

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра радіотехніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

«Магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«Електроакустичний пристрій дальньої дії»**

Виконав: студент 2-го курсу,
групи РТ-19м

Спеціальність 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Лістратенко М.О.

(прізвище та ініціали)

« » 2020 р.

Керівник: д.т.н., професор каф. РТ

Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

« » 2020 р.

Рецензент: к.т.н., проф., професор каф. ТКСТБ

Бортник Г.Г.

(прізвище та ініціали)

« » 2020 р.

Вінниця ВНТУ - 2020 рік

РЕФЕРАТ

УДК 621.38

Лістратенко М.О. Електроакустичний пристрій дальньої дії. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка. – Вінниця: ВНТУ, 2020, – 135 с. На українській мові. Рисуноків 52, бібліографій 30.

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено та розроблено комплекс типів акустичного оформлення та синтезовано підсилювачі звукових частот різних класів з можливістю цифрової обробки сигналу.

Для досліджень та розробки акустичних оформлень (АО), підсилювачів та блоку цифрової обробки сигналу переважно використано комплект програм, котрі знаходяться у freeware – доступі.

У магістерській дипломній роботі розроблена електрична структурна і принципова схеми приладу, складальні креслення, а також створено дизайн кінцевого вигляду «Електроакустичний пристрій дальньої дії». Розраховано надійність приладу.

Виконано розділ з охорони праці, де розглянуто та проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі факторів у виробничому приміщенні, карти умов праці та проведено розрахунки звукоізоляції приміщення за яких рівень шуму в виробничому приміщенні знаходиться в межах норми.

Ключові слова: Horn response, Google ScetchUP, Proteus, REW, Smaart V.7, підсилення, зворотні зв'язки, масштабуємі системи, рупорні сабвуфери, рупори, акустичні системи, інфразвук, цифрова обробка сигналів (DSP), ADAU1701, Analog Devices, Bluetooth V4.0.

ABSTRACT

Listratenko M.O. Long-range electroacoustic device. Master's qualification work in specialty 172 - Telecommunications and radio engineering. - Vinnytsia: VNTU, 2020 - 135 p. In Ukrainian. Figures 52, bibliographies 30.

In the master's qualification work, a complex of types of acoustic design was investigated and developed, and amplifiers of audio frequencies of various classes with the possibility of digital signal processing were synthesized.

For research and development of acoustic designs (AD), amplifiers and a digital signal processing unit, a set of programs that are in freeware access was mainly used. In the master's thesis, the electrical structural and schematic diagrams of the device, assembly drawings were developed, as well as the design of the final type of "Long-range electroacoustic device" was created. The reliability of the device has been calculated.

The section on labor protection has been completed, where hazardous and harmful production factors in the production room, maps of working conditions are considered and analyzed, and calculations of the sound insulation of the room are carried out at which the noise level in the production room is within normal limits.

Keywords: Horn response, Google ScetchUP, Proteus, REW, Smaart V.7, gains, feedbacks, scale-up systems, horn subwoofers, horns, loudspeakers, infrasound, digital signal processing (DSP), ADAU1701, Analog Devices, Bluetooth V4.0.

Вінницький національний технічний університет

Факультет Інфокомунікацій , радіоелектроніки та наносистем
Кафедра Радіотехніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТ
д.т.н., професор О.В. Осадчук
“ 28 ” 09 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лістратенку Миколі Олександровичу

1. Тема роботи Електроакустичний пристрій дальньої дії, керівник роботи Осадчук О.В., д.т.н., професор, затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 25 ” 09 2020 року № 214

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи:

Номінальна потужність стерео каналів – 1000 Вт. Номінальна споживана потужність в режимі спокою – 40 Вт. Робочий діапазон частот – 26...22КГц (-бдБ). Коефіцієнт гармонік менше 0.01% ($P_{ном}$). Захист від короткого замикання та перегріву. Індикація живлення та перевантаження/неполадки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ. Індивідуальне завдання. Реферат. Зміст. Огляд існуючих конструкторських рішень комплексів звуковідтворення . Обґрунтування структурної схеми пристрою та її попередня розробка топології пристрою. Вибір та обґрунтування електричної принципової схеми. Моделювання. Експериментальні дослідження. Розробка конструкції та розрахунок надійності. Охорона праці. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Розширена структурна схема. Схема електрична принципова. Типова схема підсилювачів класу ТD. Типова схема підсилювачів класу G. Схема електрична принципова. Схема керування силовими транзисторами .

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	д.т.н., професор Осадчук О. В.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доцент Березюк О. В.		
Економічна частина	к.е.н., ст. викл. Кавецький В.В.		

7. Дата видачі завдання 29 вересня 2020 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних джерел. Вибір та узгодження теми МКР	03.09.2020-14.09.2020	
2.	Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	15.09.2020-21.09.2020	
3.	Затвердження теми. Розробка технічного завдання	21.09.2020-25.09.2020	
4.	Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми	26.09.2020-09.10.2020	
5.	Електричні розрахунки. Експериментальне дослідження	10.10.2020-25.10.2020	
6.	Розділ моделювання	26.10.2020-04.11.2020	
7.	Розробка графічної частини МКР	05.11. 2020-15.11.2020	
8.	Аналіз економічної ефективності розробки	16.11.2020-19.11.2020	
9.	Охорона праці (ОП)	19.11.2020-22.11.2020	
10.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	23.11.2020-29.11.2020	
11.	Нормоконтроль	30.11.2020-01.12.2020	
12.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР	02.12.2020-04.12.2020	
13.	Захист МКР ЕК	11.12.2020-14.12.2020	

Студент _____ Лістратенко М.О.

Керівник роботи _____ Осадчук О.В.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ	
ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ ДАЛЬНЬОЇ ДІЇ	14
1.2 Аналіз існуючих рішень звукових підсилювачів.....	14
1.2 Аналіз існуючих типів акустичних оформлень	19
1.3 Висновки по проведеному огляді конструкторських рішень електроакустичних пристроїв дальньої дії.....	23
2 ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ	
ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ, РОЗРАХУНОК	
ОСНОВНИХ РЕЖИМІВ	25
2.1 Опис принципу роботи та розробка структурної схеми	25
2.2 Вибір схеми та обґрунтування елементів обробки сигналу	27
2.3 Вибір та обґрунтування схеми ввімкнення кінцевих підсилювачів	30
2.4 Висновки по розділу обґрунтування структурної схеми та електричної принципової схеми пристрою, розрахунку основних режимів.....	40
3 МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ	
ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ ДАЛЬНЬОЇ ДІЇ	41
3.1 Моделювання кінцевого підсилювача потужності.....	41
3.2 Моделювання розроблених акустичних систем	44
3.3 Розробка акустичної системи для відтворення нижнього НЧ/СЧ діапазону	52
3.4 Розробка акустичної системи для відтворення низькочастотного діапазону	55

3.5	Експериментальні дослідження тракту звукопідсилення	58
3.6	Експериментальні дослідження акустичних випромінювачів	61
3.7	Висновок по розділу моделювання, розробки та дослідження основних вузлів пристрою	62
4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ ДАЛЬНОЇ ДІЇ.....		63
4.1	Розробка конструкції	63
4.2	Розрахунок надійності	65
4.3	Висновки по проведеній розробці конструкції та розрахунку надійності електроакустичного пристрою дальньої дії	67
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА		68
5.1	Якісно- економічне обґрунтування напряду розробки.....	68
5.2	Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	70
5.3	Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості для нового рішення	74
5.4	Розрахунок витрат на проведення НДДКР з дослідження електроакустичного пристрою дальньої дії.....	76
5.5	Розрахунок ціни реалізації об'єкту розробки.....	90
5.6	Розрахунок чистого прибутку для виробника від реалізації нового технічного рішення	92
5.7	Розрахунок терміну окупності витрат для виробника	92
5.8	Висновки до розділу	93
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		94
6.1	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	94

6.1.1	Склад повітря робочої зони та мікроклімат	94
6.1.2	Виробниче освітлення	96
6.1.3	Виробничі віброакустичні коливання	97
6.1.4	Виробничі випромінювання.....	102
6.2	Технічні рішення щодо промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки електроакустичного пристрою дальньої дії.....	103
6.2.1	Безпека щодо організації робочих місць	103
6.2.2	Електробезпека	104
6.2.3	Пожежна безпека.....	104
6.3	Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	106
6.4.1	Визначення області працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	107
6.4.2	Визначення області працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дії електромагнітного імпульсу	108
6.4.3	Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах надзвичайних ситуацій.	110
6.4.4	Висновки до розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	111
	ВИСНОВОК	112
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	113

ДОДАТОК А.....	116
ДОДАТОК Б	122
ДОДАТОК В.....	124
ДОДАТОК Д.....	126
ДОДАТОК Е	128
ДОДАТОК Ж.....	130
ДОДАТОК К.....	132
ДОДАТОК Л.....	134

ВСТУП

Актуальність

В наш час нерідкими є масові заходи різноманітного характеру, де необхідно в залежності від поставлених задач здійснювати інформативну передачу звукової енергії на певну відстань, чи то системи сповіщення, системи активного відторгнення або ж пристрої для озвучки великих площ/стадіонів.

При конструюванні пристрою подібного роду варто в першу чергу визначитись з потужністю, для чого потрібно користуватись принципами взаємозв'язку між потужністю, чутливістю випромінювачів, геометричними розмірами, дальністю і рівнем гучності. Зокрема, для найбільш простого способу забезпечення можливості масштабування варто використовувати двоканальний підсилювач, адже майже завжди обидва канали працюють одночасно в усій смузі частот від 20 Гц до 20 кГц[1]. При оцінці ж потужності багатоканальних підсилювачів часто подають сигнал тільки на один або два канали одночасно, іноді – в звуженому діапазоні, а то і на одній частоті, скажімо, 1 кГц.

Через такі нюанси підсилювачі на папері виходять потужнішими, хоч це й не так. Багато виробників вважають необхідним документувати максимально можливу вихідну потужність «на папері», щоб апаратура була комерційно конкурентоздатною. Для живлення каналів підсилювача при розрахунковій вихідній потужності одночасно для їх заявленої якісно роботи вимагається величезна кількість енергії про котру також варто пам'ятати при розробці.

Більшість користувачів здійснюватимуть прослуховування на відносно помірній «комфортній гучності» через гучномовці середньої чутливості (90-100 дБ) в кімнатах об'ємом 85-127 м³ чи навіть до 15000м² за правильного акустичного розташування обладнання та сприятливих кліматичних та просторових умов(70-100Дб). Виходячи з таких задач вимагається щонайменше 600 Вт на канал для діапазону частот 0.1- 20кГц і близько 1000Вт/канал – для діапазону низьких частот. Кращим варіантом буде – аналіз методів та реалізацій випромінювачів з високими характеристиками ефективності які здатні

забезпечити умови по кількості спотворень, адже це погіршить якість відтвореного сигналу.

Якщо ж підсилювач не забезпечуватиме вихідну потужність при заданих спотвореннях, це призведе до спотворення гучних фрагментів чи піків сигналу фонограми: вибухи, ударні та інші звукові ефекти, також вкрай небажано, коли при відтворенні найбільш інтенсивних фрагментів сигналу стають помітні нелінійні спотворення через перевантаження підсилювача, для чого необхідно вжити додаткових заходів до розроблюваного пристрою, котрі б запобігали спотворенням до дозволяючи ввести підсилювач в режим «м'якого обмеження».

Також, необхідно приділити увагу виборі випромінювачів, котрі були б здатні якісно відтворювати сигнал при максимальній вихідній потужності з підсилювача, адже у випадку, коли випромінювач починає спотворювати сигнал раніше, виходу підсилювача на максимум своєї граничної потужності, це означає, що частина вихідної потужності підсилювача не може бути використана й не перетворюється в корисну випромінювану енергію, а виділяється у формі тепла[2].

Мета і задачі дослідження

Метою роботи є аналіз існуючих методів обробки, підсилення та подальшого випромінювання сигналів звукового діапазону з великим динамічним діапазоном, широким спектром частот та великим рівнем звукового тиску, вибір оптимального способу та реалізація можливих шляхів покращення передатних характеристик.

Об'єктом дослідження є процеси підсилення та подальшого перетворення електричних сигналів в акустичну енергію.

Предметом дослідження є цифрові методи обробки сигналів з подальшим підсиленням, перетворення за допомоги акустичних оформлень.

Для досягнення поставленої мети у магістерській кваліфікаційній роботі розв'язуються такі задачі:

- аналіз методів обробки сигналів;

- аналіз існуючих типів акустичного оформлення відповідно до поставлених задач;
- розробка електроакустичного пристрою дальньої дії;
- можливість масштабування системи;
- здійснення, шляхом проведення експерименту, перевірки пристрою та підбиття підсумків по роботі.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна роботи полягає в розробці нового підходу до проектування радіотехнічних пристроїв з поєднанням різноманітних акустичних оформлень(АО), котрі за подібних масо- габаритних параметрів мають на порядок вищі якісні характеристики ніж аналоги на однотипних АО.

Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає в тому, що:

1. Розроблено новий тип електроакустичних пристроїв дальньої дії, котрий дозволяє отримувати на низьку граничну частоту відтворення за збереження чутливості системи при поєднанні зменшеним груповим часом затримки (ГЧЗ);
2. Реалізована обробка сигналу, котра дозволяє адаптувати пристрій під різні геометрично приміщення чи площі та здійснювати оперативне коригування параметрів обробки для забезпечення поставлених задач до підсиленого сигналу та цілі використання системи.

Особистий внесок здобувача

Основні положення і результати магістерської роботи отримані автором самостійно.

Структура і обсяг роботи

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ ДАЛЬНОЇ ДІЇ

1.2 Аналіз існуючих рішень звукових підсилювачів

В основі побудови сучасних підсилювачів існують такі тенденції:

- зменшення ваги;
- підвищення середнього ККД;
- зменшення значень нелінійних спотворень;
- зменшення собівартості за збереження надійності;

Розглянемо як приклад одну з мікросхем, яку можна вважати найбільш розповсюдженою на сучасному ринку – TDA7492, типова схема ввімкнення якої зображено на рис 1.1, та наведено в додатку Б.

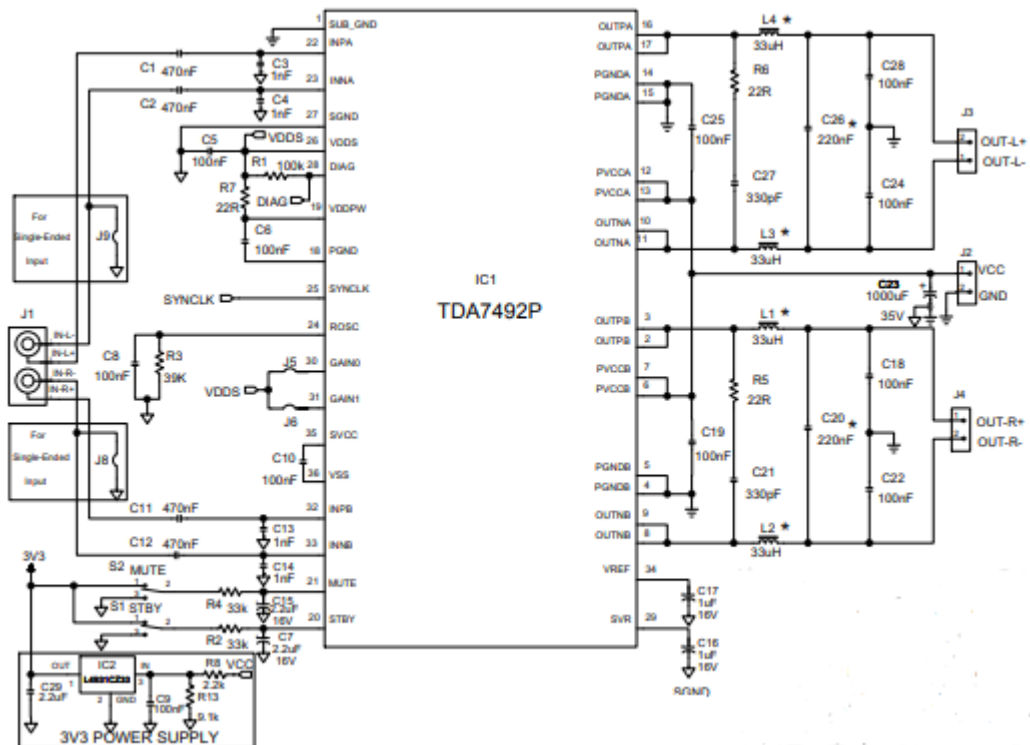


Рисунок 1.1 – Рекомендована виробником схема ввімкнення

Відразу помітно простоту реалізації та дешевизну реалізації, за вартості однієї мікросхеми на рівні 3\$ – сумарна вартість за 1Вт зберігається в середньому на рівні 0,03\$/Вт. Схема є досить популярною головною перевагою є низька температура робоча температура та мала кількість фальсифікатів мікросхем на ринку[3]. TDA7492 – яскравий представник реалізації підсилювачів класу D, який має реальну ефективність до 98%, що правда реальні якісні характеристики будуть відрізнятися від отриманих лабораторно з найкращого зразку мікросхеми та її спотворення її потужність навряд відповідатимуть вказаним, інша справа, коли підсилювач[4], схему якого наведено в додатку В, працює в класі TD (рис. 1.2).

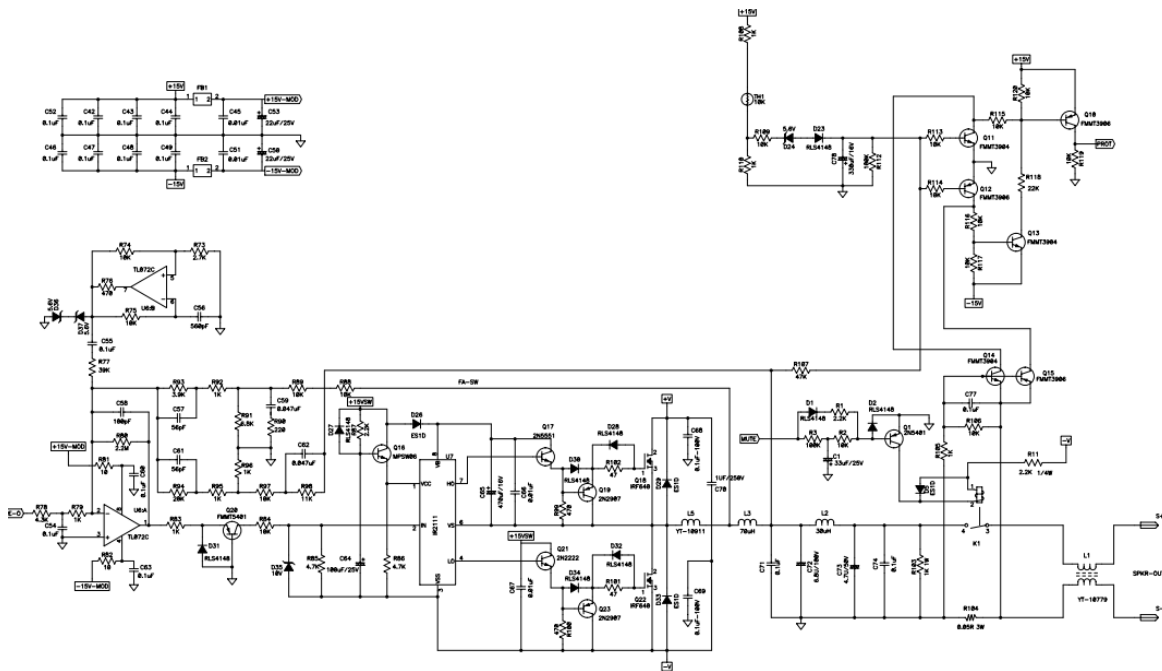


Рисунок 1.2 – Схема підсилювача TD класу

Підсилювачі цього класу характеризуються більш якісним звучання за збереження ККД D класу, їхня різниця в способі підсилення сигналу, за малих потужностей підсилювач працює в B класі, а при її збільшенні – переходить в клас D.

Отримуючи відносно високі показники економності – програємо в якості відтворення, фраза котра не присутня підсилювачу класу TD, адже в підсиленому сигналі якщо і матиме місце спотворення типу «сходінка», що не може бути запорукою високоякісного звучання в широку полосу, то в даному випадку вона буде маскуватись корисним сигналом на малій потужності, а на збільшенні в наслідок переходу між класами, нею можна буде знехтувати.

Варто відмітити, що існують й більш збалансовані технічні рішення, котрі може запропонувати рекордсмен з енергоефективності – підсилювач в G класі (рис. 1.3), схему якого наведено в додатку Д.

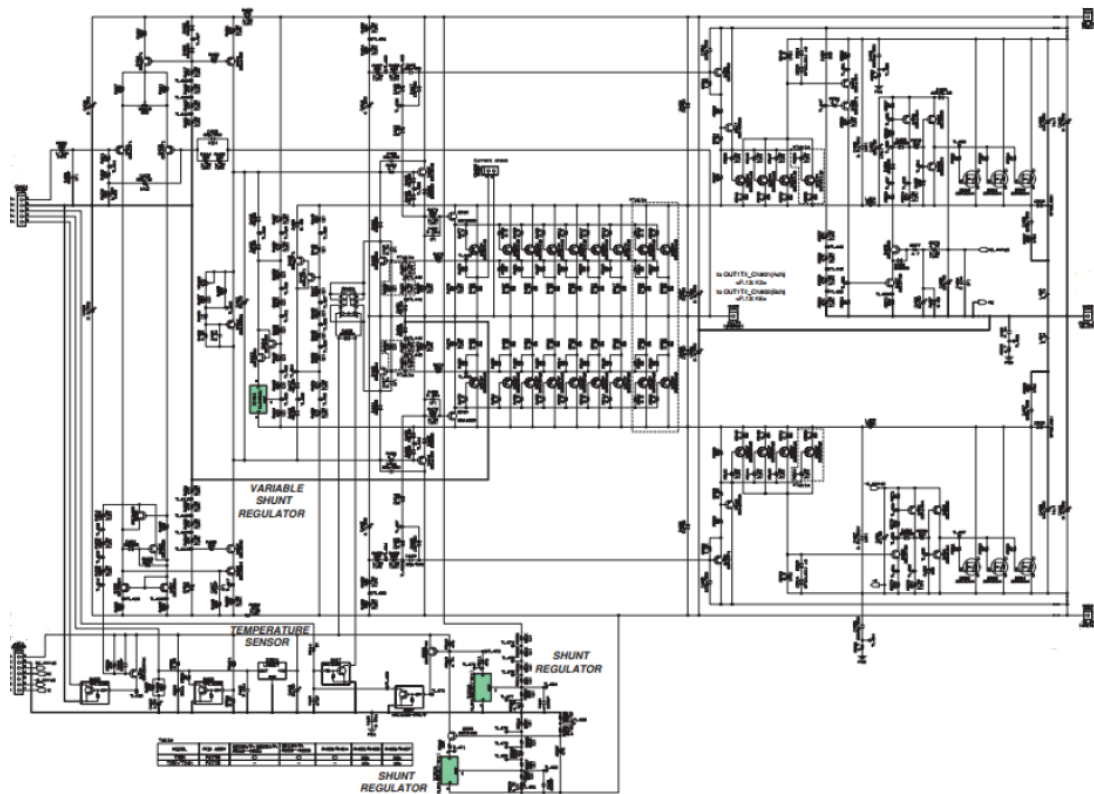


Рисунок 1.3 – Схема електрична принципова підсилювача G класу

До переваг підсилювачів відносяться – висока якість відтворення, мала розсіювана потужність на ключах навіть за умови повної вихідної потужності, високий ККД [5].

Дана схема наведена від комерційного рішення виробника Yamaha, конкретний підсилювач було створено близько 15 років тому, але через комерційний успіх розробки – його актуальність зберігається й в наш час. Суть схеми у тому, що власне відповідно вхідному сигналу змінюється й напруга живлення підсилювача, наприклад при позитивному вхідному сигналі, збільшується напруга позитивного плеча живлення, а від’ємного зменшується, при чому обов’язково до рівня відмінного до нуля. В даному випадку при подачі від’ємного напівперіоду вхідного сигналу – напруга живлення позитивного плеча зменшиться до 9В, а від’ємного плеча збільшиться до рівня 180 вольт. Така реалізація дозволила суттєво збільшити вихідну потужність, зменшити нагрів, проте схемотехніка стала значно складнішою.

Отже серед основних класів доцільно використати підсилювачі класу D на перевагу G класу чи H в якості підсилювача стерео каналів.

Зупинимо наш вибір на рішеннях від Infineon, схема зображена на рисунку 1.4, показує нам рекомендоване ввімкнення мікросхеми PWM осцилятора з аналоговим входом, що полегшує при розрахунках передбачуваність роботи зворотніх зв’язків порівняно з схемами з зовнішніми компараторами та формувачами сигналу.

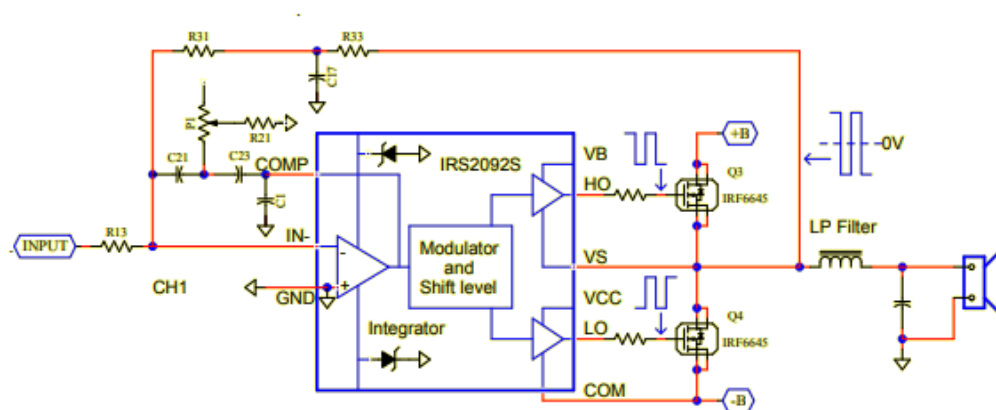


Рисунок 1.4 – Побудова підсилювача згідно топології виробника

Як бачимо з рисунку 1.4, дана реалізація матиме недолік, у вигляді зворотнього зв'язку, що не охоплює ланку низькочастотного фільтру. Це призведе до певного збільшення рівня нелінійних спотворень, адже ланка фільтру матиме нелінійні характеристики в виду своєї реалізації, тому при подальшій роботі з даними топологіями, це варто брати до уваги.

Проаналізуємо технічну базу детальніше, щоб впевнитись в правильності напрямку руху в розробці, адже польові транзистори IRF6645 не відповідатимуть до поставлених в ТЗ вимог, про що стає зрозуміло з дата шиту на компонент, а саме максимальний струм при температурі кристалу 120 градусів, опір переходу при цій температурі, енергія для відкривання затвору та максимальна напруга переходу.

Розглянемо силові елементи, які використовують виробники- конкуренти, а саме транзистори серії IRFP*50-*60.

Дані транзистори є досить дешевими за оптової закупки, відповідають вимогам по запасу максимальної напруги та струму, але їх головним недоліком є те, що вони досить «важкі», тобто це негативним чином впливає на значення допустимої тактової частоти, яка власне пов'язана з максимальною частотою відтворення звукових складових сигналів для заданого рівня нелінійних спотворень, тому варто буде додатково провести аналіз ринкових пропозицій та переконатись у наявності рентабельних пропозицій.

Згідно маркетингової інформації перспективними є ключі серії IRFB[6], а саме IRFB4227, дані польові транзистори характеризуються малим опором каналу у відкритому стані, а саме 19мОм та максимальна робоча напруга 200В, чого в цілому вже має бути досить для забезпечення характеристик заданих в ТЗ.

В якості основоположної схеми оберемо варіант ввімкнення мікросхеми серії IRS2092 з потужним повторювачем та вихідним каскадом побудованим на даних транзисторах. Отримана структурна схема відповідає рекомендованій виробником [7], зображена на рисунку 1.5, та занесена в додаток Е, на мою думку є цілком перспективною, адже вона є ремонтоздатною через мінімум компонентів також, що не менш важливо – легка в діагностиці, зворотній зв'язок в даному

випадку охоплює вихідний високочастотний фільтр, що дозволяє отримати більш прогнозовані нелінійні спотворення при заданій потужності, при чому в більшості випадків таке рішення позитивно впливає на надійність.

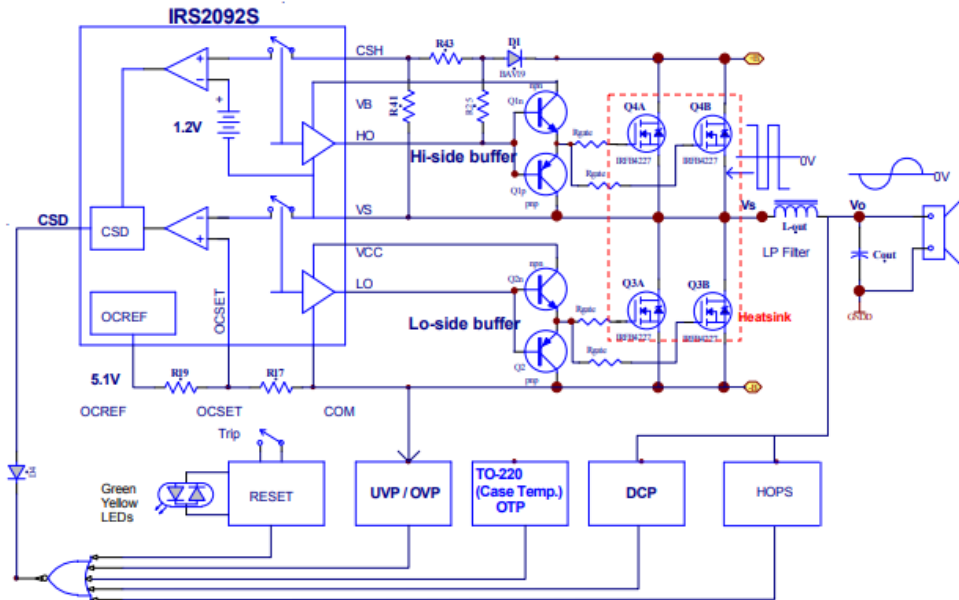


Рисунок 1.5 – Структурна схема підсилювача потужності

Висновки: згідно проаналізованих існуючих технічних рішень, стає помітним факт того, що дещо застаріла технічна база, яка використовується виробниками зумовлена тим, що налагодження схемотехніки та серійності пристроїв потребує значних затрат часу, при чому як на теоретичну підготовку моделі пристрою так і на практичну його реалізацію.

1.2 Аналіз існуючих типів акустичних оформлень

В наш час існує велике різноманіття акустичних систем, що використовують різні типи АО[8], першими з'явилися оформлення під назвою закритий ящик (ЗЯ), цей тип оформлення є малогабаритним, забезпечує задовільні передаточні характеристики та зразкову імпульсну характеристику, його легко розрахувати, простий в виготовленні, але на цьому його переваги завершуються.

До недоліків відносять: малі значення ККД, погану циркуляцію повітря всередині, що дуже бажано, адже повітря всередині буде неодмінно нагріватись і в наслідок коливань створюваних дифузorzом динаміка так і теплом від котушки. Схематично зображується у вигляді закритого об'єму (закритого ящика) на рисунку 1.6, для розрахунку якого потрібні лише характеристики Тіля-Смолла (ТС) до конкретного випромінювача, кілька формул та бажання зробити дане акустичне оформлення.

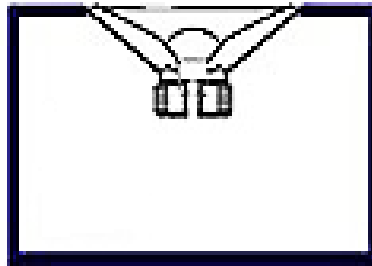


Рисунок 1.6 – Оформлення типу ЗЯ в розрізі

Акустичні системи такої конфігурації використовувались у випадках, коли споживачу не потрібно отримувати значний звуковий тиск на виході, а вхідна потужність системи знаходиться в межах десятків Ват, або ж у випадках, коли для розміщення звукової системи є мало місця.

Але, зображений тип акустичного оформлення має головний недолік у вигляді ефективності, яка знаходиться на досить низькому рівні, власне таким чином, на шляху до більшого ККД – з'явився новий (ФІ) тип АО, що зображено на рисунку 1.7.

Його перевагою можна назвати значно вище значення ККД з збереженням масо-габаритних параметрів, проте й в даному випадку існує ряд конструктивних обмежень пов'язаних з ламінарністю потоку та його швидкістю в порті, при чому обмеження залишаються не зважаючи на геометричну форму порту: щілинного чи трубчастого типу.

Повністю недоліки оформлення усунути вдається рідко, наприклад – груповий час затримки (ГЧЗ) чи зсув вихідного сигналу по фазі, що правда нещодавно було створено низькочастотну акустичну систему, де недоліки таких систем змогли перетворити в перевагу.



Рисунок 1.7 – Схематичне зображення фазоінверторного оформлення

Такий тип оформлення знайшов широке застосування в сучасності, адже він простий у створенні, легкий в масштабуванні, не вибагливий до акустичного випромінювача, зустрічається цей тип АО у сучасних системах озвучки стадіонів, концертів та звичайних побутових пристроях, навіть в мобільному телефоні.

Одним з відносно важких в розрахунках АО є гібрид ЗЯ та ФІ – Банд-Пас (рис.1.8), він є поєднанням видів акустичного оформлення, що дало можливість отримати підвищення ККД, конструктивно є фільтром низьких частот, захищає від зовнішнього механічного впливу. Недоліками в такому оформленні є складність розрахунку, більші габарити, відносно вузький робочий діапазон, складність доступу до випромінювача.

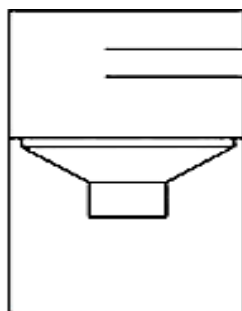


Рисунок 1.8 – Схематичне зображення банд пасу 4 порядку

Дані акустичні системи можна також досить часто зустріти в повномасштабних системах оповіщення та озвучки, вони гарно справляються з короткими ударними звуками та мають дещо збільшену дальність дії порівняно з своїм попередником.

Зупинимо наш вибір на наступному оформленні під назвою «тільки навантажений рупор» (RFH). З головних переваг якого – рекордно великі показники корисної дії на 50-70% більше ніж в ФІ чи БП, трішки більша ламінарність потоку за правильно підібраних характеристик порту, малі значення групового часу затримки(ГЧЗ) та висока жорсткість корпусу за дещо складної конструкції (рис.1.9), недоліком можна вважати подекуди великі габарити конструкції.

Існує багато різновидів даного оформлення по типу геометрії каналу, чи способу навантаження випромінювача, способу побудови акустичного каналу і тд.

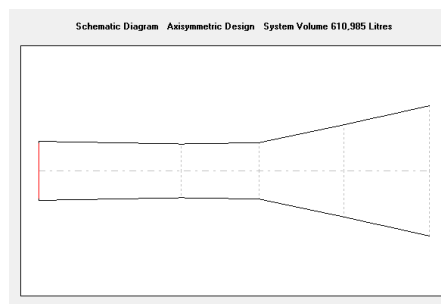


Рисунок 1.9 – Схематичне зображення геометрії каналу

Подібні системи є рекордсменами з ефективності перетворення звукової енергії в акустичну, хоч в наш час такі системи зустрічаються досить рідко, варто відмітити, що світові бренди в галузі звукотехніки досі не припиняють роботи з покращення та новаторства в напрямі рупоропроекування.

Такі системи окрім воєнного призначення часто використовують в кіно театральній чи концертній галузі, проте мало хто може дозволити собі

використання повноформатних рупорних акустичних систем, адже навіть в наш час питання їх транспортування залишається відкритим.

Отже робимо висновки, що для отримання максимально якісних результатів необхідно обрати АО типу RFH для відтворення низькочастотних складових сигналу та ФІ в поєднанні з рупором для СЧ/ВЧ діапазону.

Для низькочастотного спектру властива велика довжина хвилі, що створює фізичною природою певні складнощі для її кінцевого формування в виду геометрично не співрозмірних розмірів АО та довжини хвилі. Рупорне оформлення в даному випадку хороше тим, що здійснює формування фронту хвилі таким чином, що дозволяє частково нівелювати ці фізичні особливості, для прикладу на рисунку 1.10 зображено паразитне випромінювання звукового сигналу в протилежному напрямі від заданого для опромінення для ФІ та рупорної акустичних систем.

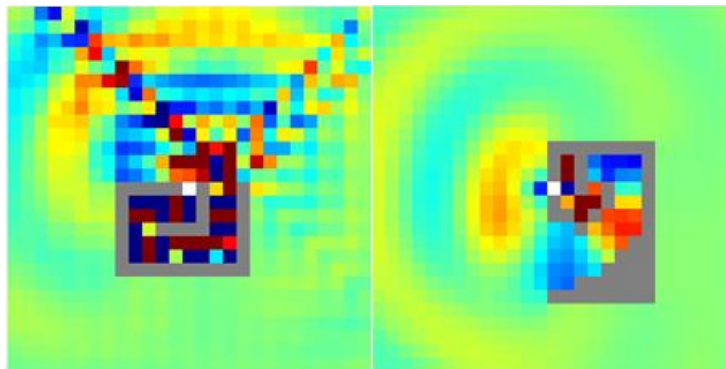


Рисунок 1.10 – Результат моделювання рівнів паразитного випромінювання обраних типів АО

1.3 Висновки по проведеному огляді конструкторських рішень електроакустичних пристроїв дальньої дії

Проаналізувавши вихідні дані змодельовані по основоположним конструкторським варіантам виконання акустичних оформлень різних типів, робимо висновок, що у випадку використання ФІ систем в комплексі

електроакустичних пристроїв, де важливою є діаграма спрямованості – є вартими для використання складовими системи в досить обмежених діапазонах частот відносно нижньої границі відтворення з урахуванням рівня випромінення та його діапазону частот.

2 ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ, РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ РЕЖИМІВ

2.1 Опис принципу роботи та розробка структурної схеми

Пристрій використовується як повноцінний комплекс з підсилення та відтворення сигналів звукової частоти, виконаний на засадах ефективності та надійності. Пристрій складається з таких структурних блоків (рис 2.1)

- блок прийому та декодування закодованого звукового сигналу;
- блок цифрової обробки звукового сигналу;
- блок керування;
- підсилювачі;
- блок акустичних випромінювачів;

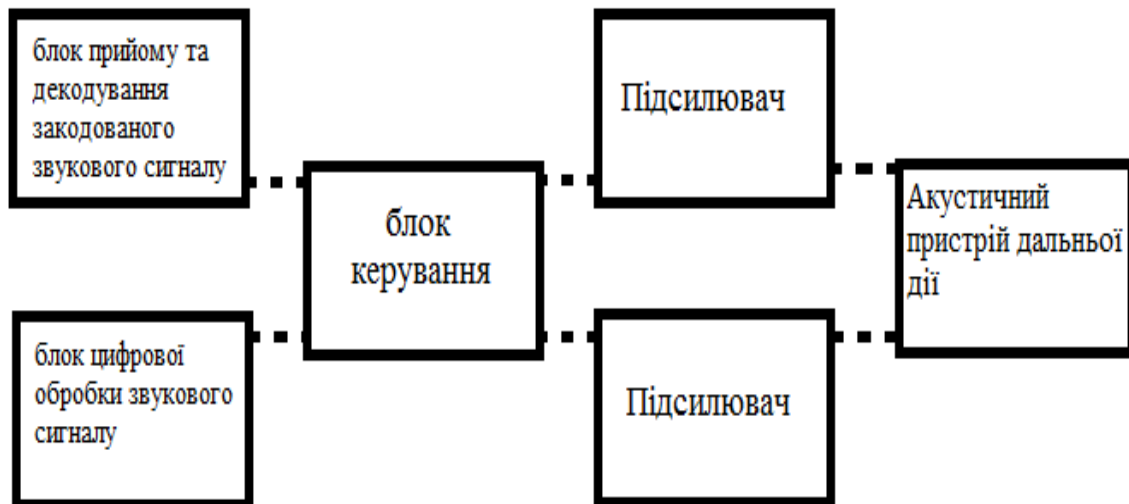


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою

Принцип роботи комплексу полягає в тому, що при ввімкненні запускається блок живлення, після чого відбувається почерговий запуск інших блоків, завершуються перехідні процеси та ініціалізація пристрою, після чого пристрій готовий до роботи.

Можлива й реалізація спрощена, де пристрій без можливості обробки сигналу та безпроводового підключення (Рис.2.2)

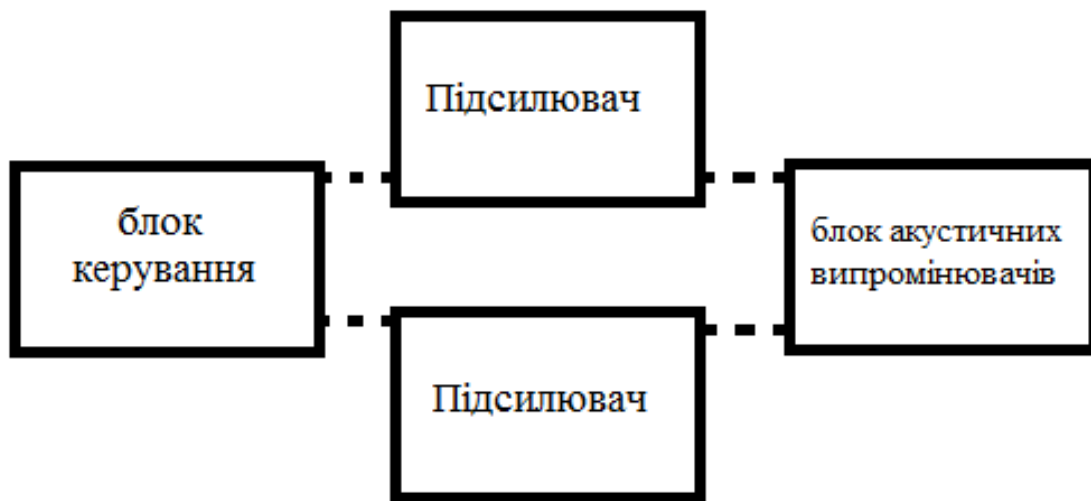


Рисунок 2.2 – Структурна схема пристрою спрощеної реалізації

До недоліків варто віднести понижену електромагнітну сумісність з зовнішніми приймачами радіосигналів, часткову чи повну не сумісність їх парної роботи. Виходячи з даних можливих проблем обрано за основу для розробки першу реалізацію (рис.2.1), розширену структурну схему зображено в додатку Ж та на рисунку 2.3.

Для керування сигналом по бездротовому з'єднанні використовується програмна реалізація еквайзера та блоку ефектів, котра знаходиться у вільному доступі.



Рисунок 2.3 – Розширена структурна схема підсилювача

Розглянемо зображену схему детальніше, алгоритм її роботи полягає у тому, що під час вмикання в мережу, під'єднаним є лише вхідний мережевий фільтр, який являє собою частину блоку живлення. Після вмикання підсилювача, має відбутись запуск блоку живлення, блоку керування і лише після цього кінцевих підсилювачів потужності.

2.2 Вибір схеми та обґрунтування елементів обробки сигналу

Обробка сигналів здійснюється на базі версії другого покоління спеціалізованого модулю на базі чіпів OVC3860 та ADAU1702, модуль має наступні характеристики:

- частота 2.402 ~ 2.480 ГГц;
- потужність передатчика 6 дБм;

- чутливість приймача -80 дБм;
- Bluetooth version 4.2;
- радіус дії приблизно 6 м;
- швидкість передачі даних до 3 Мбіт;
- можливість додаткового під'єднання зовнішньої антени;
- віддалене керування аудіо потоком та рівнем гучності;
- стерео вихід;
- HS-USB
- напруга живлення 3,6 – 5.9 Вольт;
- струм споживання до 55 мА в режимі відтворення;
- струм споживання в режимі спокою 10 мА (на практиці в межах 2 мА);
- час переходу в режим енергозбереження 5 хвилин (за умови відсутності вхідного аудіо- потоку);
- вбудований 24 бітний стерео ЦАП з режимом подвійної точності.

Також модуль оснащений зовнішнім USB-I інтерфейсом, що надає можливість змінювати параметри обробки сигналу «на льоту», роз'єм конструктивно розташований на передній панелі пристрою. Сигнал з інтерфейсу потрапляє до спеціалізованого контролера фірми Cypress[9], після обробки яким відправляється на шину керування сигнальним процесором ADAU та чіп OVC, тобто окрім можливості оперативного регулювання тембрів, є можливість додавати та змінювати блоки обробки на шляху сигналу, що є корисною перевагою рішення, надаючи додаткові можливості в попередній обробці звукового потоку, при чому в реальному часі.

Також варто зауважити що модуль обробки сигналів було оснащено мікроконтролером серії STM, на базі якого було реалізовано можливість створення так званих комірок пам'яті в EEPROM в результаті чого в пристрої є можливість запису 54 різноманітних пресетів, між якими можна здійснювати оперативне комутування з допомоги перемикачів.

Виробником також була передбачена реалізації можливості захисту пресетів від копіювання, іншими словами – записаний пресет скопіювати з пристрою неможливо. Також є можливість створювати власні блоки обробки та захищати їх паролем від несанкціонованого доступу та запобігання пошкодження елементів системи.

Також блок обробки містить попередній підсилювач, для забезпечення необхідного рівня вихідного сигналу для підсилювача потужності, завдяки використаному схемотехнічному рішенні (Рис.2.4) було введено можливість введення аналогового компресора/лімітера, що також позитивно вплинуло на якісні характеристики.

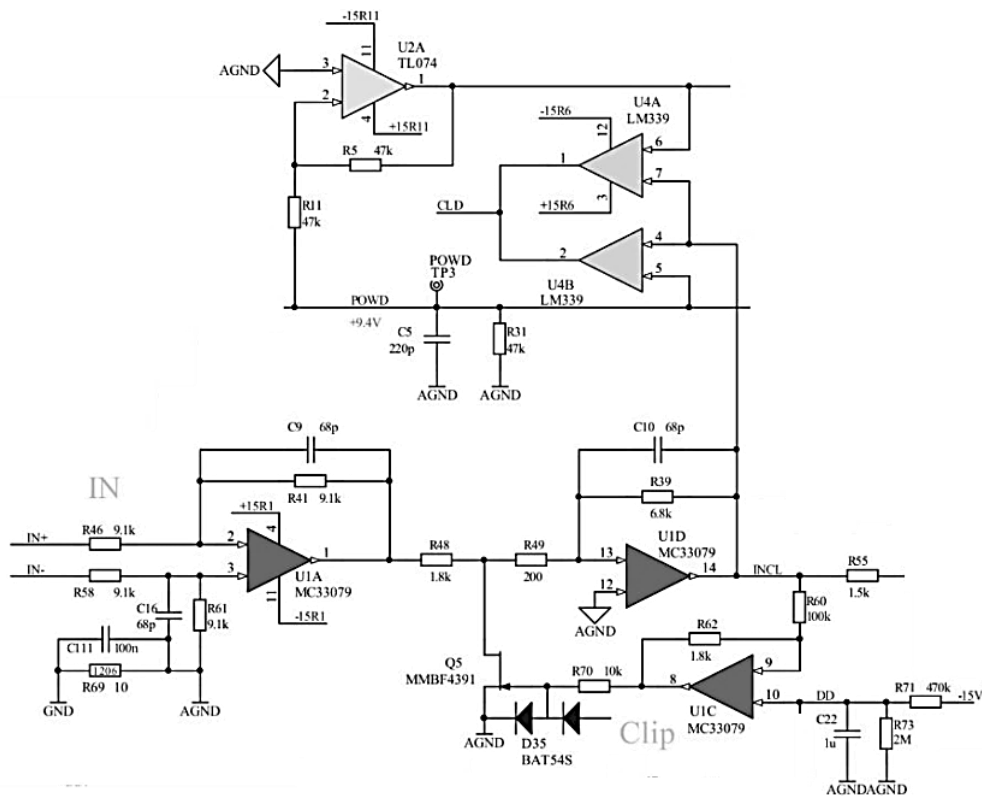


Рисунок 2.4 – Схема вводу компресора/лімітера

Розглянемо схему детальніше, суть її роботи полягає у тому, що при проходженні сигналу через блок обробки звукового сигналу в цілому, рівень сигналу може бути підсиленим занадто сильно, тому для запобігання виникнення

нелінійних спотворень на виході блоку введено два канали операційного підсилювача $U4:A$, $U4:B$, на їх вхід подається вихідний сигнал з кінцевого каскаду попереднього підсилювача й порівнюється за значенням відносно двополярних шин живлення $+/- 15V$.

Коли сигнал за рівнем напруги наближається до рівня напруги в шинах живлення очевидним є факт того, що почнеться спотворення вихідного сигналу, сигнал з операційних підсилювачів потрапляє на затвор польового транзистора – який виступає в ролі активного елементу, котрий власне й здійснює обмеження сигналу привідкриваючись, що запобігає утворенню спотворень на цьому етапі підсилення сигналу, також паралельно виконуючи роль ступеню захисту від «не музичних сигналів».

2.3 Вибір та обґрунтування схеми ввімкнення кінцевих підсилювачів

Виходячи з недоліків та переваг описаних в розділі 1.1, обираємо підсилювач класу Д для стерео каналів(рис.2.5). У зв'язку з роботою у досить широкому спектрі частот вимоги до швидкодії операційного підсилювача (ОП), зворотнього зв'язку та силових ключів – суттєві, адже навіть за умови коли несуча частота самоосциляції буде близько 100-200кГц – високочастотний гучномовець буде здатний відтворити спотворення котрі будуть вноситись після дроселю при умові збереження ККД підсилювача та його масо-габаритних показників[10]. Тому варто використовувати швидші силові транзистори ніж в конкурентних приладах, в даному випадку найдоцільніше використання МОП транзисторів IRFB4227, адже за рахунок малого заряду затвора необхідного для комутації, частоту осциляції можна збільшити до 400-500кГц, що дозволить мінімізувати статичні втрати на транзисторах та дроселі, та ще більше зменшити масо-габаритні характеристики кінцевого пристрою, більше того покращить якість відтворення високих частот.

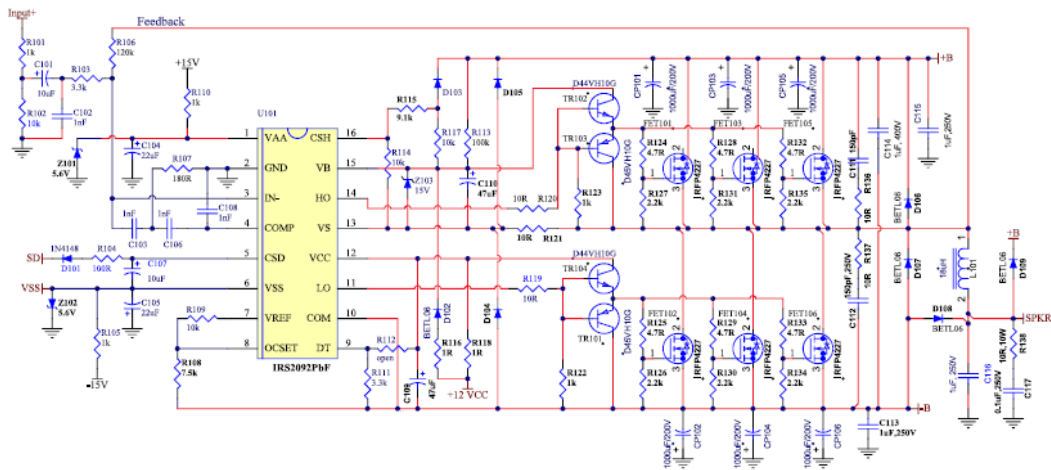


Рисунок 2.5 – Схема електрична принципова підсилювача в Д класі

Перевагою такого підсилювача є можливість роботи в низькоомне навантаження, підвищена надійність за рахунок рівномірного розподілу тепла на силових транзисторах, відносна дешевизна компонентів, вбудований в мікросхему-драйвер захист, який дозволяє здійснювати струмовий захист «потактово», що також позитивно впливає на надійність пристрою в цілому.

Але розглянемо детальніше, як саме було розраховано номінали в схемі. В першу чергу розрахуємо коефіцієнт підсилення, який визначається як

$$\text{Коефіцієнт підсилення} = \frac{R106}{R103} = \frac{120}{3,3} = 36,3 \text{ рази.} \quad (2.1)$$

Наступним кроком розрахуємо поріг спрацювання за струмом, він визначається за допомогою наступної формули

$$VO_{cset} = V_{ds} = I_{trip} * R_{ds} = 55(A) * 0,04(Ом) = 2,2В.$$

Отже наступним кроком є розрахунок простого подільника, з документації відомо, що на виводі "VOcset" фіксоване значення напруги, яке складає 5,1В – з

врахуванням рекомендації, щодо мінімального струму в ланці понад 0,5мА отримуємо подільник з наступними номіналами $R5 = 2k2$ та $R4 = 2k9$.

Перейдемо до розрахунку струму спрацювання захисту верхнього ключа згідно наступної формули

$$R3 = 10k0hm * \frac{1,2}{2,2+0,6} = 4k3.$$

Згідно отриманих даних резистор $R2$ матиме опір рівний 5,6кОм.

Як видно з розрахунків більшість компонентів не потребує розрахунку, за рахунок досить широких можливостей мікросхеми та її не вибагливості, підбор затворних резисторів та резисторів часо-встановлюючої ланки варто проводити в процесі наладки, адже варто підібрати таке співвідношення при якому транзистори встигнуть закритись й при цьому рівень динамічних втрат не перевищить розумні межі, а імпульсна комутаційна потужність в затворах не вимірюватиметься в сотнях та тисячах ват, не дивлячись на наносекундні тривалості.

Підсумуємо в підсилювачі було встановлено струм спрацювання на рівні 55А, що є безпечним рівнем роботи ключів, адже варто враховувати той факт, що при нагріванні кристалу транзистора – опір його каналу збільшується в певну кількість разів, тому це обов'язково варто враховувати, щоб активний елемент залишався працездатним, живлення верхнього плеча організовано з допомоги так званого «бутстрепного конденсатора» – стабілітрон обрано 15В з кількох причин, перша з них – розкид характеристик останніх по напрузі стабілізації, наступна – те, що при виході на необхідну потужність спад напруги на нижньому плечі силових транзисторів буде на рівні 2,2В, що свідчить про можливий підйом напруги драйвера верхнього плеча вище основної напруги живлення 12В до 13,8-14,4В.

Проведемо попередню перевірку відповідності потужності проектного підсилювача до вимог в ТЗ.

Нехай напруга живлення знаходиться на рівні 90В в плече, врахуємо теоретичний ККД, спад на ключах, дроселі та провідниках до навантаження й отримуємо орієнтовну вихідну потужність на рівні близько 1056,25Вт/4Ом.

З урахуванням того, що дана потужність справедлива для навантаження у вигляді резистора варто врахувати, що реальна акустична система являє собою електродвигун, адже кожену половину напівперіоду дифузор повертається в початкову точку під власною дією механічної пружності зумовленої конструктивними особливостями випромінювачів. Отже кожену чверть сигналу буде здійснюватись рекуперация енергії з звукової котушки, що створить додаткове зменшення просаду в шинах живлення, в результаті вихідна потужність буде ще більшою, тому вважаємо обрану схему такою, що задовольняє ТЗ.

Варто відмітити, в разі потреби такий підсилювач легко синхронізується з іншими для забезпечення найкращого режиму роботи електромагнітної сумісності за підключення в мостовому ввімкненні чи синхронної роботи з блоком живлення для зменшення кількості завад, що можуть виникати внаслідок стабілізації напруги блоку живлення засобами ШІМ, спрощену схему якого зображено на рисунку 2.6 та рисунку 2.7.

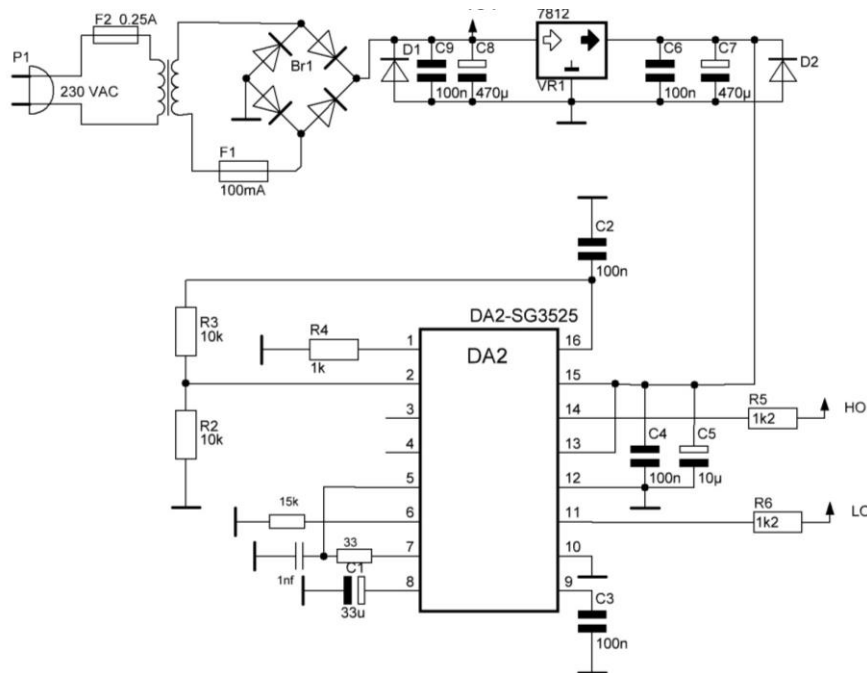


Рисунок 2.6 – Типова схема імпульсного блоку живлення

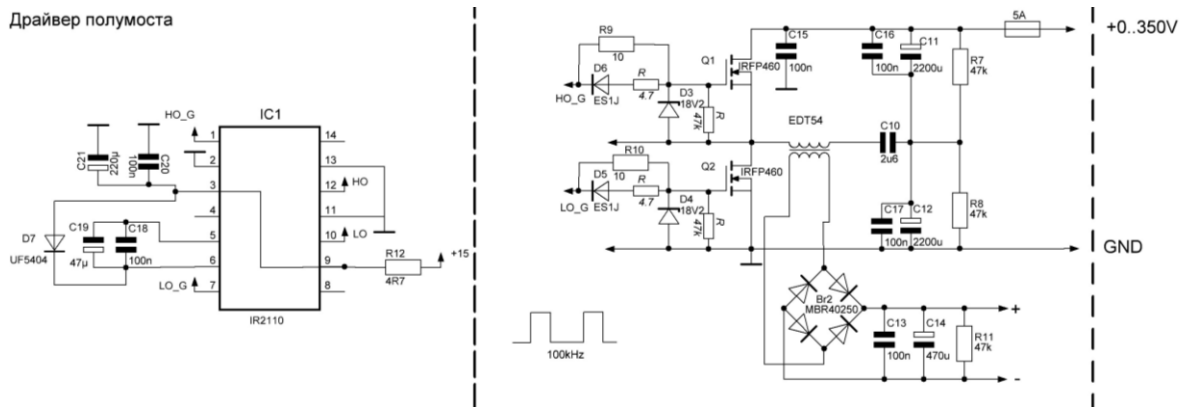


Рисунок 2.7 – Продовження типової схеми імпульсного блоку живлення

Розширену електричну принципову схему «Електроакустичного пристрою дальньої дії» зображено в додатку К.

Розглянемо що вона собою являє, при ввімкненні за умови справності всіх вузлів, починається процес допоміжних ланок блоку живлення, їх споживана потужність може досягати 15 – 30Вт, після чого розпочинається самодіагностика тривалістю близько 3-5 секунд. Спочатку перевіряється рівень напруги мережі, якщо він лежить в межах 170 – 250В, то мікроконтролер дає дозвіл на перехід до наступного етапу запуску блоку живлення. Контроллер подає сигнал на підключення силових конденсаторів до плати плавного запуску, котрий вимикається по досягненні певної напруги на конденсаторах (близько 1-1, 3с) плавний запуск вимикає реле, що також керується портом мікроконтроллера АТМЕГА 8.

Після того як первинні ланки готові до запуску, відбувається подача сигналу ввімкнення на PWM блоку живлення, в результаті чого напруга на виводі м'якого старту збільшується й на виході генератора плавно збільшується коефіцієнт заповнення від 1% до 45% , для забезпечення надійності та додаткового захисту генератора, останній має повну гальванічну розв'язку з «гарячою частиною» блоку живлення з допомоги оптичної розв'язки, по мірі збільшення керуючих імпульсів на затворах силових ключів починає

збільшуватись струм через них, який вимірює спеціалізована мікросхема серії IRL, сигнал з яких через гальванічну розв'язку надходить до контролера PWM, окрім цього додатковим елементом захисту є трансформатор струму, котрий дозволяє додатково контролювати струм та слугує мірою додаткового дублюючого захисту, що позитивно відображається на комплексному показнику надійності пристрою. По мірі росту вихідної напруги починає працювати ланка зворотнього зв'язку за наругою(Over Voltage Protect) – вона дозволяє «тримати» рівень вихідної напруги на заданому рівні, тобто в результаті блок живлення має 2 основних режими роботи: обмеження по напрузі чи по струму.

Зрозуміло, що метод стабілізації вихідної напруги з допомоги ШІМ досить простий в реалізації, але наслідком такого методу є підвищена складність забезпечення режиму електро-магнітної сумісності та фільтрації завад від блоку живлення в пристрій та мережу.

Наступним етапом після запуску блоку живлення є запуск сигнального процесору та модулю зв'язку паралельно з запуском підсилювачів потужності. Для забезпечення ввімкнення та вимкнення без посторонніх шумів чи перехідних процесів – в схемах підсилювачів введено гістерезис на ввімкнення та вимкнення. Таке рішення дозволяє електронно блокувати запуск підсилювача до моменту, поки перехідні процеси на виході DSP не завершаться, що справедливо й для вимкнення. Після запуску всіх ланок на передній панелі індикація стану змінює колір з червоного на блакитний.

В ході роботи пристрою він може нагріватись, для запобігання виникнення аварійних ситуацій в результаті чого введено термозахисти в блоки підсилювача, силових трансформаторів та блоку живлення. Таке технічне рішення позитивно впливає на надійність пристрою та забезпечує тривалу й надійну циклічну роботу пристрою навіть в статичному режимі.

Чітке виконання цієї послідовності надасть змогу вмикати фільтруючі ємності зі сторони мережі лише за умови відповідності рівню вхідних напруг, що попереджує їх вихід з ладу у випадку невідповідності мережевої напруги безпечній для пристрою, адже вартість фільтруючих ємностей 2200мкФ 400В

дуже складно назвати низькою, тому цьому варто приділяти увагу, адже окрім збереження від виходу з ладу дорого вартісних компонентів, також зберігається працездатність підсилювача в цілому, на випадок, якщо реле таки залипне чи не встигне відключити підсилювач від мережі при аварійних ситуаціях було додано пару варисторів, яких досить щоб поглинути надлишкову енергію та привести в неприродність запобіжний керамічний елемент.

Власне для живлення основних допоміжних систем використано мініатюрний модуль живлення з потужністю 20Вт, який є невід'ємною частиною основного блоку живлення та запускає процес самодіагностики, за який відповідає мікросхема Atmega 8, власне кажучи, вмикаючи підсилювач – відбувається ввімкнення модулю живлення основного ІБП, а далі вже мікроконтролер ініціює запуск підсилювача.

Варто відмітити, що після виміру мережевої напруги, відбувається наступний, не менш важливий етап – плавний заряд мережевих ємностей до рівня напруги мережі, для чого використовується два комутованих резистори з потужністю 10Вт та опором 6,8Ом в паралель для забезпечення плавного наростання пускових струмів та терморезисторів з опором 6,8Ом, загальний опір становить близько 13,6Ом, що обмежує зарядний струм в перший момент часу на рівні 23А, що є достатнім для даних конденсаторів, через 1сек відбувається спрацювання реле, та відключення резисторів на шляху струму, терморезистори нагріваються, їх опір падає – конденсатори повністю зарядились, після зарядки конденсаторів по шині +310В, власне й відбувається плавний запуск блоку.

В ході зростання вихідної напруги починається діагностика кінцевих підсилювачів потужності, у випадку відсутності логічного рівня помилки на виході з мікросхем підсилювача – коефіцієнт заповнення продовжує збільшуватись, що призводить до виходу блока живлення на розрахунковий режим роботи.

До недоліків схемотехнічного рішення варто віднести відсутність датчика струму на шині +310В, такий датчик ввів би додаткову ступінь захисту й запобіг підвищенню напруги шляхом вимкнення резисторів плавного пуску через

можливий вихід з ладу силових транзисторів блоку живлення з миттєвим вимиканням реле, що надало б можливість зберегти цілісність терморезисторів, реле та резисторів ланки плавного запуску та запобіжника, проте в конкретному випадку це є економічно не вигідним.

Для побудови вище описаного блоку живлення використаємо мікросхему-контроллер виробництва ON Semiconductor SG3525|2525.

Мікросхема є ШІ модулятором, призначена для забезпечення підвищеної продуктивності і зменшення кількості зовнішніх деталей при використанні в імпульсних джерелах живлення. Мікросхема містить вбудоване джерело опорної напруги $+5,1\text{В}$ з допуском не більше $\pm 1\%$, вхідний діапазон синфазного підсилювача помилки містить джерело опорної напруги. Зовнішній вхід генератора мікросхеми дозволяє синхронізовано працювати з різними пристроями в такт, що забезпечує підвищення електромагнітної сумісності виробів. SG3525 також має вбудований плавний запуск схеми, для цього необхідно використати лише один зовнішній конденсатор. Вихідні каскади мікросхеми SG3525 здатні забезпечувати рекомендований вихідний струм до 200 мА, хоча на практиці використано лише 20% можливостей по струму.

Для забезпечення електробезпеки пристрою під час наладки та діагностики, при аварійних ситуаціях – введемо гальванічну розв'язку виходу мікросхеми ШІМ та силових ключів.

В якості гальванічної розв'язки використаємо оптодрайвери серії FOD3814, які мають наступні характеристики: прямий струм світло діоду від 10 до 16 мА, максимальний вихідний струм – 3А, швидкість наростання сигналу (мін.) – 50 В/мкс, напруга ізоляції на пробій – 5 кВ, час реакції на позитивний/ негативний спад (макс.) – 210 нс, напруга живлення: 15...30 В, діапазон робочих температур: -40°C до 100°C , корпус DIP-8 та SMT-8.

Для забезпечення додаткового запирання затворів польових транзисторів варто передбачити можливість вводу від'ємної керуючої напруги для прискорення закриття ключів та запобігання утворенню наскрізних струмів.

Оберемо силові транзистори, з урахуванням ТЗ – вихідна потужність підсилювача повинна складати 2кВт, очевидно, що для забезпечення стабільної роботи підсилювача – номінальна потужність ІБП має складати щонайменше 120% потужності навантаження, але з урахуванням описаних рекупераційних ефектів та пік-факторного характеру звукового сигналу буде досить стабілізованого блоку живлення з номінальною потужністю порядку 2,2кВт.

Для забезпечення теплового режиму протягом тривалого часу роботи варто використовувати досить потужні транзистори, для реалізації даного блоку були обрані силові транзистори типу 77N65M5 в кількості 4 штуки.

Розглянемо детальніше характеристики транзисторів, а саме: максимальна напруга в 710В, опір відкритого каналу на рівні 0,038Ом та максимальний струм 77А. Виникає резонне питання – для чого такі потужні транзистори?

Проведемо теплові розрахунки за допомогою написаного калькулятора в середовищі MS Excel, результат розрахунку зображено на рисунку 2.8.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Ср. ток импульса, Имп:	Сопротивление перехода Rds on:	Ожидаемая траб:	ТКС при траб:	Коеф. заполнения имп. Кзап:	Напряжение питания, В:
2		15	0,038	120	2,5	0,365	350
3	Вводные данные:	Ток в начале импульса, Iг:	Ток в конце импульса, If:	Tг - время нарастания	Tf - время спада	Частота преобразования, Гц:	Период импульса, мс:
4		15	15	22	20	90000	11111,11111
5		Тепловое R Кристалл-корпус:	Тепловое R Корпус-радиатор:				
6		0,31	1,3				
7							
8							
9		Рси при траб:	Статические потери, Pст, Вт:	Динамические потери, Pст, Вт:	Общие потери, P, Вт:	Треб. температура радиатора:	
10		0,095	7,801875	9,9225	17,724375	91,46375625	
11							

Рисунок 2.8 – Вікно програми з результатами розрахунку

Як бачимо – в випадку використання однієї пари транзисторів радіатор необхідно охолоджувати досить активно й це за середнього струму споживання на рівні 15А, в нашому випадку середній струм споживання складає 25А, отже маємо наступні вихідні значення (Рис.2.89).

	A	B	C	D	E	F	G
1		Ср. ток імпульса, І _{імп} :	Сопротивление перехода R _{ds on} :	Ожидаемая траб:	ТКС при траб:	Коеф. заполнения имп. Кзап:	Напряжение питания, В:
2		25	0,019	120	2,5	0,385	350
3	Вводные данные:	Ток в начале импульса, І _г :	Ток в конце импульса, І _ф :	T _г - время нарастания	T _ф - время спада	Частота преобразования, Гц:	Период импульса, мс:
4		15	30	22	20	90000	11111,11111
5		Тепловое R Кристалл-корпус:	Тепловое R Корпус-радиатор:				
6		0,31	1,3				
7							
8							
9		R _{си} при траб:	Статические потери, P _{ст} , Вт:	Динамические потери, P _д , Вт:	Общие потери, P, Вт:	Треб. температура радиатора:	
10		0,0475	10,8359375	14,8475	25,4834375	78,97168583	

Рисунок 2.9 – Вікно програми з результатами розрахунку

Як бачимо з рисунку 2.9 – використання двох пар силових транзисторів є цілком доцільним задля забезпечення кращих показників надійності.

Також при обранні точки спрацювання термозахисту варто враховувати, що термодатчик також має інерційність та тепловий опір між радіатором та кристалом. В даному випадку точку спрацювання варто встановити на відмітці в 75 °С.

Розглянемо ланки керування затворами польових транзисторів. Для запобігання протіканню імпульсних наскрізних струмів використаємо схему з від’ємним зміщенням, яка має наступний вигляд (Рис. 2.10), та наведена в додатку Л.

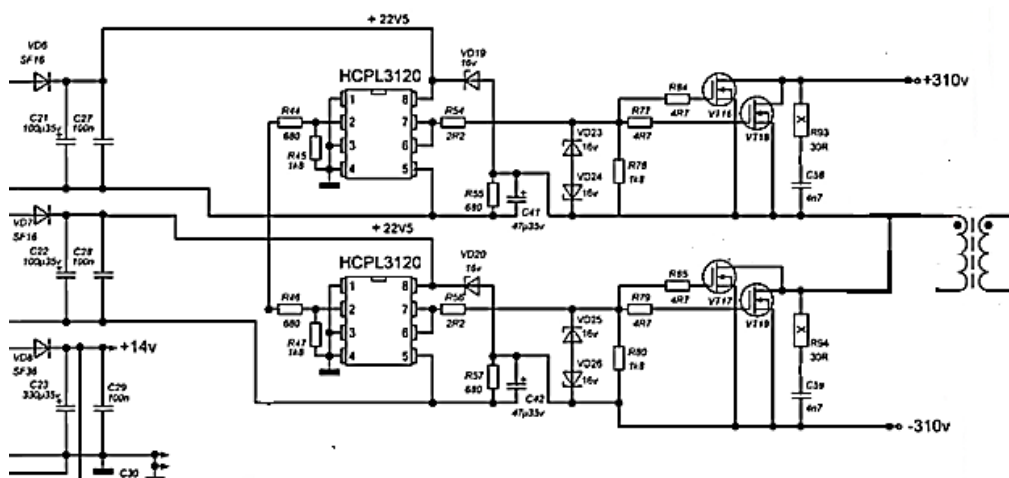


Рисунок 2.10 – Схема керування затворами потужних МОП транзисторів

До головного недоліка такого схемотехнічного рішення варто віднести унеможливлення використання бутстрепного ввімкнення живлення драйверу верхнього ключа, через введення віртуальної від'ємної напруги керування.

Описана схема силовій частині блоку живлення має наступний вигляд (Рис.2.11).

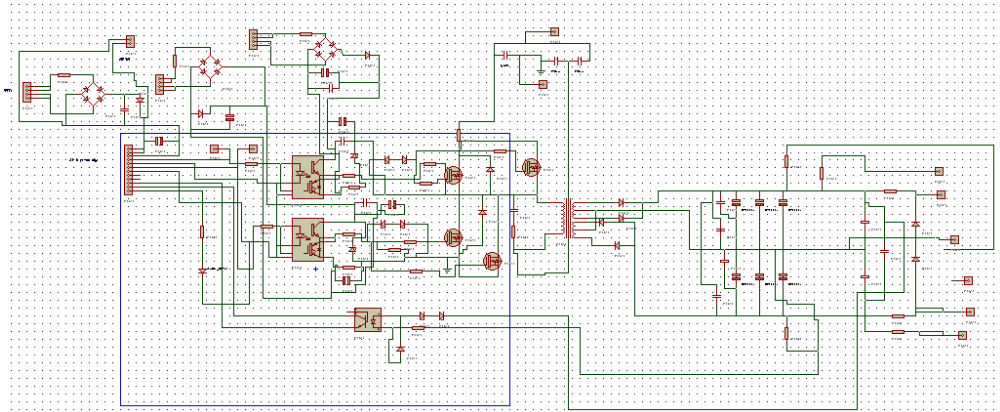


Рисунок 2.11 – Схема силовій частині імпульсного блоку живлення

2.4 Висновки по розділу обґрунтування структурної схеми та електричної принципової схеми пристрою, розрахунку основних режимів

Згідно отриманої моделі побудови структури електроакустичного пристрою дальньої дії, можна прийти до заключення про її оптимальність та таку, що при припрацюванні відповідатиме вимогам прописаним в ТЗ, схема блоку живлення цілком відповідає вимогам й по нормам електробезпеки в поєднанні з гарною ремонтоздатністю і рентабельністю.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОГО ПРИБОРУ ДАЛЬНЬОЇ ДІЇ

3.1 Моделювання кінцевого підсилювача потужності

Для моделювання підсилювача використовується спеціалізована програма Proteus 7 Professional[11]. Початковий вигляд вікна програми зображений на рисунку 3.1.

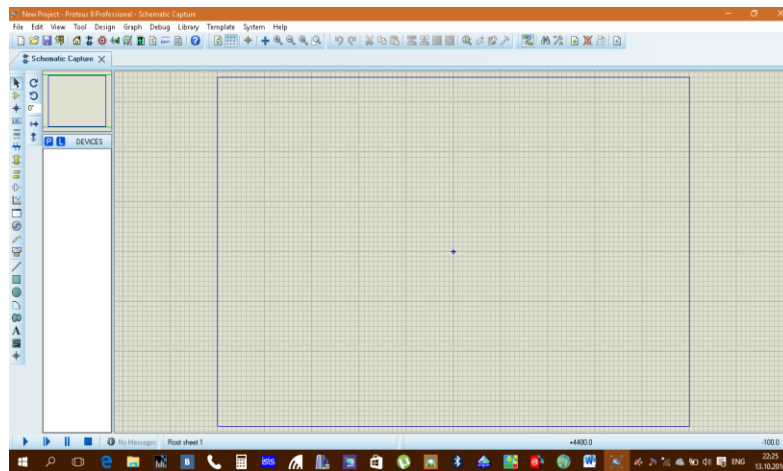


Рисунок 3.1 – Початкове вікно програми Proteus 7 Professional

Proteus – один з досить популярних емуляторів схем, котрий дозволить дослідити схему, перевірити працездатність, створити друковану плату та побачити її 3D модель. Він включає в себе додатковий пакет ISIS, що робить його універсальним засобом для програмного опису і подальшого тестування схем з можливістю підключення файлів прошивок та вводу- виводу інформації через інтерфейси персонального комп'ютера. Також варто відмітити можливість створення Gerber-файлів, що дозволяє побудувати завершений цикл виробництва від побудови схеми до створення файлів необхідних для її виробництва.

Вікно програми з базами компонентів зображено на рисунку 3.2.

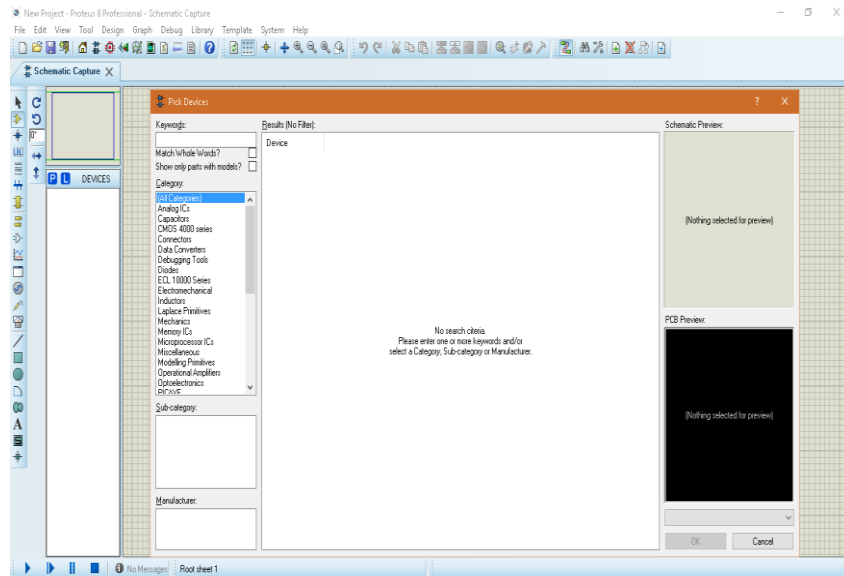


Рисунок 3.2 – Вигляд програми з базою компонентів

В базі компонентів Proteus є велика кількість віртуальних приладів, серед яких:

- 1) Осцилограф призначений для вимірювання змінного або постійного струму або напруги, загасання між двома вузлами схеми. Діапазон вимірювань підбирається вручну. Осцилограф зображено на рисунку 3.3.

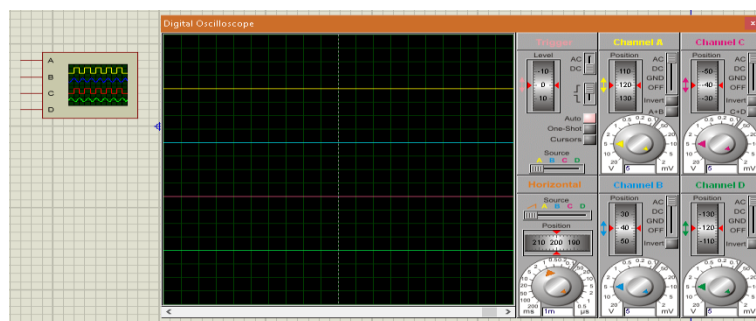


Рисунок 3.3 – Віртуальний осцилограф

- 2) Генератор сигналів (Virtual Function Generator) – це джерело різноформової напруги, з можливістю генерації сигналів наступних форм синусоїдальних, пилкоподібних і прямокутних імпульси. Окрім можливості зміни форми сигналу, налаштовується також його частота, амплітуда. Діапазон

генератора достатній, щоб відтворити сигнали з частотами від декількох герців до аудіо і радіочастотних. Генератор зображений на рисунку 3.4.

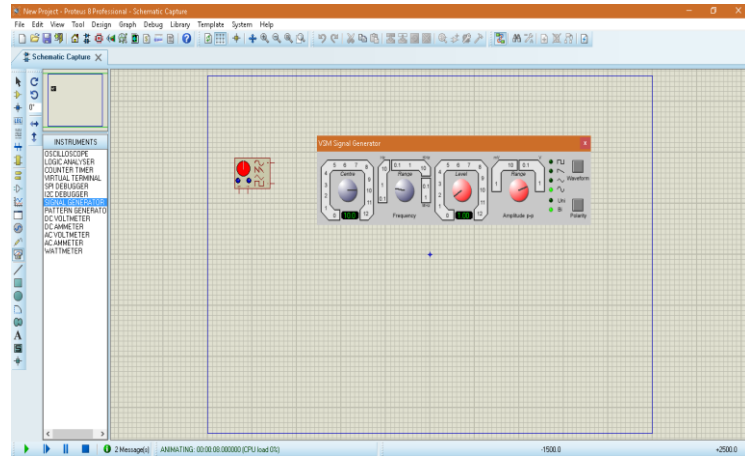


Рисунок 3.4 – Генератор сигналів

Складемо схему підсилювача з елементів, які присутні в елементній базі Proteus 8 Professional . Та почнемо дослідити підсилювача класу D. Графік росту спотворень відносно збільшення вихідної потужності зображено на рисунку 3.5.

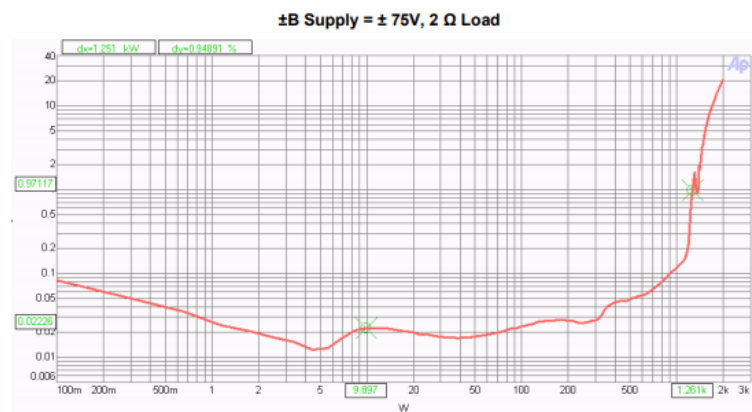


Рисунок 3.5 – Співвідношення вихідної потужності до спотворень

На рисунку 3.6 зображено графік АЧХ підсилювача в залежності від опору навантаження.



Рисунок 3.6 – АЧХ підсилювача в залежності від опору навантаження

На рисунку 3.7 зображено коефіцієнт корисної дії в залежності від вихідної потужності.

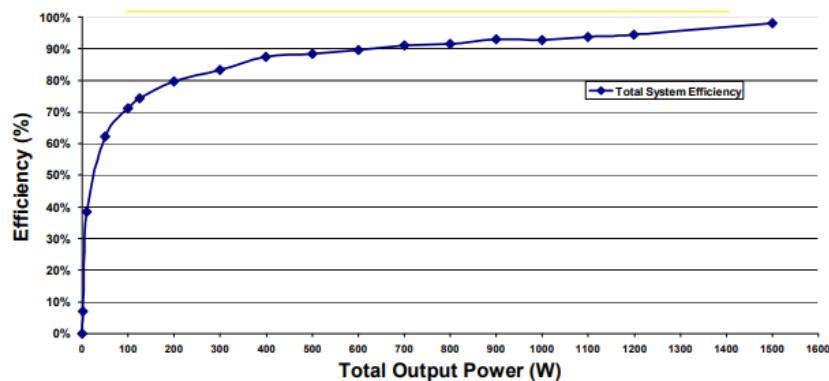


Рисунок 3.7 – ККД підсилювача в залежності від вихідної потужності

3.2 Моделювання розроблених акустичних систем

Для створення акустики стереоканалу було обрано гучномовці Faital Pro 5FE120, в кількості два на канал, для забезпечення режиму роботи в межах

лінійного ходу рухомої частини та теплових режимів, для якісного відтворення мідбасового діапазону частот обрано MAG1534 також використано один драйвер для забезпечення відтворення звукових складових частот діапазону до 22 кГц, за рахунок музичної потужності драйверу до 200Вт – забезпечується висока вірність відтворення за мінімальних спотворень.

Для забезпечення ширини відтворюваного діапазону необхідно обрати вид АО для пари 5FE120, моделювання виконаємо в програмі Hornresp, для проведення розрахунку необхідні параметри Тіля- Смола, котрі надає виробник[12], почнемо розрахунок з введення початкових даних (рис.3.8).

Ang	2,0 x P1	Eg	2,83	Rg	0,00	Fla	0,00
S1	160,00	S2	160,00	Con	1,00	F12	0,00
S2	0,00	S3	0,00	L23	0,00	F23	0,00
S3	0,00	S4	0,00	L34	0,00	F34	0,00
S4	0,00	S5	0,00	L45	0,00	F45	0,00
Sd	80,00	Cms	5,55E-04	Mmd	10,90	Re	5,40
Bl	6,90	Rms	0,60	Le	0,41	Nd	2P
Vtc	6,00	Ap	0,00	Vtc	0,00		
Lrc	15,00	Lpt	0,00	Atc	0,00		

Рисунок 3.8 – Початкові дані для моделювання оформлення.

Після вводу значень почнемо проведення розрахунку АЧХ системи (Рис.3.9), фазового відгуку (рис.3.10) та групового часу затримки (рис.3.11).

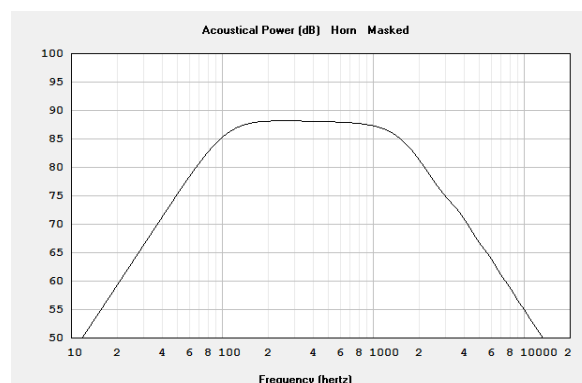


Рисунок 3.9 – Розрахункова АЧХ акустики оформлення ЗЯ

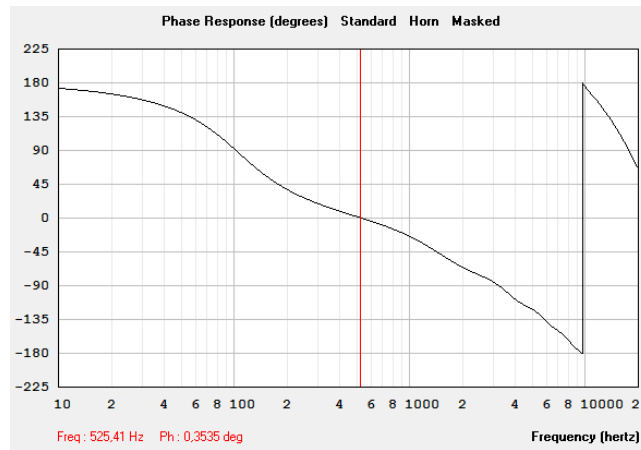


Рисунок 3.10 – Графік фазової реакції системи на сигнал

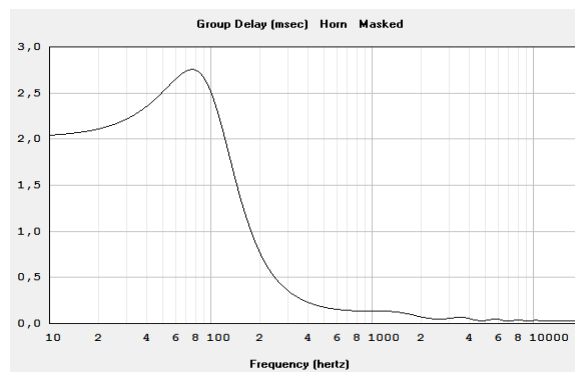


Рисунок 3.11 – Графік ГЧЗ для акустичної системи ЗЯ

Робимо висновок, що у випадку використання закритої акустичної системи, необхідно використовувати розділений об'єм для обох гучномовців, вмикаючи один з них в протифазі з фільтром, для обмеження діапазону робочих частот від 500Гц до 6кГц, що створює певні конструктивні незручності та підвищує собівартість розробки, та виходячи з особливостей умов роботи варто забезпечити гарне охолодження котушок гучномовців.

Для чого АО оберемо ФІ типу, але варто врахувати те, що для запезпечення збереження якості звучання варто настройку ФІ здійснювати нижчою ніж гранична нижня частота розподілу та враховувати спектральне забарвлення внесені таким рішенням.

Розрахуємо корпус типу ФІ

Введемо початкові значення (рис.3.12)

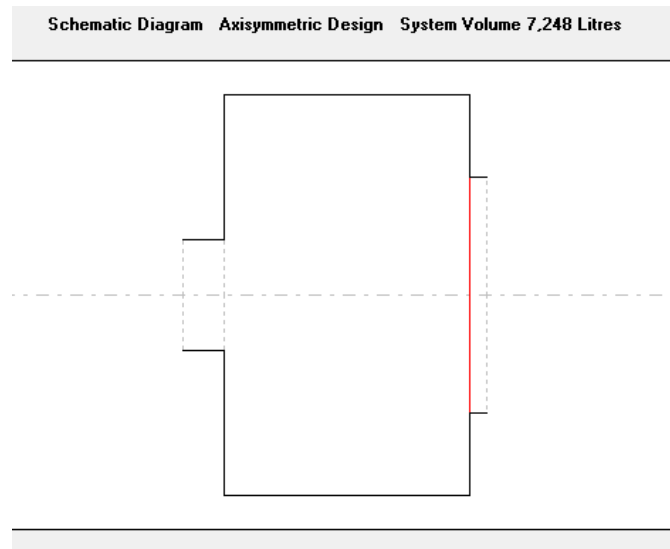


Рисунок 3.12 – Початкові габарити корпусу

Отримані значення не є оптимальними, тому необхідно підібрати геометричні розміри фазоінвертора для забезпечення необхідних в ТЗ характеристик АЧХ (Рис. 3.13).

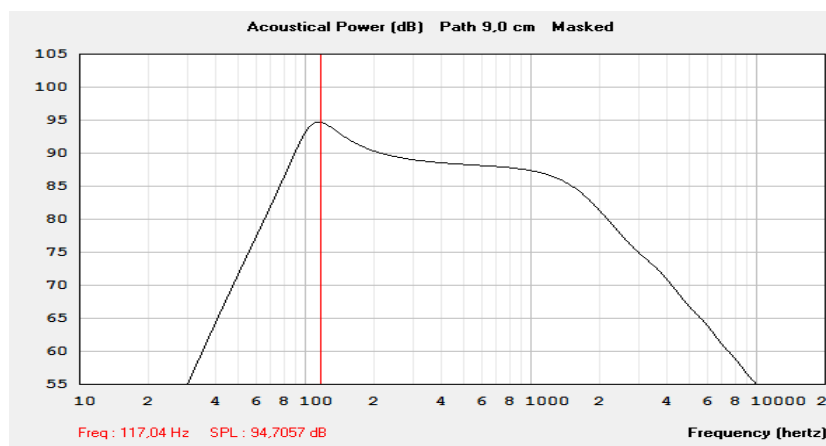


Рисунок 3.13 – Розраховане АЧХ ФІ оформлення

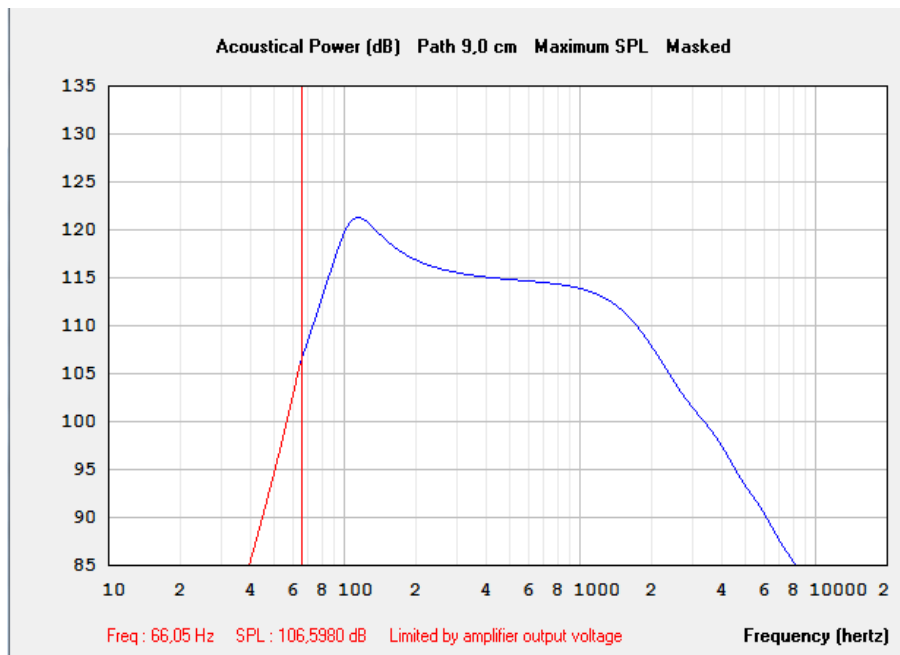


Рисунок 3.14 – Розрахована АЧХ ФІ акустичного оформлення

Згідно графіків розрахункової чутливості та залежності ходу дифузору від частоти за підведеної потужності, спостерігаємо початок обмеження лінійного ходу про потужності в 320Вт/канал(Рис. 3.14), тобто з врахуванням номінальної потужності 1000Вт/канал приведенного вище підсилювача – робимо висновок про цілком задовільні параметри отриманої полоси акустичної системи, адже згідно спектрального розподілу частот на СЧ діапазон припадає близько 30-40% потужності, а з врахуванням досить високої частоти розділу з НЧ/СЧ на рівні 220Гц – використання ФІ дозволить використовувати паразитні коливання утворенні біжною хвилею по поверхні передньої панелі з гучномовцями для приведення дифузоров в рух на частотах від 30 до 220Гц цілком лінійно, що дозволить здійснити пасивну фазову корекцію.

Для розрахунку акустичної системи діапазону НЧ/СЧ було обрано АО типу фазоінвертор, з наступними геометричними розмірами (рис 3.15).

Ang	2,0 x Pi	Eg	2,83	Rg	1,00	Fta	0,00
S1	1000,00	S2	1000,00	Con	1,00	F12	0,00
S2	0,00	S3	0,00	L23	0,00	F23	0,00
S3	0,00	S4	0,00	L34	0,00	F34	0,00
S4	0,00	S5	0,00	L45	0,00	F45	0,00

Sd	860,00	Cms	1,56E-04	Mmd	96,00	Re	6,70
Bl	21,10	Rms	2,44	Le	1,20	Nd	1
Vrc	120,00	Ap	226,80	Vtc	0,00		
Lrc	46,00	Lpt	12,00	Atc	0,00		

Comment: MAG A1534 - 1534

Рисунок 3.15 – Вікно програми з введеними даними

Натискаємо на кнопку Calculate, очікуємо на результат, переходимо на вкладки та отримуємо графіки АЧХ (Рис. 3.16) за потужності в 1Вт, та при максимальній потужності (Рис. 3.17).

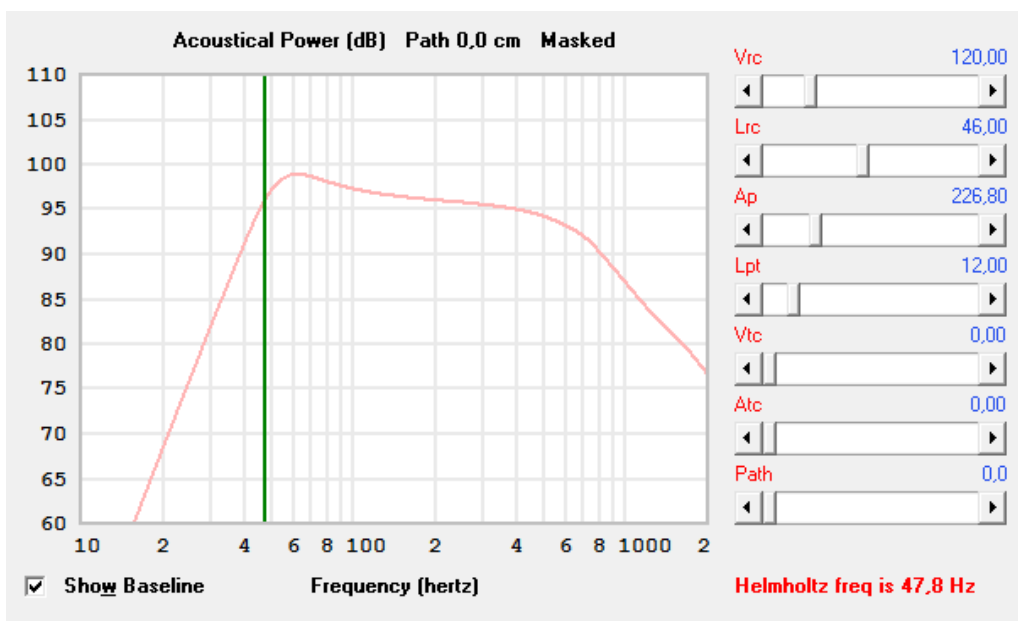


Рисунок 3.16 – АЧХ НЧ/СЧ смуги, розташування на відкритому просторі

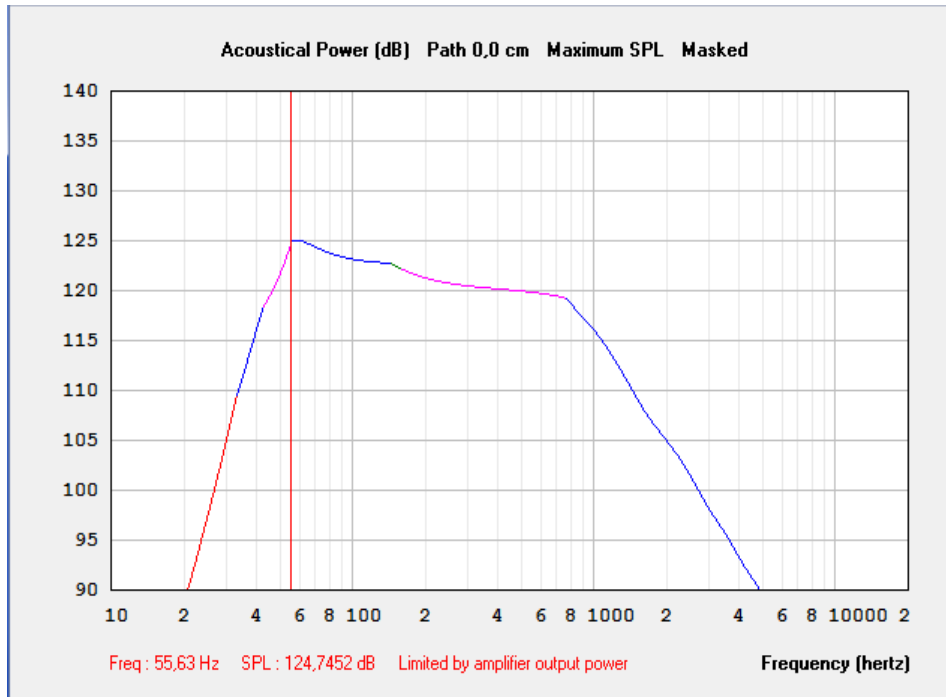


Рисунок 3.17 – АЧХ системи LFE каналу, максимальна потужність

При розташуванні акустичної системи в приміщенні – її чутливість при подачі 1Вт виростає (рис.3.18).

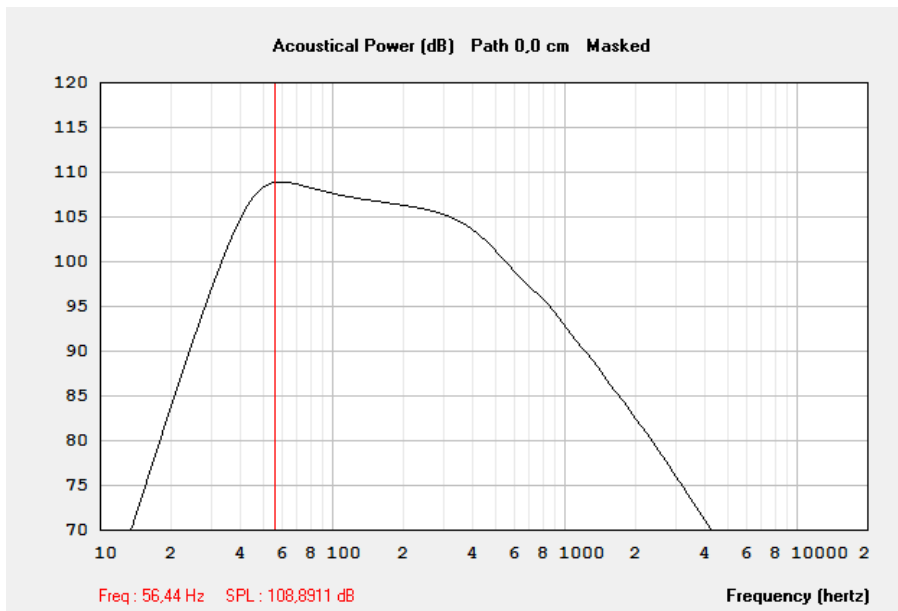


Рисунок 3.18 – Графік чутливості при розташуванні системи в приміщенні

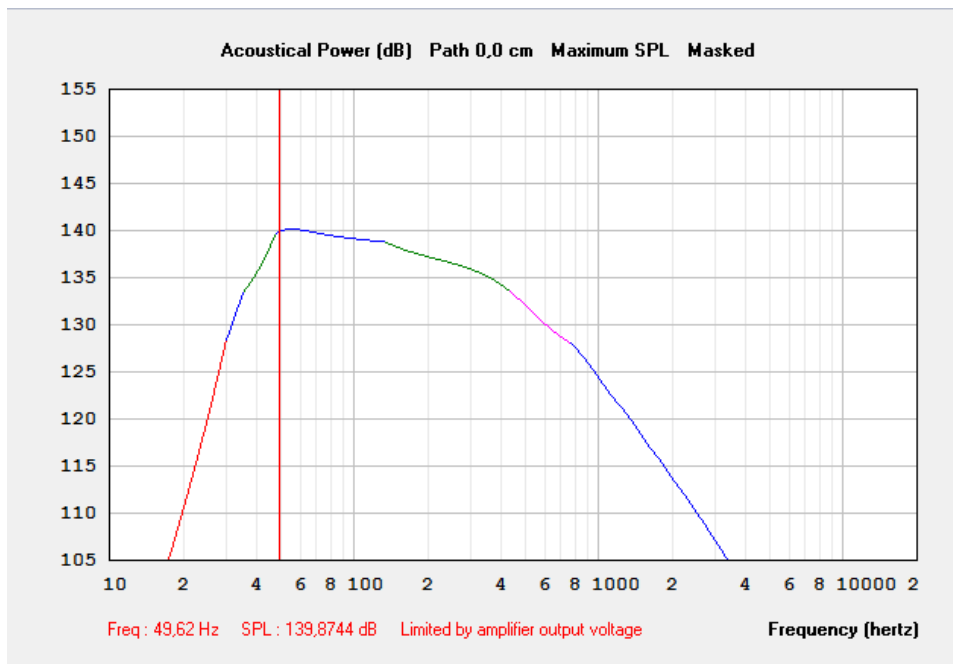


Рисунок 3.19 – Максимальний тиск системи в приміщенні

Високочастотний драйвер для забезпечення необхідної АЧХ та випромінювання в необхідному полі встановлено в рупор з довжиною близько 0.15м, яку за потреби можна змінювати для виділення окремих мод в звуковому спектрі частот змінюючи критичну нижню частоту.

Фінальний вид акустичної системи зображено на рисунку 3.20.



Рисунок 3.20 – Фінальний вид акустичної системи

Розроблена акустична система дозволила використовувати типові недоліки та паразитні випромінювання для виконання корисної роботи. Акустична система є пристроєм з підвищеною надійністю та перевантажувальною здатністю, за номінальної потужності в 400Вт за опору 8Ом, один елемент електроакустичного пристрою з легкістю може відтворити вхідну потужність до 1000Вт за умови збереження ефективності перетворення електричної енергії в звукову.

3.3 Розробка акустичної системи для відтворення нижнього НЧ/СЧ діапазону

Розробка даного блоку «Електроакустичного пристрою дальньої дії» зумовлена тим, що діапазон частот «по низу пливе» в залежності від умов відтворення. Для забезпечення рівня звукового тиску в діапазоні 45(55Гц на відкритому просторі) з відповідним рівнем звукового тиску було прийнято рішення використовувати АО резонаторного типу, його геометричні розміри зображено на рисунку 3.21.

Ang	2,0 x Pi	Eg	2,83	Rg	1,00	Fta	-1,59
S1	1000,00	S2	1125,00	Con	80,00	F12	0,00
S2	1125,00	S3	1750,00	Con	90,00	F23	0,00
S3	1750,00	S4	1570,00	Con	45,00	F34	0,00
S4	0,00	S5	0,00	L45	0,00	F45	0,00
Sd	1075,00	Cms	1,12E-04	Mmd	164,36	Re	6,50
Bl	9,00	Rms	16,00	Le	4,00	Nd	1
Vrc	0,00	Ap	0,00	Vtc	0,00	CAUTION:	
Lrc	0,00	Lpt	0,00	Atc	0,00	S1 < Sd	
Comment	18" 114 ЧВ						
Previous		Next		Edit		Add	
				Delete		Record 97 of 113	
						Calculate	

Рисунок 3.21 – Геометричні розміри акустичної системи

Одразу варто перейти до графіку котрий цікавить нас найбільше – графік АЧХ(Рис.3.22), ФЧХ(Рис.3.23 та Рис.3.24) та ГЧЗ(Рис.3.25).

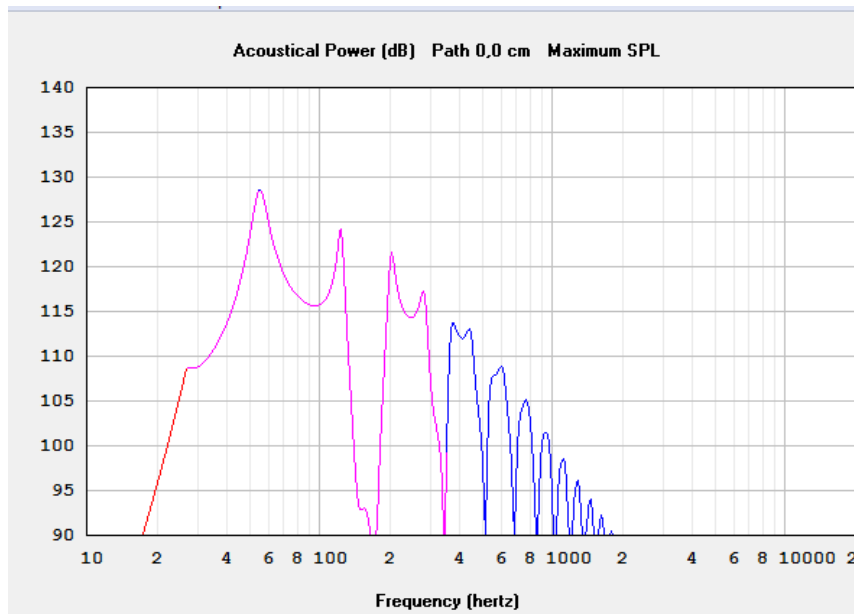


Рисунок 3.22 – Графік АЧХ НЧ/СЧ блоку акустичної системи

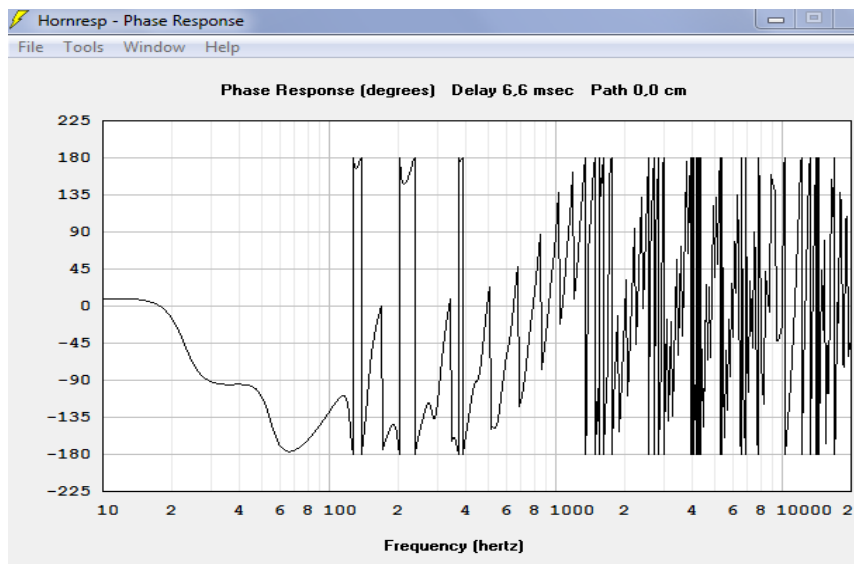


Рисунок 3.23 – Графік ФЧХ НЧ/СЧ блоку акустичної системи
на відстані 2 метрів

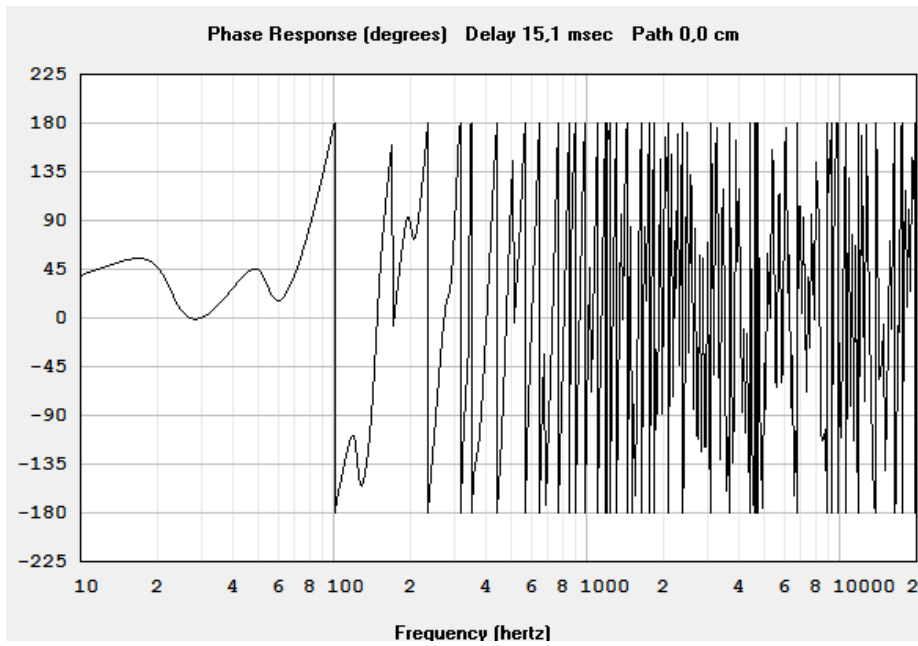


Рисунок 3.24 – Графік ФЧХ НЧ/СЧ блоку акустичної системи на відстані 6 метрів

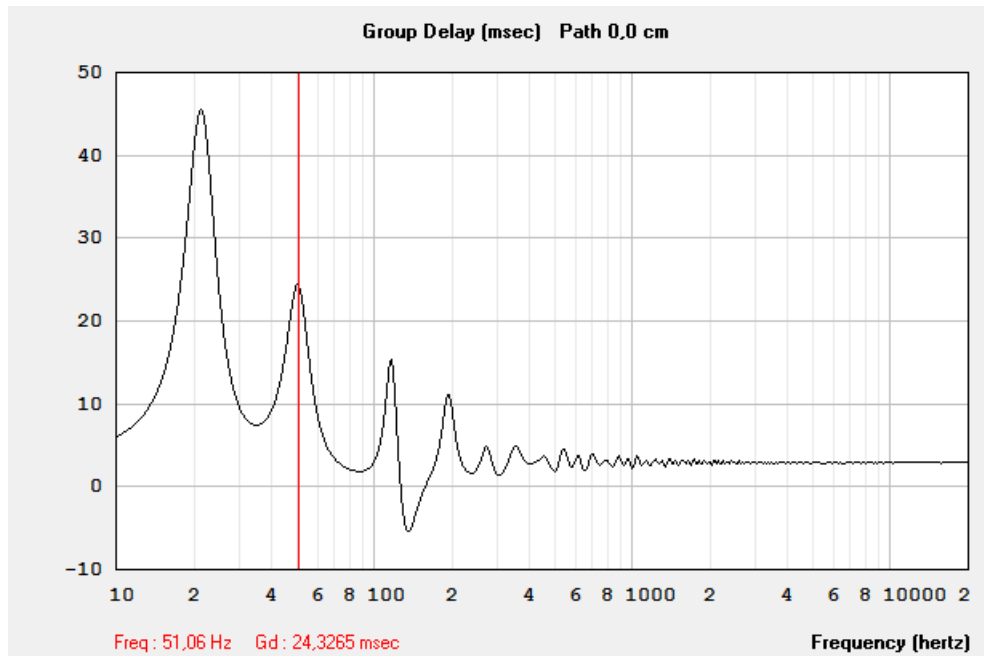


Рисунок 3.25 – Графік ГЧЗ НЧ/СЧ блоку акустичної системи

Висновок: Як бачимо з графіків АЧХ для вільного поля, дана акустична система ефективна для формування фронту звукової хвилі ближнього фронту, але для формування середнього та дальнього поля варто використовувати АО з більш вузько направленою дією при цьому в ідеалі без втрати ефективності відтворення.

3.4 Розробка акустичної системи для відтворення низькочастотного діапазону

Для відтворення та передачі низькочастотних спектральних складових звукового сигналу на відносно велику відстань було вирішено використовувати акустичне оформлення(АО) типу рупор.

Взагалі існує кілька їх підвидів:

- фронтально навантажені рупори;
- тильно навантажені рупори;
- рупори з закритою камерою;

Кожен з підвидів має певні переваги та недоліки, що визначаються конструктивно й впливають в подальшому на діапазон відтворюваних частот, рівень спотворень та коефіцієнт корисної дії.

Так як необхідно формувати потужну звукову хвилю великої довжини необхідно забезпечити можливість використання фронтального випромінювання динаміка для допоміжного формування фронту на НЧ/СЧ діапазоні, що додатково покращить частотне та фазове поєднання акустичних блоків, а й дозволить спростити конструкцію акустичної системи.

Геометричні розміри рупорної акустичної системи зображено на рисунку 3.26.

Ang	0,5 x Pi	Eg	2,83	Rg	1,00	Fta	12,61
S1	1356,00	S2	1122,00	Con	100,00	F12	0,00
S2	1122,00	S3	1236,00	Con	55,00	F23	0,00
S3	1236,00	S4	3300,00	Con	60,00	F34	0,00
S4	3300,00	S5	6600,00	Con	60,00	F45	0,00
<hr/>							
Sd	1195,00	Cms	1,08E-04	Mmd	205,29	Re	6,00
Bl	29,50	Rms	4,70	Le	2,50	Nd	1
Vrc	0,00	Ap	0,00	Vtc	0,00		
Lrc	0,00	Lpt	0,00	Atc	0,00		

Рисунок 3.26 – Геометричні розміри рупорної акустичної системи

Розглянемо характеристики отриманого АО, які зображено на рисунку 3.27.

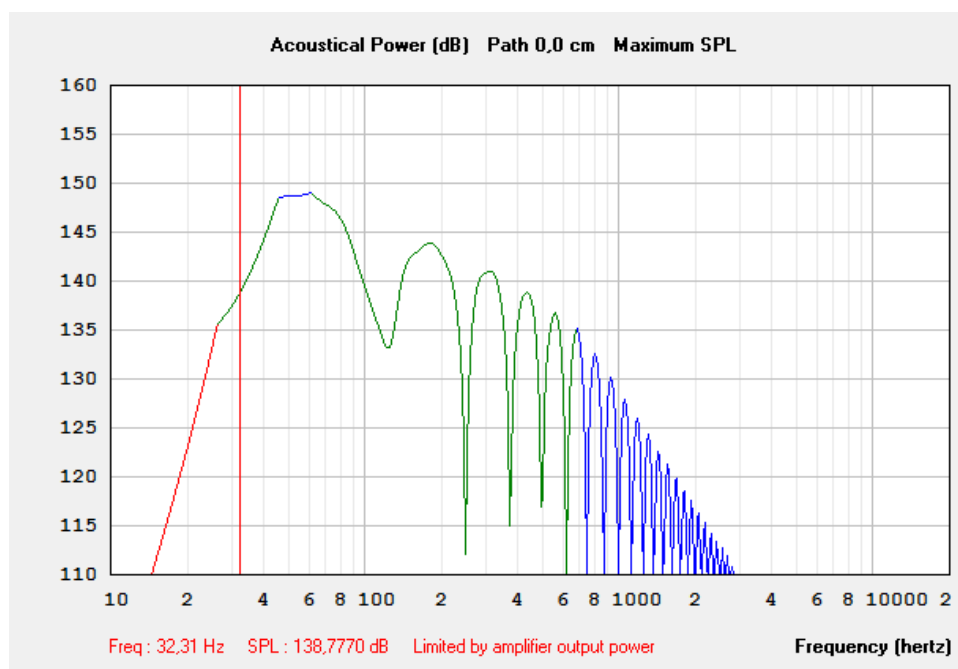


Рисунок 3.27 – Графік АЧХ рупорної акустичної системи

Для коректної роботи акустичного блоку комплексу, необхідно забезпечити малий розкид фазових та часових затримок чи спотворень в діапазоні сумісної роботи, для чого розглянемо графіки ФЧХ(Рис.3.28 та Рис.3.29) та ГЧЗ(Рис.3.30).

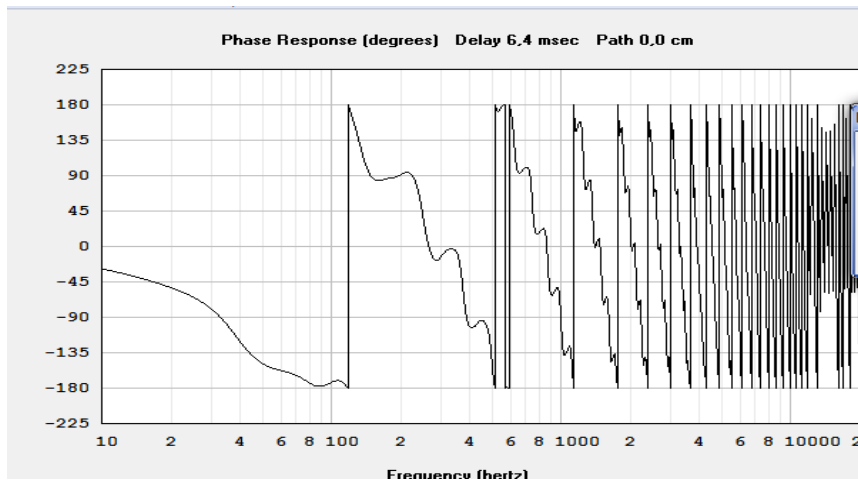


Рисунок 3.28 – Графік ФЧХ рупорної акустичної системи

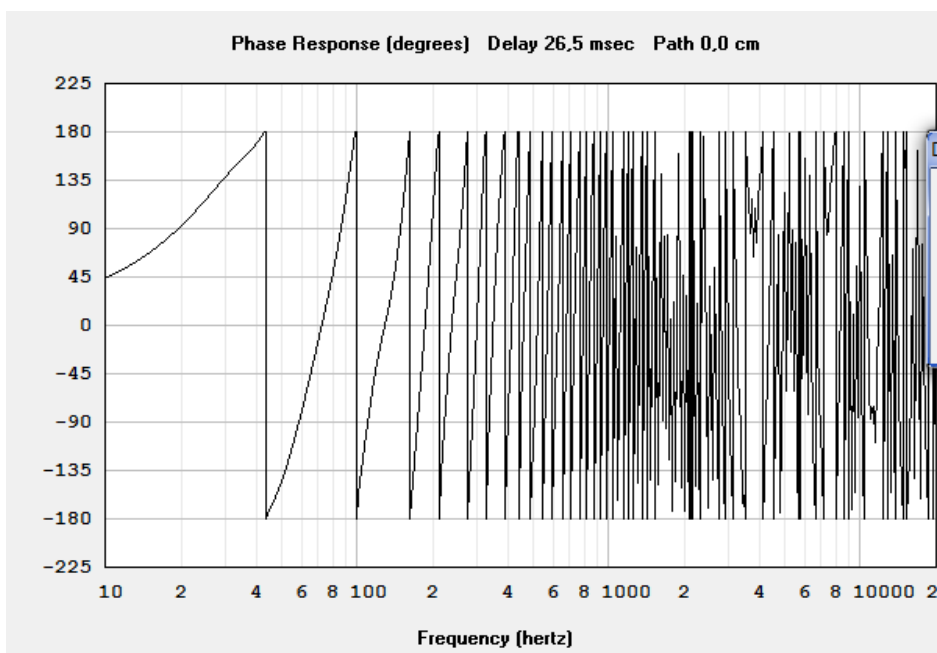


Рисунок 3.29 – Графік АЧХ рупорної акустичної системи

Зовнішній вигляд блоків акустичних систем зображено на рисунку 3.30.



Рисунок 3.30 – Зовнішній вигляд акустичних систем нижнього діапазону

Висновок: Як можемо побачити з графіків формування фронту звукової хвилі в даній акустичній системі відбувається на відстані 2 метрів для НЧ/СЧ діапазону та на відстані близько 10 метрів для найнижчих спектральних складових звукового спектру, після чого звукова хвиля вже рухається згідно моделі законів фізики для випадку розповсюдження рівномірного та всестороннього.

3.5 Експериментальні дослідження тракту звукопідсилення

Для дослідження тракту звуковідтворення використаємо програмний комплекс спектроаналізатора на базі звукової карти “Smaart V.7”[13].

Початкове вікно програми зображено на рисунку 3.31.

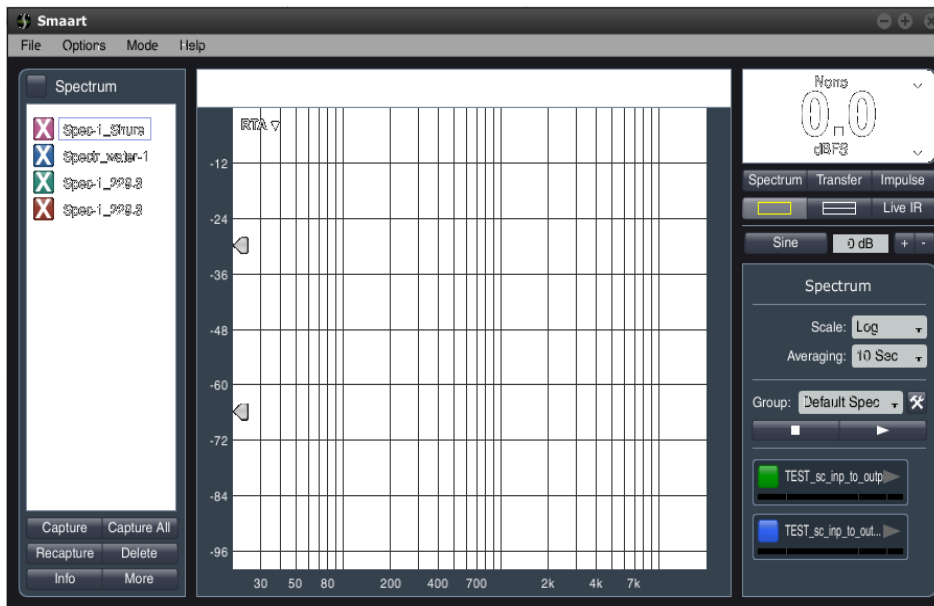


Рисунок 3.31 – Початкове вікно програми Smart V.7

Далі переходимо у вкладку Transfer (рис.3.32), підключаємо підсилювач до ноутбуку за наступною схемою (рис 3.33).

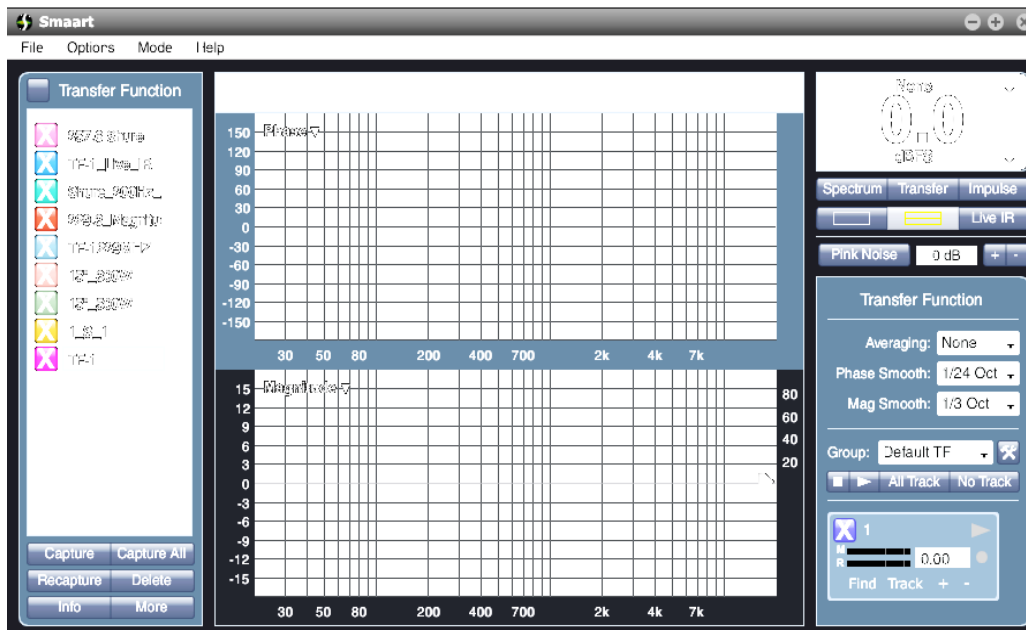


Рисунок 3.32 – Вкладка Transfer

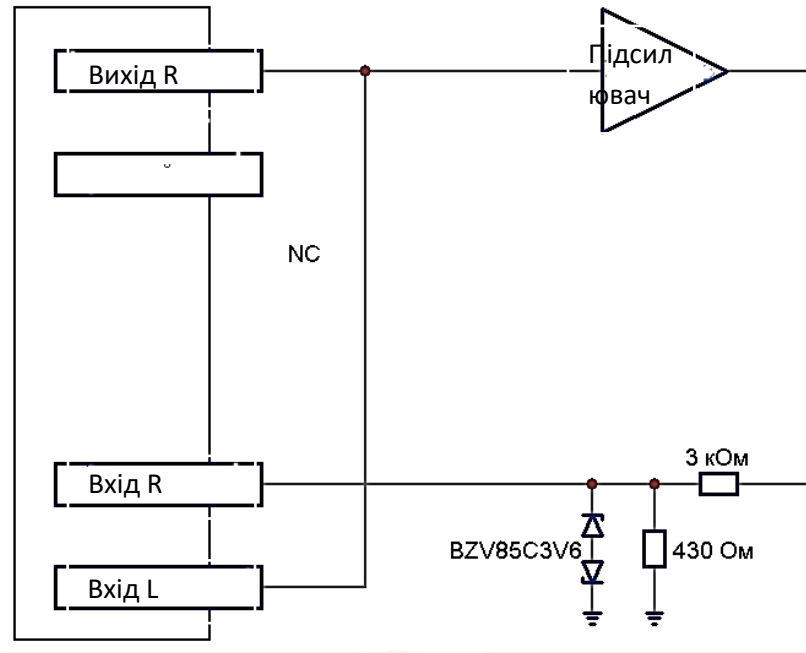


Рисунок 3.33 – Схема для дослідження АЧХ звукового тракту.

Запускаємо аналіз та отримуємо АЧХ та зсув ФЧХ в реальному часі досліджуваного підсилювача (Рис.3.34).

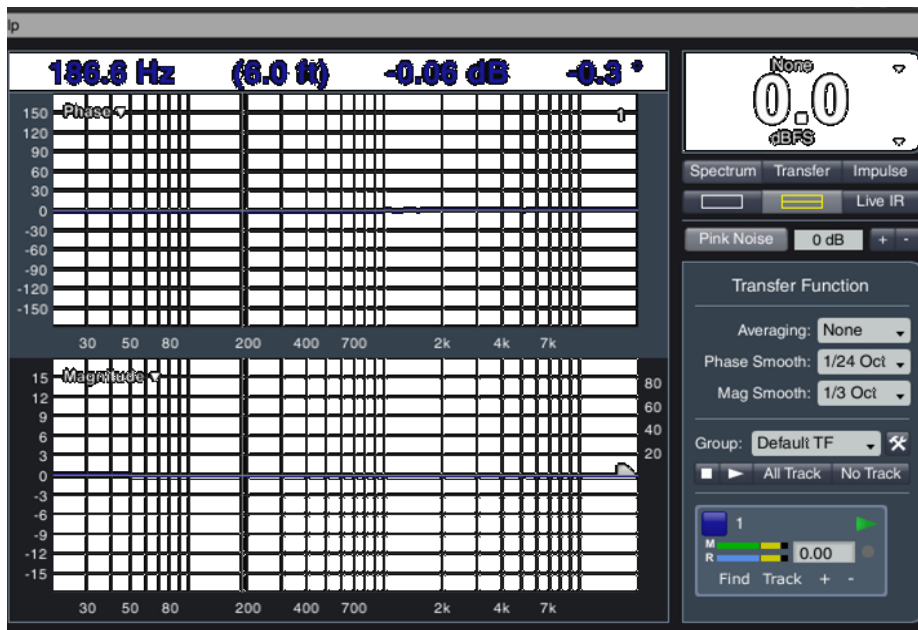


Рисунок 3.34 – АЧХ та ФЧХ підсилювача

Згідно отриманих графіків АЧХ та ФЧХ робимо висновок про задовільну роботу кінцевих підсилювачів та їх лінійність.

3.6 Експериментальні дослідження акустичних випромінювачів

Для забезпечення роботи випромінювачів трьох-смугової акустичної системи варто використовувати фільтр на три полоси, він буде відповідати за збереження гучномовців в робочому стані та задаватиме звучання комплексу в цілому.

В якості вимірювального комплексу використано програмні можливості ПО Smart V7, на рисунку 3.35 зображено АЧХ та фазу кожної з полос фільтру.

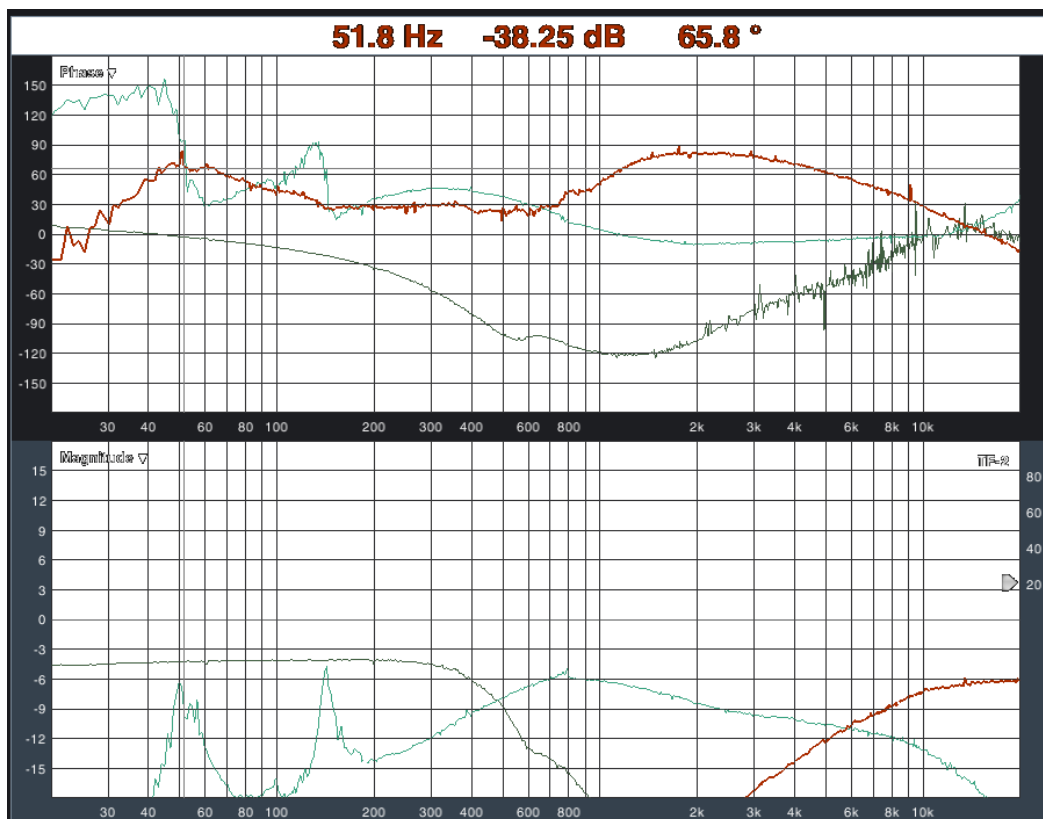


Рисунок 3.35 – АЧХ та ФЧХ трьохсмугового фільтру для акустичної системи

3.7 Висновок по розділу моделювання, розробки та дослідження основних вузлів пристрою

В ході проведення моделювання було виявлено відповідність вимогам, описаним в технічному завданні, після чого було проведено розробку макету та його дослідження, в результаті якого було виявлено, що в подальшому АЧХ та ФЧХ електроакустичного пристрою дальньої дії за потреби можна буде скорегувати цифровими засобами.

Слід зазначити про можливість оперативної зміни АЧХ системи в цілому й аналоговими засобами. Конструктивно виконано два перемикачі за допомогою яких можна здійснювати послаблення до -6Дб на СЧ та ВЧ під діапазонах в кожній акустичній системі.

4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ ДАЛЬНЬОЇ ДІЇ

4.1 Розробка конструкції

Розробку конструкції проведемо в програмі “Google ScetchUp 2016”[14].

Для розробки корпусу акустичної системи (рис.4.1) скористаємось результуючими даними роділу 3.

Для акустичних систем (АС) – було обрано основний матеріал – ДСП з товщиною 15мм, габаритні розміри системи 430 x 500 x 735 мм (Рис.4.1).



Рисунок 4.1 – Розробка конструкції АС



Рисунок 4.2 – фінальний вигляд АС

На рисунку 4.3 зображено чорновий вигляд блоку НЧ/СЧ.



Рисунок 4.3 – чорновий вигляд НЧ/СЧ блоку АС

4.2 Розрахунок надійності

Надійністю називають здатність пристрою виконувати основні функції, визначаються безвідмовністю в роботі та ремонтоздатністю. Під безвідмовністю пристрою мається на увазі здатність неперервної роботи пристрою в визначених умовах у проміжку певного відрізка часу.

Основними методами підвищення надійності роботи пристрою являються:

- максимальне спрощення схеми, тобто скорочення кількості радіоелементів;
- використання надійних елементів і комплектуючих;
- дотримання для радіоелементів та комплектуючих експлуатаційних характеристик, забезпечення більш «м'яких» режимів роботи;

- зниження впливу оточуючого середовища (температури, вологості, тиску) на режим роботи радіоелементів та пристрою в цілому.

Розрахунок надійності виконаний в електронній програмі . В даній програмі вибирається кількість елементів, інтенсивність відмов, та коефіцієнт використання. Вигляд програми зображений на рисунках 4.4 та 4.5.

Окончательный расчет надежности узлов или блоков РЭС

Выберите условия эксплуатации РЭС:

Лабораторные
 Стационарные
 Автофургонные
 Железнодорожные
 Корабельные
 Самолетные

Выберите условия окружающей среды (температура, влажность):

температура - 20-40 °С, влажность - 60-70%
 температура - 20-25 °С, влажность - 90-98%
 температура - 30-40 °С, влажность - 90-98%

Рисунок 4.4 – зовнішній вигляд програми для проведення розрахунку надійності

Выберите высоту, на которой эксплуатируется РЭС (атмосферное давление):

0-1 км (90...100 кПа)
 1-2 км (80...90 кПа)
 2-3 км (65...80 кПа)
 3-5 км (50...65 кПа)
 5-6 км (42...50 кПа)
 6-8 км (32...42 кПа)
 8-10 км (24...32 кПа)
 10-15 км (12...24 кПа)
 15-20 км (4,4...12 кПа)
 20-25 км (2,4...4,4 кПа)
 25-30 км (1,3...2,4 кПа)
 30-40 км (0,1...1,3 кПа)

Введите данные по ЭРЭ и элементам конструкции:

?	Наименование	?	Количество	?	Интенс. отказов I_0	?	Кoeffициент $a(T, K_d)$
1	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/> $\cdot 10^{-6}$ 1/час		<input type="text"/>
2	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/> $\cdot 10^{-6}$ 1/час		<input type="text"/>
3	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/> $\cdot 10^{-6}$ 1/час		<input type="text"/>
4	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/> $\cdot 10^{-6}$ 1/час		<input type="text"/>
5	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/> $\cdot 10^{-6}$ 1/час		<input type="text"/>

[Таблица 2.](#) Значения интенсивностей отказов I_0

[Таблица 3.](#) Определение поправочных коэффициентов $a(T, K_d)$

Рисунок 4.5 – зовнішній вигляд програми для розрахунку надійності

Після вводу даних в програму, отримуємо графік безвідмовної роботи пристрою за обраних умов експлуатації(Рис.4.6)

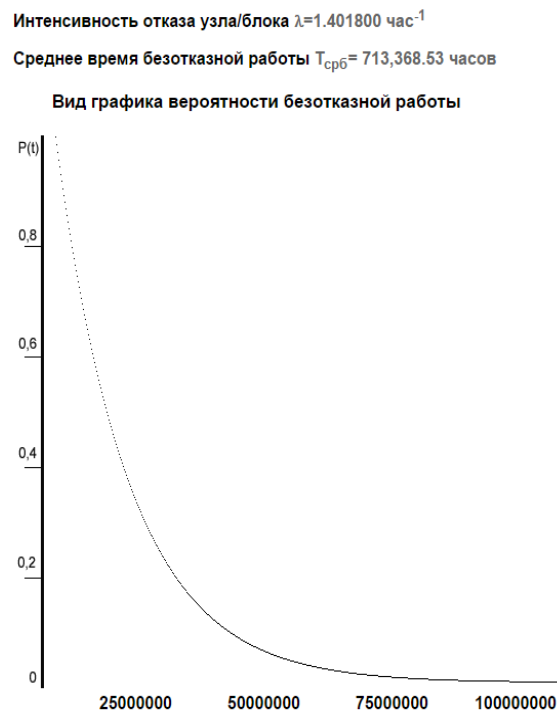


Рисунок 4.6 – графік безвідмовної роботи електроакустичного пристрою

4.3 Висновки по проведеній розробці конструкції та розрахунку надійності електроакустичного пристрою дальньої дії

В ході проведених робіт, було розроблено принципово нову конструкцію електроакустичного пристрою дальньої дії, з гарними показниками надійності та естетичним зовнішнім виглядом, пропрацьованим дизайном та задовільними масогабаритними характеристиками зі збереженням конкурентоспроможності.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Якісно-економічне обґрунтування напряму розробки

Таблиця 5.1 Основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки

Показники	Одиниця виміру	Аналог	Засіб, що проектується	Відношення параметрів
Напруга живлення	В	230	170 – 250	1,3
Кількість виконуваних функцій	шт.	2	2	1
Маса	Кг	124	200	0,62
Термін безвідмовної роботи	год.	10000	11 000	1,1
Швидкість та легкість налаштування	Бали	10	8	0,8

Проаналізуємо рівень науково-дослідної роботи яка пов'язана з дослідженням електроакустичного пристрою дальньої дії. Виходячи з відповідних вимог НТП, доцільно орієнтуватися на час проведення НДДКР 2 роки і менше (+2), при чому технічні показники результатів плануються нижче рівня кращих світових зразків (-2); наявність можливості отримання авторських свідоцтв на винахід – часткові можливості (0); а строк окупності витрат – 2 роки і менше (+3).

В таблиці 5.2 наведено критерії та бальна оцінка для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи.

Таблиця 5.2 – Критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи.

Критерії оцінки	Шкала критеріїв	Індекс оцінки
Час, необхідний для проведення НДР	2 роки і менше	+2
	3 роки	+1
	4 роки	0
	5-6 років	-1
	7 років і більше	-2
Технічні показники результатів розробки	Вище рівня кращих світових зразків	+2
	На рівні кращих світових зразків	0
	Нижче рівня кращих світових зразків	-2
Можливості отримання авторських свідоцтв на винахід	Впевненість в отриманні авторських свідоцтв	+2
	Часткові можливості	0
	Можливості немає	-1
Строк окупності витрат	2 роки і менше	+3
	3-4 роки	+2
	5 років	0
	6-7 років	-1
	8 років і більше	-2

В таблиці 5.3 наведено можливі результати оцінки теми НДДКР.

Таблиця 5.3 – Можливі результати оцінки теми НДДКР.

Сума індексів	Оцінка теми
Позитивна(+)	Розробка є досить перспективною
Задовільна(0)	Розробка перспективна
Негативна(-)	Розробка не перспективна

Проаналізувавши дані таблиць 5.2 та 5.3, та підрахувавши загальну суму балів $(+2-2+0+3=+3)$, робимо висновок, що дана науково-дослідна робота з дослідження електроакустичного пристрою дальньої дії є досить перспективною.

5.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу результатів НДДКР. В результаті оцінювання можна зробити висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого впровадження результатів з врахуванням встановленого рейтингу.

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 5.4. [15]

Таблиця 5.4 - Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка.

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри- терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено на роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 5.4

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати, дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий з стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти на навчання наявних	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

Продовження таблиці 5.4.

11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведемо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	експерт		
	1	2	3
	Бали, виставлені експертами:		
1. Технічна здійсненність концепції	3	3	3
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	2	2	2
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	2	2	2
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	2	2
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	2	2	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	1	2

Продовження таблиці 5.5.

7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	3
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	3	3	2
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	3	3	3
10. Практична здійсненність (необхідність нових	2	2	2
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	1	2	1
12. Практична здійсненність (розробка документів)	1	1	1
Сума балів	26	25	26
Середньоарифметична сума балів <u>СБ</u>	<u>25,7</u>		

За даними таблиці 5.5 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу дослідження. При цьому доцільно користуватися рекомендаціями, наведеними в таблиці 5.6. [15].

Таблиця 5.6 - Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 25,7 бала, що, згідно таблиці 5.6, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній).

5.3 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості для нового рішення

В процесі дослідження необхідно розглянути основні технічні показники, пристрою, що може бути спроектований в результаті проведення дослідження електроакустичного пристрою дальньої дії. Ці показники по-різному впливають на загальну якість проектної розробки.

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення розрахуємо за формулою [16]

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (5.1)$$

де k – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

α_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним шляхом і при цьому має виконуватись умова

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1, \quad (5.2)$$

β_i – відносне значення i -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення β_i для різних випадків розраховують за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (5.3)$$

де I_{ni} та I_{ai} – чисельні значення конкретного i -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}}, \quad (5.4)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та майбутньої розробки на основі отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Порівняння основних параметрів пристрою що проектується та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Напруга живлення	В	230	170 – 250	1,3	0,35
Кількість виконуваних функцій	шт.	2	2	1	0,15
Маса	кг	124	200	0,62	0,05
Термін безвідмовної роботи	год.	10000	11 000	1,1	0,35
Швидкість та легкість налаштування	бали	10	8	0,8	0,1

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення складе

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 1,3*0,35 + 1*0,15 + 0,62*0,05 + 1,1*0,35 + 0,8*0,1 = 1,10.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, проєктований компонент переважає існуючі аналоги приблизно в 1,10 рази.

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 25,7 балів, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній). При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, удосконалений пристрій переважає існуючі аналоги приблизно в 1,10 рази. Отже можна зробити висновок про доцільність проведення НДДКР з дослідження та розробки електроакустичного пристрою дальньої дії.

5.4 Розрахунок витрат на проведення НДДКР з дослідження електроакустичного пристрою дальньої дії

В техніко-економічному обґрунтуванні представленому в першому розділі даної магістерської кваліфікаційної роботи було приблизно обґрунтовано доцільність проведення НДДКР. Тому в даному розділі будуть проведені більш детальні розрахунки витрат на проведення НДДКР стосовно дослідження електроакустичного пристрою дальньої дії.

Для економічного розрахунку проведення НДДКР потрібно скласти кошторис витрат, який передбачає розрахунок визначених основних статей витрат.

Основна заробітна плата дослідників та розробників, яка розраховується за формулою [15]

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.5)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 22 дн;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	11100,00	504,55	22	11100,00
2. Інженер проектувальник акустичних систем	9500,00	431,82	20	8636,36
3. Інженер-метролог	9450,00	429,55	5	2147,73
5. Інженер-конструктор електронних компонентів	9500,00	431,82	10	4318,18
5. Технік	6500,00	295,45	20	5909,09
Разом				32111,36

Витрати на основну заробітну плату працівників (Z_p), що здійснюють підготовку робочих місць необхідних для дослідження електроакустичного пристрою дальньої дії, підготовку та формування баз даних, підготовку та монтаж обладнання, макетів, виготовлення дослідних зразків тощо, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою [15]

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (5.6)$$

де t_i - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n - число робіт по видах та розрядах;

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками, $K_c = 1,75$;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

C_i визначається за формулою [15]

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (5.7)$$

де, M_m – прожитковий мінімум працездатної особи, грн., $M_m = 2197,00$ грн.;

K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p - число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дн.;

T_{zm} - тривалість зміни, $T_{zm} = 8$ годин.

Проведені розрахунки винесемо до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Витрати на основну заробітну плату працівників.

Найменування робіт	Трудовісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1. Наладка макетної схеми	6,8	3	1,35	29,49	200,54
2. Випробування схеми	1,2	5	1,7	37,14	44,56
3. Виготовлення плати	2,4	5	1,7	37,14	89,13
4. Виготовлення корпусу	8,0	3	1,35	29,49	235,93
5. Монтаж плати	2,0	5	1,7	37,14	74,27
6. Складання пристрою	5,5	4	1,7	37,14	204,25
Разом					848,68

Додаткова заробітна плата розробників, дослідників та працівників, які приймали участь в дослідженнях та розробці НДДКР розраховується як 11% від основної заробітної плати розробників та працівників

$$Z_d = Z_o \cdot 11 / 100\%, \quad (5.8)$$

$$Z_0 = (32111,36 + 848,68) \cdot 11 / 100 \% = 3625,61 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату дослідників та працівників. Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати

$$H_3 = (Z_0 + Z_0) \cdot 22\% / 100\%, \quad (5.9)$$

$$H_3 = (32111,36 + 848,68 + 3625,61) \cdot 22\% / 100\% = 8048,84 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали на даному етапі проведення НДДКР пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальних блоків і компонентів, тому дані витрати формуються на основі як офісних витратних матеріалів так і обмеженого переліку матеріалів.

Витрати на матеріали, що були використані при проведенні досліджень, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [15]

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.10)$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
1.ДСП	КГ	11,00	125	1375,00
2.Саморізи	КГ	125,00	1	125,00
3.Герметик	КГ	282,00	2	564,00
4.Шліфувальні круги	шт.	12,00	22	264,00
5.Склотекстоліт СТФ 2 – 1.5	КГ	190,00	0,4	76,00
6.Хлорне залізо	КГ	120,00	0,5	60,00
7.Дріт монтажний	КГ	135,00	0,25	33,75
8.Лак УР-231	КГ	185,00	0,21	38,85
9.Фарба	КГ	100,00	3	300,00
10. Папір канцелярський	уп.	89,00	4	356,00
11. Компакт-диски	шт.	12,00	3	36,00
12. Канцелярські товари	компл.	130,00	4	520,00
13. Офісне начиння	комплект	175,00	5	875,00
Всього				4623,60

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів складе

$$M = 4623,60 * 1,11 = 5132,20 \text{ грн.}$$

Витрати на комплектуючі (основне обладнання, емулятори, моделі, комплектуючі макетів), що були використані при дослідженні електроакустичного пристрою дальньої дії, розраховуються за формулою

$$H = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.11)$$

де: H_i - кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i - покупна ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,11$;

n - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Витрати на комплектуючі для формування компонентів для НДДКР

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Резистори (модуль 1)	15	1,50	22,50
Резистори (модуль 2)	55	1,65	90,75
Конденсатори (модуль 1)	8	2,20	17,60
Конденсатори (модуль 2, тип 1)	8	2,05	16,40
Конденсатори (модуль 2, тип 2)	6	84,00	504,00
Конденсатори (модуль 2, тип 3)	20	3,40	68,00
Конденсатори (модуль 2, тип 4)	5	104,00	520,00
Мікросхеми (модуль 1, тип 1)	1	90,00	90,00
Мікросхеми (модуль 1, тип 2)	1	26,00	26,00
Мікросхеми (модуль 2, тип 1)	1	16,50	16,50
Мікросхеми (модуль 2, тип 2)	6	125,00	750,00
Транзистори (модуль 1, тип 1)	1	10,00	10,00
Транзистори (модуль 2, тип 1)	4	210,00	840,00
Транзистори (модуль 2, тип 2)	1	32,00	32,00
Транзистори (модуль 2, тип 3)	2	37,00	74,00
Діоди (модуль 1, тип 1)	3	14,00	42,00
Діоди (модуль 2, тип 1)	11	24,00	264,00
Діоди (модуль 2, тип 2)	20	18,00	360,00
Трансформатор (модуль 2)	1	1250,00	1250,00
Всього			4993,75

Витрати на комплектуючі з урахуванням транспортних витрат складають

$$H = 4993,75 * 1,11 = 5543,06 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання для проведення досліджень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_е} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.12)$$

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

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

$T_е$ – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 - Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Обчислювальний комплекс та комп'ютеризована система проектування	25000,00	5	1	416,67
Вимірювальний комплекс метрологічної системи	14350,00	5	1	239,17
Осцилограф	7770,00	4	1	161,88
Вольтметр	6540,00	4	1	136,25
Програмне забезпечення	10200,00	4	1	212,50
Лабораторія	420000,00	25	1	1400,00
Всього				2566,46

Витрати на силову електроенергію на проведення досліджень розраховують за формулою [15]

$$B_e = B \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (5.13)$$

де, B – вартість 1 кВт-години електроенергії, $B = 2,91$ грн./кВт –година;

P – встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n – коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Обчислювальний комплекс та комп'ютеризована система проектування	160	0,25	0,95	110,58
Вимірювальний комплекс метрологічної системи	120	0,56	0,95	185,77
Осцилограф	40	0,16	0,95	17,69
Вольтметр	45	0,25	0,95	31,10
Всього				345,15

Інші витрати охоплюють: загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, витрати на відрядження, матеріали, окремі непередбачені витрати, зв'язок, витрати на інтернет-послуги тощо.

Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників. Величина інших витрат складе

$$I = (32111,36 + 848,68) * 200\% / 100\% = 65920,10 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи

$$B = 32111,36 + 848,68 + 3625,61 + 8048,84 + 4623,60 + 5543,06 + 2566,46 + 345,15 + 65920,10 = 123632,86 \text{ (грн.)}$$

Проведемо розрахунок собівартості виготовлення розробленого пристрою.

Витрати на матеріали, що були використані на розробку пристрою, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [16]

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.14)$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
1.ДСП	кг	11,00	125	1375,00
2.Саморізи	кг	125,00	1	125,00
3.Герметик	кг	282,00	2	564,00

Продовження таблиці 5.14.

4.Шліфувальні круги	шт.	12,00	22	264,00
6.Склотекстоліт СТФ 2 – 1.5	кг	190,00	0,4	76,00
7.Хлорне залізо	кг	120,00	0,5	60,00
8.Дріт монтажний	кг	135,00	0,25	33,75
9.Лак УР-231	Кг	185,00	0,21	38,85
10.Спирт етиловий	Кг	100,00	3	300,00
11.Припой ПОС-61	Кг	695,00	0,05	34,75
12.Флюс БС-2	Кг	230,00	0,2	46,00
13. Кабель силовий	Кг	220,00	0,65	143,00
14.Фарба	Кг	100,00	3	300,00
15.Уайт спірит	Кг	65,00	1	65,00
Всього				3425,35

Вартість основних матеріалів з урахуванням транспортних витрат складає

$$M = 3425,35 \cdot 1,11 = 3802,14 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на комплектуючі, що були використані на виготовлення пристрою, розраховуються за формулою

$$H = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.15)$$

де: H_i — кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i — покупна ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Резистори (модуль 1)	15	1,50	22,50
Резистори (модуль 2)	55	1,65	90,75
Конденсатори (модуль 1)	8	2,20	17,60
Конденсатори (модуль 2, тип 1)	8	2,05	16,40
Конденсатори (модуль 2, тип 2)	6	84,00	504,00
Конденсатори (модуль 2, тип 3)	20	3,40	68,00
Конденсатори (модуль 2, тип 4)	5	104,00	520,00
Мікросхеми (модуль 1, тип 1)	1	90,00	90,00
Мікросхеми (модуль 1, тип 2)	1	26,00	26,00
Мікросхеми (модуль 2, тип 1)	1	16,50	16,50
Мікросхеми (модуль 2, тип 2)	6	125,00	750,00
Транзистори (модуль 1, тип 1)	1	10,00	10,00
Транзистори (модуль 2, тип 1)	4	210,00	840,00
Транзистори (модуль 2, тип 2)	1	32,00	32,00
Транзистори (модуль 2, тип 3)	2	37,00	74,00
Діоди (модуль 1, тип 1)	3	14,00	42,00
Діоди (модуль 2, тип 1)	11	24,00	264,00
Діоди (модуль 2, тип 2)	20	18,00	360,00
Трансформатор (модуль 2)	1	1250,00	1250,00
Разом прибрл.			4993,75

Витрати на комплектуючі з урахуванням транспортних витрат складають

$$H = 4993,75 \cdot 1,11 = 5543,06 \text{ (грн.)}$$

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють виготовлення пристрою, складання та попереднє налагодження, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою [16]

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (5.16)$$

де t_i - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n - число робіт по видах та розрядах;

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками, $K_c = 1,75$;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

C_i визначається за формулою

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad (5.17)$$

де, M_n – прожитковий мінімум для працездатної особи, грн., $M_n = 2197,00$ грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p – число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дн.;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Проведені розрахунки заносимо до таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Витрати на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1. Монтаж макетної схеми	2,25	4	1,5	32,77	73,73
2. Наладка	2,6	5	1,7	37,14	96,56
3. Випробування	15,65	3	1,35	29,49	461,53

Продовження таблиці 5.16.

4. Виготовлення друкованої плати	1,8	4	1,5	32,77	58,98
5. Виготовлення корпусу	8,8	4	1,5	32,77	288,36
6. Монтаж плати	2,15	4	1,5	32,77	70,45
7. Монтаж інтерфейсу	1,85	3	1,35	29,49	54,56
8. Наладка інтерфейсу	2,55	3	1,35	29,49	75,20
9. Складання пристрою	1,65	3	1,35	29,49	48,66
10. Наладка пристрою	2,68	5	1,7	37,14	99,53
11. Регулювання компонентів пристрою	1,82	5	1,7	37,14	67,59
12. Випробування пристрою	7,85	3	1,35	29,49	231,50
13. Регулювання пристрою (остаточне)	0,53	5	1,7	37,14	19,68
Разом прибл.					1646,33

Додаткова заробітна плата робітників, які приймали участь в виготовленні пристрою.

Розраховується як 11% від основної заробітної плати розробників та робітників

$$Z_d = Z_o \cdot 11 / 100\%, \quad (5.18)$$

$$Z_d = 1646,33 \cdot 11 / 100 \% = 181,10 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників.

Згідно діючого законодавства нарахування (ЄСВ) на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_3 = (Z_o + Z_d) \cdot 22 / 100\%, \quad (5.19)$$

$$H_3 = (1646,33 + 181,10) \cdot 22 / 100\% = 402,03 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою

$$B_e = B \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (5.20)$$

де, B – вартість 1 кВт-години електроенергії, $B = 2,91$ грн./кВт –година;

P – встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n – коефіцієнт використання потужності, $K_n=0,95$.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.17

Таблиця 5.17 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величи на оплати, грн.
Вимірювальний комплекс	0,5	0,32	0,95	0,44
Генератор сигналів	0,5	0,15	0,95	0,21
Осцилограф	1,2	0,15	0,95	0,50
Частотомір	1,2	0,16	0,95	0,53
Монтажне обладнання	2,6	0,82	0,95	5,89
Всього				7,57

Загальновиробничі витрати розраховуються згідно нормативів до основної заробітної плати основних робітників і складають

$$H_{36} = Z_o \cdot 150 / 100\%, \quad (5.21)$$

$$H_{36} = 1646,33 \cdot 150 / 100\% = 2469,49 \text{ (грн.)}.$$

Виробнича собівартість одиниці продукції

Виробнича собівартість одиниці продукції визначається як сума всіх попередніх витрат

$$S = 1646,33 + 181,10 + 402,03 + 3425,35 + 5543,06 + 7,57 + 2469,49 = 13674,94$$

(грн.).

Виробнича собівартість пристрою складає 13674,94 грн.

5.5 Розрахунок ціни реалізації об'єкту розробки

Визначення можливої ціни реалізації об'єкта розробки здійснюється на підставі аналізу нижньої та верхньої межі ціни.

Нижня межа ціни

Нижня межа ціни ($C_{нмр}$) захищає інтереси виробника продукції і передбачає, що ціна повинна покрити витрати виробника, які пов'язані з виробництвом та реалізацією продукції, і має забезпечити рівень рентабельності не нижче того, що має підприємство при виробництві вже освоєної продукції.

Ціна реалізації 0 в цьому випадку розраховується за формулою [15]

$$C_{нмр} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right), \quad (5.22)$$

де $C_{нмр}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

P – нормативний рівень рентабельності, %, рекомендується приймати $P=20\dots60\%$;

w – ставка податку на додану вартість, %, за станом на 2020 рік, $w=18\%$.

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{нмр} = S_{г} \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) = 13674,94 \cdot (1 + 20/100) \cdot (1 + 20/100) = 19691,91 \text{ (грн.)}$$

Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{вмр}$) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції змінюються у відповідності до показника якості і складає $B_2 = 1,10$, а ціна конкурентів на аналогічний продукт складає 22000,00 (грн.).

$$C_{вмр} = C_{б} \cdot B_n, \quad (5.23)$$

$$C_{вмр} = 22000,00 \cdot 1,10 = 24222,00 \text{ (грн.)}$$

Договірна ціна ($C_{дог}$) може бути встановлена за домовленістю між виробником і споживачем в інтервалі між нижньою та верхньою лімітними цінами згідно виразу

$$C_{нмр} < C_{дог} < C_{вмр}.$$

З метою забезпечення реалізації продукції договірну ціну приймемо у розмірі 20000,00 грн. Така ціна забезпечить підприємству виробнику покриття витрат і додаткові конкурентні переваги на ринку, зацікавивши споживачів покращеними характеристиками та нижчою ціною в порівнянні з конкурентами.

5.6 Розрахунок чистого прибутку для виробника від реалізації нового технічного рішення

Розрахунок чистого прибутку для виробника проводиться за формулою

$$\Pi = \left\{ \left[C_p - \frac{(C_p - MP) \cdot f}{100} - S_b - \frac{q \cdot S_b}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \quad (\text{грн.}),$$

де: C_p – ціна реалізації виробу, носія з програмним продуктом тощо, (грн.);

MP – вартість матеріальних та інших ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення готової продукції; рекомендується приймати: $MP = (0,4 \div 0,6)C_p$;

S_b – виробнича собівартість вибору, носія з програмним продуктом тощо, грн.;

f – зустрічна ставка податку на додану вартість, %. В 2020 р. $f = 16,67\%$;

h – ставка податку на прибуток, %. В 2020 р. $h = 18\%$;

q – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, %; рекомендується приймати $q = 5 \div 10\%$.

N – число виробів (носіїв), які планується реалізувати за рік, 150 шт.;

$$\Pi = 20000,00 - (20000,00 - 8968,41) \cdot 16,67 / 100\% - 13674,94 - (0,1 \cdot 13674,94) \cdot (1 - 18 / 100) \cdot 150 = 383588,48 \text{ (грн.)}.$$

Чистий прибуток для виробника складе 383588,48 (грн.).

5.7 Розрахунок терміну окупності витрат для виробника

Розрахуємо термін окупності витрат T_o (в роках) для виробника за формулою

$$T_o = \frac{B}{\Pi}, \quad (5.24)$$

де B – кошторис витрат на розробку та дослідження, $B=123632,86$ (грн.).

Π – чистий прибуток для виробника протягом одного року
 $\Pi=383588,48$ (грн.).

$$T_o = 123632,86 / 383588,48 = 0,32 \text{ (року).}$$

Термін окупності складає менше нормативного строку, отже розробку можна вважати економічно вигідною для виробника.

5.8 Висновки до розділу

При проектуванні виробу були проведені розрахунки витрат на науково-дослідну та дослідно-конструкторську роботу, які склали 123632,86 грн та визначена виробнича собівартість одиниці нового технічного рішення, яка склала 13674,94 грн, визначений чистий прибуток 383588,48 грн, який може отримати виробник протягом одного року від реалізації 150 шт. даної розробки. Також був визначений строк окупності витрат для виробника, який складає 0,32 року і є меншим за нормативний.

Отже, можна зробити висновок, що застосування нового виробу є економічно вигідним.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Мета реалізації системи управління охороною праці – всестороння підтримка виконання вимог, які повністю ліквідують, нейтралізують чи зменшують до нормованих значень вплив на працівників шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, забезпечують надійні санітарно-гігієнічні та ергономічні вимоги.

У цьому розділі проводиться аналіз небезпечних, шкідливих і уражаючих для людини та оточуючого довкілля факторів, що утворюються під час проведення розробки електроакустичного пристрою дальньої дії. В ньому розглядаються, зокрема, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення обґрунтування вибору раціонального методу захисту від шуму, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки, безпека в надзвичайних ситуаціях.

Під час розробки вказаного пристрою на працівників впливають ті або інші небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [17].

6.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.1.1 Склад повітря робочої зони та мікроклімат

Вибираємо для приміщення, в якому проводяться роботи з розробки електроакустичного пристрою дальньої дії, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Відповідно до [18] допустимі параметри температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормовані допустимі параметри мікроклімату в приміщенні [18]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Ia	21-25	18-26	75	≤0,1
Теплий	Ia	22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

Розкид значень температури повітря вздовж висоти робочої зони дозволяється до 3°С. 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), що використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, які утворюються в даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр	Значення	Клас небезпеки
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м ³	0,15	4
Іони n ⁺ , n ⁻	число іонів в 1 см ³ повітря	50000	–

Для забезпечення нормованих показників мікроклімату та чистоти повітря робочої зони запропоновано: у приміщенні має бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року; для підвищення вологості повітря потрібно використовувати зволожувачі або розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів; припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

6.1.2 Виробниче освітлення

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

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводяться роботи з розробки електроакустичного пристрою дальньої дії, відповідно до [19] визначаємо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – середній та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд *в*.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості для штучного освітлення наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Нормовані значення КПО та мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість для штучного освітлення, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	в	середній	середній	750	200	300	2	1,2

Так як приміщення розташоване у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові проїми орієнтовані за азимутом 270° , то за таких умов КЕО визначатиметься за виразом [3, 4]

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (6.1)$$

де e_H – табличне значення КЕО, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

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

$$e_{N.б} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%);$$

$$e_{N.с} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

Для забезпечення нормативних значень показників освітлення передбачено: за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; застосування загального штучного освітлення у темну пору доби.

6.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

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

Встановлено, що приміщення, в якому відбувається робота з розробки електроакустичного пристрою дальньої дії може мати робочі місця із шумом та вібрацією, який поширюється від сусідніх промислових приміщень.

З метою попередження травмування працюючих під дією шуму та вібрації вони підпадає під нормування. Головним документом стосовно промислового шуму, що діє в Україні, є [19], згідно з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в промислових приміщеннях не мають перевищувати значень, що наведено у таблиці 6.4. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 6.5 для 3-ї категорії (технологічна) типу "В".

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні віброприскорення [20]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
36	33	33	39	45	51	33

З метою поліпшення віброакустичного клімату у приміщенні передбачено:

- 1) постійне змащування підшипників вентиляторів системи вентиляції;
- 2) проведення контролю рівнів шуму та вібрації.

Обґрунтуємо вибір раціонального методу захисту від шуму, якщо розміри приміщення (м): $10 \times 7 \times 3,4$. Для визначення обґрунтування вибору раціонального методу захисту від шуму необхідно визначити частоту звукових коливань, які у даному приміщенні створюються приводом вентилятора від електродвигуна. Ця частота визначається за формулою

$$f = \frac{n}{60} \text{ [Гц]}, \quad (6.2)$$

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

$$R = 20\lg(m_0 f) - 47,5 \text{ [дБ]}, \quad (6.3)$$

де m_0 – маса 1 м² огороження, кг/м².

В якості ізолюючого матеріалу вибираємо гіпсобетонну панель, для якої $m_0 = 115$ кг/м².

Підставляючи відомі значення у формули (6.2, 6.3) одержимо

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

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

Визначимо фактичну звукоізоляцію за формулою:

$$R_\phi = R + 10\lg \frac{A}{S_i} \text{ [дБ]}, \quad (6.4)$$

де A – еквівалентна площа звукопоглинання тихого приміщення, м²;

S_i – площа звукоізолюючої перегородки, м².

Знаючи габарити приміщення визначимо еквівалентну площу звукопоглинання тихого приміщення

$$A = 2(ab + ah + bh) \text{ [м}^2\text{]}, \quad (6.5)$$

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

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

$$S_i = ah \text{ [м}^2\text{]}. \quad (6.6)$$

Підставляючи відомі значення у формули (6.5, 6.6, 6.4) одержимо

$$A = 2(10 \cdot 7 + 10 \cdot 3,4 + 7 \cdot 3,4) = 255,6 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_i = 10 \cdot 3,4 = 34 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$R_{\phi} = 19,26 + \lg \frac{255,6}{34} = 20,1505 \text{ (дБ)}.$$

Знаючи габарити приміщення визначимо об'єм приміщення за формулою

$$V = abh \text{ [м}^3\text{]}, \quad (6.7)$$

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

Підставляючи відомі значення у формулу (6.7) одержимо

$$V = 10 \cdot 7 \cdot 3,4 = 238 \text{ (м}^3\text{)}.$$

За значенням об'єму приміщення та частотою визначаємо постійну приміщення $B = 10$. Приймаємо площу звукопоглинального лічкування $S_{\text{лнч}} = 50 \text{ м}^2$.

Знайдемо загальну площу огорожувальних поверхонь приміщення

$$S_{\text{ОГОР}} = 2h(a + b) \text{ [м}^2\text{]}. \quad (6.8)$$

Знайдемо середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення

$$\alpha = \frac{B}{B + S_{\text{ОГОР}}}. \quad (6.9)$$

Визначимо значення звукопоглинання нелічкованих огорожувальних поверхонь

$$A_1 = \alpha(S_{огор} - S_{лич}) [M^2]. \quad (6.10)$$

Підставляючи відомі значення у формули (6.8, ..., 6.10) одержимо

$$S_{огор} = 2 \cdot 3,4(10 + 7) = 115,6 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\alpha = \frac{10}{10 + 115,6} = 0,08;$$

$$A_1 = 0,08(115,6 - 50) = 5,25 \text{ (м}^2\text{)}.$$

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 $A_{шт} = 0,14 \text{ м}^2$. Приймаємо кількість штучних звукопоглиначів $n_{шт} = 100$ шт.

Знайдемо значення додаткового звукопоглинання, що забезпечується личкуванням та штучними звукопоглиначами

$$\Delta A = \alpha_{лич}S_{лич} + A_{шт}n_{шт} [M^2]. \quad (6.11)$$

Визначимо середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення після встановлення звукопоглинальних конструкцій

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S_{огор}}. \quad (6.12)$$

Знайдемо постійну приміщення після проведення акустичної обробки

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1} \text{ [м}^2\text{]}. \quad (6.13)$$

Отже, знаходимо максимальне зниження рівня звукового тиску

$$\Delta L = 10 \lg \frac{B_1}{B} \text{ [дБ]}. \quad (6.14)$$

Підставляючи відомі значення у формули (6.11, ..., 6.14) одержимо

$$\Delta A = 0,06 \cdot 50 + 0,14 \cdot 100 = 17 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\alpha_1 = \frac{5,25 + 17}{115,6} = 0,192;$$

$$B_1 = \frac{5,25 + 17}{1 - 0,192} = 27,53713 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\Delta L = 10 \lg \frac{27,53713}{10} = 3,88585 \text{ (дБ)}.$$

Оскільки $R = 20,1505 \text{ (дБ)} > \Delta L = 3,88585 \text{ (дБ)}$, то як метод захисту від шуму остаточно вибираємо звукоізоляцію.

6.1.4 Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому виконується робота з розробки електроакустичного пристрою дальньої дії може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна чи кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, λ	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів випромінювань потрібно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

6.2 Технічні рішення щодо промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки електроакустичного пристрою дальньої дії.

6.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Конструкція робочого місця, його розміри і взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним властивостям людини, а також характеру праці [21].

Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, повинна складати не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм приміщення – не менше ніж 20 м^3 , висота – не менше 3,2 м [22].

Інтер'єр приміщень потрібно оздоблювати дифузно-віддзеркалювальними матеріалами з коефіцієнтом відбиття: стелі 0,7-0,8; стін 0,4-0,5; підлоги 0,2-0,3.

Поверхня підлоги повинна бути рівною, без вибоїн, не слизькою, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється використовувати для оснащення інтер'єру полімери, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

6.2.2 Електробезпека

Основними причинами ураження електричним струмом в цьому приміщенні можуть бути: робота під напругою під час проведення ремонтних робіт, несправність електрообладнання, випадковий дотик до металевих частин, що опинилися під напругою або струмоведучих частин. У відповідності до [23] це приміщення відноситься до приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності високої (понад 75 %) відносної вологості. Через це безпека експлуатації електрообладнання має забезпечуватись рядом заходів, які включають використання ізоляції струмоведучих частин, захисного заземлення, захисних блокувань та ін [24].

6.2.3 Пожежна безпека

Відповідно до [25] приміщення, де проводиться робота з розробки електроакустичного пристрою дальньої дії, відноситься до категорії пожежної небезпеки В. Дане приміщення відноситься до 2-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 6.7. В таблиці 6.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 6.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [26].

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
2	REI 120	REI 60	E 15	EI 15	R 120	R 60	REI 45	REI 15	R 30
	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

Таблиця 6.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [27]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної безпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, при ступені їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м ² , для кількості поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	B	2	100	60	40	110	9	9	12	8	н.о.	н.о.	н.о.

Примітки: н.о. – не обмежується.

Встановлюємо, що приміщення, в якому проводиться робота з розробки, має бути обладнане двома вогнегасниками, пожежним щитом, ємністю з піском [28].

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

В процесі проектування радіоелектронної апаратури важливим елементом є оцінка безпеки її роботи в умовах надзвичайних ситуацій та визначення гранично допустимих умов експлуатації даного обладнання. На зарядні пристрої, так необхідні для роботи різних мобільних систем суттєвий вплив мають іонізуючі випромінювання та електромагнітний імпульс, які можуть виводити з їх ладу навіть на дуже великих відстанях.

Розрізняють декілька видів іонізуючої радіації, яка відрізняється за складом елементарних часток, які її утворюють. Потужність дози вимірюється в рентгенах за секунду (Р/с), доза опромінення – в рентгенах. В пристрій, що проектується входять різні компоненти і матеріали. Нижче приводиться аналіз впливу ІВ на дані матеріали і компоненти.

Органічні матеріали є дуже чутливими до радіації. Дія останньої призводить до перетворення молекул в цих матеріалах, яка супроводжується хімічними реакціями, в яких виникають незворотні зміни структури речовин та їх механічних властивостей. До даних речовин належать полімерні матеріали, зокрема лавсанова плівка, якою здійснено ізоляцію.

Внаслідок впливу радіації на резистори може виникнути пробій в зв'язуючих і насичуючих ізоляцію матеріалах; зміна властивостей основного матеріалу резистора, поява провідності з причини іонізації матеріалу каркаса та покриття. Чим більше величина опору, тим більші зворотні зміни викликаються опроміненням; звідки резистори з опором порядку 10^9 є ненадійними.

Іонізуючі випромінювання призводить до незворотних та зворотних змін характеристик конденсаторів. Загальною причиною цього є зміна електронних характеристик діелектрика (діелектричної сталої та опору). При дії радіації на електролітичні конденсатори та конденсатори з масляним заповненням виникає виділення газів.

При дії іонізуючих випромінювань провідність точкового діода зменшується в прямому і зворотному напрямках; в плоских діодах провідність в прямому напрямку також зменшується. Зміна характеристик тим більше, чим більше потужність потоку.

ЕМІ здатний викликати напруги наводок в пристрої, що веде до небезпечних факторів в експлуатації, а також виникненню паразитних зв'язків. Це в свою чергу може вивести пристрій з робочого стану. Для більшої безпеки та стійкості роботи пристрою передбачається окреме екранування його блоків.

6.4.1 Визначення області працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дії іонізуючих випромінювань

Пристрій складається з таких елементів: резистори, конденсатори, транзистори, мікросхеми, діелектричні матеріали.

Визначимо максимально допустимої потужності γ - випромінювань для кожного елементу, при якій вони не зможуть працювати, а також визначмо елемент, який найбільш чутливий до дії ІВ [29]. Потужність дози для кожного типу елементів, які входять до складу електроакустичного пристрою дальньої дії носі мого мовного обладнання при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, наведені в таблиці 6.9.

Найбільш чутливим матеріалом до дії ІВ є мікросхема та діелектричні матеріали, згідно таблиці 6.9 $P_{ЗВ} = 10^4 \text{ Рад}/\text{с}$.

В якості критерію стійкості роботи РЕА використовується граничне значення рівня радіації γ - випромінювання, яке розраховується за формулою

$$P_{\text{Гран}} = K_{\text{Н}} \cdot P_{\text{ЗВ}} \cdot K_{\text{Пос}}, \quad (6.15)$$

де $K_{\text{Н}}$ – коефіцієнт надійності елементної бази, $K_{\text{Н}} = 0,9 \dots 0,95$, приймаємо $K_{\text{Н}} = 0,93$.

Тоді

$$P_{\text{гран}} = 0,93 \cdot 10^4 \cdot 7 = 6,51 \cdot 10^5 \text{ (Рад/с)}.$$

Таблиця 6.9 – Радіаційна стійкість радіоелементів електроакустичного пристрою дальньої дії

№	Елементи пристрою	$P_{\text{ЗВі}}$, Рад/с
1	Транзистори кремнієві серії ВС	10^5
2	Резистори 0,125Вт 10кОм	10^6
3	Діоди кремнієві серії murs120	10^5
4	Конденсатори Nichicon	10^5
5	Мікросхеми кремнієві SG3525	10^4
6	Діелектричні матеріали керамічні	10^4

Отже, область працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дій іонізуючих випромінювань, в яких пристрій буде ще працювати при потужності дози випромінювання, лежить в межах від 0 до $6,51 \cdot 10^5$ Рад/с.

6.4.2 Визначення області працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дії електромагнітного імпульсу

Вихідні дані: $U_{\text{ж}} = 5 \text{ В}$ – напруга живлення пристрою;

$N = \pm 5\%$ – допустимі коливання напруги живлення;

$l_{\Gamma} = 0,2 \text{ м}$ – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми.

Допустиме коливання напруги живлення визначається

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}} \cdot N}{100}, \quad (6.16)$$

$$U_{\text{доп}} = 5 + \frac{5 \cdot 5}{100} = 5,25 \text{ (В)}.$$

В якості показника стійкості елементів системи до дії ЕМІ використовують коефіцієнт безпеки, який визначається відношенням гранично допустимої напруги $U_{\text{доп}}$ до наведеної напруги, тобто до напруги, яка створена ЕМІ в даних умовах.

Коефіцієнт безпеки

$$K_{\text{б}} = 20 \cdot \lg \frac{U_{\text{доп}}}{U_{\Gamma}} \geq 40 \text{ [дБ]}. \quad (6.18)$$

Для нормальної роботи пристрою має виконуватись умова, виходячи з (6.3), тобто $K_{\text{б}} \geq 40$ дБ.

Плата пристрою розташована в горизонтальній площині [30]. Визначимо максимальну очікувану напругу в горизонтальних лініях виходячи з рівності

$$20 \lg \frac{U_{\text{доп}}}{U_{\Gamma}} = 40 \Rightarrow U_{\Gamma} = \frac{U_{\text{доп}}}{10^{40/20}}, \quad (6.19)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{5,25}{10^2} = 0,05 \text{ (В)}.$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як

$$U_{\Gamma} = E_{\text{В}} \cdot l_{\Gamma}, \quad (6.20)$$

звідки

$$E_{\text{В}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}},$$

$$E_B = \frac{0,05}{0,2} = 0,25 \text{ (В/м)}.$$

Отже, область працездатності електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах дії електромагнітного імпульсу, в якій пристрій буде ще працювати, лежить в межах від 0 до 0,25 В/м.

6.4.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи електроакустичного пристрою дальньої дії в умовах надзвичайних ситуацій.

Головними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості є: застосування в апаратурі радіаційностійких елементів і матеріалів, спеціальних радіаційних екранів або активного захисту від впливу потоків заряджених частинок. При імпульсному впливі іонізуючих випромінювань, крім перерахованих способів використовують: застосування схем, мало критичних до змін електричних параметрів; зниження напруги живлення на аноді і збільшення від'ємної напруги зсуву сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, які містять додаткові радіотехнічні схеми на період впливу радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням і інші.

В захисті від іонізуючого опромінення використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багат шарові матеріали. Для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати новітній, що полягає в захисному покритті на поверхнях даних елементів, які опромінюються покриттям з включенням атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної захисної металічної матриці. Аналізуючи вищенаведені розрахунки, можна зробити висновок, що електричні кола електроакустичного пристрою дальньої дії будуть зберігати працездатність при значеннях іонізуючих випромінювань від 0 до $6,51 \cdot 10^5$ Рад/с. Найкращим серед

заходів по підвищенню стійкості роботи електроакустичного пристрою дальньої дії від дії ЕМІ є повне укриття апаратури у екранованому металевим екраном приміщені. Але він може експлуатуватись на транспортних засобах, то бажані інші заходи по захисту, такі як струмопровідні сітки та плівкові покриття вікон, стільникові металічні 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 до волоконно-оптичних систем зв'язку, на які практично не має вплив ЕМІ. Також для захисту кабельних вводів є встановлення в конструкції вбудованих зернівських діодів.

Досить важливе значення має захист вводів до споруд таких як: електричних лінії зв'язку включаючи електромережу, водопровідні й опалювальні труби, по яким можливе проникнення наведеного ЕМІ. При оцінці стійкості роботи приймального пристрою було визначено, що безпечна робота його можлива при умові $E_B \leq 0,25 \text{ В/м}$.

Отже при дії іонізуючих випромінювань граничне значення, при якому пристрій зберігає робочий стан, становить $P_{\text{гран}} = 6,51 \cdot 10^5 \text{ Рад/с}$, а в умовах дії ЕМІ вертикальна складова напруженості електричного поля, при якій пристрій ще здатен працювати, складає $E_B = 0,25 \text{ В/м}$.

6.4.4 Висновки до розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Під час написання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення обґрунтування вибору раціонального методу захисту від шуму, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки електроакустичного пристрою дальньої дії, безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВОК

В ході виконання роботи було проведено аналіз існуючих методів обробки, підсилення та подальшого випромінення сигналів звукового діапазону з великим динамічним діапазоном, широким спектром частот та великим рівнем звукового тиску. Проведено вибір оптимального способу та реалізація можливих шляхів покращення передатних характеристик.

В якості об'єкта дослідження були процеси підсилення та подальшого перетворення електричних сигналів в акустичну енергію, які були здійснені в повній мірі.

Для виконання поставленої мети у магістерській кваліфікаційній роботі було розв'язано такі задачі, як аналіз методів обробки сигналів,

Було здійснено глибокий аналіз існуючих типів акустичного оформлення відповідно до поставлених задач, проведено розробку електроакустичного пристрою дальньої дії. В ході виконання роботи було прийнято міри по забезпеченні можливості масштабування системи, здійснення шляхом проведення експерименту, перевірки пристрою та підбиття підсумків відповідно яким роботу можна вважати виконаною в повному обсязі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хабр [Електронний ресурс] / Психоакустика – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/468685/>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.
2. Аудиогік [Електронний ресурс] / низький ккд динаміка– Режим доступу: <https://audiogeek.ru/nizkiy-kpd-dinamika/> вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.
3. Форум ІХВТ [Електронний ресурс] / Фальсифікати серед мікросхем– Режим доступу: <https://forum.ixbt.com/topic.cgi?id=95:291> вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.
4. Форум про сабвуфери [Електронний ресурс] /Інтегральний підсилювач– Режим доступу: <https://www.radiochipi.ru/usilitel-zvuka-park-audio-segi-gs/>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.
5. Форум про звук [Електронний ресурс] / Підсилювач класу G– Режим доступу: <https://hifi-club.com.ua/ua/arcam-sa30.html> , вільний. – Загл. з екрана. – Мова українська.
6. Сайт виробника Infineon [Електронний ресурс] / IRFB серія– Режим доступу: <https://www.infineon.com/cms/en/search.html#!term=irfb&view=all>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова англійська.
7. Сайт виробника Infineon [Електронний ресурс] / IRS2092 – Режим доступу: <https://www.infineon.com/dgdl/irs2092.pdf?fileId=5546d462533600a401535675f1be2790>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова англійська.
8. Форум про звук [Електронний ресурс] / різниця в типах акустики– Режим доступу: https://liroom.com.ua/articles/v_chomu_riznytsya/, вільний. – Загл. з екрана. – Мова українська.
9. Сайт виробника Infineon [Електронний ресурс] / IRS2092 – Режим доступу: <https://www.cypress.com/>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова англійська.
10. Форум про звук [Електронний ресурс] / різниця в типах акустики– Режим доступу: <https://stereo.ru/to/t808p-kak-rabotaet-usilitel-klassa-d-ili-ne-takoy-kak-vse>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.

11. Форум про звук [Електронний ресурс] / різниця в типах акустики– Режим доступу: <http://elschemo.ru/dlya-nachinayushhix/osnovy-raboty-v-proteus-7-chast1/>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.
12. Сайт виробника Faital Pro [Електронний ресурс] / 5FE120 – Режим доступу: https://faitalpro.com/ru/products/LF_Loudspeakers/product_details/index.php?, вільний. – Загл. з екрана. – Мова англійська.
13. Сайт виробника Rational Acoustics [Електронний ресурс] / Rational Acoustics – Режим доступу: <https://www.rationalacoustics.com/support/430568-Smart-v7>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова англійська.
14. Сайт виробника ScetchUP[Електронний ресурс] / Google inc.– Режим доступу: <https://www.sketchup.com/uk>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова англійська.
15. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.
16. Козловський В.О. Технічно-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75с.
17. ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
18. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
19. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
20. Посібник по розрахунку та проектуванні, природнього, штучного та суміщеного освітлення НПСФ – М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.
21. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
22. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
23. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабоче місце при виконанні робіт в сидячому положенні. Загальні ергономічні вимоги.

24. 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.
25. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. – 382 с.
26. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
27. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
28. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.
29. СНИП 2.09.02-85. Протипожежні норми проектування будівель та споруд.
30. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97), МОЗ України. – К., 1997.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. каф. РТ, д.т.н., проф.
_____Осадчук О.В.
" __ " _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

Електроакустичний пристрій дальньої дії
08-36.МКР.006.00.000 ТЗ

Керівник роботи:
_____ д. т. н., проф. Осадчук О.В.
" __ " _____ 2020 р.

Розробив студент гр. РТ-19м
_____ Лістратенко М.О.
" __ " _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ 2020

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету № 214 “25 ” 09 2020 року та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: “03” вересня 2020 р.

Дата закінчення: “10” грудня 2020 р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

Метою роботи є аналіз, розробка та дослідження методів підсилення акустичних сигналів дальньої дії. Основна увага приділяється ефективності перетворення електричної енергії в акустичну.

Об’єктом дослідження є процеси підсилення та подальшого перетворення електричних сигналів в акустичну енергію.

Предметом дослідження – цифрові методи обробки сигналів з подальшим підсиленням, перетворення за допомогою акустичних оформлень.

Для досягнення поставленої мети в магістерській кваліфікаційній роботі **розв’язуються такі завдання:**

1. Аналіз методів обробки сигналів
2. Аналіз існуючих типів акустичного оформлення відповідно до поставлених задач;
3. Розробка електроакустичного пристрою дальньої дії;
4. Експериментальна перевірка пристрою та підбиття підсумків.

3. Джерела розробки

1. Бенда Д. Поиск неисправностей в электрических схемах. Пер. с нем./ Д. Бенда. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 256 с: ил. — (Электроника). – ISBN 978-5-9775-0359-4.
2. Шмаков С. Б. Энциклопедия радиолюбителя. Современная элементная база. / С. Б. Шмаков. – СПб.: Наука и Техника, 2012. – 384 с. – ISBN 978-5-94387-859-6.

3. Расчет надежности узлов и блоков РЭС [Электронный ресурс] / Интерактивная система основных конструкторско-технологических расчетов РЭС (ИСОКТР РЭС) – Режим доступа: <http://skr.radioman.ru/depend/index.htm>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.
4. Шрюфер Е. Обработка сигналов: цифровая обработка дискретизованных сигналов / За ред В.П.Бабака. – К.: Либідь, 1992. – 296 с.

4. ВИКОНАВЕЦЬ

Вінницький національний технічний університет, кафедра радіотехніки,
студент групи РТ-19М Лістратенко М.О.

5 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Пропонується реалізувати .

5.1 Електричні параметри:

- Номінальна потужність каналів – 1000Вт;
- Напруга живлення – 230 В;
- Робочий діапазон частот– 26...22кГц;
- Споживання в режимі очікування– 40Вт.

5.2 Кліматичні умови:

5.2.1 Атмосферний тиск на висоті до 2500 м над рівнем моря, не вище, кПа 75.

5.2.2 Температура навколишнього середовища, -20...+70 °С.

5.2.3 Відносна вологість повітря при 23 °С, % 65.

5.3 Експлуатаційні параметри:

5.3.1 Використовувати за призначенням;

5.3.2 Час напрацювання на відмову, не менше, год 10 тис.

6. ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1.	Огляд літературних джерел. Вибір, узгодження та затвердження теми МКР	03.09.2020	14.09.2020	Проведено огляд літературних джерел. Вибрана тема	Узгодження теми МКР по кафедрі
2.	Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	15.09.2020	21.09.2020	Аналіз літературних джерел. Підготовлений матеріал основних розділів	Вступ
3.	Затвердження теми. Розробка технічного завдання	21.09.2020	25.09.2020	Розроблене ТЗ	Наказ ВНТУ про затвердження теми Додаток А
4.	Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми	26.09.2020	09.10.2020	Проведений аналіз. Розроблені схеми пристрою	Вступ Розділ 1-2 Звіт по переддипломній практиці
5.	Електричні розрахунки. Експериментальне дослідження	10.10.2020	25.10.2020	Проведені розрахунки та дослідження	Розділ 3
6.	Розділ моделювання	26.10.2020	04.11.2020	Проведено моделювання	Результати моделювання
7.	Розробка графічної частини МКР	05.11.2020	15.11.2020	Плакати. Структурні та електричні схеми	Графічна частина

8.	Аналіз економічної ефективності розробки	16.11.2020	19.11.2020	Економічна частина	Розділ 5
9.	Охорона праці (ОП)	19.11.2020	22.11.2020	Частина БЖД	Розділ 6
10.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	23.11.2020	29.11.2020	Оформлена документація	ПЗ та графічна частина
11.	Нормоконтроль	30.11.2020	01.12.2020	Підпис нормоконтроля	Оформлена ПЗ та графічна частина
12.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР	02.12.2020	04.12.2020	Позитивні відгуки	Відзив. Рецензія
13.	Захист МКР ЕК	11.12.2020	14.12.2020	Захист	Протокол ЕК

7. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОРЯДОК РЕАЛІЗАЦІЇ МКР

В результаті виконання роботи буде зроблено:

- Електричну принципову та блок схеми електроакустичного пристрою дальньої дії;
- Отримано результати комп'ютерного моделювання;
- Проведено експериментальне дослідження.

Очікуваний економічний ефект. При впровадженні результатів досліджень та розробки очікується покращення якісних характеристик розроблюваного пристрою.

8. МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ ТА ПІД ЧАС ЕТАПІВ

За результатами виконання МКР до ЕК подаються пояснювальна записка, графічна частина МКР, відзив та рецензія.

9. ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ МКР ТА ЇЇ ЕТАПІВ

Поетапно результати виконання МКР розглядаються керівником роботи та обговорюються на засіданні кафедри.

Захист магістерської кваліфікаційної роботи відбувається на відкритому засіданні ЕК.

10. ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація, що розробляється в процесі виконання роботи повинна містити:

- схему електричну електроакустичного пристрою дальньої дії;
- проведення комп'ютерного моделювання;
- дослідження питань охорони праці.

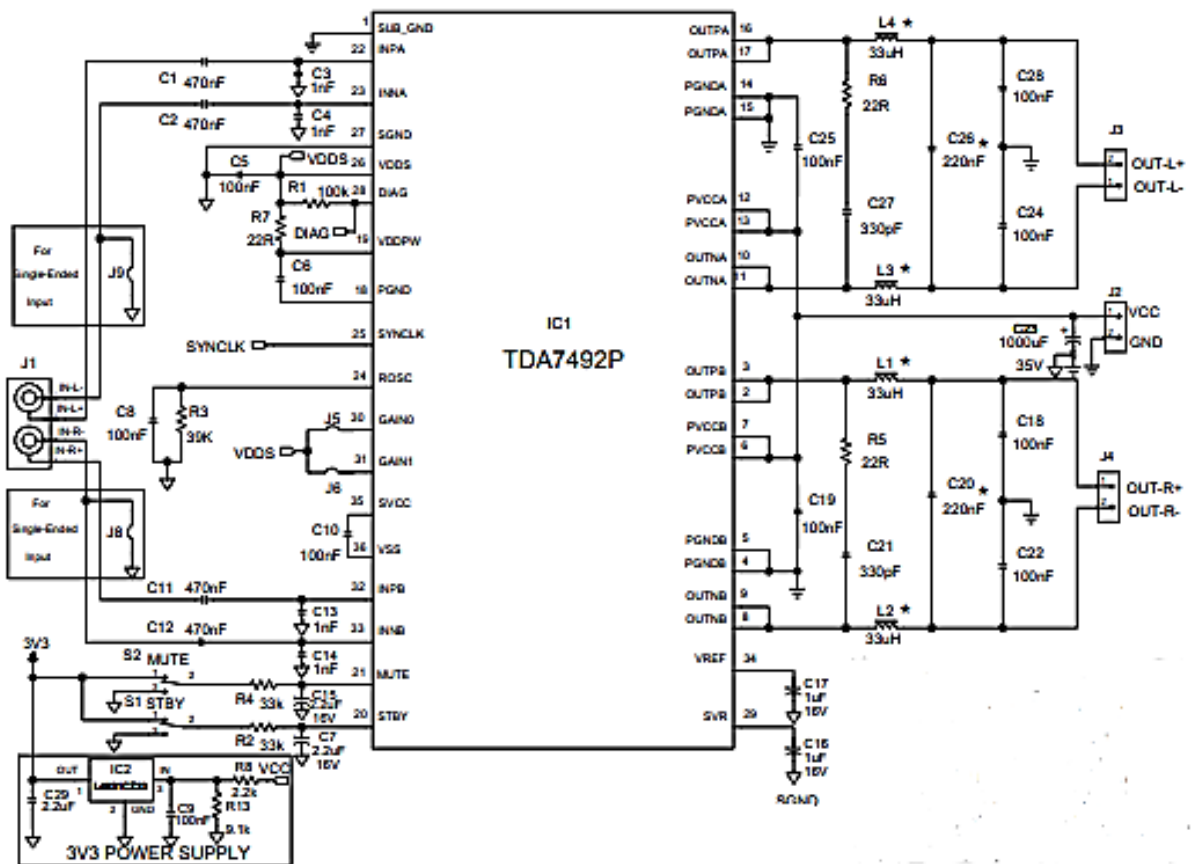
11. ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

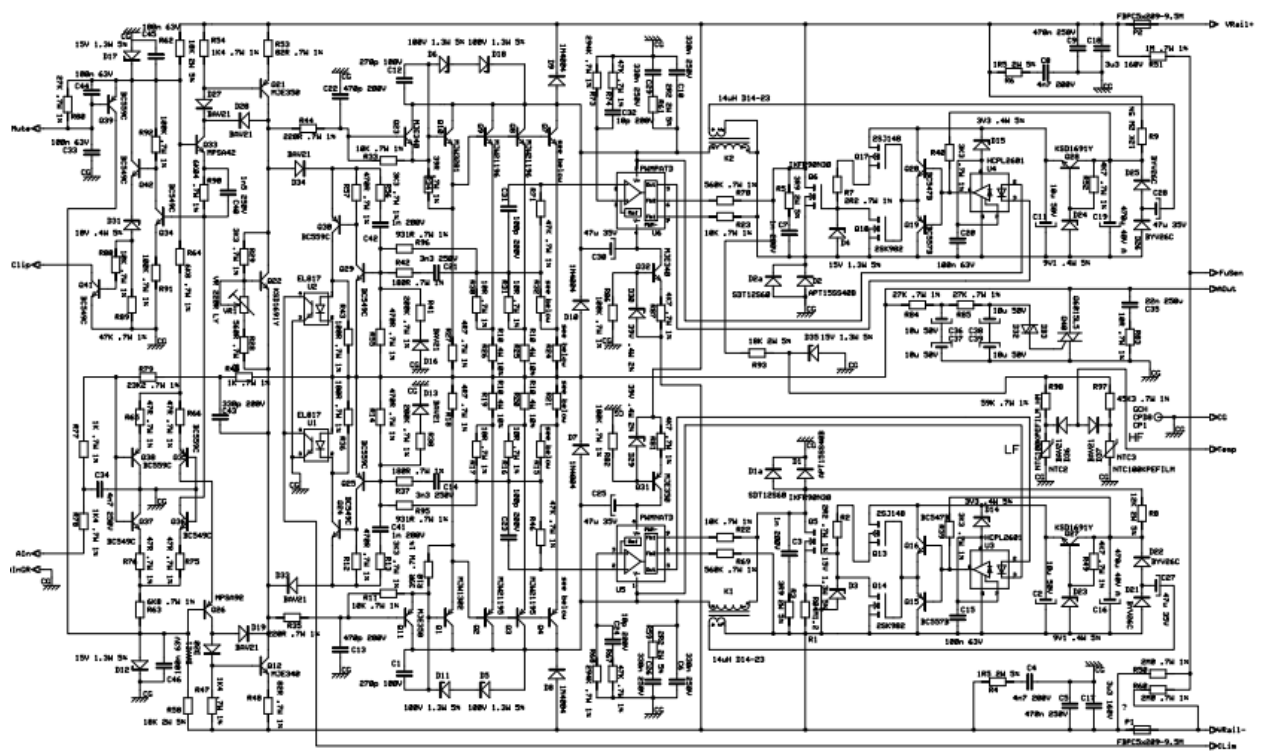
Типова схема ввімкнення мікросхеми серії TDA7492

Схема електрична принципова



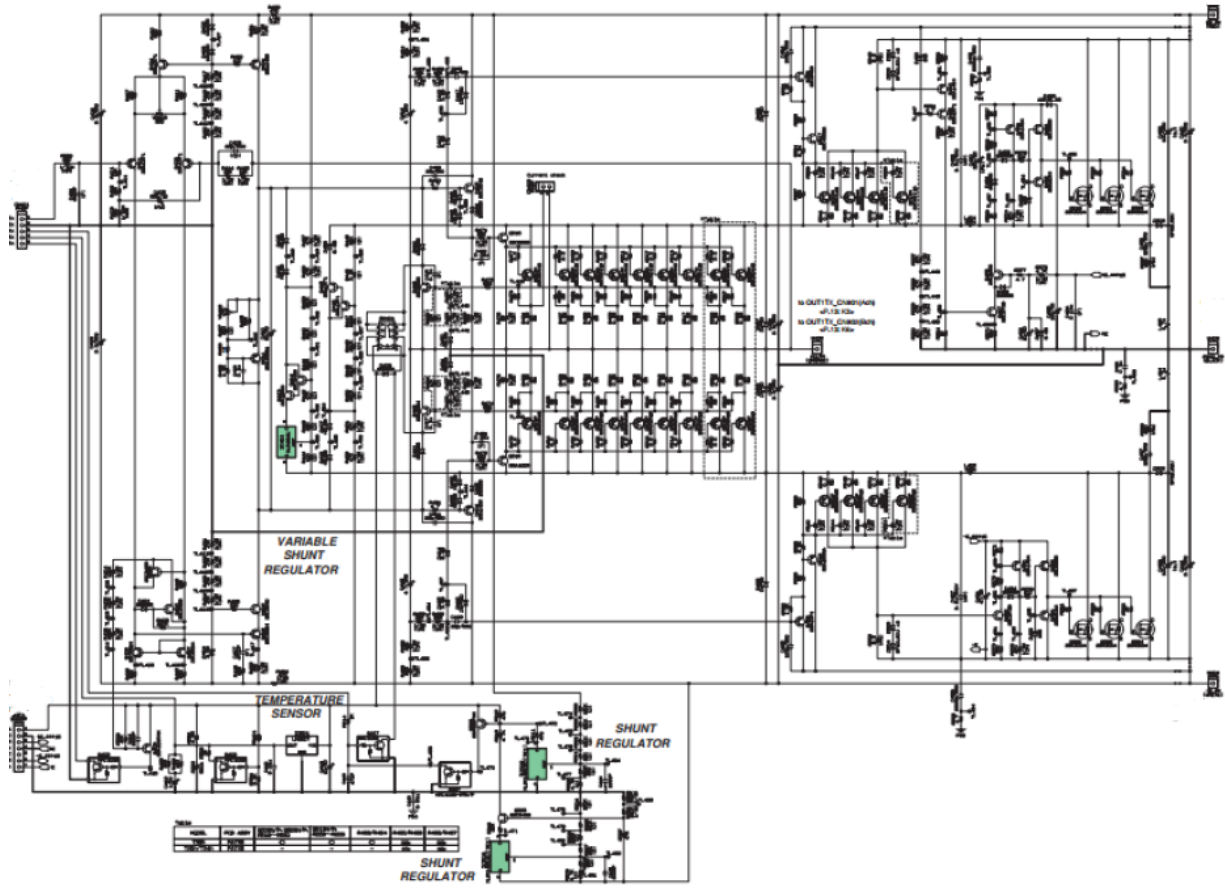
ДОДАТОК В
(обов'язковий)

Типова схема підсилювачів класу TD
Схема електрична принципова



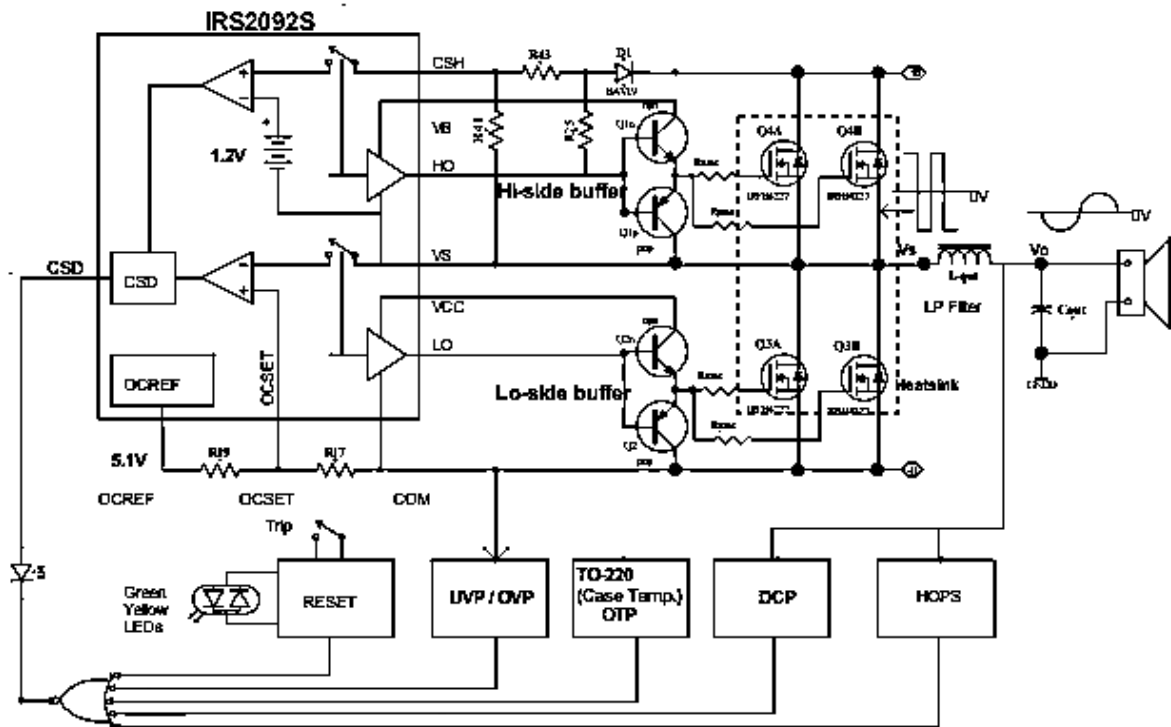
ДОДАТОК Д
(обов'язковий)

Типова схема підсилювачів в класі G
Схема електрична принципова



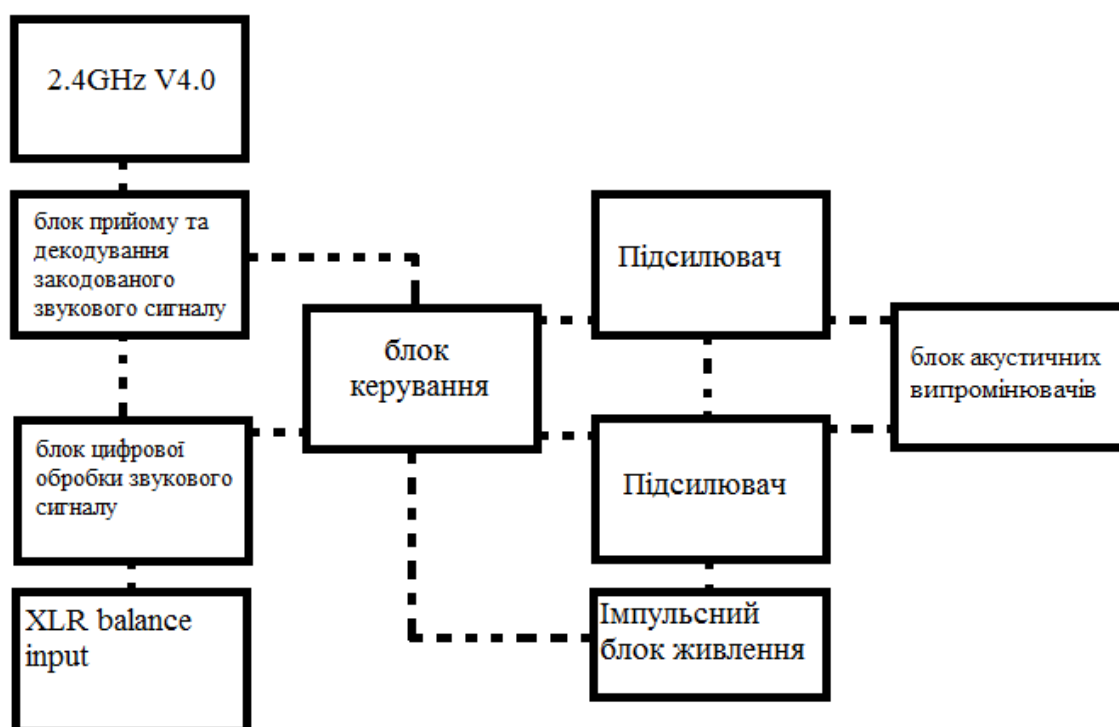
ДОДАТОК Е
(обов'язковий)

Підсилювач класу D
Основна структурна схема підсилювача



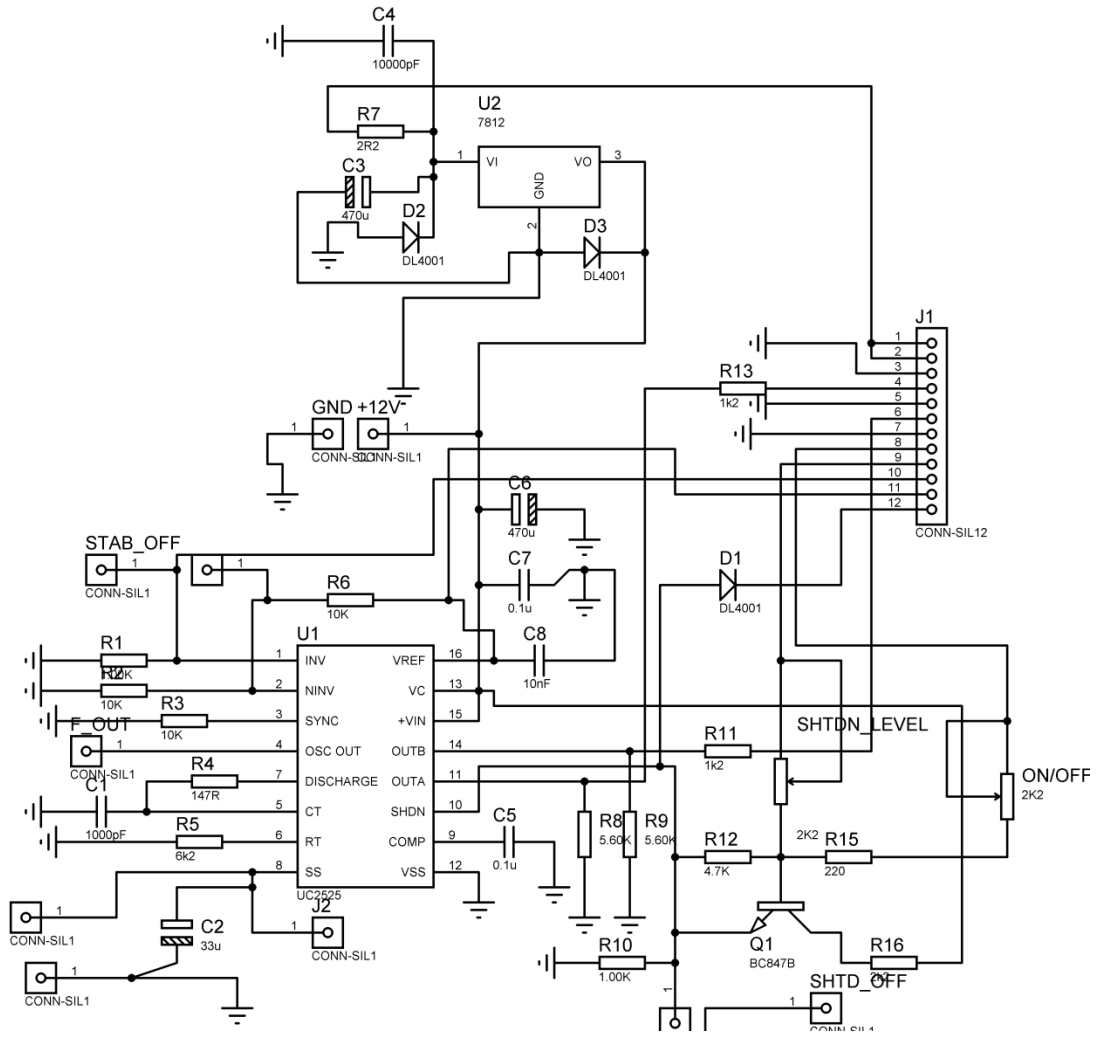
ДОДАТОК Ж
(обов'язковий)

Електроакустичний пристрій дальньої дії
Розширена структурна схема



ДОДАТОК К
(обов'язковий)

Електроакустичний пристрій дальньої дії
Схема електрична принципова



ДОДАТОК Л
(обов'язковий)

Схема керування силовими транзисторами
Схема електрична принципова

