів (золота), при цьому борна кислота під дією високих температур повністю переходить в пароподібний стан (випаровується). Під дією полум'я, що містяться в складі «бури технічної» домішки (сульфат натрію, карбонат натрію, сульфіди важких металів) розкладаються на оксид сірки і оксид вуглецю в кількості 0.2% кожен від кількості використовуваної бури. При використанні олов'яно-срібних припоїв шкідливі виділення відсутні.

Таблиця 5.1 − Шкідливі виділення при пайці свинцево-олов'яними припоями на одне робоче місце

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Питомі виділення qпп, г / ч | |
| аерозолі свинцю | аерозолі олова |
| ПОС - 30 | 0.0028 | 0.0012 |
| ПОС - 40 | 0.0019 | 0.0012 |
| ПОС - 61 | 0.0011 | 0.0017 |

б) пайка металів і сплавів бензиновими пальниками супроводжується виділенням оксиду вуглецю, вуглеводнів, двоокису азоту, що утворюються при спалюванні бензину вогнем.

З застосовуваних для пайки флюсів, в залежності від їх складу, відбувається виділення наступних речовин:

- з каніфолеміских флюсів − пари каніфолі;

- з соляної кислоти, яка застосовується в якості флюсу − пари соляної кислоти;

- з бури − оксиди сірки і вуглецю.

У процесі згоряння 1 т бензину будь-якої марки в полум'я пальників за винятком ненормований діоксиду вуглецю і водяної пари утворюється 60% окису вуглецю, 10% вуглеводнів, 4% двоокису азоту, 26% - пари бензину.

Валове виділення шкідливих речовин, т / рік, що надходять в атмосферу при згорянні бензину в пальниках, визначається за формулою:

G = Q qnБ 10-2

де: Q - витрата бензину за рік, т / рік;

qnБ - кількість шкідливої речовини, що утворюється при згоранні 1 т бензину в пальниках,%.

Максимальний викид (г / с) продуктів згоряння бензину в пальниках визначається за формулою:

Описание: http://base1.gostedu.ru/59/59535/x010.gif,

де: а - добова витрата бензину, кг / добу;

t - час роботи пальника, час;

10 - коефіцієнт переведення «кг» в «г» і% в масові частки (103 10-2 = 10)

Розрахунок кількості викидів шкідливих речовин від підприємств по ремонту РЕА ідентичний розрахунку кількості викидів від підприємств Ремпобуттехніки.

Зачистка або промивка деталей перед паянням супроводжується виділенням шкідливих летючих речовин, що відходять від застосовуваних матеріалів (бензин Б-70, ацетон, спирти і розчинники різних марок).

Валове кількість шкідливих летючих речовин, т / рік, що надходять в атмосферу при використанні миючих (зачищають) матеріалів, визначається за формулою:

G = Q K 10-2

Для бензину, спирту і ацетону К = 1, для розчинників значення До приймається відповідно до діючих методичних вказівок

До зниження викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище, як правило, наводять такі заходи: підвищення коефіцієнта корисного використання палива і теплоти; більш повне споживання вторинних енергоресурсів; облагороджування палива (наприклад, зниження вмісту в ньому сірки, азоту і механічних домішок, додавання, що поліпшують умови горіння і зменшують витрата палива); застосування екологічно чистого палива; організація процесу спалювання палива відповідно до наукової теорією горіння речовини і з мінімальним утворенням продуктів, що забруднюють атмосферу.

Великий ефект щодо зниження витрати палива і скорочення забруднення природного середовища може бути досягнуто за рахунок впровадження енерготехнологічних схем, що поєднують процес виробництва з виробленням енергії.

Для успішного вирішення проблеми захисту атмосферного повітря від шкідливих домішок важливо засвоїти визначення основних понять у цій галузі.

Відведення викидів на велику висоту призводить до посилення розсіювання домішок в атмосфері і зниження їх концентрації до допустимих значень в повітряному шарі, прилеглому до земної поверхні.

Даний спосіб не знижує забруднення атмосфери в цілому, так як загальна маса викиду при його використанні не зменшується. Проте, він широко застосовується в даний час, оскільки не всі виробництва працюють по безвідходної технології і не для всіх викидів розроблені ефективні способи очищення.

Очищення − видалення (виділення, уловлювання) домішок з різних середовищ. Знешкодження - обробка домішок до нешкідливого для людей, тварин, рослин і в цілому для навколишнього середовища стану.

Знезараження − інактивація (дезактивація) мікроорганізмів різних видів, що знаходяться в газоповітряних викидах, рідких і твердих середовищах.

Дезодорація − обробка одорантів (речовин, що володіють запахом), що містяться в повітрі, воді або твердих середовищах, з метою усунення або зниження інтенсивності запахів. При організації виробництва, особливо маловідходного або безвідходного, необхідною стадією є промислова і санітарне очищення газоповітряних викидів.

Промислова очистка − це очищення газу з метою подальшої утилізації або повернення у виробництво відокремленого від газу або перетвореного в нешкідливе стан продукту. Цей вид очищення є необхідною стадією технологічного процесу, при цьому технологічне обладнання пов'язане одне з одним матеріальними потоками з відповідною обв'язкою апаратів. Як пилогазоуловлюючих обладнання можуть використовуватися розвантажувальні циклопи, пилеосідальні камери, фільтри, адсорбер, скрубери і т.д.

Санітарна очистка - це очищення газу від залишкового вмісту в ньому забруднюючої речовини, при якій забезпечується дотримання нормативу ГДК в повітрі населених місць або виробничих приміщень.

Установка очищення газу - це комплекс споруд, обладнання та апаратури, призначений для відділення від газу, що надходить з промислового джерела, або перетворення речовин, що забруднюють атмосферу, в нешкідливе стан.

Залежно від агрегатного стану уловлюваного або знешкоджувати речовини установки підрозділяються на газоочисні і пилоуловлювані.

Апарат очищення газу − елемент установки, на якому безпосередньо здійснюється виборчий процес уловлювання або знешкодження речовин, що забруднюють атмосферу.

Залежно від методу очищення газоочисні апарати підрозділяються на сім груп:

* перша група (С) − сухі механічні пиловловлювачі (гравітаційні, сухі інерційні і ротаційні);
* друга група (М) − мокрі пиловловлювачі (інерційні, конденсаційні), скрубери (механічні, ударноінерційне, порожнисті, насадок, відцентрові), скрубери Вентурі і т.п .;
* третя група (Ф) − промислові фільтри (рукавні. Волокнисті, кишенькові, зернисті), фільтри з регенерацією (імпульсної зворотного продувкою, ультразвуком, з механічним і вібровстряхуванням і т.п.);
* четверта група (Е) − електричні пиловловлювачі (сухі, мокрі електрофільтри і ін.);
* п'ята група (X) − апарати хімічної (сорбційної) очищення газу від газоподібних домішок (адсорбер, абсорбери і т.п.);
* шоста група (Т) − апарати термічної і. термокаталитической очищення газів від газоподібних домішок (печі спалювання, каталітичні реактори);
* сьома група (Д) − апарати інших методів очищення.

## 5.4 Вплив на оточуюче середовище виготовлення друкованих плат

При виготовленні друкованих плат хімічним методом на операціях травлення, промивання і зняття фарби утворюються рідкі відходи. Вони бувають концентрованими, як це має місце при травленні і зняття фарби, і відносно слабким - промиванням водою. Зазвичай хімічна обробка перетворює стічні води в нешкідливі, придатні до скидання в каналізацію. У нових розробках передбачається нейтралізацію проводити шляхом змішування кислих і лужних рідких відходів. Однак оптимальним рішенням є створення замкнутих технологічних циклів з регенерацією, що виключають відходи. Прикладом такого технічного рішення можна назвати комплекс травлення із використанням електрохімічної регенерації. Установка працює в замкнутому циклі з травильної машиною, що дозволяє не тільки відновлювати початкові властивості травильного розчину і витягувати мідь, але і забезпечувати сталість швидкості травлення і практично повністю (крім промивних вод) виключити процес нейтралізації відпрацьованого розчину. Однією з найважливіших завдань є запобігання витоку шкідливих речовин в стічні води. Прикладом вдалого вирішення може служити використання водо-повітряного промивання після операції травлення. В форсунки модуля промивання подається стиснене повітря з дуже невеликою кількістю води, і відбувається енергійне обдування плати водяним туманом, знімаючи з неї більшу частину що залишилась після розчином травлення. Злив модуля в з’єднання не з каналізацією, а з модулем травлення, в результаті чого останній повертається віднесений на платі розчин і деяку кількість води, що в свою чергу знижує безперервно зростаючу концентрацію розчину. Застосування промивання водовоз-задушною сумішшю дозволяє різко скоротити кількість розчину, що зливається в каналізацію з промивної водою. Іншим варіантом при виготовленні друкованих плат хімічним методом на операціях травлення, промивання і зняття фарби утворюються рідкі відходи. Вони бувають концентрованими, як це має місце при травленні і зняття фарби, і відносно слабкими - промивні води. Іншим варіантом є використання віджимних валків. При їх використанні винесення робочих розчинів скорочується в два рази - з 100 до 50 мл на 1 м2 оброблюваної поверхні.

Як приклад, що дозволяє оцінити вплив конструкції обладнання на захист навколишнього середовища, розглянемо операцію гарячого лудіння. В установках старого типу операція виконувалася вручну методом занурення плат в розплавлений припій, поверхня якого захищалася від окислення гліцерином. В установках нового типу лудіння виробляється хвилею припою. Ця установка конвеєрного типу; в якій після операції лудіння передбачені віджимні валки, що істотно скорочують винесення гліцерину. У великосерійному виробництві витрата буде зменшена на 500 л на місяць.

У систему заходів з охорони навколишнього середовища при виробництві друкованих плат входить утилізація відходів. Розроблено метод регенерації, що дозволяє повернути відходи неблагородних металів і діелектриків, який полягає в подрібненні, грануляції відходів з подальшим поділом за рахунок різниці питомих ваг. Метал після очищення і переплавлення використовують вдруге, а гранульований діелектрик, розмішати в розчині смоли до отримання в'язкої пасти, служить просоченням при виготовленні пресованих шаруватих матеріалів, наприклад гетинаксу.

## 5.5 Висновки

Розглянута система охорони праці на всіх етапах виробництва і монтажу радіоелектронних компонентів.

Особливу увагу було приділено процесу пайки і шкідливим викидам що при цьому утворюються.

Крім пайки розглянуто негативний вплив процесу виготовлення друкованих плат і шляхи його усунення шляхом повторного використання залишків.

# ВИСНОВКИ

На сьогодні підсилювальні каскади є одними з невід’ємних елементів майже будь-якої радіоелектронної апаратури не залежно від галузі її застосування. При розрахунку апаратури, її економічних, експлуатаційних та витрат на виробництво, важливо враховувати багато факторів ще на етапі проектування.

З цієї позиції стає актуальним застосовувати математичну модель, яка враховує найбільш важливі показники і формує вихідні параметри ще на початку проектування та на всіх подальших її етапах. Такою моделлю є агрегативна модель динамічної системи. В роботі вона була побудована і виконано розрахунок її показників.

Додатково було розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища в процесі проектування та виготовлення радіоелектронної апаратури.

# ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бычков Ю.А., Золотницкий В.М., Чернышев Э.П. Основы теории электрических цепей: Учебник для вузов. СПб.; Издательство «Лань», 2002. 464 с.
2. Прянишников В.А. Электроника: Курс лекций. 2-е изд. исп. и доп. СПб. : КОРОНА принт, 2000. 416 с.
3. Основи техніки безпеки при виготовленні радіоелектронної апаратури. Навчальний посібник. Л. І. Северин. – В.: ВДТУ, 1998. – 146 с.
4. Горобец А.И., Степаненко А.И. Охрана труда в радиоелектронной промышленности. –К.:Техника, 1987.- 134 с.
5. Градель В.П. Краткий справочник радиомонтажника.– Х.: Прапор, 1977.- 311 с.
6. Закон України «Про охорону праці».
7. Методические рекомендации. Создание благоприятных условий труда пользователей ЭВМ, работающих с дисплеями на информационно - вычислительных центрах.- Х.: НИИ гигиены труда, 1986.-25 с.
8. Наватікян О.О. та інші. Охорона праці користувачів комп’ютерних терміналів.– К., 1997- 400 с.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).- М.: Энергоатомиздат., 1987.- 648 с.
10. Справочник по охране труда на промышленном предприятии. К.Н. Ткачук и др.- К.:Техника, 1991.- 285 с.
11. Техника безопасности и противопожарная техника в електрорадио електронной промышленности. Под ред. И.И.Девяткина.- М.: Энергия, 1969.- 352 с.
12. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.- М.: Издательство стандартов, 1974.
13. Переиздан в 1985.- 4 с.
14. ГОСТ 12.1.005- 88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические тредования к воздуху рабочей зоны.- М.: Издательство стандартов, 1988.- 75 с.
15. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общин требования к безопасности.- М.: Издательство стандартов, 1976.- 5 с.
16. ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.- М.: Издательство стандартов, 1991. - 16 с.
17. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.- М.: Издательство стандартов, 1978. Переиздан в 1986.- 9 с.
18. ГОСТ 12.2.033-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.- М.: Издательство стандартов, 1978. Переиздан в 1986.- 9 с.
19. ГОСТ 12.3.002-75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.- М.: Издательство стандартов, 1975. Переиздан в 1990.- 7 с
20. ГОСТ 12.4.009-83. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды, размещение и обслуживание.- М.: Издательство стандартов, 1983.- 12 с.
21. ГОСТ 12.4.026-76. ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.- М.: Издательство стандартов, 1976. Переиздан в 1987.- 32 с.
22. Иванов Н.Н., Михайлов Г.И., Руднев В.В., Таль А.А. Конечные автоматы: эквивалентность и поведение. – М: Наука. Главная реакция физико-математической литературы, 1984. – 192с.
23. Бусленко Н.П., В.В. Калашников, И.Н. Коваленко. Лекции по теории сложных систем. М.: Сов. Радио, 1073. 440с.
24. Калниболотский Ю.М. и др. Автоматизированное проектирование электронных схем. Ю.М. Калниболотский, К.С. Сундучков, А.И. Солодовник. – К.: Техніка, 1987. – 301с. Ил – Библиогр.: с. 291-299.
25. Гуткин Л.Г. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. М.: «Сов. Радио», 1975. с. 18, 28.