

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра електроніки та наносистем

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему Слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного
мікрофону
08-05.МКР.153.02.000

Виконала: студент 2-го курсу, групи МНТ-18м,
спеціальності

153 – «Мікро – та наносистемна техніка»
(шифр і назва спеціальності)

Гарбар Л. О.

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц.

Огородник К. В.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., проф. каф. ТКСТБ

Барась С.Т.

(Прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра електроніки та наносистем
Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр
Спеціальність 153 – «Мікро- та наносистемна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ЕНС
д.т.н., проф. Білинський Й.Й

«03» вересня 2019р.

ЗАВДАННЯ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Гарбар Любові Олександрівні

1. Тема МКР: Слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного мікрофону

науковий керівник роботи Огородник Константин Володимирович к.т.н., доц.

затверджено наказом ВНТУ від «03» вересня 2019 року № 254.

2. Строк подання студентом роботи: 12.12.2019 р.

3. Вихідні дані для виконання роботи:

Розробити електричну схему та друковану плату слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону з наступними параметрами: напруга живлення - $U_{ж} = +4$ В; коефіцієнт підсилення = 3 рази; чутливість $V_{оп} = 6$ мВ; потужність = 1,6 В. розміри плати – не більше $26 \times 51 \times 1,5$ мм; максимальне значення струму в провіднику - 0,03 А.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз сучасного стану розвитку слухових апаратів; структурна та електрична схеми слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону; алгоритм роботи слухового апарату, моделювання роботи схеми; заходи з охорони праці та навколишнього середовища.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема електрична принципова, схема структурна, плата друкована, складальне креслення та результати моделювання.

6. Консультанти розділів МК роботи

1. Науковий керівник _____ Огородник К. В. к.т.н., доц.
(підпис)

2. Економічна _____ частина _____
_____ (підпис) _____ наук. ступінь, вчене звання (посада), ініціали та
прізвище

3. Охорона _____ праці _____ та _____ БЖД _____
_____ (підпис) _____ наук. ступінь, вчене звання (посада), ініціали та
прізвище

« ____ » _____ 20__ р.

Дата попереднього захисту «12» грудня 2019 р.

Рецензент _____ Барась С.Т. к.т.н., проф. каф. ТКСТБ
(підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

Завдання видав
науковий керівник _____ Огородник К. В. к.т.н., доц.
(підпис)

«02» вересня 2019 р.

Завдання отримав магістрант _____ Л. О. Гарбар
(підпис)

«02» вересня 2019 р.

РЕФЕРАТ

Гарбар Любов Олександрівна

Слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного мікрофону. магістерська класифікаційна робота – 92 с, – 41 використаних джерел, – 6 додатків.

У роботі проаналізовано сучасний стан розробки та використання слухових апаратів. Показано що чутливість є не достатньою, тому запропоновано технічне рішення що дозволяє збільшити чутливість. Для цього розроблено нову структурну схему та опрацьовано схемо-технічну характеристику слухового апарату. Розроблено друковану плату апарату який забезпечує підвищення ступеню чутливості. Також при моделюванні використовувалися проекти ISIS Proteus та ARES PCB Layout.

ABSTRACT

Lyubov Harbor

Hearing aid based on a high-sensitivity condenser microphone. master's degree work - 92 sec, - 41 sources used, - 6 applications.

The current state of development and use of hearing aids is analyzed. It is shown that the sensitivity is not sufficient, so a technical solution is proposed that allows to increase the sensitivity. For this purpose, a new block diagram was developed and schematic and technical characteristics of the hearing aid were developed. The printed circuit board of the device which provides increase of degree of sensitivity is developed. The ISIS Proteus and ARES PCB Layout projects were also used in the simulation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ СЛУХОВИХ АПАРАТІВ	9
1.1 Сучасні слухові апарати	9
1.2 Класифікація підсилювачів.....	12
1.3 Мікрофони.....	16
1.4 Аналог слухового апарату	17
1.5 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	19
1.6 Оцінювання рівня конкурентоспроможності розробки.....	20
2 РОЗРОБКА СЛУХОВОГО АПАРАТУ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧУТЛИВОГО КОНДЕНСАТОРНОГО МІКРОФОНУ	25
2.1 Розробка структурної схеми слухового апарату на основі високочутливого мікрофону.....	25
2.2 Розробка електричної принципової схеми слухового апарату.....	26
2.3 Розрахунок параметрів електричної принципової схеми	27
2.4 Моделювання слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону	36
3 РОЗРОБКА ПЛАТИ СЛУХОВОГО АПАРАТУ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧУТ- ЛИВОГО КОНДЕНСАТОРНОГО МІКРОФОНУ	40
3.1 Вибір методу виготовлення	40
3.2 Вибір типу та методу проектування друкованої плати	41
3.3 Технологія виготовлення електричної схеми слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону	44
3.4 Розрахунок ширини провідників.....	46
3.5 Моделювання проекту в ARES PCB LAYOUT.....	47
4 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕНОЇ РОЗРОБКИ.....	51
4.1 Прогнозування витрат на виконання НДДКР.....	51
4.2 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів	

розробки.....	57
4.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	62
5.1 Виробнича санітарія та гігієна праці	62
5.1.1 Склад повітря робочої зони та мікроклімат.....	62
5.1.2 Виробниче освітлення.....	63
5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання.....	64
5.1.4 Виробничі випромінювання.....	69
5.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки	69
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності слухового апарату в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій...70	
5.3.1 Дослідження безпеки роботи слухового апарату в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	71
5.3.2 Дослідження безпеки роботи слухового апарату в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	73
5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи слухового апарату в умовах надзвичайних ситуацій.....	74
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	78
Додаток А Технічне завдання.....	82
Додаток Б Схема структурна	85
Додаток В Схема електрична принципова	86
Додаток Г Плата друкована.....	88
Додаток Д Плата. Складальне креслення.....	90
Додаток Е Результати моделювання.....	91

ВСТУП

Актуальність теми

Слухові апарати є традиційними та поширеними засобами, що використовуються для підсилення звуку. Вони доводять рівень гучності до оптимального сприймання користувачем.

За останні роки технологія слухопротезування зазнала величезних змін. Мініатюризація окремих компонентів призвела до появи косметично привабливих слухових апаратів, що володіють поліпшеними акустичними характеристиками. Технологічні досягнення дозволили створити абсолютно нові класи апаратів.

Адекватне особливостям втрати слуху протезування забезпечує покращення розбірливості мови, запобігає розвитку психологічних проблем, зберігає високий соціальний та професійний статус людини з порушенням слуху. Досить часто призначення слухового апарата є невиправдано відстроченим, хоча якість реабілітації слуху у хворих визначається, насамперед, своєчасністю встановлення діагнозу приглухуватості та підбору адекватних засобів електроакустичної корекції, акустичні параметри яких відповідали б характеристикам залишкового слуху пацієнта.

Використання можливостей слухових апаратів лінійного та нелінійного типу підсилення звукового сигналу для слухопротезування осіб з різними порушеннями слухової функції в залежності від конфігурації аудіометричної кривої, динамічного діапазону слухової системи, асиметрії слуху є важливим та до кінця не вирішеними питаннями сурдології.

Це обумовлює необхідність розробки та удосконалення слухових апаратів, тому що сучасні апарати є занадто дорогими, або мають чутливість тільки у вузьких діапазонах.

Мета дослідження

Метою роботи є збільшення чутливості слухового апарату.

Задачі дослідження:

- проаналізувати існуючі слухові апарати, їх переваги та недоліки та обрати найбільш оптимальний принцип побудови пристрою;
- розробити структурну та електричну принципову схему слухового апарату та провести схемотехнічне моделювання;
- провести моделювання слухового апарату;
- розробити плату;
- розробити засоби охорони праці сучасного виробництва;
- розрахувати економічну ефективність проведеної розробки.

Об'єктом дослідження є процес перетворення акустичних коливань в електричний сигнал.

Предмет дослідження є параметри та характеристики слухового апарату.

Методи дослідження:

- аналіз літературних даних;
- математичне моделювання в середовищі PROTEUS ISIS.

Наукова новизна полягає в тому що отримав подальший розвиток метод перетворення акустичних коливань в електричний сигнал, за рахунок більш ефективного підсилення, шляхом введення в структуру слухового апарату підсилювач сигналу з поєднанням транзисторів з розширеною провідністю.

Практична значимість роботи полягає в наступному:

Запропонована покращення слухового апарату за допомогою нових елементів. Отримані результати дозволяють значно підвищити ефективність

слухопротезної допомоги і можуть застосовуватися в практичній діяльності сурдологічної служби.

Апробація та публікація результатів роботи. Основні ідеї роботи доповідались і обговорювались на Міжнародній науковій інтернет-конференції м. Тернопіль "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення" 2019 р. за матеріалами якої опубліковано тези доповіді [1].

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ СЛУХОВИХ АПАРАТІВ

Основне призначення слухового апарату - уловлювати звуки, які не розпізнаються вашим вухом. Вони посилюють їх, доводячи до рівня гучності, який ви сприймаєте без проблем. Усі підсилювачі збільшують потужність. Але в деяких випадках основним показником є посилення струму або напруги. Підсилювач гучності умовно ділиться на підсилювач напруги, струму і потужності [2].

1.1 Сучасні слухові апарати

Підсилювачами слуху називають прилади, зовнішній вигляд яких не приваблює погляди оточуючих. Ці пристрої передбачені не тільки для розрізнення недоступних вашим вухом звуків. Вони покращують звуки, доводячи до того рівня гучності, яка сприймається вами без проблем.[2].

Розглянемо деякі моделі підсилювачів слуху:

1. Пристрій «Spy Ear». Основною перевагою цього пристрою є його низька вартість. Ця модель пристрою доступна практично кожному. Але варто враховувати, що технічні характеристики значно гірші, ніж на інших пристроях, їх максимальний коефіцієнт посилення складає 50 децибел. Це якраз той випадок, коли якість відповідає цінності. Звичайно, ви можете використати його. Шпигунське вухо (показано на рис. 1.1) може бути рекомендоване як свого роду «пробник» перед купівлею слухового апарату для людей з порушенням слуху для тривалого використання.



Рисунок 1.1 – Підсилювач слуху Spy Ear

2. Mini Ear і Micro Ear. Ці прилади надзвичайно подібні. Незначна різниця полягає лише в розмірах. Mini Ear - маленький прилад, який можна порівняти з монетою номіналом 50 копійок. Габарити Micro Ear ще менші - вони порівнянні з 10-копійчаною монетою. Обидва підсилювачі дуже поширені серед людей з вадами слуху, і посилюють звук до 90 децибел. Обидва прилади мають високу якість уловлювання звуку і його посилення. Виробник зробив ці прилади практично малопомітними для оточення, оскільки для тих, хто соромиться своєї проблеми, це було у край важливо. Величезна кількість неспростованих переваг дає підстави рекомендувати Mini Ear і Micro Ear (рис. 1.2) як одні з найкращих варіантів [4].



Рисунок 1.2 – Підсилювачі слуху Mini Ear і Micro Ear

3. Cyber Ear. Портативний пристрій який являє собою слуховий апарат Cyber Ear (показаний на рис. 1.3). Пристрій є кишеньковим підсилювачем звуку з максимальним посиленням звукового сигналу до 50 децибел. Пристрій добре виконує усі функції, заявлені виробником. Але що стосується зручності використання, то тут, звичайно, цей пристрій поступається іншим моделям [3].



Рисунок 1.3 – Підсилювач слуху Cyber Ear

4. «Остролух TWIN». Цей пристрій для найвимогливіших клієнтів і для тих, кому треба максимально збільшити звук (мал. 1.4). Містить усе краще з попередніх пристроїв. Ця модель підсилювача може похвалитися компактними розмірами, можливістю використання акумулятора, зарядки від мережі або від порту USB будь-якого цифрового пристрою. Навушник пропонує переважно високоякісний звук, діапазон якого збільшений. Тому, якщо ви хочете отримати найпотужніший пристрій, ця модель - кращий варіант [6].



Рисунок 1.4 – Підсилювач слуху «Остролух TWIN»

5. «Остролух». Ця модель має кращу якість сприйняття звуку і його посилення (робочий діапазон більшості попередніх моделей складає 10 метрів, а цей пристрій уловлює звуки в радіусі 20 метрів). З повністю зарядженим акумулятором пристрій може працювати близько 16-18 годин. Проте його розміри крихітні, а поєднання кольорів робить цю модель майже непомітною у вушній раковині. Від попередніх моделей "Остролух" (рис. 1.5) відрізняється зарядною місткістю не лише від мережі, але і від комп'ютера (ноутбука) завдяки наявності USB- з'єднання [5].



Рисунок 1.5 – Підсилювач слуху «Остролух»

Слухові апарати можна використати без яких-небудь обмежень. Протипоказань до застосування цих пристроїв теж не існує. Що стосується вікової категорії, слід зазначити, що ці пристрої підходять для літніх людей, чий слух погіршився в результаті вікових змін, а також для школярів і студентів з природженими проблемами слуху[7].

1.2 Класифікація підсилювачів

Підсилювачі діляться на підсилювачі потужності і підсилювачі напруги. Попередні підсилювачі, такі як лампові підсилювачі, складаються з одного або декількох етапів посилення. Всі каскади мають загальні властивості, різниця між ними може бути тільки: напруги, різні струми, різні значення конденсаторів, резистори і т.д [8].

Всі підсилювачі поділяються на два підрозділи – з нелінійним та лінійним режимом роботи.

Лінійні підсилювачі є миттєвими підсилювачами. Основною умовою для таких підсилювачів є отримання вихідного сигналу, аналогічного за формою вхідного, тобто спотворення посиленого сигналу повинно бути мінімальним. Це досягається пропорційною передачею підсилювача з миттєвими значеннями напруги і струму, які складають вхідний сигнал у часі [9].

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) є важливим індикатором лінійних підсилювачів, який відображає залежність модуля посилення напруги K_U від частоти синусоїдального сигналу. На рис. 1.6 вказується ідеальна частотна характеристика підсилювачів.

Залежно від типу частотної характеристики підсилювача з лінійним режимом роботи він ділиться на повільно змінюється підсилювач сигналу (підсилювачі постійного струму - ППС), підсилювачі низької частоти (ПНЧ), підсилювачі високої частоти (ПВЧ), широкосмугові підсилювачі (ШСП), вузькосмугові підсилювачі (ВВС)) є селективними або резонансними підсилювачами.

Особливістю ППС є можливість посилення сигналів з більш низькою частотою поблизу нуля ($f_n \rightarrow 0$). Верхня межа частоти в ППС може досягати сотень МГц. ПНЧ характеризуються діапазоном частот від десятків Гц до сотень кГц. ПВЧ мають межу передачі до сотень МГц. ШСП мають більш низький межа частоти для ПНЧ і більш високий, такий як мікрохвилі. Лінійні імпульсні підсилювачі побудовані на основі широкосмугових підсилювачів [10].

У підсилювачах з нелінійним режимом роботи немає пропорційності при передачі миттєвих значень вхідного сигналу. Після досягнення певного значення вхідного сигналу і його подальшого збільшення вихідний сигнал залишається незмінним (обмеженим на певному рівні). Такі підсилювачі використовуються для перетворення вхідного сигналу, наприклад синусоїдального в імпульсний (обмежуючі підсилювачі) [11].

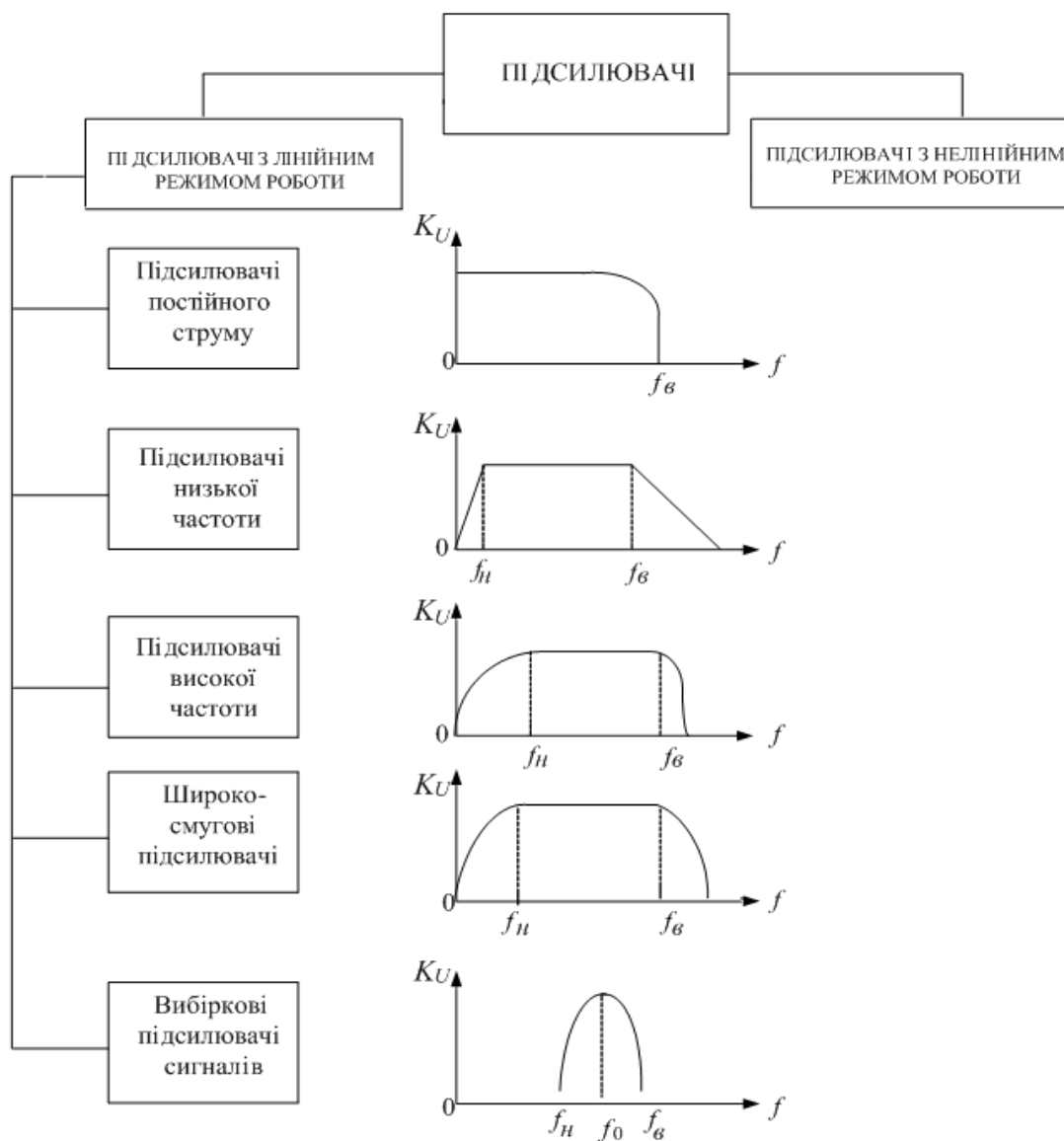


Рисунок 1.6 – Класифікація основних типів підсилювачів

Залежно від функцій, які виконують каскади посилення, вони діляться на попередні каскади посилення і початкові каскади. Попередні каскади посилення зазвичай збільшують рівень сигналу напруги, а початкові каскади використовуються для отримання струму або сили сигналу, потрібної для навантаження. Схеми підсилювачів відрізняються великою різноманітністю: це різна кількість використовуваних компонентів, різні режими роботи транзисторів і т. д. Але принцип побудови основних кругів каскадів посилення однаковий для усіх ланцюгів.

Принцип роботи з відкритими каскадами, показаних на діаграмі (рис 1.7) для ефективних каскадів на одному транзисторі.

Основними елементами каскаду є елемент КЕ, який управляє роботою транзистора і резистора R . Разом з напругою джерела живлення E_K ці елементи створюють вихідне коло каскаду. $U_{вх}$ - сигнал, наприклад синусоїдальний сигнал, подається на вхід КЕ. Вихідний сигнал $U_{вих}$ знімається з виходу КЕ, або з резистора R . Вихідний сигнал створюється в результаті зміни внутрішнього опору КЕ і, таким чином, зміни струму I в вихідному колі під впливом вхідної напруги [12].

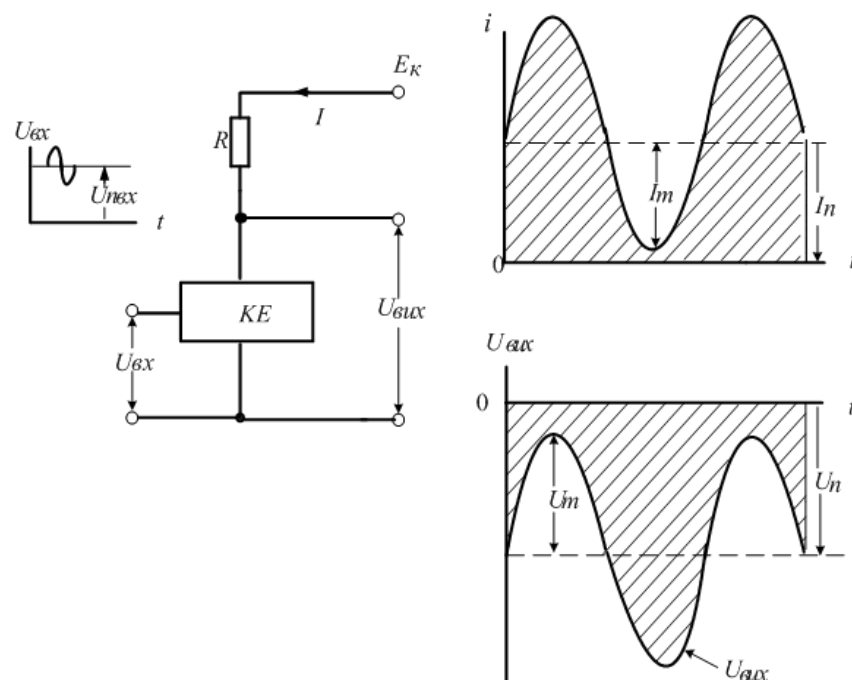


Рисунок 1.7 – Принцип побудови та часові діаграми підсилювального каскаду

Процес посилення ґрунтований на перетворенні енергії джерела E_K постійної напруги в енергію напруги змінного струму в початковому ланцюзі через зміну внутрішнього опору КЕ відповідно до закону, наказаного вхідного сигналу.

Для каскадів підсилювача, що живляться від джерела постійної напруги E_K , важливо визначити суть, щоб отримати початкову напругу змінного струму (чи прирости напруги обох знаків на виході) при вхідній напрузі змінного струму[13].

У зв'язку з тим, що як джерело живлення використовується джерело постійного струму, струм в початковому крузі каскаду є однонапрямленим. В

цьому випадку змінний струм і напруга в початковому крузі (які пропорційні струму і напрузі вхідного круга) повинні розглядатися як компоненти загального струму і напруги, що чергуються, які накладаються на їх постійні складові I_n , U_n (рис. 1.7). В цьому випадку умова повинна обов'язково виконуватися, щоб значення амплітуд змінних компонентів не перевищували постійних компонентів, тобто воно має бути:

$$I_n > I_{\text{вхт}}, \quad U_n > U_{\text{вхт}}. \quad (1.1)$$

Якщо ця умова не виконується, струм в початковому крузі через окремі інтервали дорівнюватиме нулю, що приведе до викривлення початкової форми сигналу.

Можна зробити наступний висновок: для забезпечення роботи каскаду підсилювача зі змінним вхідним сигналом необхідно створити постійні складові струму - I_n і напруга - U_n в його початковому крузі.

Вказана умова вирішується шляхом подання у вхідний ланцюг каскаду, на додаток до посилюваного сигналу, відповідного значення постійної напруги $U_{\text{вх.н}}$ (чи відповідного постійного вхідного струму $I_{\text{вх.н}}$) [14].

Константи струму і напруги визначають так званий тихий режим посилення. Параметри тихого режиму вхідного колеса ($I_{\text{вх.н}}$, $U_{\text{вх.н}}$) і пускового колеса ($I_{\text{вх.н}}$, $U_{\text{вх.н}}$) характеризують електричний стан ланцюга у відсутність вхідного сигналу.

Таким чином, посилюючі властивості каскадів посилення ґрунтовані на наступних припущеннях: коли на елемент управління КЕ подається напруга вхідного елемента, змінна складова формується в початковому круговому струмі, що призводить до аналогічної складової напруги на КЕ, яка значно перевищує складову змінного струму на вході підсилювача.

Властивості посилення проявляються тим сильніше, чим більше впливу вхідного сигналу на початковий струм контрольованого елемента і тим більше

впливу змін струму в початковому колі на коливання напруги на елементі управління (тобто чим більше опору резистора R) [15].

1.3 Мікрофони

Електретні мікрофони не потребують подачі постійної напруги, так як вони мають постійний електричне поле (подібно постійним магнітам). Необхідна напруга поляризації створюється зарядженою електретною плівкою.

Електретний елемент виготовляється з володіє високими ізоляційні властивості пластика (напр., Teflon™), що пройшов спеціальну обробку для створення постійного електростатичного заряду.

Опір електретного конденсаторного мікрофона можна порівняти з опором керамічного мікрофона. Тому електретному мікрофону також потрібен перетворювач опору, вбудований в капсуль мікрофона. Саме через нього електретні конденсаторні мікрофони потребують зовнішнього харчуванні.

В даний час в слухових апаратах застосовуються високоякісні електретні конденсаторні мікрофони. Вони мають досить рівномірну частотну характеристикою в діапазоні частот понад 10 кГц при рівні еквівалентного вхідного шуму 22 дБ, низькочастотні ($f < 500$ Гц) і високочастотні ($f > 5000$ Гц) компоненти враховуються в меншій мірі, ніж середні частоти, до яких вуха людини найбільш чутливо.

Одним з джерел шуму в слухових апаратах може бути власний еквівалентний вхідний шум (22 дБ), тому було б цікаво порівняти його з типовими рівнями навколишніх шумів.

Очевидно, що шум мікрофона (22 дБ) набагато нижче рівня більшості природних оточуючих шумів і не може бути почутий на їх фоні.

Максимальне споживання струму електретних конденсаторних мікрофонів слухового апарата становить 50 мкА (в середньому 30 мкА). Це означає, що споживання струму мікрофоном в порівнянні із загальним споживанням струму слуховим апаратом мало (про що часто забувають).

1.4 Аналог слухового апарату

На рис. 1.8 показана схема, призначена для роботи з навушниками і мікрофоном.

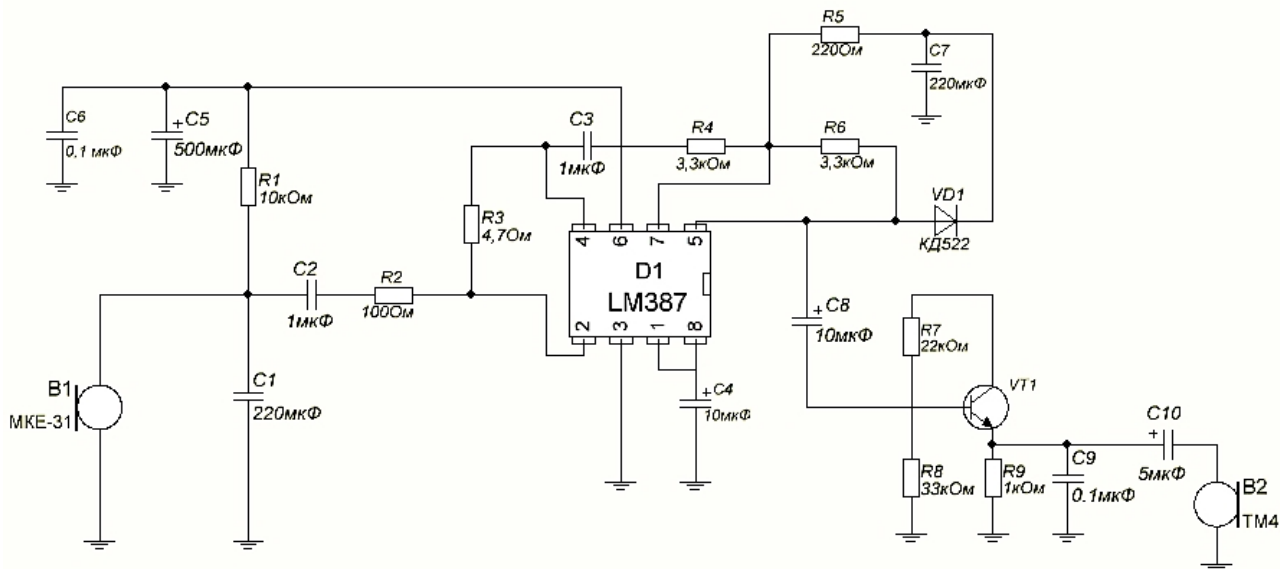


Рисунок 1.8 – Електрична схема альтернативного пристрою

Пристрій встановлений на операційні підсилювачі того ж типу, що і мікросхеми LM387. Така розробка ефективна за межами рівня посилення слабкого вхідного сигналу і може бути використана в якості слухового апарату і слухового апарату без розвитку. Особливістю цього пристрою є його неакустична сприйнятливості до сприйнятливості до фонових сигналів змінної напруги, які випромінюють електричні мережеві дроти, розташовані уздовж стін квартир. Схема не передбачає ручне регулювання посилення, оскільки при відмічених значеннях елементів пристрій надійно працює в оптимальному режимі [16].

Ніякого налаштування підсилювача не потрібно. При необхідності до виходу підсилювача мікрофону можна підключити звукозаписний пристрій (магнітофон) і потужніший підсилювач. Місце підключення - точка А [16].

Як мікрофон В1 використовувався електретний мікрофон типу МКЕ - 31, в якості навушників телефонних капсул ТМ - 4, ТМ - 2М або тому подібне із загальним опором не менше 80 Ом. Він стабілізований для напруги живлення від 5 до 9 В. Найкращі результати отримані при живленні від 4-пальчикових батарейок по 1,5 В. Споживаний струм в активному режимі складає 12 мА. Конденсаторні фільтри від джерела живлення С7 і С8 встановлюються безпосередньо на клеми мікросхеми. Для усунення акустичного ефекту самозбудження підсилювача навушники мають бути зняті з мікрофону і загального ланцюга на гнучкому дроті. При використанні пристрою для прослуховування, навпаки, зніміть мікрофон на гнучких (екранованих) кабелях не більше ніж на 1 м у напрямку до джерела слабого звуку після повороту В1 картоном або металевим куточком для захоплення, фокусування і концентрації звукових коливань [17].

Нині існують різні типи мікрофонних підсилювачів на кремнієвих транзисторах і операційних підсилювачах. Розглянемо деякі з них.

Мікрофонний підсилювач з двома транзисторами різної провідності, сполученими за загальною схемою емітер - загальна схема емітера. Завдяки поєднанню транзисторів з різними типами провідності, стало можливим обійтися без перехідного конденсатора між каскадами, а також забезпечити стабільність підсилювача постійного струму як при зниженні напруги живлення, так і при зміні транзисторів. Схема на двох транзисторах з використанням транзисторів з базовим коефіцієнтом передачі струму більше 50. Характерною особливістю цього підсилювача є корекція частотної характеристики на другому етапі шляхом введення частотно-залежного негативного зворотного зв'язку [18].

Для нашого мікрофонного підсилювача ми використовуватимемо операційний підсилювач LM741. Цей підсилювач використовується у великих кількостях із-за його низької вартості, високої доступності і, передусім, надійного функціонального зв'язку. Мікросхема LM741 містить тільки один операційний підсилювач. Операційний підсилювач збільшить різницю між

напругою сигналу мікрофону на не інвертуючому вході і опорною напругою на інвертуючому вході, створюючи абсолютно оригінальну напругу [19].

1.5 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Таблиця 1.1 - Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	К.т.н., доц. Огородник К.В.	Селецька О.О. К.т.н., доц.	К.т.н., доц. Книш Б.П.
1.	4	3	4
2.	1	1	1
3.	3	4	3
4.	0	2	0
5.	4	4	4
6.	2	3	3
7.	2	3	0
8.	2	0	3
9.	1	1	1
10.	3	2	3
11.	3	2	2
12.	1	2	2
Сума балів	СБ ₁	СБ ₂	СБ ₃
	26	27	26

Отже, на основі проведеного експертного опитування середньо арифметична сума балів становила 26,3, що становить середнє значення. Може зробити висновок, що розробка є дуже актуальною. Має широкий спектр застосування.

Отже, розроблений пристрій може бути впроваджена на абсолютно будь-яких підприємствах і організаціях. Потенційними споживачами даного

дослідження можуть бути як фізичні, юридичні особи, так і комерційні організації різних розмірів.

1.6 Оцінювання рівня конкурентоспроможності розробки

Конкурентоспроможність товару — це здатність продукції бути привабливішою для покупця в порівнянні з іншими виробами аналогічного виду й призначення, завдяки кращій відповідності її якісних і вартісних характеристик вимогам ринку й споживчим оцінкам. Водночас конкурентоспроможною можна вважати лише однорідну продукцію з технічними параметрами і техніко-економічними показниками, що ідентичні аналогічним показникам уже проданого товару. Детальний аналіз конкуруючих розробок, існуючих на ринку, необхідно проводити систематично, оскільки ринки перебувають в постійному русі.

З цією метою може бути використана вся наявна інформація про конкурентних розробках:

- технічні характеристики розробки;
- конкурентоспроможність розробки;
- рівень завершеності наукового дослідження (наявність макета, прототипу і т.п.);
- бюджет розробки;
- рівень проникнення на ринок;
- фінансове становище конкурентів, тенденції його зміни і т.д.

Аналіз конкурентних технічних рішень з позиції ресурсоефективності та ресурсозбереження дозволяє провести оцінку порівняльної ефективності наукової розробки і визначити напрямки для її майбутнього підвищення.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (Кінт) з урахуванням вищезазначених груп показників визначається за формулою (1.2):

(1.2)

де – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

– індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

– індекс економічних параметрів.

В таблиці представлені нормативні та технічні параметри. До групи технічних параметрів, що їх використовують для оцінювання конкурентоспроможності, зазвичай вносять показники призначення та надійності, а також ергономічні та естетичні показники.

Нормативні параметри характеризують властивості товару, регламентовані обов'язковими нормами, стандартами і законодавством ринків майбутнього продажу.

Крім того, задовольняючи потреби, покупець витрачає свої гроші як на придбання товару, так і на його використання. Розмір цих витрат формує ціну придбання та вартість споживання товару.

Таблиця 1.2 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і товару-конкурента

Показник	Варіанти	
	Новий (інноваційне рішення)	Базовий (товар-конкурент)
1. Нормативні параметри		
Вага	1	1
Розмір	0	0
Коефіцієнт вагомості параметра	1	1
2. Технічні параметри		

Функціональність	1	1
Зручність	1	0
Швидкість виконання дій	0	1
Легкість обслуговування	1	0
Наявність додаткових функцій	0	0
Коефіцієнт вагомості параметра	3	2
3. Економічні параметри		
Ціна	1	0
Рівень попиту на товар	0	1
Коефіцієнт вагомості параметра	1	1

До наведених в таблиці показники конкурентоспроможність визначають також наступні показники: спрощена схема виконання та виробництва; нижча собівартість за рахунок використання дешевших комплектуючих; краща якість; нижчі витрати на транспортування пристрою чи деталей; спрощена установка та ремонт; експлуатація та технічне обслуговування, навчання персоналу; довший термін експлуатації; ергономічні та органолептичні показники.

Близькими аналогами є слухові апарати із мікрофонними датчиками-підсилювачами.

Таблиця 1.3 – Технічні параметри розробленого товару

№	Технічні параметри	Нормативи	Коефіцієнт
1	потужність на виході	0,5 В	1
2	-напруга живлення	4 В	1

3	максимально допустимий струм бази	0,2 А	1
4	коефіцієнт передачі струму h21E	110..800;	1
5	гранична частота коефіцієнта передачі	f _{гр} = 150 МГц	1
6	ємність колекторного переходу Скол	3 пФ	1

Нормативне значення розміри плати – не більше 26x51x 1.5мм

Нормативні параметри мікропроцесорного пристрою зчитування інформації радіочастотним методом: розміри плати не більше 45*60*1,5мм

Загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами приймаємо рівним 1, якщо інноваційне рішення відповідає встановленим нормам, стандартам і вимогам; якщо не відповідає, приймаємо значення параметра як 0.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$K_{\text{інт}} = \frac{C_{\text{нов}}}{C_{\text{баз}}}, \quad (1.3)$$

де $C_{\text{нов}}$, $C_{\text{баз}}$ – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

Якщо $K_{\text{інт}} > 1$, то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, обраний за базу для порівняння; якщо $K_{\text{інт}} < 1$, то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-конкурента; якщо $K_{\text{інт}} = 1$, то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів. Безумовно, мета виробника – отримати $K_{\text{інт}} > 1$, цілеспрямовано, збільшуючи та зменшуючи .

Висновки

1. Грунтуючись на сучасних технічних джерелах, було встановлено, що подальша розробка слухових апаратів є бажаною і важливою, оскільки такі пристрої не лише фіксують недоступні звуки, але і посилюють їх до бажаного рівня гучності, який сприймається без проблем. Ці умови забезпечують повне розуміння екологічної інформації для людей з порушеннями слуху.

2. Було розроблено слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного мікрофона. Особливість розробленого приладу полягає в використанні операційного підсилювача LM741, завдяки його невисокій вартості, легкій доступності і, найголовніше, надійному функціонуванню корекція частотної характеристики в другому каскаді за рахунок введення частотно-залежного негативного зворотного зв'язку. Використання LM741 в розробці дасть можливість здійснити економію в вартості, надійність у використанні та доступність.

2 РОЗРОБКА СЛУХОВОГО АПАРАТУ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧУТЛИВОГО КОНДЕНСАТОРНОГО МІКРОФОНУ

2.1 Розробка структурної схеми слухового апарату на основі високочутливого мікрофону

Для розробки структурної схеми підсилювача мікрофону необхідно мати наступні виходи: вихідна потужність - 0,5 В; напруга живлення - 4 В; максимально допустимий базовий струм складає 0,2 А; коефіцієнт передачі струму $h_{21E} = 110..800$; частота обмеження коефіцієнта передачі $f_{гр} = 150$ МГц; Місткість колекторного переходу $C_{кол} = 3$ пФ.

Розроблено структурну схему слухового апарату на основі високочутливого мікрофонного мікрофону, яка зображена на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Структурна схема слухового апарату на основі підсилювача

Пристрій працює таким чином: блок живлення починає працювати відразу після включення, сигнал поступає на вхід (мікрофон), який поступає на буферний ступінь, посилення якого є підсилювачем, побудованим на операційному підсилювачі мікросхеми LM741, середній точності з транзисторами на вході з надвисоким посилення і низькі вхідні струми з внутрішній корекція частота і захист від короткй замикання на вихід. Потім він йде до останнього каскаду посилення, а потім до виходу (навушники). Блок управління використовується, коли вам треба змінити гучність пристрою [20].

2.2 Розробка електричної принципової схеми слухового апарату

Відповідно до структурної схеми запропоновано електричну схему пристрою (рис. 2.2).

Струм, споживаний ланцюгом від джерела живлення в робочому режимі при використанні номіналів елементів, відмічених на схемі, складає 10 мА. Ступінь джерела на додатковій парі транзисторів забезпечує великий коефіцієнт

посилення по струму. Пристрій зберігає працездатність при зниженні напруги живлення до 3 В і може працювати практично в цьому режимі мінімальної потужності з двома пальчиковими батарейками. Верхня межа напруги живлення, при якому підсилювач працює без перевантажень +12 В, в цьому випадку опір резистора R4 має бути збільшений до $330 \div 360$ Ом.

Фактична чутливість пристрою критично залежить від чутливості мікрофону і режиму роботи самого підсилювача. У ланцюзі конденсатора використовується мікрофон, який є в сучасних телефонах і старих рекордерах. Добрі результати досягаються при використанні мікрофону типу МСЕ - 84 в якості мікрофону В1, крім того, можна також використати МСЕ3.

Ця схема забезпечує сильну і надійну мову в гарнітурі на відстані $7 \div 8$ м (з максимальним посиленням і мінімальною потужністю). Операційний підсилювач працює в режимі автоматичного регулювання посилення, що дозволяє максимально збільшити корисний сигнал, уникаючи самозбудження. Дільник R2, R3 забезпечує режим, вказаний для постійного струму, резистор R4 регулює оптимальний рівень посилюваного сигналу [21].

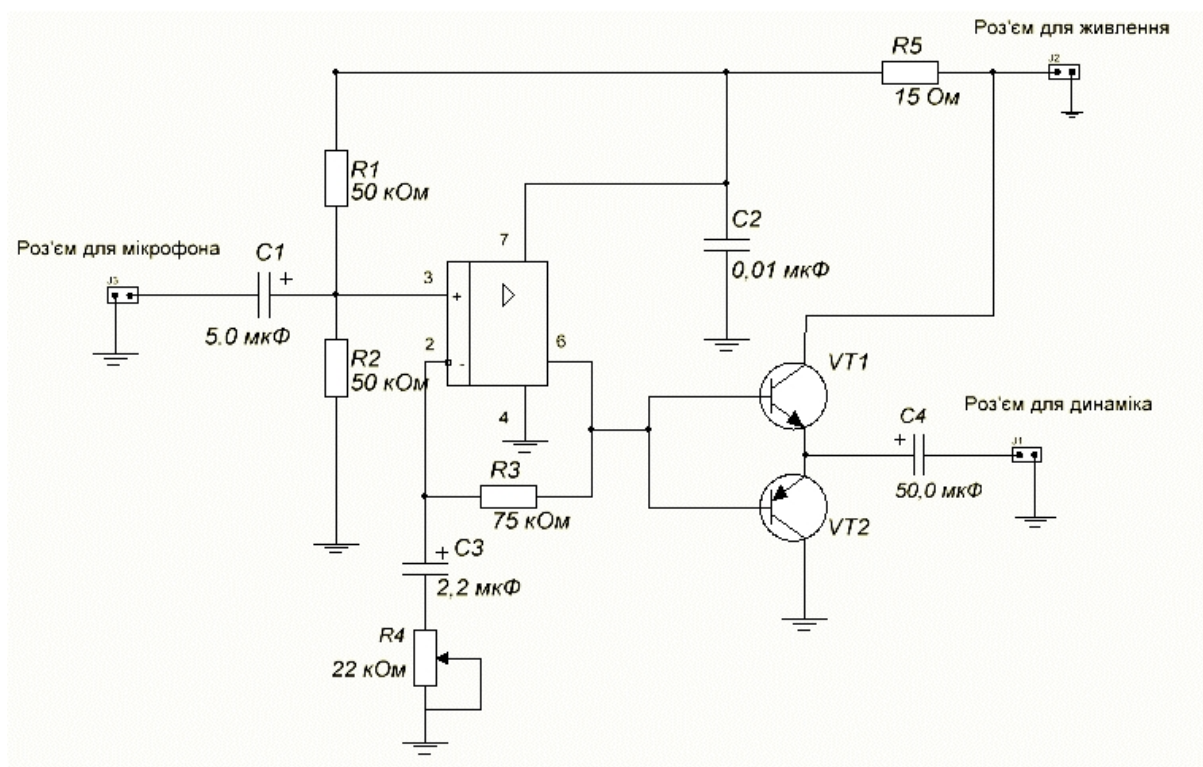


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова для слухового апарату

2.3 Розрахунок параметрів електричної принципової схеми

Попередній розрахунок каскаду кінцевого підсилення.

Для вибору транзисторів кінцевого каскаду посилення заздалегідь визначаються потужність втрат P_K , максимальна напруга на стику колектор-емітер і максимальний струм колектора. Крім того, частотні можливості транзистора враховуються [22].

Для початку розрахуємо вихідну потужність підсилювача:

,

де – вихідна напруга;

– опір навантаження.

У двох каскадному трансформаторі з остаточним посиленням потужність коливань одного плечового транзистора рівна:

,

.

де – вихідна потужність пристрою

У разі двотактного без ступеня трансформатора остаточного посилення, необхідно переконатися, що умова виконана:

,

де – коефіцієнт корисної дії каскаду кінцевого підсилення.

– максимально допустима потужність втрат обраного транзистора.

Оскільки останній каскад посилення потужності виконується в двотактній схемі, кожен останній каскадний важіль повинен працювати в режимі класу АВ,

що забезпечує високу ефективність і мінімальне нелінійне спотворення каскаду в цілому.

Орієнтовані значення коефіцієнта корисної дії каскаду кінцевого підсилення для режиму класу АВ -40...50%.

Виходячи з розрахунку, максимально допустима потужність втрат транзистора дорівнюватиме:

.

Для забезпечення необхідної початкової потужності двотактне джерело живлення без ступеня перетворення виконується напругою E .

,

де $U_{CE} = 4$ (В) – залишкова напруга, яка визначається сімейством вихідних характеристик транзистору.

Прийmemo $E = 20$ В.

.

Ця напруга повинна бути меншою (0,7...0,8) , максимально допустимої напруги між електродами транзистору.

Максимальне значення колекторного струму буде дорівнювати сумі струмів:

,

,

,

,

де – амплітуда імпульсу колекторного струму;
 – струм і робочій точці;

Вибір транзисторів ґрунтується на розрахунку запасу потужності, який в 1,5-2 рази більше необхідної потужності

Виходячи з детальних специфікацій транзисторів, каскадний кінець транзисторів VT1 і VT2 транзистора BC557 (BC547) обираються з наступними основними параметрами:

- 1) коефіцієнт передачі струму $h_{21E} = 110..800$;
- 2) гранична частота коефіцієнта передачі $f_{гр} = 150$ МГц;
- 3) ємність колекторного переходу $C_{кол} = 3$ пФ;
- 4) стала часу $\tau_k = 100$ пс;
- 5) максимально допустима напруга колектор/емітер $U_{max} = 45$ В;
- 6) максимально допустимий постійний струм колектора $I_{к.мах доп} = 0,1$ А;
- 7) максимально допустимий струм бази $I_b = 0,2$ А;
- 8) максимально допустима розсіювана потужність $P_{макс} = 0.7$ Вт;
- 9) структура: n-p-n - BC547, p-n-p – BC557, матеріал – кремній.

Визначимо крутість транзистора .

Для визначення скористаємось такими формулами:

де – коефіцієнт передачі струму у схемі спільної бази;
 – вхідний опір транзистора у схемі із спільною базою.

,

де – коефіцієнт передачі струму у схемі спільного емітера.

,

де – опір бази;
 – опір емітера;
 – коефіцієнт передачі струму у схемі спільного емітера.

,

де – коефіцієнт передачі струму у схемі спільного емітера;
 – струм в робочій точці.

,

де – стала часу колекторного кола;
 – ємність колектора.

Отже маємо:

,

.

Превіriamo транзистор за частотними властивостями.

Частотні властивості біполярного транзистора характеризуються граничними частотами, значення яких не перевищують граничну частоту пристрою [22].

Для ланцюга із загальним колектором має бути виконана умова:

$$f_{\beta} > f_{\alpha}$$

де – гранична частота коефіцієнту передачі струму у схемі із спільним емітором;

– крутість транзистору в робочій точці.

Гранична частота по крутості прямої передачі:

$$f_{\beta} = \frac{1}{2\pi R_{in} C_{in}}$$

де – гранична частота коефіцієнту передачі струму у схемі із спільною базою;

– об'ємний опір бази дорівнює.

Об'ємний опір бази дорівнює:

$$R_{in} = \frac{1}{g_m}$$

$$C_{in} = C_{be} + C_{bc}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$f_{\beta} = \frac{I_C}{2\pi R_{in} C_{in} V_T}$$

Гранична частота коефіцієнта передачі в схемі із спільним колектором:

$$f_{\alpha} = \frac{1}{2\pi R_{out} C_{out}}$$

Результат задовольняє умовам вибору фінального каскаду стадії посилення[23].

Для схеми із загальним колектором вираження для визначення посилення за потужністю матиме наступний вигляд:

де – коефіцієнт передачі струму в схемі із спільним емітером.
Знаходимо вхідну потужність каскаду кінцевого підсилення.

Електричний розрахунок попереднього каскаду посилення.

Попередній каскад посилення розрахований на операційному підсилювачі LM741. Представлена принципова схема операційного підсилювача на рисунку 2.3 [24].

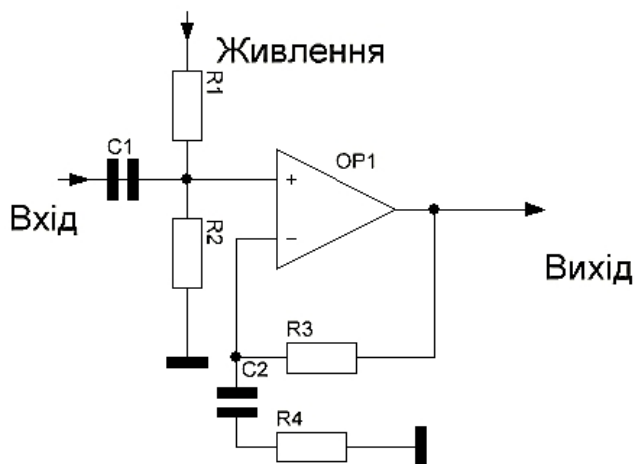


Рисунок 2.3 – Схема електрична принципова операційного підсилювача

Операційний підсилювач ввімкнено за неінвертуючою схемою ввімкнення.

Параметри операційного підсилювача представлені у таблиці 2.4 [25].

Таблиця 2.4 – Параметри операційного підсилювача LM741

Параметр	LM741
Напруга живлення (Min) (+5V=5, +/-5V=10)	3
Напруга живлення (Max) (+5V=5, +/-5V=10)	44
Гранична частота роботи (MHz)	1
Крутизна характеристики (V/us)	0.5
Vos (Чутливість при 25 C) (Max) (mV)	6
Iq струм спокою (mA)	1.4
Vn при 1kHz (nV/rtHz)	18
Діапазон робочих температур (C)	-40 - 85
Нестабільність входної напруги (uV/C)	18
Відношення сигнал/шум(Typ) (dB)	100
Io (mA)	10

Заданося такими параметрами:

- коефіцієнт підсилення за напругою: $K_n = 3$ рази;
- входна напруга: $U_{вх} = 30$ мВ;
- нижня частота сигналу $f_n = 200$ Гц.

Розрахуємо входний опір

$$R_{ex} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (\text{кОм}).$$

Оберемо R_1 та R_2 самостійно:

$$R_1=R_2: C2 -23 - 0,125 - 50 \text{ кОм } \pm 10\% ,$$

$$R_{ex} = \frac{1}{50} + \frac{1}{50} = 25 \text{ (кОм)}.$$

Розрахуємо опір R_3 . Повинна виконуватись умова: $R_3 \gg R_H$

$$K_n = -\frac{R_3}{R_{ex}} \text{ (кОм)},$$

$$R_3 = K_n \cdot R_{ex} = 3 \cdot 25 \cdot 10^3 = 75 \text{ (кОм)},$$

$$R_3: C2 -23 - 0,125 - 75 \text{ кОм } \pm 10\% .$$

Знайдемо напругу на виході операційного підсилювача

$$U_{вих} = U_{ex} \frac{R_3}{R_{ex}} \text{ (В)},$$

$$U_{вих} = 0,03 \frac{75 \cdot 10^3}{25 \cdot 10^3} = 0,09 \text{ (В)}.$$

Знайдемо ємність розділового конденсатора

$$C_p = \frac{1}{2\pi \cdot f_n \cdot R_{ex} \cdot \sqrt{M_n - 1}} \text{ (нФ)},$$

де M_n – коефіцієнт частотних спотворень.

Операційні підсилювачі володіють доволі малими частотними спотвореннями в області НЧ, тому в нашому випадку $M_n = 3\text{дБ} = 1,41$ раза [10].

Отже

$$C_p = \frac{1}{2\pi \cdot 200 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1,41-1}} = 49,7 \quad (\text{нФ}).$$

Потужність на виході буде мати таке значення

$$P_{вих} = \frac{U_{вих}^2}{R_{вих}} \quad (\text{мВт}),$$

$$R_{вих} = \frac{R_{вих.оп}}{1 + K_n \cdot \beta} \quad (\text{Ом}),$$

$$\beta = \frac{1}{K_n} = \frac{1}{3} = 0,33,$$

$$R_{вих} = \frac{1000}{1 + 3 \cdot 0,33} = 500 \quad (\text{Ом}),$$

$$P_{вих} = \frac{0,09^2}{500} = 1,6.$$

Розрахуємо опір регулятора гучності який повинен виконувати таку умову: $R_4 = R_H \ll R_3$.

Оберемо

$$R_4: C2 - 23 - 0,125 - 22 \text{ кОм } \pm 10\% .$$

2.4 Моделювання слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону

Для моделювання роботи слухового апарату на основі високочутливого мікрофонного підсилювача було вибрано програмне середовище Proteus, оскільки вона дозволяє в майбутньому автоматично розробляти топологію друкованих плат для цього пристрою. Схема для моделювання (рис. 2.5) [26].

Робота пристрою полягає в тому, щоб прочитувати інформацію (звукові коливання) з мікрофону, безпосередньо посилювати її і виводити її у вигляді низькочастотного сигналу через динамік слухового апарату. В якості буферного каскаду ампліфікації вибрана мікросхема LM741. Два транзистори BC237 I BC557 були вибрані для кінцевого каскаду посилення, які дозволяють максимізувати корисний сигнал.

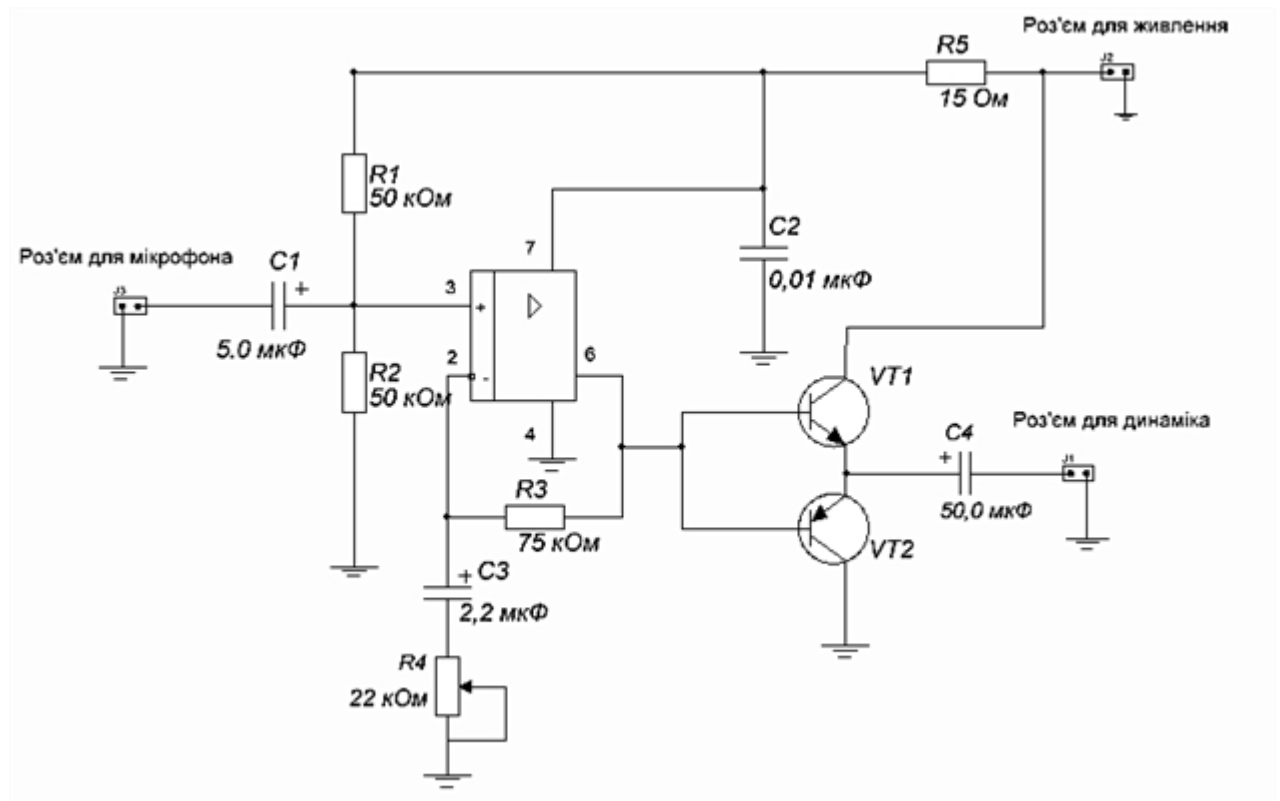


Рисунок 2.5 – Схема слухового апарату на основі високочутливого підсилювача в середовищі Proteus

Мікрофон перетворює мову і звуки в синусоїдальний сигнал різних частот і передає його на вхід каскаду підсилювального буфера. Крім того,

сигнал посилюється до певного рівня і поступає на вхід кінцевого ступеня посилення, де сигнал проходить через інший ступінь посилення і досягає гучномовця. Через гучномовець звук відтворюється з мікрофону більшої амплітуди [26].

В результаті моделювання на виході фінального ступеня посилення початковий сигнал на рис .2.6.

На рисунку 2.6 зображена осцилограма вхідного сигналу мікрофона (синій колір) та вихідного підсиленого сигналу (червоний). Результати можна побачити на осцилограммах. У даному випадку номінал резистора R4 був 300 Ом.

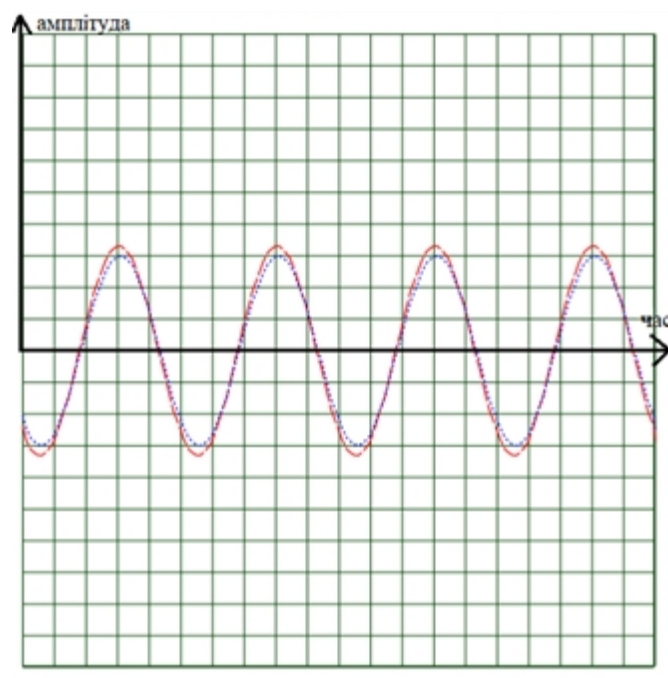


Рисунок 2.6 – Результати моделювання слухового апарату в середовищі Proteus
(R4= 300 Ом)

На рисунку 2.7 та рис. 2.8 подано результати моделювання розробки слухового апарату при значеннях R4 – 11 кОм та 22 кОм.

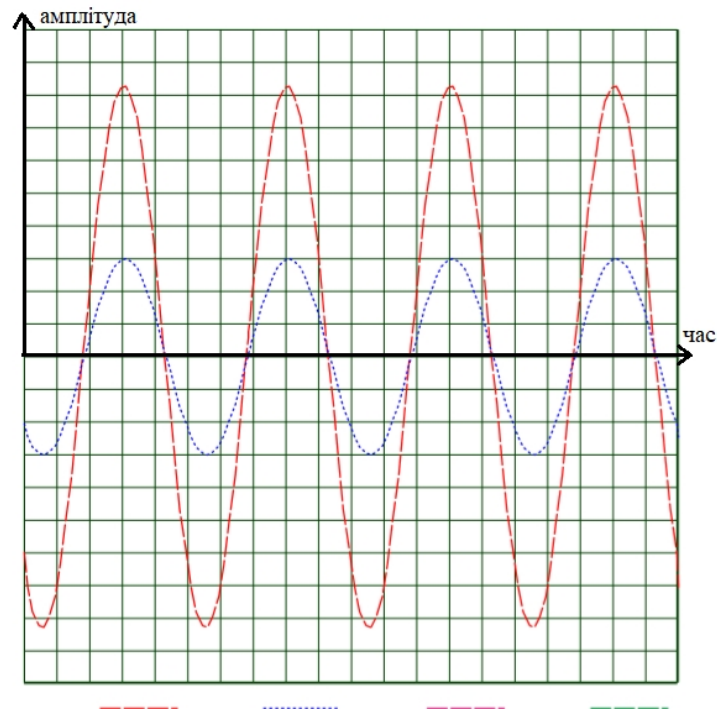


Рисунок 2.7 — Результати моделювання слухового апарату в середовищі Proteus
($R_4 = 11 \text{ кОм}$)

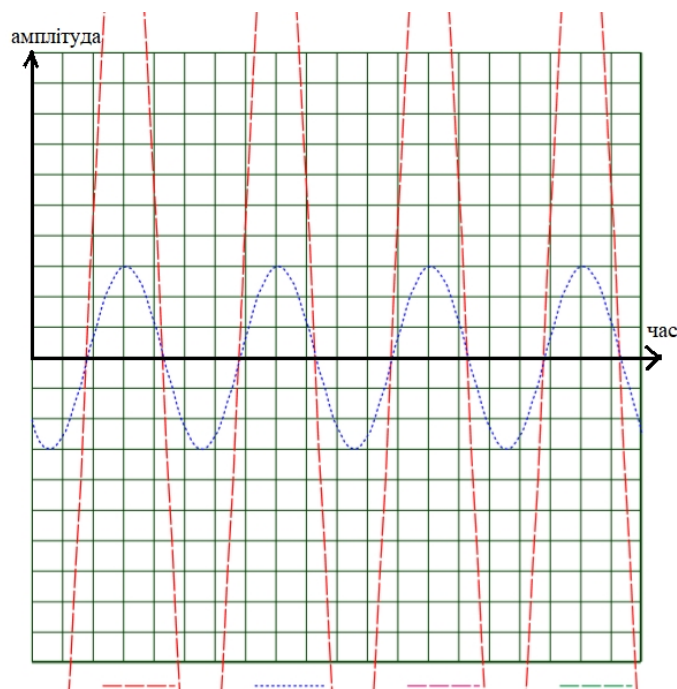


Рисунок 2.8 — Результати моделювання слухового апарату в середовищі Proteus
($R_4 = 22 \text{ кОм}$)

З рис. 2.7 та рис. 2.8 видно, що змінюючи опір резистора R_4 можна змінювати чутливість мікрофону до навколишніх звукових коливань, тим самим можна точно відкоригувати роботу схеми та налаштувати її під необхідні умови.

Висновки

1. Слуховий апарат був вдосконалений, після чого було промодельовано підсилювач та обрано схему роботи пристрою, конструктивні характеристики і залежність коефіцієнта посилення сигналу від опору резистора R_4 . Встановлено, що максимальна чутливість сигналу досягається при $R_4 = 22$ кОм.

2. Промодельовано схему слухового апарату для людей з вадами слуху. Результати чітко показують принцип роботи акустичного датчика і рівень посиленого сигналу залежно від значення резистора R_4 , що дозволяє регулювати гучність сигналу підсилювача.

3 РОЗРОБКА ПЛАТИ СЛУХОВОГО АПАРАТУ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧУТЛИВОГО КОНДЕНСАТОРНОГО МІКРОФОНУ

3.1 Вибір методу виготовлення

Загалом, друковані плати (ПП) є діелектричними структурами у вигляді металевих плівкових провідників. Особливі вимоги пред'являються до діелектричного матеріалу ДП, зокрема питомий опір поверхні і об'єму повинен складати не менше 10^{-9} Ом·см, відносна діелектрична проникність складає $4 \div 5$. Для зменшення ємнісних перешкод на платі потрібно зменшення діелектричної проникності. Окрім електричних характеристик, панелі повинні відповідати широкому колу конструктивних і технологічних особливостей: забезпечувати достатню міцність і жорсткість складального вузла на їх основі, не піддаватися розшаруванню і деформації при технологічній обробці і експлуатації, пропонуючи легкість обробка при виготовленні плит [27].

У віднімаючих методах листовий діелектрик використовується як основа для друкарської проводки, на якій формується малюнок, що проводить, шляхом видалення листа з непровідних областей. Подальша хімічна і гальванічна металізація монтажних отворів привела до створення комбінованих методів виготовлення ДП.

Аддитивні методи ґрунтовані на селективному осадженні покриття, що проводить, на діелектричному облицюванні, на яке можна заздалегідь нанести шар клейової композиції. В порівнянні з субтрактивними вони мають наступні переваги:

- 1) однорідність структури, оскільки провідники і металізація отворів виходять за один хіміко-гальванічний процес;
- 2) усунути переварювання надрукованих елементів проводки;
- 3) поліпшити рівномірність товщини металізованого шару в отворах;
- 4) підвищують щільність друкованого монтажу;
- 5) спростити ТП шляхом об'єднання різних операцій (нанесення верхнього шару, гравіювання);
- 6) заощадити гроші, трав'яні хімікати, що склять, для нейтралізації старих вод;
- 7) зменшують тривалість виробничого циклу [27].

Незважаючи на описані переваги, використання адитивного методу в серійному виробництві ДП обмежене низькою ефективністю процесу хімічної металізації, інтенсивною дією електролітів на діелектрик і труднощами в отриманні металевих покриттів з хорошою адгезією. У цих умовах переважає субтрактивне мовчання, особливо при переході на діелектричну плівку з тонкою плівкою (5 і 18 мкм).

3.2 Вибір типу та методу проектування друкованої плати

При виборі типу друкованої плати для проекту необхідно враховувати техніко-економічні показники. Цей пристрій складається з доступних

радіоелементів. Тому ми вибрали двосторонню друковану плату, яка відрізняється високою якістю. перемикачів із-за металізації в отворах, більш високий опір вихідних з'єднань зібраних елементів з конструкцією пластини, низька вартість [27].

Для виробництва друкованих плат використовують фольгу і без фольги діелектрик. Початковими матеріалами для їх виробництва є папір або скловолокно, які просякнуті синтетичними смолами або полімерними плівками лавсану, фторопласту і т. Д. На поверхні плівкових матеріалів в процесі виготовлення мідна фольга наклеюється з однієї або двох сторін плівки. Його товщина складає 20 - 50 мкм.

Встановлюємо наступні вимоги до матеріалу:

- висока технологічність;
- високі електрофізичні властивості;
- забезпечити високу адгезію;
- мінімальна механічна деформація.

В табл. 3.1 подано основні властивості матеріалів друкованих плат.

Найчастіше для виготовлення друкованих плат використовують склопластик і гетинакс наступних марок:

- ГФ - гетинакс з фольгованих плівок;
- СФ - скловолокно фольгироване;
- ФГС - склотекстоліт фольгований травильний;
- СФПН - склотекстолітова плівка;
- STF - термостійке склопластик.

Таблиця 3.1 – Властивості матеріалів друкованих плат

Параметри	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
Щільність без фольги, г/см ³	1,3...1,4	1,3...1,45	1,6...1,8
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Питомий об'ємний опір, Ом·м	1012...1014	1012...1014	1014...1015

Діапазон робочих температур, °С	-60...+80	-60...+105	-60...+120
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м×К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10 ⁻⁶ К ⁻¹	22	22	8...9

Товщина друкованої плати залежить від товщини початкового матеріалу і вибирається залежно від основи елемента і навантаження [27].

Ідеальні параметри для схеми блоку передавача згідно з таблицею. 3.1, має склопластик. Тому ми вибрали склотекстоліт фольгований двосторонній марки СФ- 2-50-1,5 ТУ16-503.271-86 з товщиною плівки 35 мкм, завтовшки плівки 1,5мм, робочі температури від - 60 до +120 ° С.

Для цього пристрою кращим варіантом буде вибрати друковану плату 2-го класу точності, яка не вимагає використання дорогих якісних матеріалів, інструментів і устаткування.

До друкованих плат висуваються такі вимоги:

1. Висока точність визначення місця розташування струмопровідного малюнка;
2. Велике значення діелектричного опору;
3. Висока механічна міцність;
4. Хороша паяна, особливо після тривалого зберігання.
5. Це досягається шляхом вибору типу покриття і технології його нанесення.

Точність розташування струмопровідного рисунка регламентується вимогами держстандартів. З цією метою введено поняття класу точності друкованих плат (табл. 3.2) [27].

Таблиця 3.2 – Класи точності друкованих плат

Параметри конструкції плат, мм	Клас точності			
	1	2	3	4
1. Ширина друкованих провідників	0,6	0,45	0,25	0,15

2. Відстань між суміжними провідниками	0,6	0,45	0,25	0,15
3. Співвідношення діаметра отвору до товщини плати	0,6	0,5	0,5	0,33

Для даного виробу (згідно таблиці 3.2), з огляду на не складне трасування оптимальним варіантом буде вибір 2-го класу точності друкованої плати (не вимагає використання високоякісних матеріалів, інструменту та обладнання).

Даний клас характеризується наступними параметрами конструкції:

- а) ширина провідника – 0,45 мм;
- б) ширина провідника у вузьких місцях – 0,25 мм;
- в) відстань між елементами – 0,25 мм;
- г) гарантійний поясок – 0,2 мм.

Монтаж елементів, змонтованих на друкованій платі, виконується відповідно до стандартів ГОСТ 4ГО.010.030-81 і ОСТ4.ГО.010.009. При організації елементів необхідно враховувати наступні чинники: забезпечення високої надійності, мінімізація розмірів, забезпечення розсіювання тепла і забезпечення технічного обслуговування.

Ми розміщуємо елементи на одній стороні паралельно сторонам плати за принципом найкоротших з'єднань.

Ми вибираємо крок сітки координат 1,25 мм Встановлюємо координатну сітку на початку координат по ГОСТ 2.417-78. Розміщуємо отвори і елементи друкарського креслення на дошці відносно початку координат. Усі контактні поля розміщені у вузлах сітки. Те ж відноситься і до виведених елементної основи[27].

3.3 Технологія виготовлення електричної схеми слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону

Усі процеси виготовлення друкованих плат можна розділити на: субстрактивні, адитивні, напівадитивні

Субтрактивний процес - отримання початкового шаблону полягає у вибіркового видаленні розділів основного листа шляхом переварювання.

Адитивний процес - це виборче осадження свинцевого матеріалу біля основи панелі.

Напівадитивний процес - передбачає попереднє нанесення тонкого шару покриття, яке віддаляється з місць, де є проміжки.

Згідно ГОСТ 2375-86, проектування друкованих плат здійснюється з урахуванням наступних методів виробництва:

- хімічний - для двосторонніх друкованих плат;
- позитивна комбінація - для двосторонніх друкованих плат з металізованими монтажними отворами.

Двосторонні друковані плати зазвичай виготовляються з використанням позитивно комбінованого методу, який включає експонування дизайну друкарських компонентів з фотопозитива. Технологічний процес виготовлення друкованої плати з використанням цього методу добре розроблений і добре оснащений технологічним устаткуванням.

Комбінований метод є комбінацією хімічних і електрохімічних методів. Початковим матеріалом є фольга діелектрик з обох боків; отже, основний малюнок виходить таким, що труїть міді, а металізація отворів здійснюється за рахунок хімічного міднення з подальшим електрохімічним нарощуванням шару міді.

Доля виводів EPE здійснюється шляхом заповнення отворів припоєм на платі. Комбінований метод складається з наступних основних операцій: заповнення заготівель і хіміко-механічна підготовка поверхні, отримання захисного малюнка, нанесення захисної лакової плівки, свердління і зенкування отворів, хімічне нанесення мідного покриття і видалення лакового шару, нанесення гальванічного мідного покриття в два етапи., Цей метод характеризується значною працею, оскільки в процесі досить багато ручних операцій [27].

Підготовка поверхні перед нанесенням фоторезисту включає хімічне знежирення, яке відбувається в розчинах тринатрійфосфата. Температура розчину 40-60°C, час обробки 2-5 хвилин.

Виготовлення друкованої плати для наступного процесу:

- Моторні заготівлі для стекловолоконної плівки шляхом різання листа дисковими ножами діаметром $d = 100$ мм і завтовшки 3 мм Швидкість обертання стержня 100-120 мм/с;

- Підготовка поверхні до застосування фоторезисту. Механічне і хімічне очищення поверхні мідною фольгою, труїть мідним наждаком, промивання в проточній воді, обробка в 5-7% розчині HCl в осіданні впродовж 30 с, промивання;

- нанесення фоторезисту шляхом зволоження поверхні листа за допомогою центрифугування і сушки. Швидкість центрифуги складає 80-100 об./хв., Температура сушки 35-40°C;

- вираження роздрукованого малюнка виконується в копіювальній рамці на чернетку від 8 до 10 хвилин;

- позитивний малюнок захисту друкованої плати проявляється гарячою водою ($t=40-50^{\circ}\text{C}$) у ванні з ультразвуковою вібрацією;

- осідання захисного малюнка досягається хімічно в розчині ангідриду хрому 3%;

- зачистка (видалення) міді з незахищених ділянок листа здійснюється в отгоночній установці КТ- 38 шляхом витягування води впродовж 15-18 хвилин, дошка обробляється водним розчином FeCl_3 , а потім промивається в холодній воді;

-покриття лаком, сушка при температурі 20-30°C на протязі 6 годин;

- зенкування зі свердлом діаметром 1,25 мм;

-активація поверхні розчином хлористого олова;

- хімічне міднення з 40% розчином сульфату міді в 20-хвилинній тязі;

- захопити захисний лак ацетоном;

-сушка;

- покритий сплавом ROSA шляхом занурення у ванну при температурі $t=95^{\circ}\text{C}$.

3.4 Розрахунок ширини провідників

Ширина провідників визначається у розрахунку на струм, який проходить через них, та максимально можливе падіння напруги [27].

Для допустимого струму :

де $j_{\text{доп}}$ – допустима густина струму для мідного провідника, $j_{\text{доп}} = 17$ А/мм²;

t – товщина фольги, $t = 35$ мкм;

$I_{\text{маx}}$ – максимальний постійний струм, який проходить через провідник;

$I_{\text{маx}} = 0,03$ А, згідно індивідуального завдання.

Визначимо мінімальну ширину провідника з умови допустимого падіння напруги:

де ρ – питомий опір провідників, $\rho = 0,0175$ Ом мм²/м;

$I_{\text{маx}}$ – струм, який проходить по провіднику, $I_{\text{маx}} = 0,03$ А;

$l_{\text{маx}}$ – максимальна довжина провідника, $l_{\text{маx}} = 0,1$ м;

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги (становить 5% від напруги живлення $U_{\text{доп}} = 5 \times 0,05 = 0,25$ В);

t – товщина фольги;

Розраховані значення ширини провідників не перевищують обраних для другого класу точності.

3.5 Моделювання проекту в ARES PCB LAYOUT

Розробка плат в ARES розпочинається з виклику команди Tools> NetlisttoARES програмного забезпечення для моделювання ISISProteus. Після виклику команди автоматично відкриється вікно програми ARES з пропозицією вибрати тип плати, що розробляється. В якості друкованої плати виберіть карту з двосторонньою металізацією, а потім збережете проект [28].

Завантаження списку підключень для кожного символу схеми у бібліотеки пакетів компонентів *.LIB знаходить відповідний пакет. Якщо потрібного варіанту немає у бібліотеці, створіть новий варіант на вкладці PackageMode або виберіть один з існуючих варіантів.

Перед запуском процесу автоматичного трасування друкованої плати за допомогою вкладки "Технології"> "DesignRules" ми налаштуємо необхідні параметри для допустимого розміщення провідників, їх мінімальної і максимальної товщини і проміжків між ними. Щоб почати трасування, запустите Tools> AutoRouter. Отримаємо розведену плату (рис. 3.3).

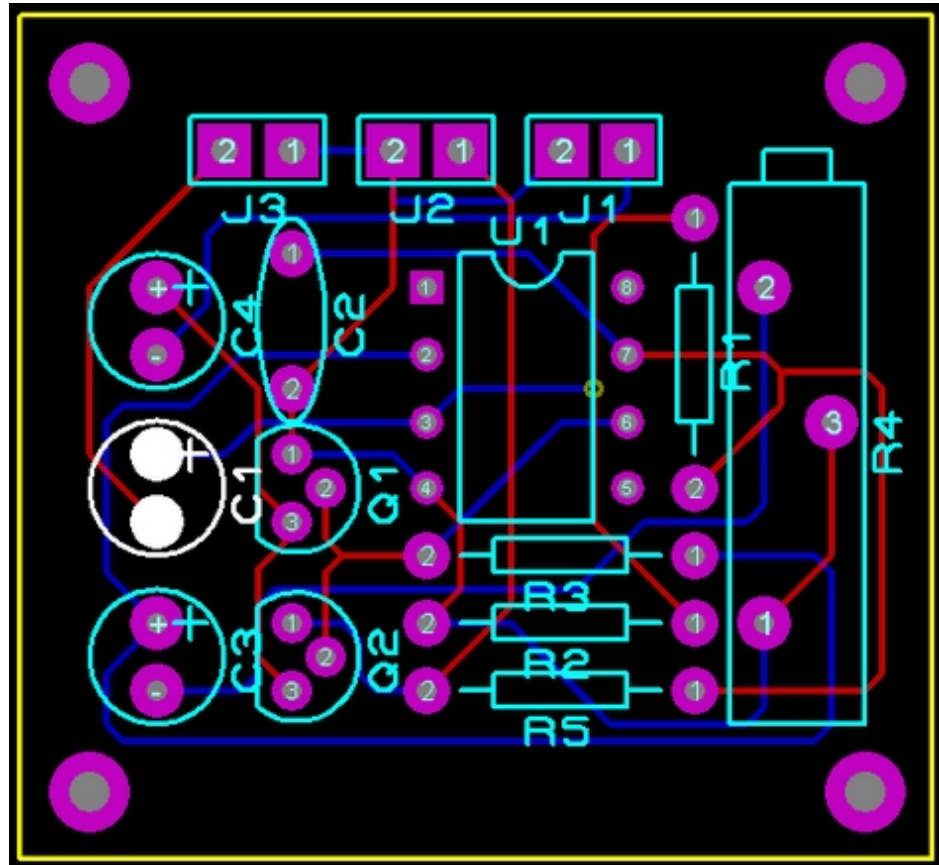


Рисунок 3.3 – Розведена плата в ARES Proteus Layout

Використовуючи можливості ARES, ми створимо тривимірну візуальну модель друкованої плати зі встановленими компонентами. Для цього виконаєте команду Output> 3dvisualization [28].

Побудована тривимірна модель пристрою передавального блоку. А також зображено вигляд плати без елементів (рис 3.4 та рис. 3.5).

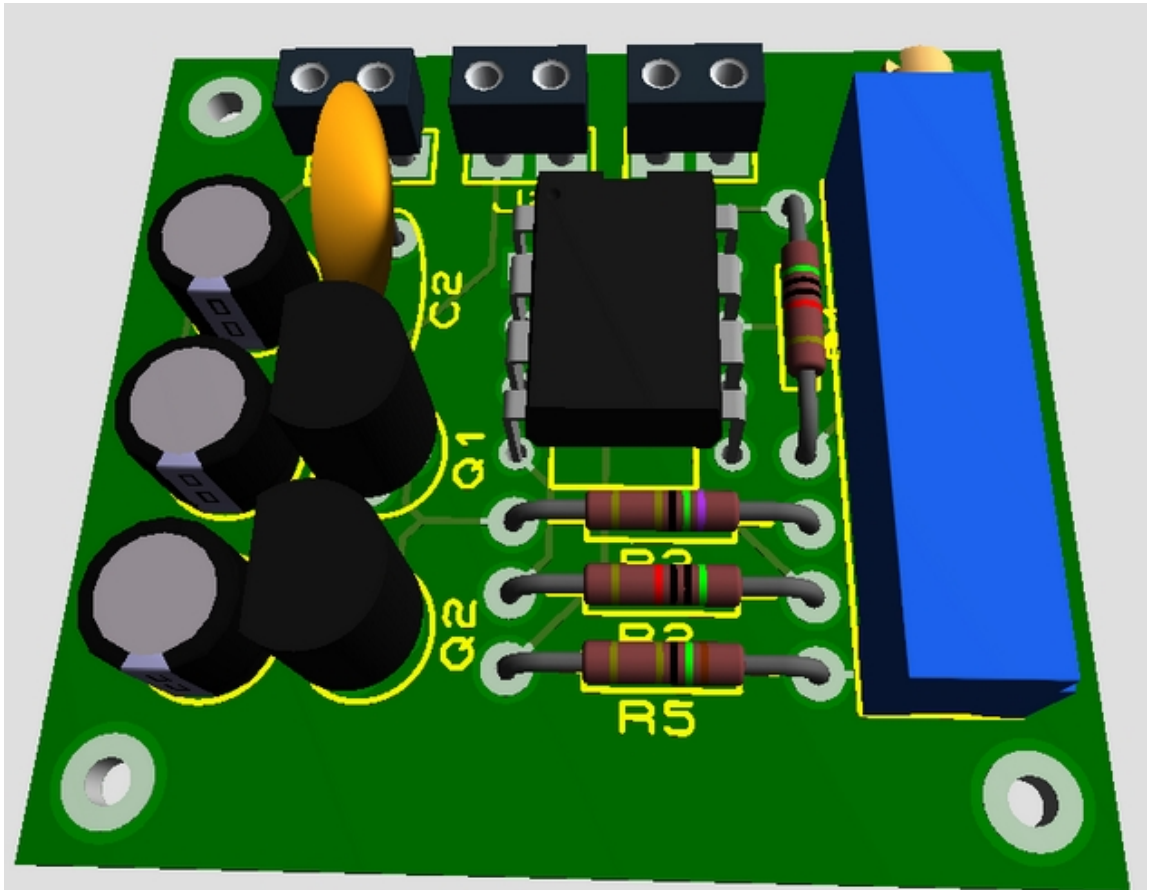


Рисунок 3.4 – Зображення моделі плати з елементами

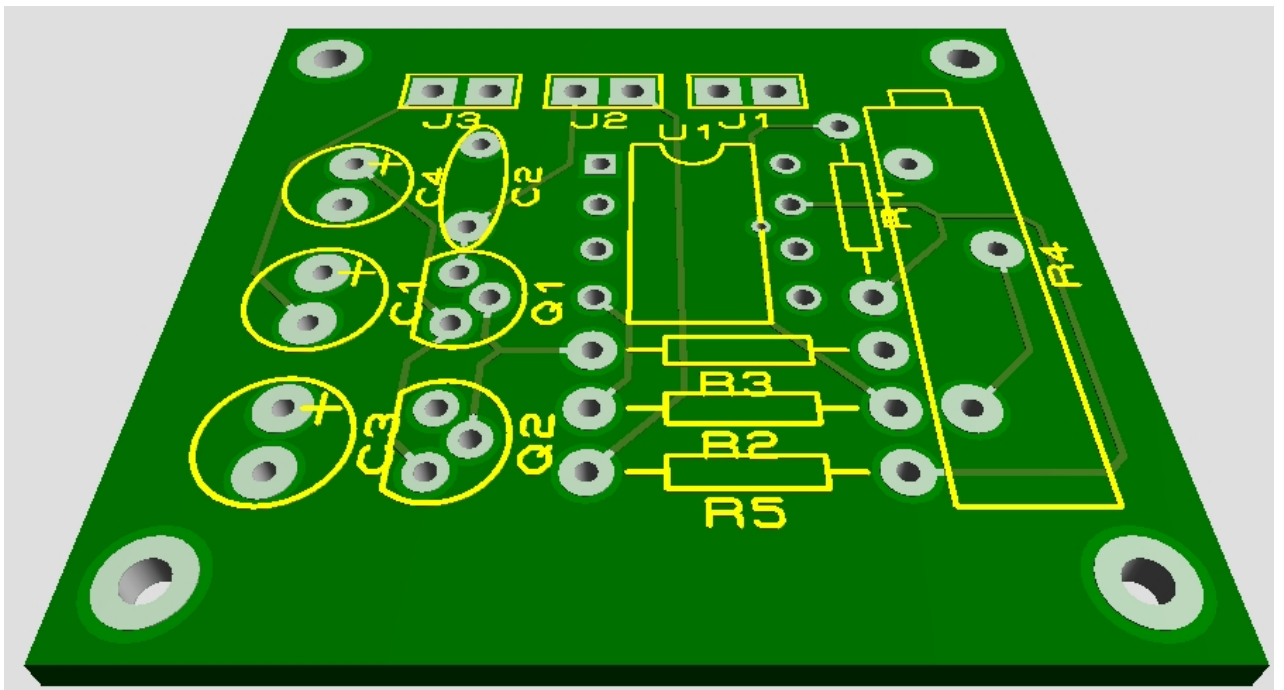


Рисунок 3.5 – Зображення моделі плати без елементів

Висновки

1. Для розробки карти для слухових апаратів на основі конденсаторного мікрофону була вибрана друкований монтаж, який більше підходить для виробництва пристрою, оскільки він має переваги в порівнянні з іншими методами, а саме простота використання, низька вартість виробництва і простота процесу.

2. За допомогою ISISProteus був створений новий проект і проведено автоматичне відстежування друкарських провідників. Тим самим розміри друкованої плати становлять 26x51 мм; ширина провідників 0.084 мм; товщина плати — 1.5 мм. Матеріалом плати обрано склотекстоліт фольгований двохсторонній. Діапазон робочих температур — $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\div 80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4 АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕНОЇ РОЗРОБКИ

Метою розділу є проектування і створення конкурентоспроможних розробок, технологій, що відповідають сучасним вимогам сучасного світу. Також розділ включає наступні складові: вартість усіх матеріалів, використовуваних при розробці проекту: придбані з боку сировину і матеріали, необхідні для створення науково-технічної продукції; покупні матеріали, що використовуються в процесі створення науково-технічної продукції для забезпечення нормального технологічного стану; сировину і матеріали, покупні комплектуючі вироби і напівфабрикати, використовувані в якості об'єктів досліджень (випробувань) та для експлуатації, технічного обслуговування і ремонту виробів - об'єктів випробувань (досліджень).

4.1 Прогнозування витрат на виконання НДДКР

Капітальні вкладення на розробку нового конструкторського технічного рішення, в загальному випадку, складаються з відповідних витрат і розраховуються за формулою (4.1):

$$, \quad (4.1)$$

де – основна заробітна плата розробників, грн;

– основна заробітна плата робітників, які виконують відповідні роботи, грн.;

– додаткова заробітна плата розробників та робітників, грн.;

– амортизація обладнання та приміщень для розробки нового рішення, грн.;

– витрати на матеріали, які були використанні на розробку технічного рішення, грн;

– витрати які були використанні на розробку технічного рішення, грн;

– витрати на електроенергію для розробки нового технічного рішення,
грн.;

– інші витрати, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників розраховуються за формулою (4.2):

$$(4.2)$$

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

– місячний посадовий оклад конкретного розробника;

– число днів роботи конкретного розробника;

– середнє число робочих днів в місяці.

Проведені розрахунки зведемо до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
Інженер	7000	333	30	10000
Технік	4200	200	30	6000
Всього			Σ	160000

Розрахунок основної заробітної плати проводиться за наступною формулою (4.3):

$$,$$

$$(4.3)$$

де – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год;

– час роботи робітника на визначеній і й технологічній операції при виготовлені одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду можна розрахувати за формулою (4.4):

$$(4.4)$$

де – розмір мінімальної місячної заробітної плати, грн;

– коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

– мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормативними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати;

– середнє число робочих днів в місяці;

– тривалість зміни, год.

Розмір мінімальної заробітної плати станом на 1.01.2019 р. становить 4173 грн.

Детальні розрахунки представимо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати на робітника грн.
Складання мікросхеми	1	4	1,5	55,28	55,28
Виконання паяльних робіт	1	3	1,35	45,9	45,9
Всього					101,2

Нарахування на заробітну плату в 2019 році. Кожний роботодавець зобов'язаний нараховувати і сплачувати до бюджету єдиний соціальний внесок (ЄСВ). Це консолідований страховий внесок, який включає соціальний пакет,

законодавчо передбачений державою, а саме: пенсійне страхування (виплата пенсій), страхування на випадок тимчасової втрати працездатності (оплата лікарняних), страхування, пов'язане з виникненням нещасних випадків на виробництві. Також нагадаємо, що ЄСВ в 2019 році сплачується за рахунок коштів роботодавця.

У загальному випадку ставка ЄСВ складає 22% (ч. 5 ст. 8 ЗУ "Про ЄСВ"). нарахування на заробітну плату відповідно до діючого законодавства розробників та робітників становить 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників і робітників за формулою (4.5):

$$, \quad (4.5)$$

де – норма нарахування на заробітну плату робітників.

Розрахунок приведений в формулі 4.6.

$$\text{грн.} \quad (4.6)$$

Наступним етапом є розрахунок амортизаційних відрахувань. В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання та приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою 4.7:

$$, \quad (4.7)$$

де – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувалися для розробки нового технічного рішення, грн.;

– термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

– строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Робочий автомобіль	80 000	10	1	666,6
Програмне забезпечення	50 000	2	1	2083
Комп'ютер	10 000	7	1	119,04
Паяльна станція	1500	3	1	41,66
Паяльник для мікросхем	900	3	1	25
Дрібні устаткування	20000	3	1	555,5
Всього				7557

Витрати на комплектуючі вироби, які використовуються при розробці одиниці нового технічного рішення, розраховуються згідно з їхньою номенклатурою за формулою 4.8:

$$, \quad (4.8)$$

де – кількість комплектуючих j - го виду;

– ціна комплектуючих го виду;

– коефіцієнт транспортних затрат.

Коефіцієнт транспортних витрат може коливатися від 1,1 до 1,15. В нашому випадку становить 1,15.

Розрахунки зведемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Витрати на комплектуючі

№	Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
---	----------------------------	----------------	---------------------	------------

1.	матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ-2-35-1,5 ТУ16-503.271	1	33	33
2.	Конденсаторів	4	4	16
3.	Індуктивність	1	10	10
4.	Резистори	5	3	15
5.	Транзистори	2	30	60
6.	Роз'єми (SIL-100-2, CONN-H2)	2	33	66
7.	Мікросхеми – 1 (LM741)	1	35	35
Всього				235

Наступним етапом є розрахунок витрат на силову електроенергію. Витрати на силову електроенергію розраховується за формулою:

$$(4.9)$$

де – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

– тривалість роботи обладнання на визначеній i – $й$ технологічній операції при виготовленні одного виробу або на етапі розробки, год;

– вартість 1 кВт – години електроенергії, грн;

– коефіцієнт, що враховує використання потужності, K_{eni} .

- коефіцієнт корисної дії обладнання,

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.5.

Таблиця 4. 5 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Паяльник для мікросхем	40	1	40
Дрібні устаткування	40	2	80
Паяльна станція	80	0,5	40

Всього	160
--------	-----

Витрати на електроенергію становлять 180,897 коп./кВт×год для промислових підприємств першого класу напруги, постачальник Вінницяобленерго.

4.2. Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Метою будь якого підприємства є отримання прибутку. На рівень цін підприємства впливають наступні фактори: собівартість продукції; наявність унікальних властивостей продукції; ціни-продуктів конкурентів і цін товарів-замінників; можливість отримання достатнього прибутку. Нижня межа ціни – це собівартість, верхня межа платоспроможність покупців. Скористаємось методом лімітних цін, за якого визначається верхня та нижня межа ціни.

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Результати розрахунків всіх видів витрат, на виготовлення одиниці продукції, необхідно звести до таблиці.

Таблиця 4. 6 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.
1. Витрати на комплектуючі на одиницю продукції, грн	K_v	235
2. Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	160

3. Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	101,2
4. Витрати на нарахування на заробітну плату робітників, грн.	Z_n	20
5. Загальновиробничі витрати, грн.	$V_{заг}$	200
	S_v	716

Нижня межа ціни передбачає, що виробник має покривати усі понесені витрати в процесі виробництва та забезпечити відповідний рівень рентабельності для підприємства.

Ціна реалізації розраховується за формулою 4.10:

$$P = \frac{S_v}{1 - R} + P_{податок} \quad (4.10)$$

де P – нижня межа ціни реалізації виробу;

S_v – виробнича собівартість виробу, грн;

R – нормативний рівень рентабельності, %;

$P_{податок}$ – ставка податку на додану вартість.

За нормативний рівень рентабельності приймаємо 40% для першого року виробництва, в подальшому підприємство планує нарощувати. Ставка податку на додану вартість станом становить 20%.

За ціну реалізації приймається ринкова ціна на відповідні вироби з врахування значень показників якості нової розробки відносно до показників базового виробу і в цьому випадку розраховуємо верхню межу ціни:

$$P_{max} = P_{ринкова} \cdot K_{якості} \quad (4.11)$$

В даний час перспективність наукового дослідження визначається не стільки масштабом відкриття, оцінити на перших етапах життєвого циклу високотехнологічного продукту буває важко, скільки комерційною цінністю розробки. Оцінка комерційної цінності розробки є необхідною умовою при

пошуку джерел фінансування для проведення наукового дослідження і комерціалізації його результатів. Це важливо для розробників, які повинні представляти стан і перспективи проведених наукових досліджень.

Необхідно розуміти, що комерційна привабливість наукового дослідження визначається не тільки перевищенням технічних параметрів над попередніми розробками, а й тим, наскільки швидко розробник зможе знайти відповіді на такі питання - чи буде продукт затребуваний ринком, яка буде його ціна, який бюджет наукового проекту, який термін буде потрібно для виходу на ринок і т.д.

4.3. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Експлуатаційні витрати є такі витрати, які забезпечують функціонування будь якої розробки в період її експлуатації.

Спочатку розраховується заробітна плата обслуговуючого персоналу :

$$, \quad (4.12)$$

де – число робітників, що обслуговують один виріб;

– погодинна тарифна ставка оплати праці 1 – го розряду.

Погодинна тарифна ставка T_1 визначається за формулою:

$$, \quad (4.13)$$

де – мінімальна місячна заробітна плата встановлено КМ;

– число робочих днів у місяці;

– тривалість зміни;

– середній тарифний коефіцієнт, що обслуговують виріб;

– ефективний фонд часу робітників за рік;

– коефіцієнт співвідношень;
 - частка часу, який витрачає на обслуговування виробу в загальному часі своєї роботи.

Мінімальна заробітна плата становить 4173. Середнє число робочих місяців 21. Тривалість зміни 8 год.

Оскільки розроблений пристрій є слуховим апаратом, то частку обслуговування встановимо 0,0005, оскільки не потребує постійного обслуговування. Отже:

грн.

Наступним кроком є розрахунок витрат на силову енергію:

$$, \quad (4.14)$$

де – вартість 1 кВт – години електроенергії.

П – установлена потужність виробу, к ВТ;

Ф – фактична кількість годин роботи виробу за рік, годин;

– коефіцієнт використання потужності.

Витрати на електроенергію становлять 0, тому що пристрій не потребує живлення від мережі. Тому розрахуємо витрати батарейки до слухових апаратів:

$$, \quad (4.15)$$

Причому прогнозується використання приладу на 250 кВт 6 годин на день.

Витрати на поточний ремонт розробки розраховується за формулою:

$$, \quad (4.16)$$

де , ... – вартість однотипних елементів, що замінюються протягом року, грн;

, ... – кількість однотипних елементів, що замінюються протягом року, шт;

, ... – середній строк дії однотипних елементів, що замінюються годин

Витрати пов'язані із обслуговуванням слухового апарату передбачаємо в 200 грн, що включає заміну накладок та ін.

Інші витрати 5 – 10% від суми загальних витрат.

Сума витрат за всіма статтями дає величину експлуатаційних витрат для даної розробки E2:

Висновки

Економічні розрахунки підтвердили виробництво виробу. Підприємство планує на наступному році випуску збільшувати обсяги і та ринку збуту, таким чином плануємо, що його рентабельність зросте. Розробка є актуальною, оскільки даний пристрій має широку сферу застосування. Одними з найбільших статей витрат становить комплектуючі матеріали, електроенергія та заміна деталей, тобто ремонт. Сума витрат за всіма статтями дає величину експлуатаційних витрат для даної розробки E2 становить 650 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі проводиться аналіз небезпечних, шкідливих та уражаючих для людини і оточуючого довкілля факторів, які виникають при проведенні розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону. В ньому висвітлюються, зокрема, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, визначення обґрунтування вибору

раціонального методу захисту від шуму, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні розробки, безпека у надзвичайних ситуаціях.

5.1 Виробнича санітарія та гігієна праці

5.1.1 Склад повітря робочої зони та мікроклімат

Визначаємо для приміщення, в якому проводяться роботи з розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

У відповідності із допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для теплого та холодного періодів року.

Перепад температури повітря за висотою робочої зони дозволяється до 3°C. Для опромінення менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, з метою контролю за якістю виробничого середовища, ГДК шкідливих речовин.

З метою забезпечення нормованих параметрів мікроклімату та чистоти повітря робочої зони передбачено: у приміщенні має бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року; здійснювати вологе прибирання кожного дня; застосування витяжної вентиляції, яка видаляє забруднення або нагріте повітря з приміщення, а також за допомогою неї контролюється швидкість руху повітря і вологість.

5.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях великі вимоги висуваються щодо кількісних та якісних параметрів освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводяться роботи з розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону, відповідно до знаходимо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – великий, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт 2.

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 45°, то для таких умов КЕО розраховується за формулою:

$$[\%], \quad (5.1)$$

де – табличне значення КЕО, %;

– коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N,6} = 2 \cdot 0,9 = 1,8 (\%);$$

$$e_{N,c} = 1,2 \cdot 0,9 = 1,1 (\%).$$

Для встановлення нормативних значень параметрів освітлення передбачено: при недостатньому природному освітлені в світлий час доби доповнення штучним за допомогою газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; застосування штучного освітлення в темний час доби.

5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого обладнання застосовується устаткування, робота якого генерує шум та вібрацію, необхідно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Встановлено, що приміщення, де відбувається робота з розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону може містити робочі місця із шумом та вібрацією, який створюється двигунами вентиляційної системи.

З метою запобігання травмуванню працюючих під дією шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Головним документом стосовно промислового шуму, що діє в Україні, у відповідності з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не повинні бути більшими ніж значення.

Для поліпшення віброакустичного клімату у приміщенні запропоновано:

- 1) своєчасне проведення профілактичного ремонту;
- 2) використання в конструкціях обладнання віброізоляції та акустичних екранів.

Необхідно визначити частоту звукових коливань, які у даному приміщенні створюються приводом вентилятора від електродвигуна. Ця частота визначається за формулою:

$$[Гц], \quad (5.2)$$

де $n = 1500$ об/хв – частота обертання валу електродвигуна.

Для вибору ефективнішого методу захисту від шуму розглянемо найбільш поширені способи захисту від шуму: звукоізоляцію та звукопоглинання.

Звукоізоляція одношарової перегородки визначається за такою формулою:

$$[дБ], \quad (5.3)$$

де – маса 1 м² огороження, кг/м².

В якості ізолюючого матеріалу вибираємо гіпсобетонну панель, для якої = 115 кг/м².

Після підстановки відомих значень у формули (5.2, 5.3) отримаємо

$$f = \frac{1500}{60} = 25 \text{ (Гц)};$$

$$R = 20 \lg(115 \cdot 25) - 47,5 = 19,26 \text{ (дБ)}.$$

Визначимо фактичну звукоізоляцію за формулою:

$$[\text{дБ}], \quad (5.4)$$

де A – еквівалентна площа звукопоглинання тихого приміщення, м²;

– площа звукоізолюючої перегородки, м².

Знаючи габарити приміщення визначимо еквівалентну площу звукопоглинання тихого приміщення

$$[\text{м}^2], \quad (5.5)$$

де a , b , h – довжина, ширина, висота приміщення відповідно, м.

Розміри приміщення (м): $8 \times 4 \times 3,2$.

Знайдемо площу звукоізолюючої перегородки, прийнявши, що вона встановлюється на стіну з розмірами $a \times h$ за формулою:

$$[\text{м}^2]. \quad (5.6)$$

Після підстановки відомих значень у формули (5.5, 5.6, 5.4) одержимо

$$A = 2(8 \cdot 4 + 8 \cdot 3,2 + 4 \cdot 3,2) = 140,8 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_i = 8 \cdot 3,2 = 25,6 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$R_{\phi} = 19,26 + \lg \frac{140,8}{25,6} = 19,9993 \text{ (дБ)}.$$

Знаючи габарити приміщення визначимо об'єм приміщення за формулою

$$[\text{м}^3], \quad (5.7)$$

де a , b , h – довжина, ширина, висота приміщення відповідно, м.

Підставляючи відомі значення у формулу (5.7) одержимо

$$V = 8 \cdot 4 \cdot 3,2 = 102,4 \text{ (м}^3\text{)}.$$

За значенням об'єму приміщення та частотою визначаємо постійну приміщення $B = 4$. Приймаємо площу звукопоглинального лічкування $S_{\text{лич}} = 50$ м².

Визначимо загальну площу огорожувальних поверхонь приміщення

$$[\text{м}^2]. \quad (5.8)$$

Знайдемо середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення

$$\alpha = \frac{B}{B + S_{\text{огор}}} \quad (5.9)$$

Знайдемо значення звукопоглинання неличкованих огорожувальних поверхонь

$$A_1 = \alpha(S_{огор} - S_{лич}) [m^2]. \quad (5.10)$$

Підставляючи відомі значення у формули (5.8, ..., 5.10) одержимо

$$S_{огор} = 2 \cdot 3,2(8 + 4) = 76,8 (m^2);$$

$$\alpha = \frac{4}{4 + 76,8} = 0,05;$$

$$A_1 = 0,05(76,8 - 50) = 1,34 (m^2).$$

Приймаємо марку личкувальної плити – "Вініпор" (напівжорсткий) з ревербаційним коефіцієнтом звукопоглинання личкування при частоті $f = 25$ Гц $\alpha_{лич} = 0,06$. В якості штучного поглинача приймаємо куб із стороною 400 мм з еквівалентною площею звукопоглинання при частоті $f = 25$ Гц $A_{шт} = 0,14 m^2$. Приймаємо кількість штучних звукопоглиначів $n_{шт} = 20$ шт.

Знайдемо значення додаткового звукопоглинання, що забезпечується личкуванням та штучними звукопоглиначами

$$\Delta A = \alpha_{лич}S_{лич} + A_{шт}n_{шт} [m^2]. \quad (5.11)$$

Знайдемо середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення після встановлення звукопоглинальних конструкцій

$$(5.12)$$

Знайдемо постійну приміщення після проведення акустичної обробки

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1} [m^2]. \quad (5.13)$$

Отже, знаходимо максимальне зниження рівня звукового тиску

$$\Delta L = 10 \lg \frac{B_1}{B} \text{ [дБ]}. \quad (5.14)$$

Підставляючи відомі значення у формули (5.11, ..., 5.14) одержимо

$$\Delta A = 0,06 \cdot 50 + 0,14 \cdot 20 = 5,8 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\alpha_1 = \frac{1,34 + 5,8}{76,8} = 0,093;$$

$$B_1 = \frac{1,34 + 5,8}{1 - 0,093} = 7,87211 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\Delta L = 10 \lg \frac{7,87211}{4} = 2,93151 \text{ (дБ)}.$$

Оскільки $R = 19,9993 \text{ (дБ)} > \Delta L = 2,93151 \text{ (дБ)}$, то як метод захисту від шуму остаточно вибираємо звукоізоляцію.

5.1.4 Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому виконується робота з розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону може містити електромагнітні випромінювання.

З метою забезпечення захисту та досягнення нормованих рівнів випромінювань необхідно використовувати екранування робочого місця і скорочення часу опромінення за рахунок перерв на відпочинок.

5.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів і його розміри мають відповідати антропометричним, психофізіологічним та фізіологічним властивостям працівника, а також характеру праці.

Площа одного робочого місця повинна становити не менше 6,0 м², об'єм приміщення – не менше як 20 м³, висота – не менше 3,2 м [28].

У середині приміщення, в якому здійснюється робота з розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону, значну увагу потрібно надати уникненню небезпеки ураження електричним струмом. Згідно [9] це приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність високої (більше 75 %) вологості. Через це безпека використання електрообладнання повинна забезпечуватись комплексом заходів, які передбачають використання ізоляції струмоведучих частин, захисного заземлення, захисних блокувань та ін [30].

Відповідно до приміщення, де проводиться робота з розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону, відноситься до категорії пожежної небезпеки Б. Дане приміщення відноситься до 3-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності слухового апарату в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Пристрій для відсліджування положення об'єктів спрямована на забезпечення послугами не тільки цивільних споживачів інформації, але і військових. У зв'язку з тим, що слухового апарату має важливе значення для обороноздатності, а на них можуть справляти значний вплив загрозливі чинники надзвичайні ситуації різного типу то необхідно провести оцінку безпеки роботи пристрою. До таких НС можна віднести: стихійні лиха

(землетруси, блискавка, зливи), а особливо впливовими на РЕА мають іонізуючі випромінювання та ЕМІ. Тому при забезпеченні даних пристроїв слід забезпечити найвищий рівень захисту від тої чи іншої НС, оскільки кожна НС справляє свій вплив на даний пристрій.

Тож, в даній частині розділу необхідно виконати дослідження оцінки безпеки роботи та розробку заходів по підвищенню стійкості роботи слухового апарату в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

В РЕА застосовуються елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні матеріали (в основному діелектрики), провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

В радіоелектронній апаратурі іонізуючі випромінювання, викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу апаратури. Так, проходячи через елементи РЕА, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристрою. При великих дозах випромінювання втрачають працездатність комплектуючі елементи систем радіоелектроніки і електроавтоматики. В результаті опромінення у транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах знижуються напруги пробую та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів; руйнується електрична ізоляція дротів з полімерних матеріалів. В органічних ізоляційних і діелектричних матеріалах змінюються такі параметри, як: електрична провідність, діелектрична проникність і тангенс кута втрат. Неорганічні матеріали менш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань [28].

Для інженерної практики найбільший інтерес представляє перший випадок, тобто дослідження стійкості роботи РЕА при перебуванні її в

зараженій радіоактивними речовинами місцевості протягом певного часу після випадання радіоактивних речовин у даній місцевості.

ЕМІ ушкоджує напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори. Це являє велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від впливу інших загрозливих чинників. Тому слід пам'ятати про те, що захист апаратури від механічних ушкоджень не захищає від впливу ЕМІ і апаратура може втратити працездатність, знаходячись у надійних захисних спорудженнях [37].

5.3.1 Дослідження безпеки роботи слухового апарату в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи пристрою в цих умовах приймається таке граничне значення рівня ($P_{зв}$, P/год), при якому можуть виникнути тимчасові зміни, але пристрій буде працювати з потрібною якістю.

Приймаючи до уваги елементну базу, що використовується для реалізації розроблювального пристрою, складається таблиця потужностей експозиційної дози опромінення для кожного елемента $P_{зв.i}$, що викликають початок зворотних змін Отримані значення занесемо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Потужність експозиційної дози для кожного елемента, що викликають початок зворотних змін.

№	Елементи радіоелектронної пристрою	$P_{зв.i}$, P/с	$P_{зв.}$, P/с
1	Процесори, інтегральні мікросхеми	10^3	10 ³
2	Діоди загального призначення	10^4	
3	Транзистори загального призначення	10^4	
4	Мікросхеми	10^5	
5	Конденсатори	10^7	
6	Резистори	10^8	

Визначається елемент, який найбільшою мірою піддається впливу випромінюванням, тобто елемент із мінімальним значенням .

В якості критерію стійкості роботи пристрою використовується граничне значення рівня іонізуючих випромінювань:

(5.15)

де - рівень радіації незворотних змін пристрою в цілому;

- коефіцієнт надійності ();

- коефіцієнт послаблення.

З наведеної таблиці слідує, що мінімальні значення граничних рівнів радіації елементів, при яких в елементній базі можливі необоротні зміни мають інтегральні мікросхеми великої ступені інтеграції та мікропроцесори – , .

Визначаємо допустимий час роботи пристрою:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{D_{\text{зр}} \cdot K_{\text{осл}} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2, \quad (5.16)$$

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{10^3 \cdot 2 + 2 \cdot 7,6 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 7,6} \right)^2 = 17313(\text{год})$$

Таким чином, допустимий час роботи пристрою складатиме 17313 годин при максимальному рівні радіації 7,6 Р/с.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи слухового апарату в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерієм безпеки роботи слухового апарату в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_d}{U_r} \geq 40 \text{ (дБ)},$$

де – допустиме коливання напруги живлення (для мікросхем 5 В);

– напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Допустимі коливання напруги живлення:

$$U_d = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} * N = 5 + \frac{5}{100} = 5,25(B)$$

В зв'язку з тим, що окремі елементи приладу можуть мати різні значення коефіцієнтів безпеки, то безпека роботи слухового апарату в цілому визначається мінімальним значенням коефіцієнта безпеки.

З рівняння (5.1) визначаємо:

$$\frac{U_d}{U_r} = \frac{5,25}{10^{\frac{40}{20}}} = 0,05(B)$$

Прийmemo максимальну довжину горизонтальних струмопровідних частин $l_r=0,58$ м. Тоді горизонтальна складова напруженості електричного поля визначається за формулою:

Звідси вертикальна складова напруженості буде .

Таким чином, робота слухового апарату можлива у випадку, якщо не перевищується значення вертикальної складової напруженості електричного поля 90 В/м.

5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи слухового апарату в умовах надзвичайних ситуацій

З метою зменшення негативного впливу на слухового апарату можна використати наступні методи.

Для захисту розробки, як і любых радіоелектронних пристроїв від дії іонізуючих випромінювань можна використати алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багат шарові матеріали. Також для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати новітній вітчизняний метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, що розміщується на поверхнях даних елементів, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання, відмінним тим, що захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

Найкращим для захисту від електромагнітного імпульсу є захищене металічним екраном приміщення, в якому розміщена радіоелектронна апаратура. Оскільки такий захист в ряді випадків неможливо виконати, то використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки та плівкові покриття вікон, стільникові металеві конструкції для повітрозбірників та вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, що розміщуються по периметру дверей і люків. Для захисту від проникнення електромагнітного імпульсу в апаратуру через різні кабельні вводи використовується перехід від електричних мереж зв'язку до практично не залежних від впливів ЕМІ

волоконно-оптичних. Також для захисту кабельних введів використовують в їх конструкції фільтрів та встановлення вбудованих зенерівських діодів.

В ході виконання було розглянуто вплив іонізуючого випромінювання та ЕМІ на компоненти схеми, виконано розрахунки з яких видно, що ні один з класів елементів схеми не зазнає більшого впливу за граничне значення, також розраховано термін безпечної роботи пристрою, який складає 17313год. Що стосується впливу електромагнітного імпульсу, то з урахуванням необхідного рівня коефіцієнта безпеки було розраховано значення напруженості електричного поля.

Отже основною метою даної частини розділу було дослідження оцінки безпеки роботи пристроїв та розробка заходів по підвищенню безпеки роботи слухового апарату в умовах надзвичайних ситуацій.

Висновок

Під час написання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, визначення обґрунтування вибору раціонального методу захисту від шуму, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону, безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

1. Грунтуючись на сучасних технічних джерелах, було встановлено, що подальша розробка слухових апаратів є бажаною і важливою, оскільки такі пристрої не лише фіксують недоступні звуки, але і посилюють їх до бажаного рівня гучності, який сприймається без проблем. Ці умови забезпечують повне розуміння екологічної інформації для людей з порушеннями слуху. Було розроблено слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного мікрофона. Особливість розробленого приладу полягає в використанні

операційного підсилювача LM741, завдяки його невисокій вартості, легкій доступності і, найголовніше, надійному функціонуванню корекція частотної характеристики в другому каскаді за рахунок введення частотно-залежного негативного зворотного зв'язку. Використання LM741 в розробці дасть можливість здійснити економію в вартості, надійність у використанні та доступність.

2. Слуховий апарат був вдосконалений, після чого було промодельовано підсилювач та обрано схему роботи пристрою, конструктивні характеристики і залежність коефіцієнта посилення сигналу від опору резистора R4. Встановлено, що максимальна чутливість сигналу досягається при $R4 = 22 \text{ кОм}$. Промодельовано схему слухового апарату для людей з вадами слуху. Результати чітко показують принцип роботи акустичного датчика і рівень посиленого сигналу залежно від значення резистора R4, що дозволяє регулювати гучність сигналу підсилювача.

3. Для розробки карти для слухових апаратів на основі конденсаторного мікрофону була вибрана друкований монтаж, який більше підходить для виробництва пристрою, оскільки він має переваги в порівнянні з іншими методами, а саме простота використання, низька вартість виробництва і простота процесу. За допомогою ISISProteus був створений новий проект і проведено автоматичне відстежування друкарських провідників. Тим самим розміри друкованої плати становлять $26 \times 51 \text{ мм}$; ширина провідників 0.084 мм ; товщина плати — 1.5 мм . Матеріалом плати обрано склотекстоліт фольгований двохсторонній. Діапазон робочих температур — $-20 \text{ }^\circ\text{C} \div 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Економічні розрахунки підтвердили виробництво виробу. Підприємство планує на наступному році випуску збільшувати обсяги і та ринку збуту, таким чином плануємо, що його рентабельність зросте. Розробка є актуальною, оскільки даний пристрій має широку сферу застосування. Одними з найбільших статей витрат становить комплектуючі матеріали, електроенергія та заміна деталей, тобто ремонт. Сума витрат за всіма статтями дає величину експлуатаційних витрат для даної розробки E2 становить 650 грн.

5. Розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, визначення обґрунтування вибору раціонального методу захисту від шуму, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсаторного мікрофону, безпека в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного мікрофону [Електронний ресурс] // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 41)" / Збірник тез доповідей: випуск 41 (м. Тернопіль, 13 вересня 2019 р.). – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://drive.google.com/file/d/1s1ogsqjShwFB_Zyj-B9JdeloVhwRpF18/view.

2. Підсилювач слуху – як вибрати апарат [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alopresya.in.ua/2017/07/pidsylyuvach-sluhu-yak-vybraty.html>.
3. Пасынков В. В. Материалы электронной техники : учебн. для студ. вузов / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. – М. : Высшая школа, 1986. – 367 с.
4. Пахолюк А. П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник / А. П. Пахолюк, О. А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
5. Николаев И. М. Интегральные микросхемы и основы их проектирования / И. М. Николаев, Н. А. Филинук. – М. : Радио и связь, 1992. – 424 с.
6. Черенков О. Д. Розрахунок та проектування електронних пристроїв: методичний посібник до виконання курсового проекту з курсу «Електроніка та мікросхемотехніка» для студентів заочної та очної форми навчання навчально-наукового інституту енергетики та комп'ютерних технолог / Черенков О. Д., Горпинченко В. Г., Чорна М. О. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – 84 с.
7. Парфенов О. Д. Технология микросхем : учебн. пособие для вузов по спец. «Конструирование и производство ЭВА» / Парфенов О. Д. – М. : Высшая школа, 1986. – 320 с.
8. Ермолаев Ю. П. Конструкции и технология микросхем : учебник для вузов / Ермолаев Ю. П., Пономарев М. Ф., Крюков Ю. Г. – М. : Радио и связь, 1980. – 256 с.
9. Білинський Й. Й. Методичні вказівки до виконання бакалаврської дипломної роботи для студентів напрямів "Електронні пристрої та системи" і "Мікро- та наноелектроніка" / Уклад. Й. Й. Білинський, Ю. С. Кравченко. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 22 с.
10. Виноградов Ю. А. Практична радіоелектроніка / Виноградов. Ю. А. – 288 с.
11. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС: Пер. с англ. Посіб. / Фолкенберри Л. – М.: Мир, 1985. – 572 с.

12. Якубовский С. В. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник. / Якубовский С. В. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с.
13. Зубчук В. И. Справочник по цифровой схемотехнике / Зубчук В. И., Сигорский В. П., Шкуро А. Н. – К: Техника, 1990. – 448 с.
14. Тарабрин Б. В. Интегральные микросхемы: Справочник / Тарабрин Б. В. – М: Радио и связь, 1983. – 536 с.
15. Нефедов А. В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги / Нефедов А. В. – М: КУБК, 1997. – 544 с.
16. Самофалов К. Г. Прикладная теория цифровых автоматов / Самофалов К. Г., Романкевич А. М., Валуйский В. Н. – М: Высш. шк., 1987. – 375 с.
17. Угрюмов Е. П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ: Учебное пособие / Угрюмов Е. П. – М: Высш. шк., 1989. – 424 с.
18. Соловьева Г. Н. Схемотехника ЭВМ: Учебник / Соловьева Г. Н. – М: Высш. шк., 1985. – 391 с.
19. Бачурин В. В. Схемотехника устройств на мощных полевых транзисторах: Справочник / Бачурин В. В., Ваксембург В. Я., Дьяконов В. П. – Москва: Радио и связь, 1994. – 280 с.
20. Лещенко М. Є. Основи мікроелектроніки : навч. посібник / Лещенко М. Є., Васильєва І. К., Замірець О. М., Овчаренко В. Є. – Харків: Національний аерокосмічний університет, 2010. – 64 с.
21. Платт Ч. Електроніка: логічні мікросхеми, підсилювачі і датчики для початківців. Пер. з англ. / Платт Ч. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2015. – 448 с.
22. Кашкаров А. П. Електроні самоделки / Кашкаров. А. П. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. – 297 с.
23. Матсон Э. А. Конструкции и расчет микросхем и микроэлементов ЭВА : учебн. пособие для радиотехн. спец. вузов / Матсон Э. А., Крыжановский Д. В., Петкевич В. И. – Мн. : Вышэйшая школа, 1979. – 192 с.
24. Муромцев Д. Ю. Основы проектирования электронных средств. Часть 1: Учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. 2011. – 368 с.

25. Матсон Э. А. Конструкции и технология микросхем : учебн. пособие для радиотехн. спец. вузов / Матсон Э. А. – Мн. : Вышэйшая школа, 1985. – 207 с.
26. Ермолаев Ю. П. Конструкции и технология микросхем : учебник для вузов / Ермолаев Ю. П., Пономарев М. Ф., Крюков Ю. Г. – М. : Радио и связь, 1980. – 256 с.
27. Proteus. Редактор ISIS [Электронный ресурс] // radio-hobby. – Режим доступ: <http://radio-hobby.org/modules/instruction/instr.php?id=15>.
28. Медведев А. В. Печатные платы. Конструкции и материалы: монографія / Медведев А. В. – М.: Техносфера, 2005. – 304 с.
29. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
30. ПДК 4617-88. Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-противоэпидемические правила и нормы "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны".
31. ДСН 3.3.6.039 99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
32. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
33. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.
34. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
35. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
36. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.
37. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

38. СНиП 2.09.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

39. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

40. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

41. Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. – Х: "Форт", 2009. – 736 с.

Додаток А
Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра електроніки та наносистем

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ЕНС
д.т.н., проф. Білинський
Й.Й

«__» _____ 2019р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до магістерської кваліфікаційної роботи

Слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного мікрофону
зі спеціальності 153 - «Мікро- та наносистемна техніка»

Керівник,
к.т.н., доц.
_____ Огородник К. В.

Дипломник,
Студентка гр. МНТ-18м
_____ Гарбар Л. О.

Вінниця, 2019р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1. Найменування і область застосування

Найменування - Слуховий апарат на основі високочутливого конденсаторного мікрофону

Область застосування - корекції слуху у людей будь-якого віку.

2. Основою для (дослідження) розробки

Основою для виконання цієї магістерської кваліфікаційної роботи є завдання на МКР та наказ ректора ВНТУ №254 від «03» вересня 2019 р.

3. Мета та призначення дослідження (розробки)

Мета розробки – є розширення максимального діапазону чутливості слухового апарату.

Призначення розробки – розробка простого, некоштовного слухового апарату.

4. Джерела розробки

У процесі розробки слухового апарату на основі високочутливого конденсатора рекомендовано залучати патентний пошук та використовувати спеціальну літературу, а саме:

- 4.1. Муромцев Д. Ю. Основы проектирования электронных средств. Часть 1: Учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. 2011. – 368 с.
- 4.2 Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС: Пер. с англ. Посіб. / Фолкенберри Л. – М.: Мир, 1985. – 572 с.
- 4.3 Кашкаров А. П. Електроні самоделки / Кашкаров. А. П. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. – 297 с.
- 4.4 Пахолюк А. П. Основы материаловедства і конструкційні матеріали : посібник / А. П. Пахолюк, О. А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.

5. Технічні вимоги

5.1 Вимоги до електричних параметрів та режимів:

- напруга живлення, В.....4;
- вихідна потужність, В.....0,5;
- максимально допустимий базовий струм, А.....0,2;
- коефіцієнт передачі струму h_{21E}110..800;
- частота обмеження коефіцієнта передачі Мгц150;
- місткість колекторного переходу, пФ.....3.

5.2 Вимоги до конструкції:

- матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт;
- товщина, мм.....1.5;

- розміри, не більше, мм,26×51×1,5;

5.3 Вимоги до стійкості при механічній дії:

Плата зі встановленими елементами має зберігати свої параметри в межах встановлених норм під час та після дії механічних навантажень: вібраційних з частотою 1–2000 Гц і максимальним прискоренням 1–5 g, багатократних ударів тривалістю 13 мс з прискоренням 25–70 g, лінійних навантажень з максимальним прискоренням 25g.

5.4 Вимоги до стійкості при кліматичній дії:

Плата зі встановленими елементами має зберігати свої параметри в межах встановлених норм під час і після дії на неї кліматичних факторів: температури повітря від +120°C (верхнє значення) до –60°C (нижнє значення); відносної вологості навколишнього середовища 70 % при температурі +35°C.

5.5 Вимоги до надійності:

Мінімальне напрацювання плата зі встановленими елементами у вказаних режимах та умовах має бути не меншою за 10 000 год. Інтенсивність відмов у режимах й умовах роботи не має перевищувати .

6 Економічні показники:

Орієнтовна ефективність і термін окупності витрат на розробку й освоєння виробництва продукції, лімітна ціна, економічна перевага розробленої продукції порівняно з кращими зразками.

7 Стадії і етапи розробки:

7.1 Розробка технічного завдання.

7.2 Огляд відомих слухових апаратів за літературними й патентними джерелами.

7.3 Вибір та аналіз варіантів рішення.

7.4 Вибір оптимального варіанта й детальна розробка його конструктивної схеми.

7.5 Розробка функціональної та електричної схеми перетворювача.

7.6 Моделювання роботи перетворювача.

7.7 Розробка складального креслення.

7.8 Техніко-економічні розрахунки, розробка заходів безпеки життєдіяльності.

7.9 Оформлення текстової документації та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

8 Порядок контролю і приймання:

- рубіжний контроль виконання окремих розділів МКР;
- попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи;
- захист МКР перед ДЕК

Додаток Е

Результати моделювання

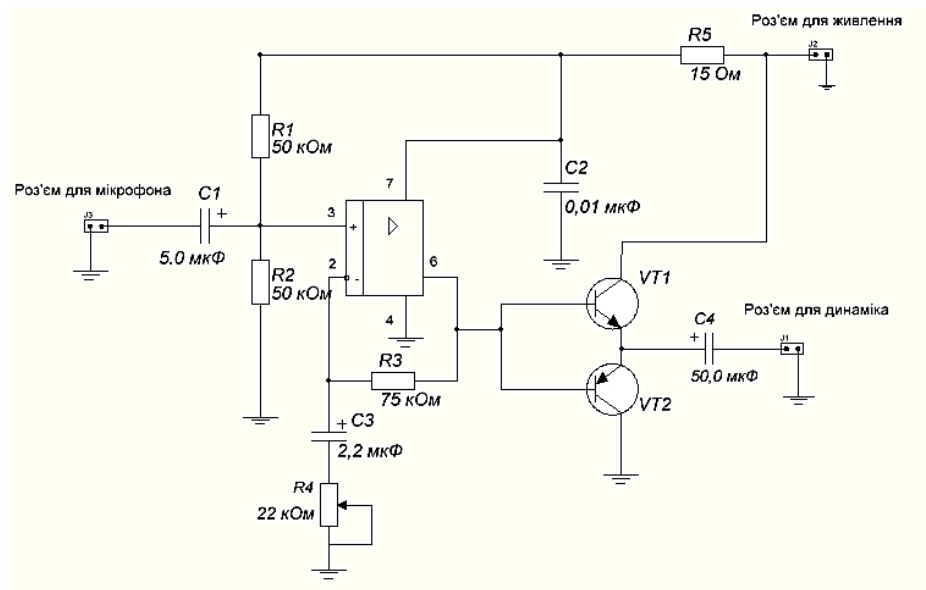


Рисунок Е1 – Схема слухового апарату в середовищі Proteus

В результаті проведеного моделювання на виході кінцевого каскаду підсилення отримано вихідний сигнал, представлений на рис. Е2.

На рисунку Е2 зображена осцилограма вхідного сигналу мікрофона (синій колір) та вихідного підсиленого сигналу (червоний). Результати можна побачити на осцилограммах. У даному випадку номінал резистора R4 був 300 Ом.

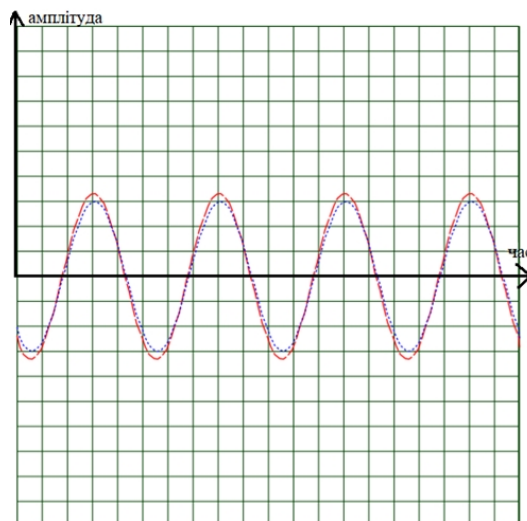


Рисунок Е2 – Результати моделювання слухового апарату в середовищі Proteus (R4= 300 Ом)

На рис. Е3 та рис. Е4 подано результати моделювання розробки слухового апарату при значеннях R4 – 11 кОм та 22 кОм.

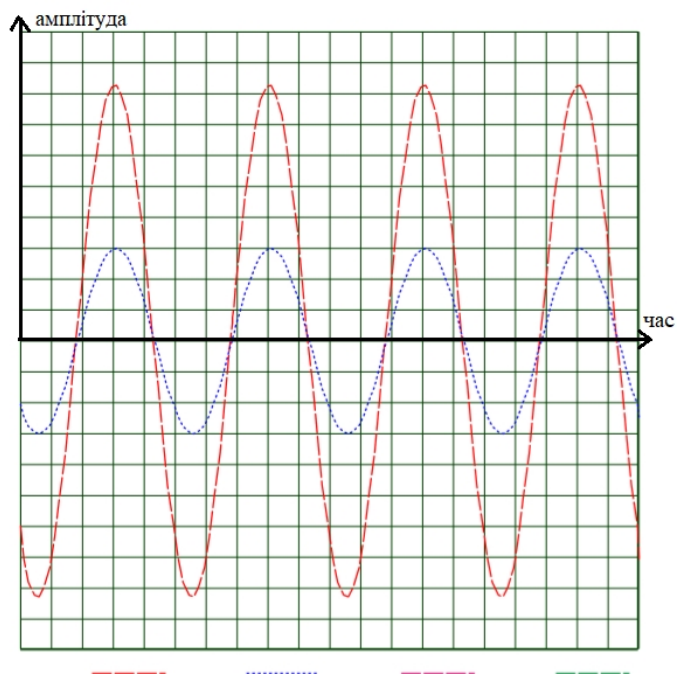


Рисунок Е3 — Результати моделювання слухового апарату а в середовищі Proteus (R4= 11 кОм)

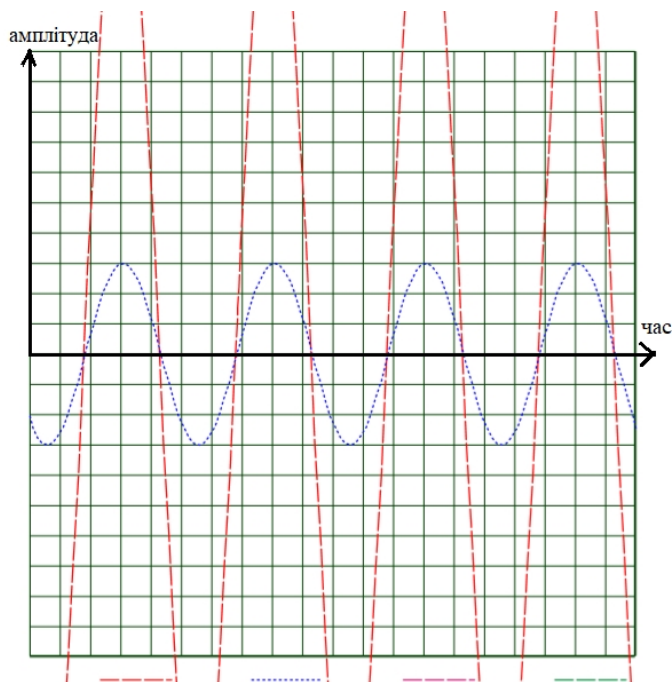


Рисунок Е4 — Результати моделювання слухового апарату в середовищі Proteus (R4= 22 кОм)

Додаток Б



Перш. викорис.

Довід. №

Підпис і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

08-05.МНТ. 153.02.001 Е1

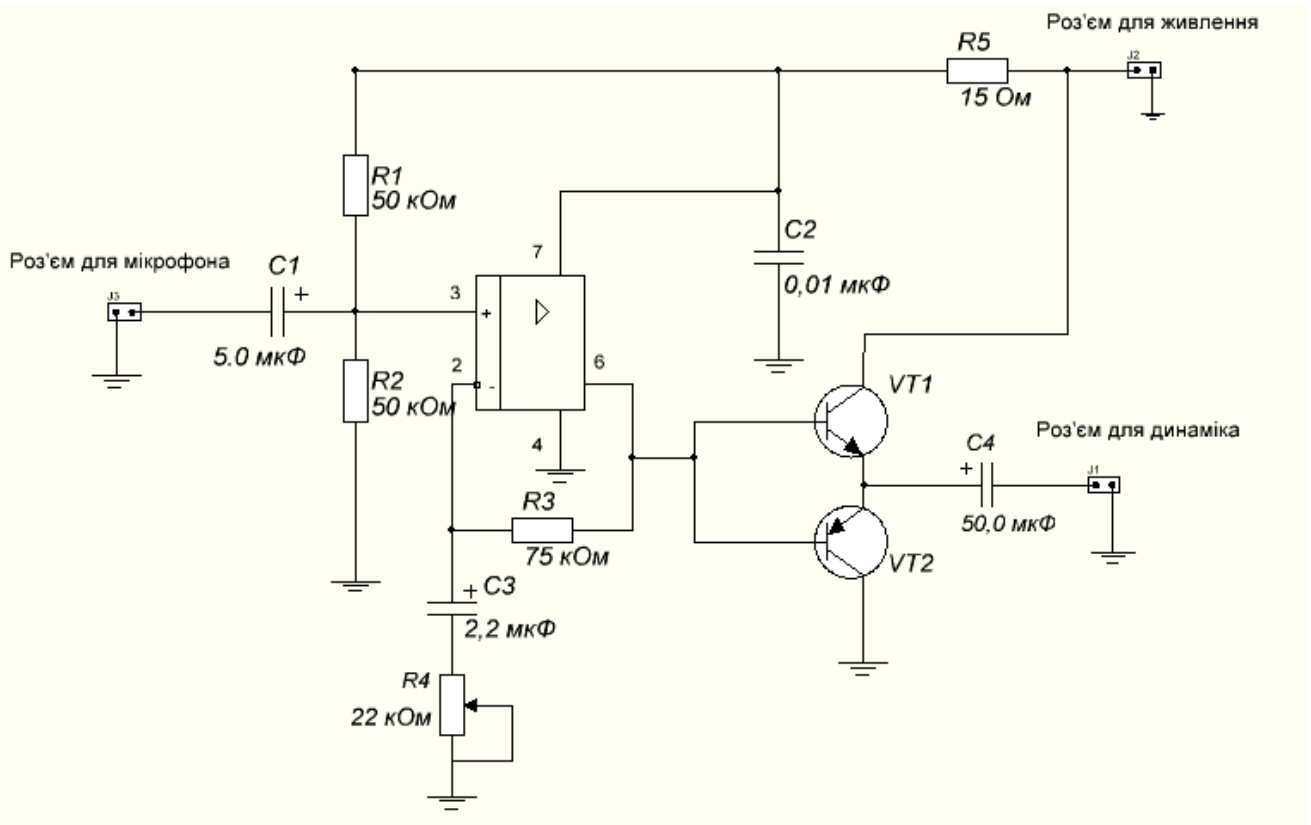
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Гарбар Л. О.		
Перевір.		Огородник К.В.		
Т. контр.				
Реценз.		Барась С. Т.		
Н. контр.		Кравченко Ю. С.		
Затверд.		Білинський Й. Й.		

Слуховий апарат
Схема структурна

Лім	Маса	Масштаб
У	Д	П
Аркуш		Аркушів 1

МНТ-18-мі

Додаток В



Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Гарбар Л. О.		
Перевір.		Огородник К. В.		
Т. контр.				
Реценз.		Барась С. Т.		
Н. контр.		Кравченко Ю. С.		
Затверд.		Білинський Й. Й.		

08-05.МКР. 153.02.002 ЕЗ

Слуховий апарат
 Схема електрична
 принципова

Лім	Маса	Масштаб
У	Д	П
Аркуш		Аркушів 1

МНТ-18мі

Перш. викорис.

Довід. №

Підпис і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

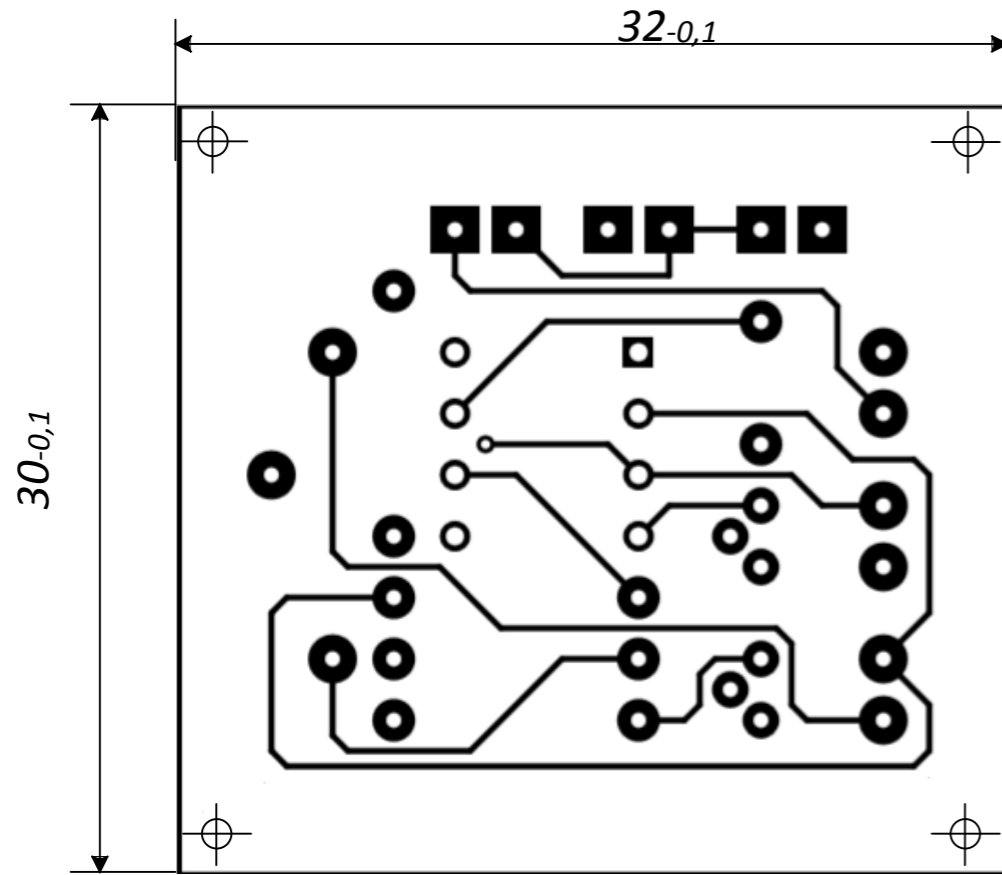
Підпис і дата

Інв. № ориг.

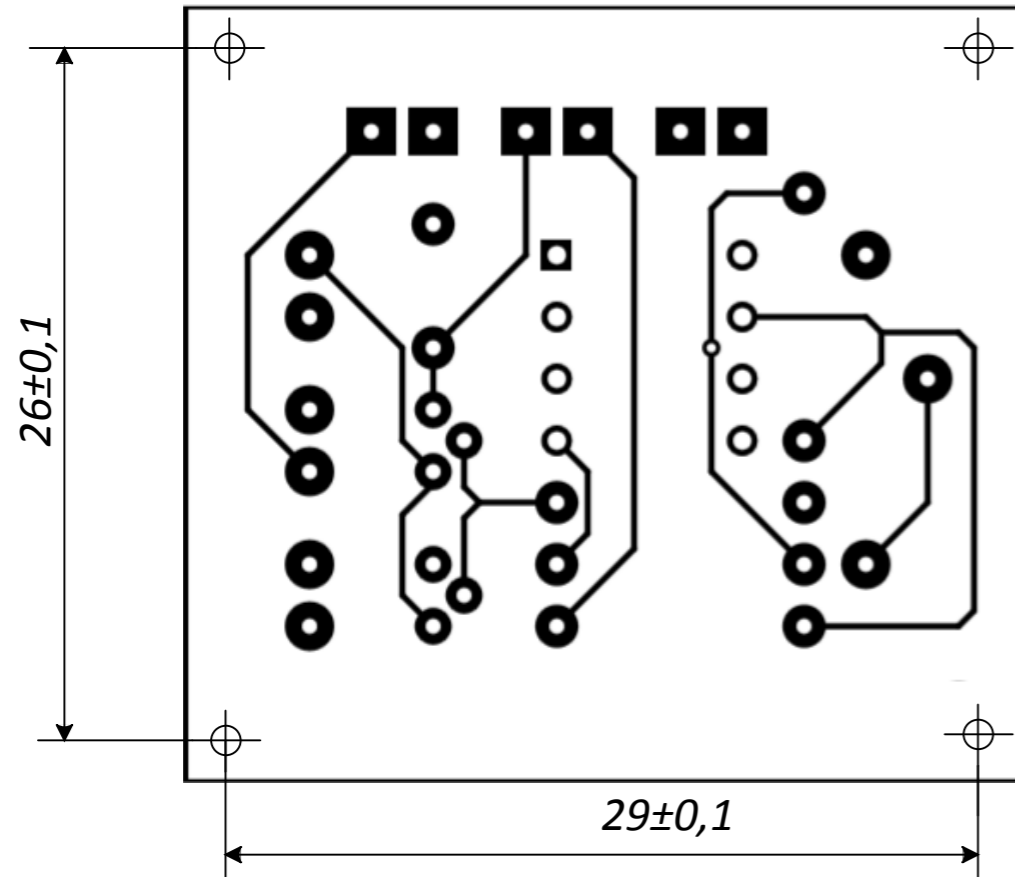
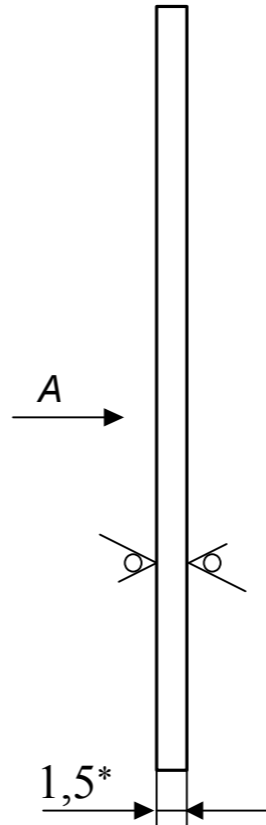
Позначення	Найменування	Кільк	Примітки
	<u>Конденсатори</u>		
C1	5,0 мкФ ± 20%	1	
C2	0,01 мкФ ± 20%	1	
C3	2,2 мкФ ± 20%	1	
C4	50 мкФ ± 20%	1	
	<u>Резистори</u>		
R1,R2	50 кОм ± 5%	2	
R3	75 кОм ± 5%	1	
R4	22 кОм ± 5%	1	
R5	15 кОм ± 5%	1	
	<u>Транзистори</u>		
VT1	BC557	1	
VT2	BC237	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
U1	LM741	1	
	<u>Роз'єми</u>		
J1,J2,J3	CONN_H2	3	

08-05.МКР.153.02.002. ПЕЗ					
Зм	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп	Дата
Розроб		Гарбар Л.О.			
Перевірів		Федоренко К. В.			
Реценз.		Барась С.			
Н.конт.		Кравченко Ю.С.			
Затв.		Білинський Й.Й.			
Слуховий апарат			Літ	Аркуш	Аркушів
Перелік елементів					1
МНТ-18мі					

Додаток Г



Вид: А

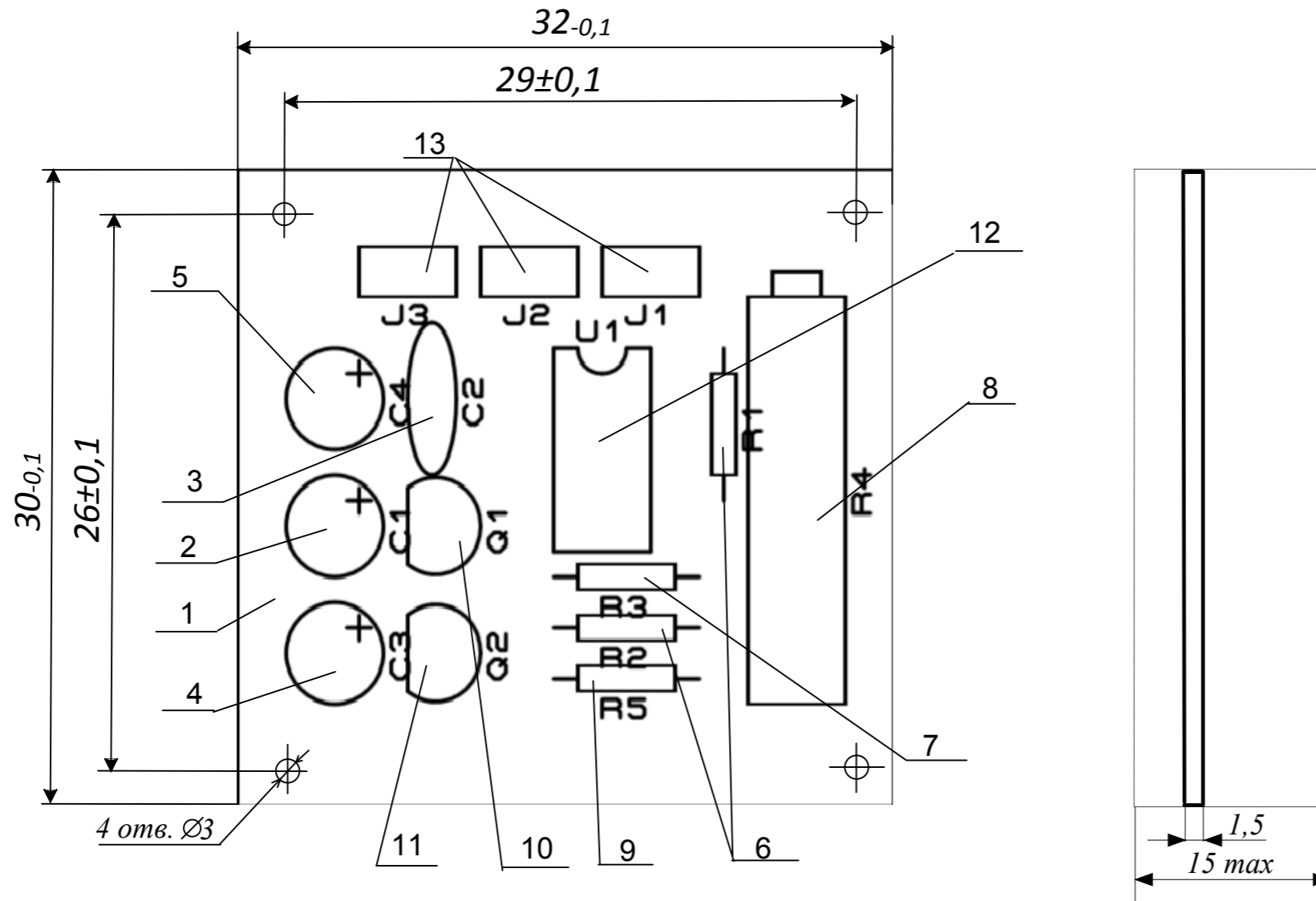


- 1.* Розмір для довідок.
2. Крок координатної сітки 1 мм
3. Провідники, умовно позначені суцільними лініями, виконати шириною 0,45 мм.
4. Відстань між провідниками не менше 0,25 мм.
5. Плата повинна відповідати ГОСТ-2.417-91.

Умове позначення отвору	Діаметр отвору, мм	Наявність металізації в отворі	Діаметр/ширина контактної площадки, мм	Кількість отворів
○	0,5	є	1,4	7
●	0,8	є	1,4	6
⦿	0,8	є	1,6	14
⦿	0,8	є	2	9
■	0,8	є	2,6	1
■	0,5	є	1,4	6
⊕	3	немає		4

					08-05.МКР.153.02.003					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Плата друкована	Літ	Маса	Масштаб		
						У	Д	П	10 г	2:1
Розроб.		Гарбар Л.О.				Аркуш		Аркушів 1		
Перевір.		Огородник К.В.								
Т. контр.										
Реценз.		Барась С. Т.			Склотекстоліт СФ-2-35-1,5			МНТ-18мі		
Н. контр.		Кравченко Ю.С.								
Затверд.		Білинський Й.Й.								

Додаток Д



1. Радіоелементи припаяти до плати за допомогою легкоплавкого припою ПОС-61 ГОСТ 21931-76.

2. Покриття УР-231.

3. Таврувати фарбою БМ, білою, шрифтом ЗПР-3

					08-05.МКР.153.02.004 СК				
					Плата	Лім	Маса	Масштаб	
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		У	Д	П	2:1
	Розроб.	Гарбар Л.О.			Складальне креслення			Аркуш	Аркушів 1
	Перевір.	Огородник К.В.							
	Т. контр.								
	Реценз.	Барась С. Т.							
	Н. контр.	Кравченко Ю.С.							
	Затверд.	Білинський Й.Й.							
						МНТ-18мі			

