

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(підпис/примітка)

« »

»

»

»

»

р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати

(код та назва спеціальності)

на тему: Двополярний блок живлення для підсилювача
класу А

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи РК-51

(шифр групи)

Михайкіт Віктор

(прізвище та по батькові)

(підпис)

Керівник ст. викл. к.т.н. Шумова А.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з охороони праці доцент. к.т.н., Каштанов С.Ф.

(посада/спеціальність)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць ін-
ших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет (інститут) радіотехнічний
(повна назва)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
А. Нелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

« » травня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Михайкіну Володимиру Петровичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектний блок живлення для підсилювача низької частоти

керівник проекту (роботи) Ст. викл. к.т.н. Шуміга Аліна Вікторівна
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені на кафедрі університету від « » 2019 р. №

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Огляд блоків живлення, Аналіз ТЗ, розробка схеми електричної крімпульсової, вибір та розробку-вання елементної бази, проектування друкованої плати, розра-

АНОТАЦІЯ

В даному дипломному проекті було розроблено двополярний блок живлення для підсилювачів низької частоти. Спроектовано схему електричну принципову. Розроблено корпус для пристрою.

Наведено розрахунки по проектуванню друкованої плати, розрахунок на вібростійкість, надійність і тепловий розрахунок. Розроблені рекомендації з охорони праці.

Дипломний проект включає 55 сторінок пояснювальної записки, 22 ілюстрацій, 7 таблиць, 11 креслень, 15 бібліографічних найменувань.

Ключові слова: блок живлення, плата, друкована плата, елементи.

Михейкі́н В.П. РК-51-2019

ANNOTATION

In this diploma project was developed a bipolar power supply for low frequency amplifiers. A circuit diagram of electrical principles and the case for the device has been designed.

The calculations on the design of a printed circuit board, calculation of vibration resistance, reliability and thermal calculation are given. Recommendations on occupational safety have been developed.

Diploma project includes 55 pages of the explanatory note, 22 illustrations, 7 tables, 11 drawings, 15 bibliographic titles.

Keywords: power supply, board, printed circuit board, elements.

Михейкіні В.П. РК-51, 2019

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Двополярний блок живлення для підсилювачів низьких частот

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	3
Вступ.....	4
1 Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання.....	5
1.1 Огляд блоків живлення.....	5
1.2 Огляд та аналіз аналогів на ринку.....	6
1.3 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень	10
1.4 Аналіз технічного завдання	13
1.4.1 Технічні характеристики.....	14
1.4.2 Вимоги до складових конструкції	14
2 Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення.....	15
2.1 Розробка схеми електричної принципової.....	15
2.2 Вибір та обґрунтування елементної бази	18
2.3 Вибір резисторів.....	20
2.4 Вибір конденсаторів	21
2.5 Вибір транзисторів.....	21
2.6 Вибір мікросхем.....	22
3 Проектування електронного модуля.....	24
3.1 Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати	24
3.2 Електричний розрахунок друкованої плати.....	28
3.3 Вибір та обґрунтування матеріалу друкованої плати	31
3.4 Вибір та обґрунтування класу точності виготовлення ДП.....	32
3.5 Вибір та обґрунтування методу виготовлення друкованої плати.....	32
4 Проектування приладу та аналіз працездатності.....	34
4.1 Огляд готової конструкції.....	34
4.2 Тепловий розрахунок.....	35

					PK51.436617.001 ПЗ			
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Двополярний блок живлення	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Михейкін В.					1	55
Перев.								
Т. контр								
Н. Контр.		Попсуй В.І.						
Затв.		Шульга А.В.			НТУУ “КПІ” РТФ			

4.3 Розрахунок на віброміцність.....	36
4.4 Розрахунок основних показників надійності	37
4.5 Розрахунок трансформатора	41
5 Охорона праці.....	45
5.1 Визначення основних потенційно шкідливих та небезпечних виробничих факторів.	45
5.2 Технічні рішення та організація заходів з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.....	46
5.2.1 Електробезпека	46
5.2.2 Розрахунок електромережі на вимикаючу здатність при аварійному режимі роботи електрообладнання	47
5.3 Відповідність параметрів повітря робочої зони санітарним нормам при проведенні технологічного процесу пайки.....	48
5.4 Пожежна безпека та профілактика.....	50
Висновки	53
Перелік джерел посилань.....	54
Додаток А. Технічне завдання.....	55
Додаток Б. Специфікація на прилад.....	60
Додаток В. Специфікація на друкований вузол.....	62
Додаток Г. Перелік елементів	65
Додаток Д. Специфікація на друкований вузол.....	67
Додаток Е. Перелік елементів.....	70

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БЖ — блок живлення.

ДП — друкована плата;

ДДП — двостороння друкована плата;

ЕРЕ — електрорадіоелементи;

КЗ — коротке замикання;

КД — конструкторська документація;

ККД — коефіцієнт корисної дії;

КМ — контактний майданчик;

ОП — операційний підсилювач;

ПНЧ — підсилювач низьких частот;

ПХЛ — помірно-холодний клімат;

РЕА — радіоелектронна апаратура;

ТЗ — технічне завдання.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Завданням даного дипломного проекту є створення стаціонарного блока живлення (БЖ) для підсилювача низьких частот (ПНЧ). Пристрій можна використовувати не лише для підсилювачів звуку, а й для живлення різної апаратури, діапазон напруги живлення якої може бути близьким до вихідної напруги проектованого пристрою.

З розвитком технологій пристрої стають меншими та компактнішими, але для живлення потужних пристроїв необхідні великі значення енергії. Як відомо в мережі змінна напруга 220В. Деяким пристроям цього забагато, і необхідно її перетворювати. Для таких випадків і створюють блоки живлення.

Лінійні (трансформаторні) блоки живлення мають коефіцієнт корисної дії (ККД), що не перевищують 50% і відносно великі габарити та масу. Тому останнім часом все ширше використовуються імпульсні джерела живлення. ККД таких пристроїв досягає 98%, а габаритні розміри в кілька разів менші ніж у лінійних. Проте рівень шумів, що буде у вихідному сигналі такого БЖ, дещо більший, ніж у лінійних. Тож оскільки ми проектуємо блок живлення для підсилювачів низької частоти, він буде лінійним.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд блоків живлення

На сьогодні існують різні види блоків живлення. Основні відмінності між ними полягають у принципі їхньої роботи, в максимальних вихідних параметрах, габаритах, та їхніх призначеннях. В залежності від потужності розміри БЖ можуть змінюватись. Вихідна напруга може формуватись або мікросхемою, що стабілізує напругу, або стабілітронами, або навіть самим трансформатором.

Зростаюча популярність перетворювачів змінної напруги в постійну пов'язана з цілим рядом переваг їх застосування, що включають в себе не великі габарити, можливість їхнього зручного транспортування, зменшення вартості готового виробу, різноманітність електричних схем у відповідності до потреб користувача, можливість створення універсальних джерел живлення і т.д.

Одним з основних напрямів розвитку блоків живлення є збільшення їхніх ККД та одночасно збільшення стабільності вихідного сигналу.

Переваги трансформаторних БЖ:

- простота конструкції;
- надійність;
- доступність елементної бази;
- відсутність створюваних радіозавад (на відмінну від імпульсних блоків живлення).

Недоліки трансформаторних БЖ:

- велика маса та габарити;
- металоємність;
- компроміс між ККД та стабільністю вихідної напруги;
- слабка стійкість таких БЖ до великих стрибків напруги.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Існує великий вибір блоків живлення для певних приладів з відповідними номіналами вихідних напруг та струмів. При цьому для відповідності всім вимогам застосовуються додаткові схемотехнічні рішення, що забезпечують захист від перенапруг, коротких замикань на виході, і т.д. Активні і пасивні захисні схеми будуються із застосуванням активних і пасивних електронних компонентів відповідно. Кожен із способів має свої переваги і недоліки. Схеми на дискретних компонентах відрізняються простотою реалізації, вони використовують плавкі і самовідновлювані запобіжники для захисту від перевантаження по струму, варистори, стабілітрони і TVS-діоди - від перевантаження по напрузі, випрямні діоди - від неправильної полярності живлення. Плавкі і самовідновлювані запобіжники мають обмеження по швидкодії.

В основі активних захисних схем лежить застосування додаткових зовнішніх транзисторів і спеціалізованих мікросхем, що забезпечують найвищу ступінь захисту. Вони безперервно відстежують робочі параметри джерела живлення і, в разі виникнення аварійних ситуацій, дозволяють обмежити вплив тривалих перенапруг і перевантажень або провести оперативне відключення модулів від шини живлення. До мінусів такого рішення слід віднести ускладнення схеми, збільшення займаної площі на друкованій платі (ДП) і значне збільшення вартості. Використання мікросхем з широким вхідним діапазоном допомагає усунути ці недоліки і дозволяє з запасом перекрити весь діапазон напруг живлення, а також в ряді випадків скоротити або навіть усунути необхідність використання зовнішніх елементів захисту. Підсумкове рішення відрізняється компактністю і високою стійкістю до дії потужних перешкод.

1.2 Огляд та аналіз аналогів на ринку

Проведемо огляд та порівняння наявних на ринку двополярних блоків живлення. Як правило це регульовані лабораторні блоки живлення з

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

індикацією, але вони мають більш широке застосування ніж розроблювальний прилад.

Представником такого пристрою є лабораторний блок живлення ZHAOXIN RXN-305D [1], що вказаний на рисунку 1.1.

Технічні характеристики:

- LED індикація;
- Напруга живлення мережі 220В;
- Регульоване значення вихідної напруги до 30В;
- Регульований вихідний стабілізований струм до 5А;
- Амплітуда пульсацій вихідної напруги <0.5 мВ;
- Захист від короткого замикання;
- Активне охолодження;
- Габаритні розміри 28x12,6x15 см;



Рисунок 1.1 — Двополярний блок живлення

Ще одним варіантом пристрою який є на ринку можна представити лабораторний блок живлення YINUA 605D [2], який зображений на рисунку 1.2.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Технічні характеристики:

- LED індикація;
- Регульований вихідний стабілізований струм до 5А;
- Регульоване значення вихідної напруги до 60В;
- Амплітуда пульсацій вихідної напруги <1 мВ;
- Напруга живлення мережі 220В;
- Захист від короткого замикання;
- Активне охолодження.
- Габаритні розміри 25,5x13x15 см;



Рисунок 1.2 — Потужний двополярний блок живлення

Наступною моделлю пристрою, можна представити Masteram HPS3030D [3], що вказаний на рисунку 1.3.

Технічні характеристики:

- LED індикація;
- Регульований вихідний стабілізований струм до 30А;
- Регульоване значення вихідної напруги до 60В;
- Амплітуда пульсацій вихідної напруги <1 мВ;

					PK51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- Напруга живлення мережі 220В;
- Захист від короткого замикання;
- Активне охолодження.
- Габаритні розміри 8,1x16,5x22 см;



Рисунок 1.3 — Потужний лабораторний блок живлення Masteram HPS3030D

Проаналізувавши наявні пропозиції на ринку і порівнявши їх параметри з тими, що необхідні можна дійти до висновку, що вони не задовольняють і необхідно розробити власний пристрій. По-перше, в нас є обмеження на потужність та вихідні параметри пристрою. По-друге, для ПНЧ необхідний наднизький рівень пульсацій вихідної напруги. По-третє, регулювання та індикація величини вихідних напруги та струму не потрібні. Отже, розроблювальний пристрій має бути меншим за габаритами ніж представлені на ринку, менш потужними (не більше 150 Вт), без активного охолодження, якщо за розрахунками це можливо, а також мати наднизький рівень пульсацій, щоб не спотворювати якість звуку при використанні в підсилювачах низької частоти.

						РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

1.3 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень

На рисунках наведені схеми різних по складності та параметрах двополярних блоків живлення, що можуть існувати на ринку.

На рис.1.4 [4] зображено найпростіший варіант реалізації пристрою.

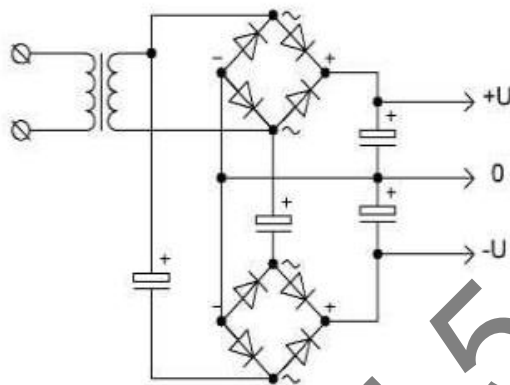


Рисунок 1.4— Схема утворення середньої точки

В схемі цього двополярного блока живлення використано одну вторинну обмотку замість двох за рахунок двох діодних мостів, в результаті чого падає напруга на р-п переходах діодів. В схемі відсутні стабілізація вихідної напруги, системи захисту від короткого замикання (КЗ), а також вона має малий коефіцієнт фільтрації пульсацій.

Інший варіант реалізації пристрою зображений на рис. 1.5 [4].

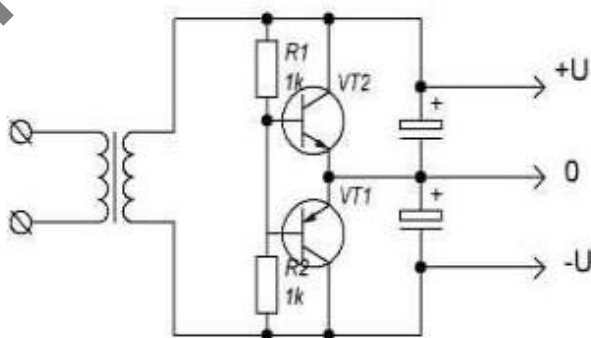


Рисунок 1.5 — Схема утворення середньої точки

В даній схемі не використовуються діодні мости, що дозволяє зменшити кількість компонентів. Також використовується лише одна обмотка. Аналогічно до попередньої схеми, тут відсутня стабілізація вихідної напруги,

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

система захисту від КЗ, а також вона має малий коефіцієнт фільтрації пульсацій.

Класичний варіант схеми зображено на рис.1.6 [4].

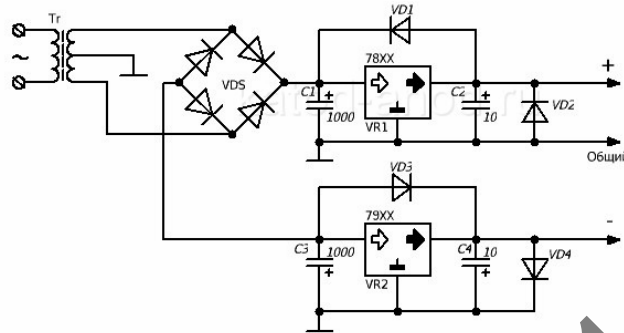


Рисунок 1.6 — Схема двополярного блока живлення на мікросхемних стабілізаторах напруги

Класичний варіант простого двополярного блока живлення. В трансформаторі використовується відвід від середньої точки, що підвищує складність виготовлення. Стабілізатори напруг мають вбудований захист від перегріву та КЗ на виході. Схема може працювати некоректно та нестабільно за рахунок використання двох позитивних стабілізаторів.

Щоб обійтись без використання мікросхем можна застосувати схему? що зображена на рис. 1.7 [4].

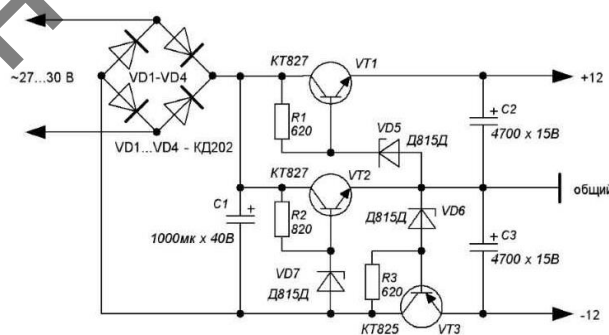


Рисунок 1.7 — Схема перетворення однополярного живлення в двополярне, без можливості регулювання.

В схемі використовуються активні фільтри на транзисторах, через що ККД схеми може бути зменшене, але натомість підвищений коефіцієнт фільтрації пульсацій. Схема чутлива до зміни температури. Доцільніше

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

використовувати спеціалізовані мікросхеми, які забезпечать кращу роботу пристрою.

Саме з використанням таких мікросхем є схема, зображена на рис. 1.8 [4].

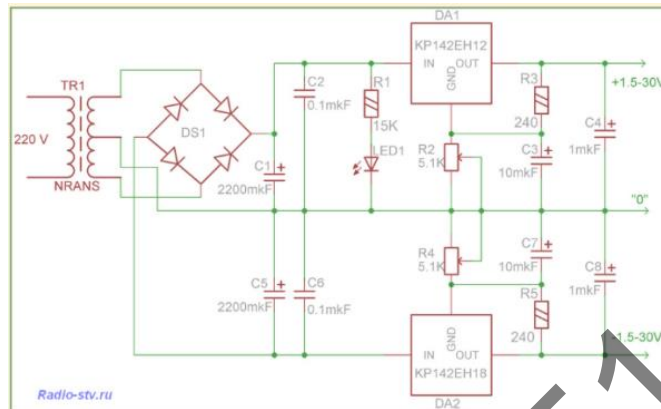


Рисунок 1.8— Схема регульованого двополярного блока живлення

Навідміну від схеми на рисунку 1.6, в цій схемі використані позитивний та негативний стабілізатори напруги, має менший коефіцієнт пульсацій, а також передбачена можливість регулювання вихідної напруги Низьке ККД, так як на вхід необхідно подавати на 3 вольти більше.

Модернізацією попереднього варіанту є схема, зображена на рис. 1.9 [4].

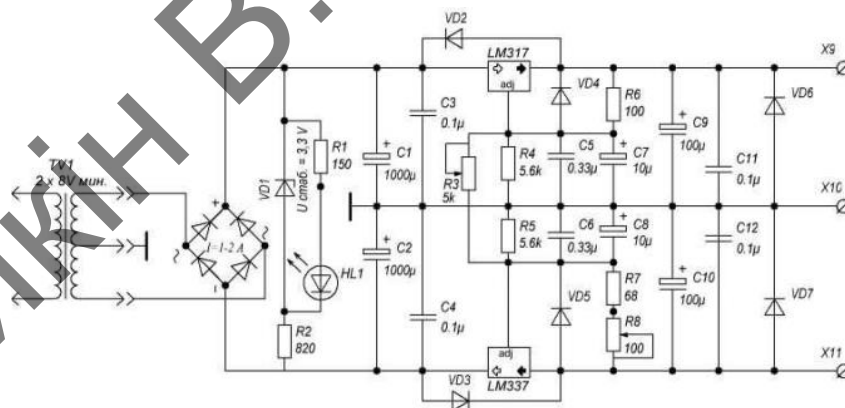


Рисунок 1.9 — Схема модуля регульованого блока живлення

Є можливість регулювання вихідної напруги. В результаті частого користування змінними резисторами, або одним з двоєним, вони можуть вийти з ладу і регулювання буде нерівномірним на кожне плече. Різниця між вхідною напругою з трансформатора та вихідною напругою на плечах становить 2В.

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РК51.436617.001 ПЗ				

Схема імпульсного двополярного блока живлення показана на рис.1.10.[5]

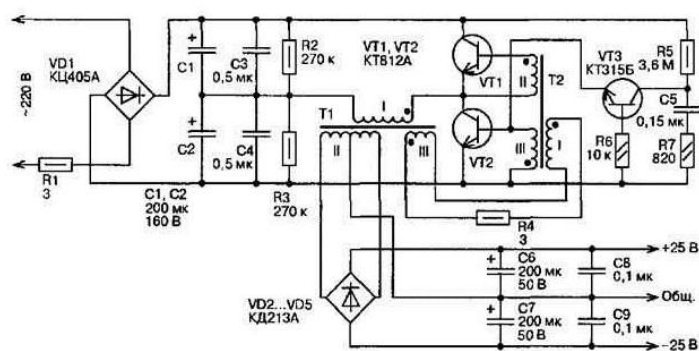


Рисунок 1.10 — Економний імпульсний блок живлення

Недоліком цієї схеми є велика кількість моткових виробів, що збільшують габарити і масу пристрою. Потужність цієї схеми становить близько 180 Вт, але цього забагато. Розмах пульсацій при струмі 3,5 А не перевищує 10% для частоти 100Гц.

Ці схеми відрізняються складністю виготовлення, вихідними параметрами та принципом дії. Для забезпечення необхідних параметрів, ці схеми не є задовільними.

1.4 Аналіз технічного завдання

Згідно пункту 1 технічного завдання «Технічні вимоги призначення»: розроблюваний пристрій є стаціонарним блоком живлення.

Забезпечити живлення пристрою від мережі в діапазоні напруг $220 \text{ В} \pm 10\%$.

Основними чинниками, що впливають на потужність пристрою є трансформатор, стабілізатори напруг та струмів та вихідні транзистори.

Для забезпечення живлення підсилювачів звуку з напругою живлення до $+14/-14\text{В}$ як вимагає технічне завдання (ТЗ) необхідно:

- обрати потужні гальванічні елементи;
- обрати потужні транзистори;
- обрати електролітичні конденсатори великої ємності;

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- спроектувати друковану плату з урахуванням нагріву силових елементів схеми.

Для забезпечення низького рівня пульсацій вихідної напруги не більше 0,25 мВ необхідно:

- використати конденсатори у якості пасивного фільтру;
- використати активний фільтр;
- забезпечити аналіз вихідного сигналу та його автоматичне регулювання у разі виходу із заданих меж.

1.4.1 Технічні характеристики

Блок живлення повинен відповідати кліматичним умовам експлуатації за ГОСТ 15150-69 [6]. При виконанні ПХЛ 4.2: температура від +10 до +35°C, граничні температури: мінімальна -10°C, максимальна +55°C. При 25°C відносна середня вологість повітря 80%.

Блок живлення за стійкістю до механічних впливів повинен відповідати по ГОСТ 16019-2001 [7] група С1. Стійкість при вібрації в діапазоні частот 10...70 Гц і амплітуді прискорення 19,6 м/с².

Середній наробіток на відмову, з ймовірністю Рд = 0,95 не менше 10000 годин. Середній строк служби, не менше ніж 2 роки.

В пристрій необхідно включити елементи захисту:

- Запобіжник;
- Вимикач живлення.

1.4.2 Вимоги до складових конструкції

Для забезпечення мінімальної вартості одиничного виробництва, слід використовувати деталі та матеріали, що є у вільному доступі та дозволені для використання в РЕА. Радіоелементи бажано використовувати нові.

Пристрій повинен мати вимикачі, індикатори робочого стану, вхідні та вихідні роз'єми. Встановити 4 ніжки з демпфуючого матеріалу для зручного розміщення пристрою на робочому місці та зменшенню впливу вібрації.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

2.1 Розробка схеми електричної принципової

Перш за все необхідно розробити структурну схему блока живлення. Найпростіша схема включає в себе трансформатор, випрямлячі, ФНЧ та стабілізацію. Стабілізація компенсаційного типу [8] буде складатися з ключа на польовому транзисторі, та системи керування заслоном на операційному підсилювачі. Структурну схему наведено на рис. 2.1.

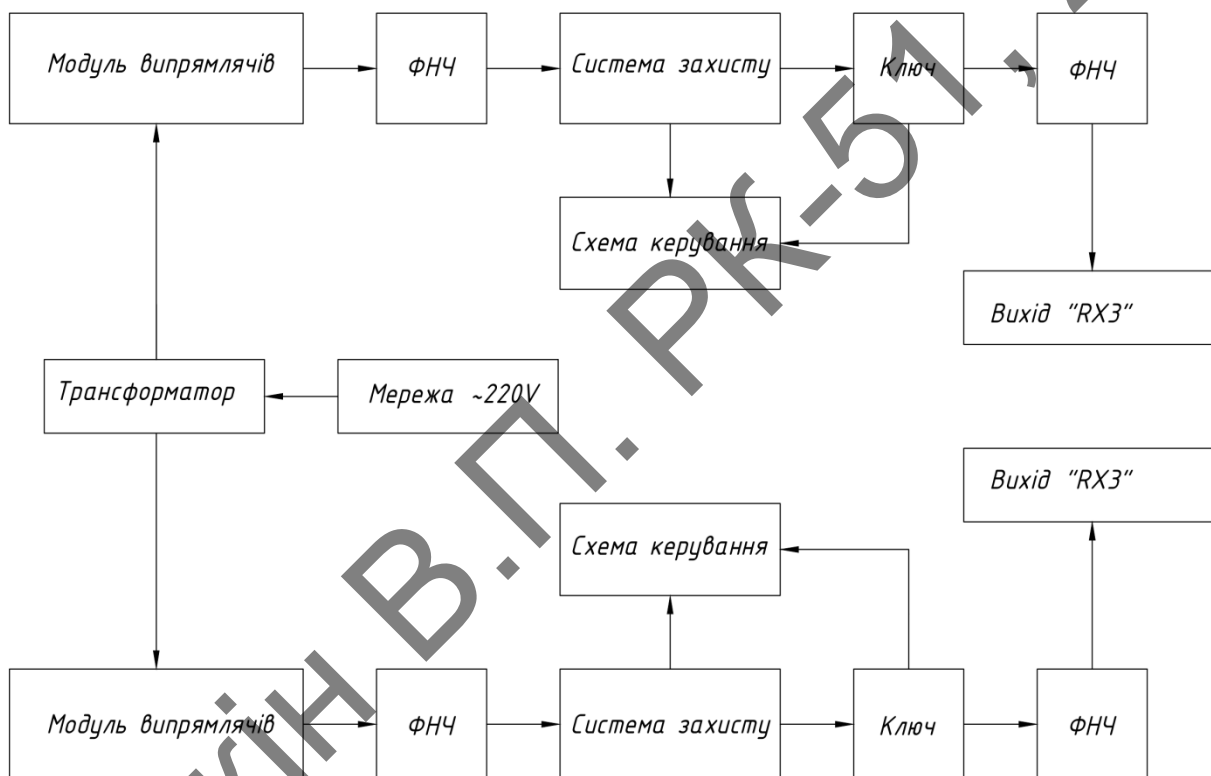
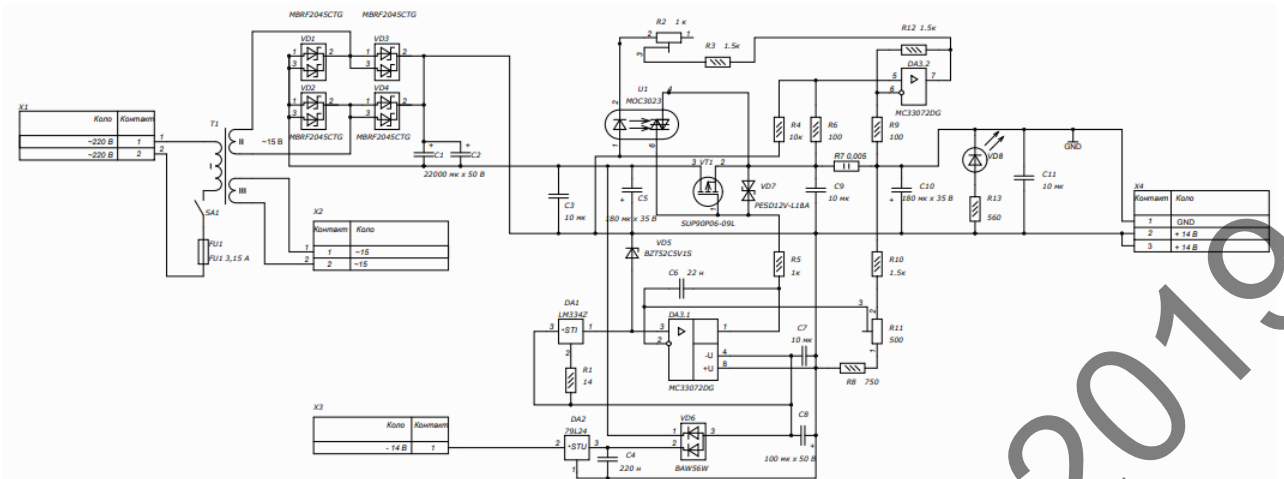


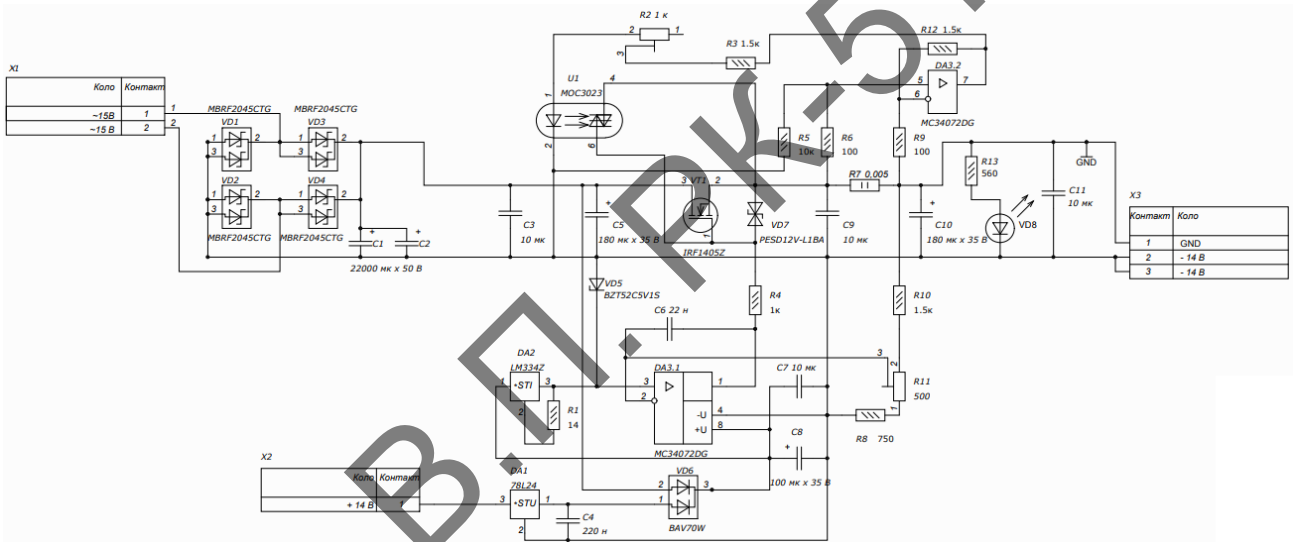
Рисунок 2.1 — Структурна схема

В середовищі Altium Designer була побудована електрична схема, що показана на рис. 2.2. Опис подібних схем показаний в [9] та [10].

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



а)



б)

Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова: а) – позитивне плече,
б) – негативне плече

Пристрій перетворює змінну напругу електричної мережі $\approx 220\text{В}$ в постійні значення напруги -14В , Спільна шина (0В), $+14\text{В}$ з максимальним струмом навантаження 9А . Трансформатор понижує напругу, два випрямних моста на діодах Шоткі випрямляють змінну напругу $\approx 15\text{В}$ в постійну, після чого конденсатори згладжують пульсації. Далі 2 стабілізатори на $+14\text{В}$ та -14В . Польові транзистори регулюють вихідну напругу, ними керують ОП. Стабілізатори напруги керують живленням ОП.

Арк.

РК51.436617.001 ПЗ

16

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Вузол керування операційним підсилювачем (ОП) DA3.1 від інтегрального стабілізатора 24 В DA2 побудований таким чином, що на вихід +U цього ОП надходить напруга +14 В, а на вихід -U надходить -10 В. В результаті напруга на виході ОП і заслоні транзистора може, змінюючись в заданих межах, забезпечити як відкривання так і закривання каналу транзистора.

Зразкова напруга, отримана за допомогою стабілізатора струму DA1 і стабілітрона VD5, поступає на неінвертуючий вхід ОП DA3.1, а частина вихідної напруги, знятої з дільника R8, R10, R11 подана на його інвертуючий вхід. Підсилена напруга розузгодження надходить на заслін транзистора VT1 через резистор R5, обмежуючий струм навантаження ОП.

Двонаправлений супресор VD7 захищає ізоляцію між стоком та заслоном транзистора від пробую у момент ввімкнення живлення.

Якщо вихідна напруга стабілізатора по якій-небудь причині зросла, це призводить до збільшення напруги, що надходить на інвертуючий вхід ОП DA3.1 з двигунця підстроювального резистора R11. Напруга на виході ОП і між заслоном та витком транзистора VT1 падає та частково закриває транзистор, що призводить до збільшення падіння напруги на його каналі стік-витік. В результаті вихідна напруга стабілізатора повертається до початкового значення.

Діодна збірка VD6 забезпечує живлення ОП DA3, коли напруги на виході випрямляча недостатньо і стабілізатор DA2 не працює. Це буває необхідно при запуску джерела живлення. Конденсатор С6 протидіє самозбудженню стабілізатора. Він необхідний, якщо крутизна характеристики транзистора VT1 більше 100А/В. Конденсатор С4 прибирає самозбудження інтегрального стабілізатора DA2.

Вузол захисту від перевищення струму навантаження зібраний на ОП DA3.2 та симісторному оптроні U1 та давачу струму навантаження R7. Якщо стабілізатор зі струмовим захистом живить навантаження з великою вхідною ємністю (наприклад, наявні конденсатори з ємністю більше сотень мкФ), то

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

струм заряду таких конденсаторів може перевищити встановлену межу спрацювання захисту, а саме 10 А. Як наслідок схема негайно відключиться. Єдиний спосіб вийти з такого стану це вимкнути пристрій і дочекатися повної розрядки конденсаторів. Можна додати схему розряду електролітичних конденсаторів, найпростіший варіант якої складається з кнопки та резисторів, але при її частому використанні, резистори можуть перегоріти. До того ж час, затрачений на самостійну розрядку конденсаторів сприяє охолодженню всієї системи, що підвищує тривалість її працездатності.

2.2 Вибір та обґрунтування елементної бази

Оскільки виробництво блока живлення одиничне, вибір матеріалів обмежується їх наявністю у вільному доступі, їхніми масогабаритними характеристиками та дозволом за діючими стандартами використання у радіоелектронних пристроях. З цих міркувань обираємо корпус портативного зарядного пристрою від блока живлення. Корпус та кришка можуть бути виготовлені методом холодного штампування з гарячекатаного листу сплаву сталь 5, товщиною 1 мм по ГОСТ 380 - 2005.

Існує два основних методи встановлення елементів на друковану плату, це поверхневий монтаж та монтаж у отвори. На сьогоднішній день поверхневий монтаж є найбільш розповсюдженим, основна його відмінність від монтажу у отвори є те, що елементи встановлюють на поверхню плати, не потребуючи додаткових отворів. Також поверхневий монтаж має деякі конструкторські та технологічні переваги:

- при використанні такого методу знижується маса та габарити виробу, зменшується вартість;
- підвищується технологічність за рахунок можливості використання автоматичного обладнання;
- зниження трудомісткості процесу.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Виходячи з цього при виборі елементної бази більшість елементів буде SMD (surface mounted device) типу, але на сьогоднішній день не всі необхідні у схемі елементи випускаються промисловістю у корпусі SMD, отже деякі з елементів необхідно обирати DIP (Dual In-line Package) корпусні.

Основними критеріями при виборі електрорадіоелементів (ЕРЕ) є:

- номінальне значення параметрів ЕРЕ згідно схеми електричної принципової приладу;
- допустимі відхилення параметрів ЕРЕ від їх номінального значення;
- коефіцієнт електричного навантаження;
- діапазон робочих температур;
- забезпечення працездатності пристрою в заданих кліматичних умовах за ТЗ;
- найменша вартість пристрою;
- мінімізовані маса та габарити;
- уніфікація ЕРЕ.

Вибір елементної бази по вищезазначеним критеріям дозволяє забезпечити надійну роботу виробу. Застосування принципів стандартизації і уніфікації на етапі вибору ЕРЕ при конструюванні виробу дозволяє отримати наступні переваги:

- значно зменшити строки і вартість проектування;
- скоротити на підприємстві – виробнику номенклатуру застосованих деталей і складальних одиниць;
- збільшити масштаби виробництва;
- покращити виробничу технологічність;
- знизити собівартість виготовленого виробу.

В пристрої використані:

- мікросхеми ;
- резистори;
- конденсатори;

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- діоди;
- транзистори;
- плавкий запобіжник;
- трансформатор.

2.3 Вибір резисторів

Резистор – пасивний елемент електричного кола, який характеризується опором електричному струму. Для ідеального резистора у будь-який момент часу повинен виконуватися Закон Ома: миттєве значення падіння напруги на резисторі прямопропорційне струмові, що проходить через нього. Діапазони робочих опорів загального призначення лежить в межах від 0,1 Ом до 10 МОм, номінальні потужності розсіювання від 0,05 Вт до 100 Вт. Резистори випускають з допустимими відхиленнями опору від номінального $\pm 1, \pm 2, \pm 5, \pm 10, \pm 20\%$.

Існує багато типів резисторів. Розглянемо для порівняння SMD резистори типу 0805 та вивідні металодіелектричні резистори C2-23-0,062.

Параметри для резисторів SMD 0805:

- габарити, 2x1,2x0,4 мм;
- максимально допустима напруга, 100В;
- діапазон робочих температур, -55—+125 °С;

Параметри для резисторів C2-23:

- габарити, 4,6x1,6 мм;
- максимально допустима напруга, 50 В;
- діапазон робочих температур, -55—+125 °С;

Очевидно, що SMD резистори мають менші габарити ніж вивідні. Також, вивідні елементи мають паразитну індуктивність за рахунок довжини їхніх виводів. Отже, SMD резистори є більш технологічними, мають більшу надійність, меншу масу та собівартість.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.4 Вибір конденсаторів

Конденсатори також є пасивними елементами електричних кіл. Використання електролітичних конденсаторів доцільне в колах постільного струму, для гальванічної розв'язки, або щоб згладити пульсації струму. При виборі конденсаторів необхідно пам'ятати, що на надійність та довговічність значно впливає температура та вологість навколишнього середовища.

Порівняємо конденсатори серії EZV (SMD) та ECR (вивідні).

Параметри конденсаторів EZV:

- діапазон робочих температур $-40...+105\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- максимальна напруга - 50 В;
- тангенс кута втрат – 0.14.

Параметри конденсаторів ECR:

- діапазон робочих температур $-40...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- максимальна напруга 450 В;
- тангенс кута втрат – 0.1.

Вивідні конденсатори мають менший тангенс кута втрат та здатні витримувати більше падіння напруги. До того ж елементи поверхневого монтажу мають бути розташовані лише з одного боку, а дані конденсатори мають найбільші габарити по висоті серед інших SMD елементів, і їхнє використання ускладнило б розташування друкованих вузлів в корпусі.

2.5 Вибір транзисторів

Застосуємо такі польові транзистори як SUP90P06-09L (P полярний) та IRF1405Z (N полярний).

В останнього є аналог PSMN005-55P. Розглянемо їхні характеристики.

Характеристики IRF1405Z:

- Максимальна розсіювальна потужність 230 Вт;
- Максимальна напруга заслін-витік 20 В;
- Максимально допустимий постійний струм стоку 150 А;
- Порогова напруга ввімкнення 4В;

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Опір стік-витік відкритого транзистора 0,0049 Ом.

Характеристики PSMN005-55P:

- Максимальна розсіювальна потужність 230 Вт;
- Максимальна напруга заслін-витік 15 В;
- Максимально допустимий постійний струм стоку 75 А;
- Порогова напруга ввімкнення 2 В;
- Опір стік-витік відкритого транзистора 0,0058 Ом.

З цих двох транзисторів оберемо IRF1405Z, оскільки в нього не лише кращі параметри, а також він є більш доступнішим на ринку.

2.6 Вибір мікросхем

В схемі використовуються операційні підсилювачі MC33072DG та MC34072 DG класу rail-to-rail. Такі ОП надзвичайно корисні при роботі з малими рівнями напруги живлення. Їхнє використання дає багато переваг, серед яких максимальне розширення динамічного діапазону сигнального кола, скорочення номенклатури компонентів та ін. Але так як вихідна напруга ОП завжди знаходиться в межах, як доволі далеко від потенціалів кого виводів живлення, то операційний підсилювач не обов'язково має буди класу rail-to-rail. Проте, таким чином знімаються обмеження на напругу відсічки польового транзистора. Він повинен мати лише достатньо великі граничні значення напруги стік-витік і струму стоку.

Параметри:

- напруга живлення 3-44 В;
- тип корпусу SOIC-8;
- максимальна робоча температура +125 °С.

Єдиним повним аналогом цих ОП є AD712. Так як на ринку він є не таким поширеним ніж MC33072 і має більшу ціну, то в схемі буде використаний останній.

Також використовуються інтегральні стабілізатори напруги 78L24 та 79L24. Вони мають велику кількість аналогів. Фактично будь-яка мікросхема

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

для стабілізації позитивної та негативної напруги на 24 В задовольняє нашим потребам, але ці є найбільш поширеним класичним варіантом. Замість інтегральних стабілізаторів можна використати звичайні стабілітрони зі струмообмежуючими резисторами, але такий варіант реалізації дороще та займе більше місця на ДП.

Струм для джерела опорної напруги, яким є стабілітрон, сабілізований за допомогою мікросхеми LM334Z. Порівняємо її та стабілізатор струму J511.

Характеристики LM334Z:

- Похибка вимірювання $\pm 3\%$;
- Діапазон робочої напруги 1–40 В;
- Струм стабілізації да 10 мА;

Характеристики J511:

- Похибка вимірювання $\pm 20\%$;
- Діапазон робочої напруги 1–50 В;
- Струм стабілізації до 4,7 мА;

LM334Z має ряд переваг. По-перше, вона більш поширена на ринку, отже доступніша, ніж J511. По-друге, розкид стабілізації струму у J511 може сягати понад 50%. У зв'язку з цим низьковольтний стабілітрон доводиться підбирати, щоб отримати необхідну напругу. А в LM334Z струм стабілізації з легкістю та великою точністю задається резистором, увімкненим між виводами 2 та 3. По-третє, компонент J511 стабілізує струм лише при прикладеній до нього напрузі не менше 10 В. Саме з цієї причини не вдається використовувати стабілітрон з високою напругою стабілізації. Проте, LM334Z починає стабілізувати струм вже при 1,5 В, що робить можливим застосування стабілітрона.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

3.1 Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати

Визначаємо мінімальну ширину друкованого провідника по постійному струму для шини живлення та шини земля за формулою (3.1):

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{j_{доп} t_{пр}}, \quad (3.1)$$

де I_{max} – максимально допустимий сумарний струм, що протікає по шині живлення та шині земля;

$j_{доп}$ – допустима щільність струму для друкованих плат, виготовлених хімічним методом ($j_{доп} = 60 \text{ А/мм}^2$);

$t_{пр.}$ – товщина провідника ($t_{пр.} = 0,07 \text{ мм}$);

Максимально допустимий струм I_{max} складає 4,5 А.

Підставивши відповідні значення в формулу (3.1), отримаємо ширину провідника $b_{min1} = 1,1 \text{ мм}$.

Визначимо мінімальну ширину провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому скориставшись формулою (3.2):

$$b_{min2} = \frac{\rho I_{max} l_{пр}}{U_{доп} t_{пр}}, \quad (3.2)$$

де ρ – питомий опір провідника ($\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$);

$l_{пр.}$ – довжина найдовшого друкованого провідника ($l_{пр} = 80 \text{ мм}$);

$U_{доп}$ – припустиме падіння напруги на друкованому провіднику ($U_{доп} = 0,45 \text{ В}$).

Підставивши відповідні значення в формулу (3.2), отримаємо значення ширини провідника $b_{min2} = 0,2 \text{ мм}$.

Таким чином, розрахувавши рекомендовану ширину доріжки за умови допустимого струму та напруги, а також знаючи мінімальну можливу ширину, яку можна отримати за третім класом точності виготовлення ДП, оберемо найбільше значення з отриманих, а саме $b = 0,2 \text{ мм}$.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Розрахунок номінальних діаметрів монтажних отворів проводиться за формулою (3.3):

$$d = d_E + \Delta d_{MO} + r, \quad (3.3)$$

де d_E – діаметр виводу елемента;

Δd_{MO} – нижнє граничне відхилення від номінального діаметра монтажного отвору ($\Delta d_M = 0,1$ мм);

r – різниця між мінімальним діаметром монтажного отвору й максимальним діаметром виводу елемента ($r = 0,1-0,2$ мм).

На рис. 3.1 зображено модель контактного майданчика з його розмірами.

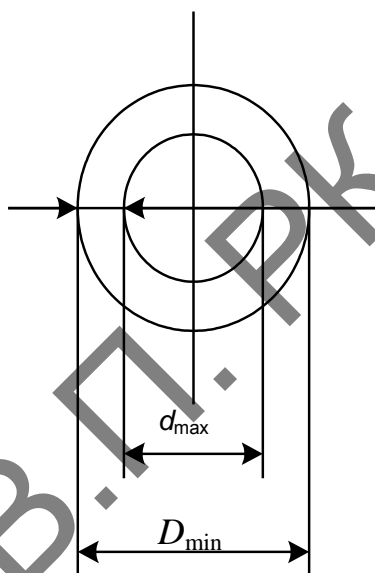


Рисунок 3.1–Модель контактної майданчика та його розміри

Розрахунок зовнішнього діаметру контактної майданчика для вивідних елементів розраховується за формулою (3.4):

$$D_{min} = 2(b_{по} + \frac{d_{max}}{2} + \delta_d + \delta_p), \quad (3.4)$$

де d_{max} – максимальний діаметр просвердленого отвору;

$b_{по}$ – ширина контактної майданчика;

δ_d – похибка розташування центра отвору відносно вузла координатної сітки (далі – КС) ($\delta_d = 0,07$ мм);

δ_p – похибка розташування центра контактної майданчика відносно вузла КС ($\delta_p = 0,05$ мм).

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Максимальний діаметр просвердленого отвору розраховується згідно формули (3.5):

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (3.5)$$

де d – номінальний діаметр монтажного отвору, (0,6 мм);

Δd – допуск на діаметр отвору;

Розрахунок розмірів контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу проводиться за формулою (3.6):

$$b \times l = (b_0 + 0,3) \times (l_0 + 0,3), \quad (3.6)$$

де $b \times l$ — розміри контактних майданчиків;

b_0 та l_0 — розміри виводів.

Провівши розрахунки розмірів контактних майданчиків для елементів з обраним типом корпусів та їхніми типорозмірами, запишемо їх в табл. 5.1. Деякі розміри посадкових місць взяті з даташитів на елементи або їхні корпуси.

Таблиця 3.1 — Розміри контактних майданчиків

Тип корпусу	Розміри виводу ($d_v, b_0 \times l_0$) мм	Діаметр отвору d_0 , мм	Розміри посадкового місця ($D_{км}, b \times l$) мм
TO-92,	0,5	0,7	1,2
SOT-89	0,65x1,2	—	1x1,5
SOT323, SOD323	0,4x0,45	—	0,7x0,8
TO220- FULLPACK	0,84	1,1	1,9
SOIC-8 NB	0,6x1,52	—	0,6x1,6
6 LEAD PDIP	0,534	0,6	1
0805	0,3x1,25	—	1,2x1,2
2512	0,5x3,2	—	2x3,2

Мінімальна відстань між друкованим провідником і контактним майданчиком (КМ) рисунок 4.2 розраховується за формулою (3.7):

$$S_{min1} = L_0 - \left(\frac{D_{max}}{2} + \delta_p + \frac{b_{max}}{2} + \delta_{сп} \right), \quad (3.7)$$

де L_0 – відстань між центрами елементів друкованого монтажу;

D_{max} – максимальний діаметр КМ;

b_{max} – максимальна ширина друкованого провідника;

δ_p – похибка розташування центра КМ відносно КС (0,05 мм);

$\delta_{сп}$ – похибка зміщення друкованого провідника (0,05 мм).

На рисунку 3.2 схематично зображено розташування провідників та контактних майданчиків.

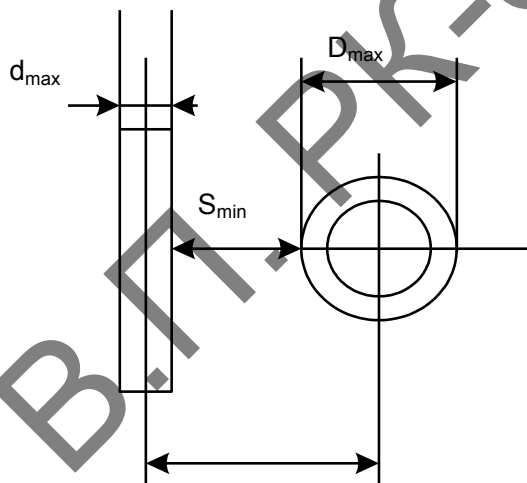


Рисунок 3.2– Відстань між друкованим провідником і КМ

Відстань між двома сусідніми провідниками розраховується за формулою (3.8):

$$S_{min2} = L_0 - (b_{max} + 2\delta_{сп}), \quad (3.8)$$

Відстань між двома сусідніми КМ розраховується за формулою (3.9):

$$S_{min3} = L'_0 - (D_{max} + 2\delta_p), \quad (3.9)$$

де L'_0 – відстань між центрами сусідніх КП (2,54 мм).

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

3.2 Електричний розрахунок друкованої плати

Визначимо допустиме падіння напруги на друкованому провіднику за формулою (3.10):

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho I_{\text{max}} l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} t_{\text{пр}}}, \quad (3.10)$$

де ρ – питомий опір провідника ($\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$);

$l_{\text{пр}}$ – довжина найдовшого друкованого провідника (80 мм);

I_{max} – максимальний струм, що протікає в провіднику (4,5 А);

$b_{\text{пр}}$ – ширина друкованого провідника (1,1 мм);

$t_{\text{пр}}$ – товщина друкованого провідника (70 мкм);

Підставивши відповідні значення у формулу (3.10), отримаємо:

$$U_{\text{пад}} = 90 \text{ мВ.}$$

Визначимо потужність втрат у ДП скориставшись формулою (3.11):

$$P_{\text{в}} = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot E_{\text{ж}}^2 \cdot \text{tg}\delta, \quad (3.11)$$

де f – частота, на якій проводиться розрахунок ($f = 50 \text{ Гц}$);

$E_{\text{ж}}$ – напруга живлення схеми ($E_{\text{ж}} = 15 \text{ В}$);

$\text{tg}\delta$ – тангенс кута діелектричних втрат ($\text{tg}\delta = 0,002$);

C – власна ємність ДП, мкФ:

Власна ємність розраховується за формулою (3.12):

$$C = \frac{0,009 \cdot \epsilon \cdot F}{h_{\text{ДП}}}, \quad (3.12)$$

де ϵ – діелектрична проникність матеріалу ДП ($\epsilon_{\text{ст}} = 5$);

F – площа металізації ($F = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$);

$h_{\text{ДП}}$ – товщина ДП ($h_{\text{ДП}} = 1,5 \text{ мм}$).

Підставивши значення у формули (3.11) та (3.12), отримаємо відповідно:

$$P_{\text{в}} = 4,1 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}, \quad C = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ Ф.}$$

Визначимо паразитну ємність між двома сусідніми друкованими провідниками, розташованими на одній стороні ДП, скориставшись формулою (3.13):

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$C_{\text{пар}} = \frac{\frac{12.1}{\epsilon_{\text{эф}}}}{\log\left(\frac{2 \cdot A}{t_{\text{пр}}}\right)}, \quad (3.13)$$

де $\epsilon_{\text{эф}} = 4,1$ Ом/м;

A – відстань між краями сусідніх провідників ($A=0,335$ мм);

Підставивши відповідні значення у формулу (3.13), отримаємо, що $C_{\text{пар}} = 9.8$ пФ.

Визначимо паразитну індуктивність шини живлення за формулою (3.14).

$$L_{\text{ш}} = 0,2l_{\text{ш}}(2,3 \lg\left(\frac{4l_{\text{шж}}}{0,67h_{\text{ДП}}+0,567b_{\text{ж}}}\right) - 0,75), \quad (3.14)$$

де $l_{\text{ш}}$ – сумарна довжина шини;

$b_{\text{ш}}$ – товщина шин живлення й земля ($b_{\text{шз}} = b_{\text{шж}} = 0,07$ мм);

$l_{\text{шж}}$ – довжина шини живлення (80 мм).

Розрахувавши індуктивність шини живлення по формулі (3.14) отримаємо $L_{\text{ш}}=0,176$ мкГн.

Таким чином, розроблена ДП задовольняє заданим вимогам, тому що отримані розрахункові значення найбільш важливих електричних параметрів не перевищують припустимих значень для даного типу двосторонніх друкованих плат (ДДП).

На рис. 3.3 та рис 3.4 зображено трасування друкованих плат розроблених у середовищі Altium designer.

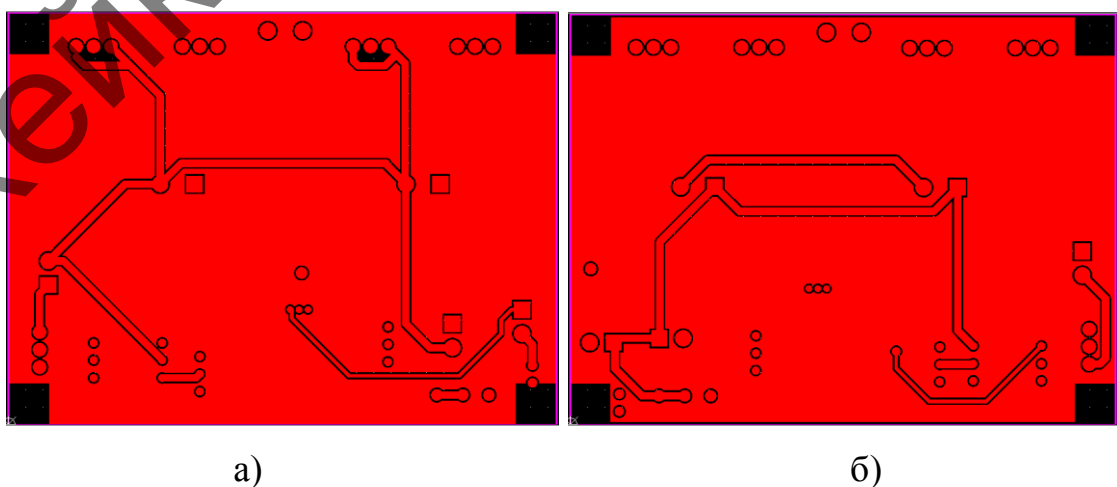
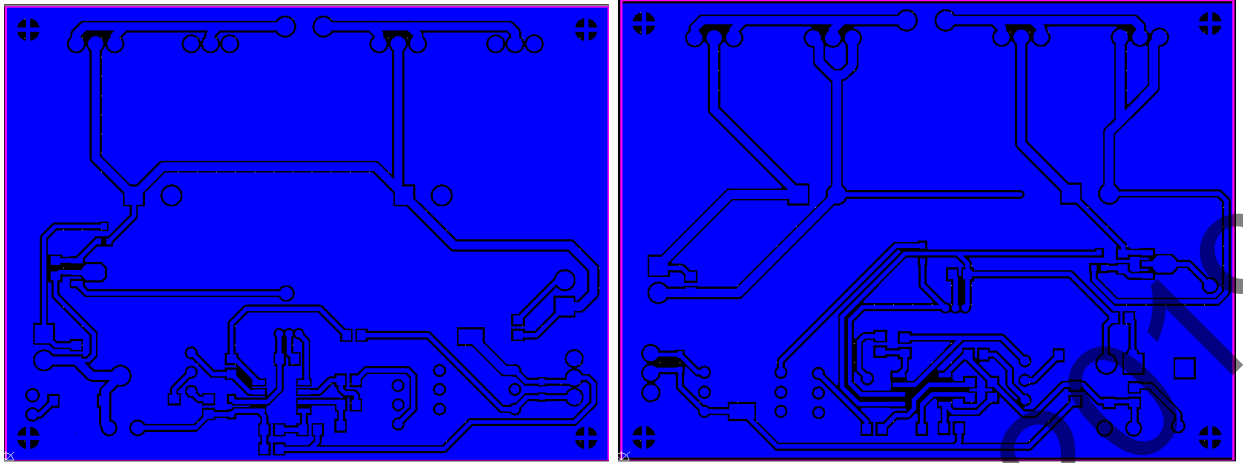


Рисунок 3.3— Трасування друкованих плат у верхньому шарі

					ПК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

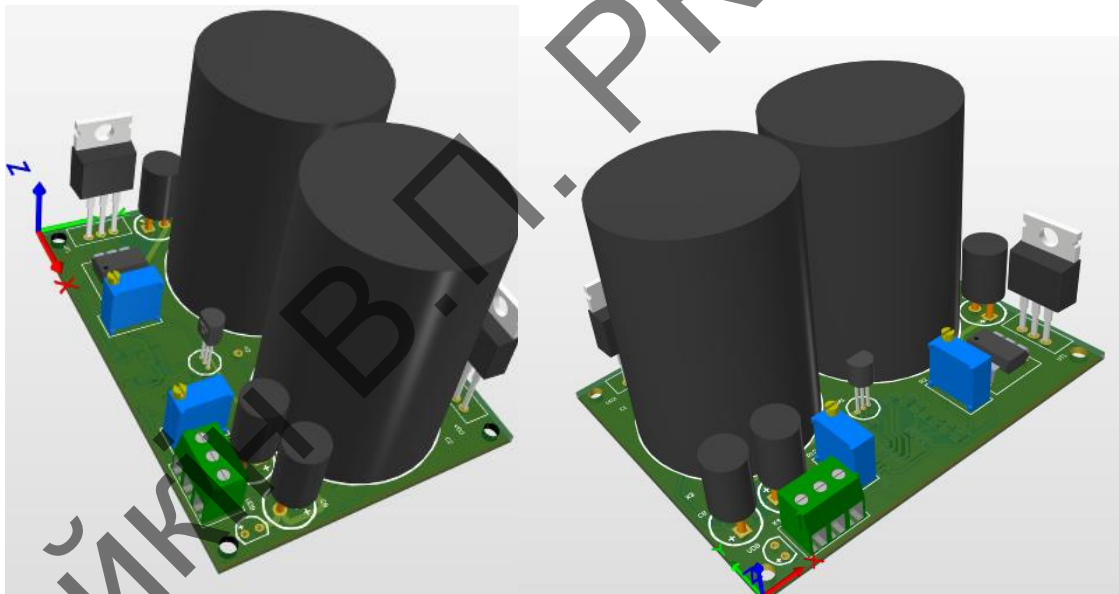


а)

б)

Рисунок 3.4— Трасування друкованих плат у нижньому шарі

На рисунку 3.5 зображені тривимірні моделі спроектованих друкованих вузлів.



а)

б)

Рисунок 3.5 — 3D модель електронних модулів

Більшу частину місця на платі займають електролітичні конденсатори великої ємності. Всі вивідні елементи розміщено з однієї сторони, а елементи поверхневого монтажу з іншої. Тепловідляючі елементи розміщені з урахуванням їхнього подальшого встановлення на тепловідвід (радіатор чи ін.)

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.3 Вибір та обґрунтування матеріалу друкованої плати

Вибір матеріалу ДП і спосіб її виготовлення впливають на конструктивно-технологічні, експлуатаційні та техніко-економічні параметри приладу, що розробляється. Матеріал для ДП вибирають за ГОСТ 10316-78, ГОСТ 23751-79 або технічним умовам. Переважно застосовуються слоїсті й литі діелектрики, фольговані електролітичною мідною фольгою товщиною 5, 18, 35, ..., 50 мкм.

Матеріал для ДП повинен задовольняти наступним умовам:

- чистота фольги – 99,5 %;
- шорсткість не гірше 0,4 мкм;
- висока теплостійкість (витримувати до 260 °С протягом 5-20 с);
- питомий опір діелектрика – не менше $5 \cdot 10^{11}$ Ом/см.

Вибір матеріалу визначається електроізоляційними властивостями, механічною міцністю, стабільністю параметрів при впливі агресивних середовищ і кліматичних умов. Найчастіше для цих цілей застосовуються гетинакс і склотекстоліт.

Гетинакс має задовільні електроізоляційні властивості в нормальних кліматичних умовах, гарну оброблюваність та низьку вартість.

Склотекстоліт відрізняється високими технічними характеристиками в широкому діапазоні температур ($-60...+150$) °С, низьким вологопоглинанням (0,2 – 0,8) % та високим об'ємним поверхневим опором.

Матеріалом для виготовлення ДП вибираємо склотекстоліт СФ-2-70Г-1.5 ГОСТ 10316-88, він впевнено витримує перепади температур, вібраційні навантаження, кліматичні удари (на відміну від гетинаксу, що згодом має властивість розшаровуватися):

- товщина фольги – 70 мкм;
- товщина основи (склотекстоліта) – 1,5 мм.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3.4 Вибір та обґрунтування класу точності виготовлення ДП

По щільності монтажу ДП діляться на 5 класів точності. Друковані плати 1-го й 2-го класу точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації й мають мінімальну щільність монтажу. Друковані плати 3-го, 4-го, 5-го класу точності вимагають використання високоякісних матеріалів, інструмента й устаткування.

Проектований пристрій повинен мати невеликі габаритні розміри, щільність монтажу повинна бути досить високою. Найпоширенішим класом точності для пристроїв подібного типу є клас 3, тому й для даної друкованої плати був обраний цей клас точності.

3-й клас точності передбачає наступні обмеження:

- щільність монтажу – середня;
- мінімальна ширина провідника – 0,3 мм;
- відстань між краями сусідніх елементів не менш 0,3 мм;
- роздільна здатність не більше 2 провідників на мм;
- граничні розміри друкованої плати – до 80x60 мм.

Для креслення взаємного розташування друкованих провідників, контактних площадок, монтажних отворів, перехідних отворів, використовується координатна сітка прямокутної системи координат.

Основний крок координатної сітки буде 2,54 мм, а допоміжні кроки кратні 2,54 мм.

3.5 Вибір та обґрунтування методу виготовлення друкованої плати

Для виготовлення ДДП використовують переважно два методи [11].

Перший – комбінований негативний метод виготовлення ДП. Спочатку виконується травлення міді з пробільних місць, а потім виконується свердлення отворів та їх металізація. При нанесенні рисунка схеми, провідники і контактні площадки покриваються захисним покриттям, потім

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

стравлюється фольга з пробільних місць. Після свердління і хімічної металізації отворів виконується гальванічне осадження міді на провідники, контактні площадки і в отвори. Електричне з'єднання всіх елементів плати здійснюється за допомогою контактної пристрою і контактних провідників. Далі плата покривається захисною маскою. Для покращення паяння ЕРЕ, контактні майданчики покриваються припоєм або імерсійним золотом.

Переваги:

- висока роздільна здатність;
- короткий технологічний процес.

Недоліки:

- великі втрати міді;
- наявність бічного підтравлення.

Другий – комбінований позитивний метод. Спочатку виконується свердління отворів та попереднє гальванічне осадження міді. Далі наноситься фоторезист та позитивний фотошаблон. Після проявлення фоторезисту відбувається гальванічне осадження міді та металорезисту та видалення фоторезисту з подальшим травленням міді і видаленням металорезисту. В кінці процесу наносять захисну паяльну маску, суміщають з фотошаблоном та проявляють, а КМ покривають фінішним покриттям.

Переваги:

- висока якість зчеплення провідників та металізованих отворів.

Недоліки:

- низька швидкість осадження.

Для виготовлення ДП обрано комбінований позитивний метод, так як він забезпечить кращу якість друкованого рисунку, що є дуже важливим для силових доріжок в пристроях живлення.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ ТА АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Огляд готової конструкції

Зовнішньо пристрій представлятиме собою металеву конструкцію в формі паралелепіпеду, що стоїть на столі на гумових ніжках. В задній стінці є роз'єм для живлення. На передній стінці є кнопка вмикання, отвори зі світлодіодами, що вказують на увімкнений стан блока живлення та його підключення до електричної мережі, а також отвір, через який будуть виводитися дроти для з'єднання з пристроєм-споживачем. З'єднання буде відбуватися через роз'єм MT60, показаний на рис.4.1.



Рисунок 4.1 — Роз'єм MT60

На рис. 4.2 зображена тривимірна модель спроектованого БЖ.

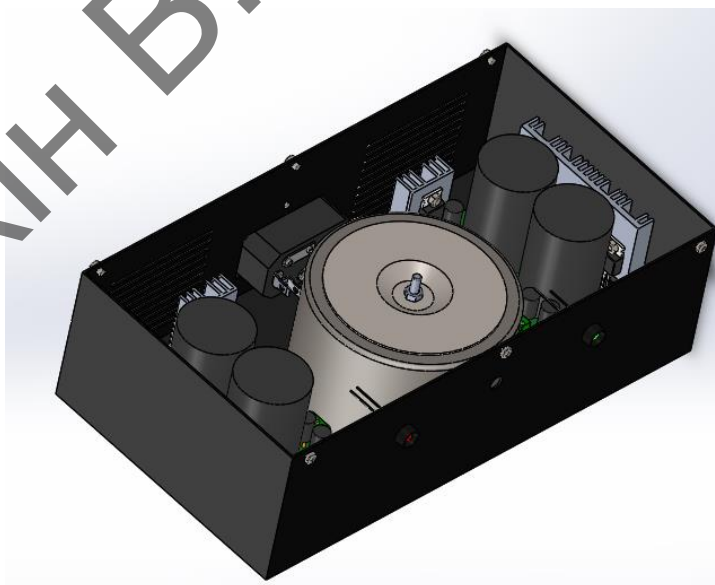


Рисунок 4.2— Тривимірна модель розміщення ДВ у корпусі у середовищі SolidWorks

					ПК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Розміри розробленого корпусу пристрою задовольняють технічне завдання. Виконана перфорація для забезпечення конвекції. Тепловидільні елементи встановлені на радіатори, для покращення відведення тепла. Застосовано роз'єм живлення, що містить в собі кнопку ввімкнення/вимкнення та місце для плавкого запобіжника. На передній панелі встановлена індикація робочого стану приладу і наявний отвір для проводу, що забезпечує передачу вихідного сигналу до пристрою-споживача.

4.2 Тепловий розрахунок

Так як ККД трансформаторних БЖ становить близько 50%, то майже половина енергії витрачається на нагрів трансформатора. Розсіювальна потужність становить 60 Вт Транзистори працюють в ключовому режимі і на них не виділяється відносно багато тепла. На трансформаторі виділятиметься приблизно 40 Вт потужності. Все інше припадатиме на транзистори та діоди, що випрямляють напругу з трансформатора.

Такий рівень потужності потребує перфорації корпусу і використання радіаторів для польових транзисторів та випрямних діодів Шоткі на вході, оскільки це передбачено їхніми корпусами TO-220 full pack. Можливе встановлення деяких систем активного охолодження за бажанням.

На рис. 4.2 наведені результати теплових розрахунків у середині пристрою.

Результати розрахунку:	
Температури, град С:	
стінок корпусу :	
зовнішня	(t1)k = 63.4
внутрішня	(t2)k = 63.4
повітря у корпусі	(t4)k = 75.2
середньоповерхнева	
нагрітої зони	(t3)z = 150.5
Поверхні, що відводять тепло:	
стінок корпусу	Sk = 0.120 м ²
нагрітої зони	Sz = 0.052 м ²
Критерії тепловіддачі:	
для поверхні корпусу	alfk = 13.0 Вт/м ² .К
для нагрітої зони	alfz = 30.1 Вт/м ² .К
еквівалентний	kekv = 6.5 Вт/м ² .К

Рисунок 4.3 — Результати теплового розрахунку пристрою

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Ці розрахунки для неперфорованого корпусу та без використання радіаторів. Якщо встановити радіатори та зробити перфорацію, максимальна температура повітря в корпусі не перевищуватиме 50 °С. За цієї температури всі використані радіоелементи продовжуватимуть працювати стабільно.

4.3 Розрахунок на віброміцність

Віброміцність – здатність пристрою протистояти протягом терміну служби прискоренням, що виникають при руйнівній дії вібрації. Даний розрахунок проводиться з метою визначення ступеня впливу вібрацій, які впливають на елементи друкованого вузла. У цьому випадку при розрахунку на віброміцність приймемо спрощену модель плати у вигляді прямокутної пластини розмірами сторін a х b товщини h з рівномірним розподілом маси елементів по всій пластині, тип закріплення – чотири точки по кутах плати.

Пристрій повинен функціонувати у стаціонарних умовах.

Дані для розрахунку:

- матеріал друкованої плати – СФ-2-70Г-1,5;
- габаритні розміри плати – 80 х 60 х 1,5мм;
- маса елементів на платі – 130 г;

На рис. 4.4 наведено результати розрахунків друкованого вузла на віброміцність.

ПРИ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРАХ вібрації
 $f_a = 70.0$ Гц и $z_a = 0.100$ мм
віброперевантаження основи складають
 $n_a = 1.96$ g

ПРИ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРАХ удара
 $\tau = 10.0$ мс и $(n)_{уд} = 2.0$ g
амплітуда зміщення основи $(z)_o = 0.314$ мм
умовна частота імпульса $(f)_{уд} = 50.0$ Гц

Рисунок 4.4 — Аналіз друкованого вузла на вібростійкість

Як видно з результатів розрахунку, спроектований друкований вузол витримує визначені в ТЗ вібраційні навантаження, що дуже важливо, бо

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

пристрій перебуватиме близько до джерела вібрацій (колонок, динаміків, інших вібрацій створюваних оператором під час експлуатації).

4.4 Розрахунок основних показників надійності

Надійність – властивість радіоелектронної апаратури (РЕА) зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах й умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування за ГОСТ 27.002-83 [12]. Відмова апаратури явище повної або часткової втрати працездатності пристрою. Вважатимемо, що пристрій вийде з ладу, коли відмовить принаймні один елемент. Для розрахунку надійності електронного апарату, скористаємося методикою, наведеною в [13].

Основними показниками й характеристиками надійності є:

- $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи;
- $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов;
- T_{cp} – середній час напрацювання до першої відмови;
- $Q(t)$ – ймовірність відмови.

Метою розрахунку показників надійності є визначення чисельних значень основних показників надійності по інтенсивності відмов елементів.

Вихідними даними для розрахунку показників надійності типових конструкцій РЕА є:

- схема електрична принципова з позначенням типів елементів;
- режими роботи елементів;
- умови експлуатації виробу;
- значення інтенсивності відмов всіх типів елементів.

З аналізу логічної схеми надійності визначається спосіб резервування, що використовується у виробі. Система є не резервованою.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Інтенсивності відмов елементів визначаються з урахуванням умов експлуатації виробу за формулою (4.1):

$$\lambda_i = \lambda_{0i} k_1 k_2 k_3 k_4 \alpha_B k_H, \quad (4.1)$$

де λ_{0i} – номінальна інтенсивність відмов (1/год);

- k_1 – коефіцієнт, що враховує вплив вібрації;
- k_2 – коефіцієнт, що враховує вплив ударних навантажень;
- k_3 – коефіцієнт, що враховує вплив вологості і температури;
- k_4 – коефіцієнт, що враховує вплив тиск повітря;
- α_B – коефіцієнт, що враховує зовнішні впливи на надійність ЕРЕ;
- K_H – коефіцієнт навантаження.

У табл. 4.1 – 4.3 наведені групи коефіцієнтів впливу, залежно від типу зовнішнього чинника та його параметрів.

Таблиця 4.1 — Коефіцієнти механічного впливу

Умови експлуатації	Вібрація, k_1	Ударні навантаження, k_2	Сумарний вплив k_Σ
Лабораторні	1,00	1,00	1,00
Стационарні	1,04	1,03	1,07
Корабельні	1,30	1,05	1,37
Автофургони	1,35	1,08	1,46
Залізничні	1,40	1,10	1,54
Літакові	1,46	1,13	1,65

Таблиця 4.2 — Коефіцієнти впливу кліматичних умов

Вологість, %	Температура, °С	k_3
60...80	15...25	1,0
60...80	25...40	1,5
80...98	15...25	2,0
80...98	25...40	2,5

Таблиця 4.3 — Коефіцієнти впливу атмосферного тиску

Тиск, кПа	k_4	Тиск, кПа	k_4
0,1...1,3	1,45	32,0...42,0	1,2
1,3...2,4	1,40	42,0...50,0	1,16
2,4...4,4	1,36	50,0...65,0	1,14
4,4...12,0	1,35	65,0...80,0	1,1
12,0...24,0	1,3	80,0...100,0	1,0

Коефіцієнти, що необхідні для розрахунків, обираємо з вищезазначених таблиць. $k_2 = 1,00$ – так як умови експлуатації приладу лабораторні; $k_3 = 1,00$ – температура 20...30 °С, вологість 60...70 %; $k_4 = 1,00$ – так як тиск складає 80...100 кПа. Коефіцієнт k_1 визначається для кожного елемента окремо, залежно від коефіцієнту навантаження за [13].

Коефіцієнт навантаження K_n розраховується за формулою (4.2):

$$K_n = \frac{U_p}{U_n} \quad (4.2)$$

Розраховувати інтенсивність відмов усього пристрою можна за формулою (4.3):

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^k N_i \cdot \lambda_i \quad (4.3)$$

де N_i — кількість елементів конкретного виду в схемі.

λ_i — інтенсивність відмови конкретного елемента.

Після цього визначаємо середній час роботи пристрою на відмову за формулою (4.4) та порівнюємо із значенням в ТЗ:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_p} \quad (4.4)$$

Всього на платі присутні такі елементи: резистори – 10 штук, підстроювальні резистори – 2 штуки, конденсатори – 6 штук, електролітичні конденсатори – 5 штук, діоди – 8 штук, транзистори – 1 штука, операційні підсилювачі – 1 штука, симісторні оптрони – 1 штука, стабілізатори напруг та струмів – 2 штуки. Проведемо розрахунок для однієї плати, так як вони

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

ідентичні за кількістю та типом елементів. Потім додамо інтенсивність відмов компонентів, що знаходяться поза межами ДВ.

Інтенсивність відмов компонентів розрахуємо за формулою (4.5).

$$\lambda_i = \lambda_0 \cdot K_e \cdot K_1. \quad (4.5)$$

Результати розрахунків занесемо то табл.4.1.

Таблиця 4.4 — Вихідні дані та результат розрахунків інтенсивності відмов груп радіоелементів

Компонент	Кількість	$\lambda_0, 10^{-6} 1/\text{год}$	K_e	K_1	$\lambda_{i\Sigma}, 10^{-6} 1/\text{год}$
Постійні резистори	10	0,5	2	1,25	12,5
Підстроювальні резистори	2	1,2	2	1,05	5,1
Конденсатори керамічні	6	1	2	1,25	15
Конденсатори електролітичні	5	3	2	1	30
Діоди	1	0,5	2	1,05	1,1
Світлодіоди	1	1,5	2	1,05	3,2
Діодні збірки	5	0,5	2	1,05	5,3
Компонент	Кількість	$\lambda_0, 10^{-6} 1/\text{год}$	K_e	K_1	$\lambda_i, 10^{-6} 1/\text{год}$
Транзистори польові	1	1	2	1	2
Мікросхеми	1	2	2	1	4
Оптопари	1	1,5	2	1	3
Стабілізатори та стабілітрони	3	0,7	2	0,9	3,8

Продовження таблиці 4.1

Компонент	Кількість	$\lambda_0, 10^{-6} 1/\text{год}$	K_e	K_1	$\lambda_{i\Sigma}, 10^{-6} 1/\text{год}$
Трансформатори силові	1	2	2	0,65	2,6
Плавкі запобіжники	1	1	2	0,8	1,6
Роз'єми	2	1	2	0,3 (K_3)	1,2
Вимикачі	1	3	2	0,5 (K_3)	3

Провівши розрахунок сумарної інтенсивності відмов за формулою (4.3), отримаємо, що $\lambda_p = 93,4 \cdot 10^{-6} 1/\text{год}$.

Час напрацювання на відмову становить $T_0 = 10706$ годин.

Отримане значення більше, ніж вказане у ТЗ, тому умова надійності пристрою виконана.

4.5 Розрахунок трансформатора

Для забезпечення якісної та продуктивної роботи пристрою, буде використаний тороїдальний трансформатор на осерді з трансформаторної сталі.

Такий трансформатор має ряд переваг:

- простота в виготовленні та самостійній установці;
- конструкція має не великі габарити, порівняно зі штирьовими та броньовими трансформаторами;

Скористаємося методикою розрахунку тороїдальних трансформаторів [14]. Спочатку розрахуємо потужність однієї вторинної обмотки трансформатора за формулою (4.6), враховуючи ККД пристрою, що становить 50%:

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$P_2 = U_2 \cdot I_2, \quad (4.6)$$

де U_2 – напруга вторинної обмотки, ($U_2 = 15$ В);

I_2 – максимальний струм вторинної обмотки, ($I_2 = 9$ А).

Підставивши ці значення в формулу (4.6), отримаємо $P_2 = 135$ Вт.

Так як блок живлення двополярний, то трансформатор буде мати дві вторинні обмотки.

Проведемо розрахунок габаритної потужності трансформатора за формулою (4.7):

$$P_{\Gamma} = \frac{2 \cdot P_2}{\eta}, \quad (4.7)$$

де η – це ККД трансформатора залежно від сумарної потужності вторинних обмоток. ($\eta = 0,94$).

Підставивши це значення в формулу (4.7) отримаємо, що $P_{\Gamma} = 290$ Вт.

Далі необхідно задатися розмірами осердя для трансформатора, щоб він зміг передати необхідну потужність, а також можна було намотати обмотки.

Розрахуємо фактичну площу перерізу магнітопроводу за формулою (4.8):

$$S_{\text{ст } \phi} = \frac{D-d}{2} \cdot h \quad (4.8)$$

де D – зовнішній діаметр осердя ($D=9$ см);

d – внутрішній діаметр осердя ($d=4,2$ см);

h – висота осердя ($h=6$ см).

Підставивши значення в формулу (4.8), отримаємо значення площі $S_{\text{ст } \phi} = 14,4$ см².

Знайдемо розрахункове значення площі перерізу сталі магнітопроводу за формулою (4.9):

$$S_{\text{ст } p} = \frac{\sqrt{P_{\Gamma}}}{1,2} \quad (4.9)$$

З розрахунків отримуємо, що $S_{\text{ст } p} = 14,2$ см².

Розрахуємо фактичну площу перерізу вікна осердя використавши формулу (4.10):

$$S_{\text{в } \phi} = \frac{\pi d^2}{4} \quad (4.10)$$

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Шукане значення становить $S_{вф} = 13,9 \text{ см}^2$.

Знайдемо величину номінального струму первинної обмотки за допомогою формули (4.11):

$$I_1 = \frac{P_{\text{вих}}}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos(\varphi)}, \quad (4.11)$$

де $P_{\text{вих}}$ – вихідна потужність трансформатора (135 Вт);

U_1 – напруга мережі ($U_1 = 220 \text{ В}$);

$\cos(\varphi)$ – коефіцієнт потужності, відношення активної потужності до повної, що подається по мережі ($\cos(\varphi) = 0,94$).

Підставивши ці значення в формулу (4.11) отримаємо $I_1 = 1,45 \text{ А}$.

Розрахуємо площу перерізу дроту для кожної з обмоток за формулою (4.12):

$$S_{\text{пр}} = \frac{I}{J}, \quad (4.12)$$

де I – сила струму у відповідній обмотці;

J – густина струму при отриманій вихідній потужності ($J = 3,5 \text{ А/мм}^2$).

Підставивши відповідні значення у формулу (4.12) отримаємо значення площі перетину: $S_{\text{пр}1} = 0,37 \text{ мм}^2$ та $S_{\text{пр}2} = 2,25 \text{ мм}^2$.

Тепер можна розрахувати діаметр дротів для первинної та вторинних обмоток скориставшись формулою (4.13):

$$d_{\text{пр}} = 1,13 \cdot \sqrt{S_{\text{пр}}}. \quad (4.13)$$

Отримані значення діаметрів дроту $d_{\text{пр}1} = 0,7 \text{ мм}$, $d_{\text{пр}2} = 1,7 \text{ мм}$.

Розрахуємо кількість витків в первинній та вторинних обмотках трансформатора за формулою (4.14):

$$W_n = 45 \cdot \frac{U_n \cdot (1 - U' / 100)}{B_{\text{max}} \cdot S_{\text{стф}}}, \quad (4.14)$$

де U_n – напруга на відповідній обмотці;

U' – падіння напруги в обмотках в відсотках від номінального значення (3.5 В);

B_{max} – магнітна індукція (1,7 Тл).

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Підставивши відповідні значення в формулу (4.14) отримаємо кількість витків необхідну для первинної та вторинних обмоток $W_1 = 391$ витка, $W_2 = 27$ витків.

Розрахуємо кількість витків на один вольт для кожних обмоток, скориставшись формулою (4.15):

$$N_n = \frac{W_n}{U_n}. \quad (4.15)$$

Отримані значення $N_1 = 1,77$, $N_2 = 1,77$.

За формулою (4.16) знайдемо максимальну вихідну потужність, що може передати магнітопровід:

$$P_{\text{вих}} = \frac{B_{\text{max}} \cdot J \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}} \cdot \phi \cdot S_{\phi}}{0,901}, \quad (4.16)$$

де $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт заповнення вікна при певній вихідній потужності ($K_{\text{в}} = 0,26$);

$K_{\text{ст}}$ – коефіцієнт заповнення при відповідній товщині сталі ($K_{\text{ст}} = 0,865$).

Підставимо значення в формулу (4.16) і отримаємо значення вихідної потужності, що становить $P_{\text{вих}} = 300$ Вт.

Розміри розрахованого трансформатора дозволяють розташувати його в корпусі з габаритними розмірами встановленими в ТЗ. Максимальна потужність трансформатора розрахована з запасом, що виключає можливість його виходу з ладу в наслідок перегріву обмоток та ізоляційних матеріалів та забезпечує вказані у ТЗ вихідні параметри..

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі дипломного проекту визначені основні потенційно шкідливі чинники які мають місце при розробці, виготовленні та експлуатації спроектованого пристрою. Також запропоновані технічні рішення та організаційні засоби з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії. Визначено основні заходи з пожежної безпеки та протидії.

Основна увага приділена питанням електробезпеки, безпечного проведення технічного обслуговування, а також питанням, які пов'язані із створенням безпечних та комфортних умов праці користувачів ВОТ ПЕОМ.

5.1 Визначення основних потенційно шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Організація і проведення робіт з пайки ЕРЕ на ДП повинна відповідати вимогам міжгалузевим правилам з охорони праці при проведенні робіт з пайки, лудіння виробів і чинних нормативних актів, що містять державні нормативні вимоги охорони праці.

На працівників, зайнятих в процесі технологічного процесу пайки ЕРЕ, можливий вплив наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- Підвищена загазованість повітря робочої зони парами шкідливих хімічних речовин;
- Підвищена температура поверхні виробу, обладнання, інструменту, розплавів припоїв і солей;
- Підвищена температура повітря робочої зони;
- Небезпечний рівень напруги в електричному колі, яке може замкнутись через тіло людини;
- Підвищений рівень шуму від двигунів вакуумних насосів ультразвукового устаткування;
- Підвищений рівень вібрації на робочому місці двигунів вакуумних насосів;

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- Підвищений рівень електромагнітного випромінювання від неекранованих індукторів, трансформаторів, конденсаторів;
- Підвищений рівень ультразвуку;
- Підвищений рівень ультрафіолетової радіації під час виконання пайки;
- Пожежонебезпека;
- Рухомі механізми і машини;
- Бризки припоїв і розчинів.

5.2 Технічні рішення та організація заходів з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Електробезпека

Відповідно до класифікації ДСТУ ІЕС 61.140.2015 усе електрообладнання, що розташоване у приміщенні, можна визначити як І клас за електрозахистом (обладнання, що під'єднується до мережі живлення вилкою із трьома контактними елементами, один із яких з'єднано із заземленим контактом розетки).

Приміщення, у якому проводяться роботи, можна класифікувати як приміщення без підвищеної небезпеки ураження персоналу електричним струмом, оскільки:

- підлога не є струмопровідною (лінолеум є діелектриком);
- відносна вологість повітря не перевищує 75%;
- температура повітря всередині приміщення не перевищує 35°C;
- виключаються випадки одночасного доторкання людини до елементів конструкцій, що з'єднані із землею та металевими елементами електроустаткування;

Згідно із ДСТУ ІЕС 61.140.2015 спроектований пристрій належить до І класу електрозахисту (обладнання, що має робочу ізоляцію та елемент заземлення, під'єднується до мережі живлення вилкою із трьома контактними елементами, один із яких з'єднано із заземлюючою жилою). Живлення як

					PK51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

розроблюваного пристрою, так й електроустановок здійснюється за допомогою мережі змінного струму напругою 220В із частотою 50Гц. Використовуються автомати струмового захисту. Система заземлення TNCS.

Для зменшення значення напруги дотику та відповідних величин струмів за нормального та аварійного режиму роботи електроустановки необхідно виконати повторне захисне заземлення нульового дроту.

Підключення електроустановок виконане із дотриманням вимог ПУЕ.

5.2.2 Розрахунок електромережі на вимикаючу здатність при аварійному режимі роботи електрообладнання

Струм короткого замикання розрахуємо за допомогою формули (5.1):

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{(R_{\phi} + R_{н} + Z_{Т}/3)} \quad (5.1)$$

де U_{ϕ} – фазова напруга ($U_{\phi} = 220 \text{ В}$);

R_{ϕ} – опір фазового дроту ($R_{\phi} = 0,7 \text{ Ом}$);

$R_{н}$ – опір нульового дроту ($R_{н} = 0,7 \text{ Ом}$);

$Z_{Т}/3$ – розрахунковий опір трансформатора ($Z_{н} = 0,3 \text{ Ом}$).

З розрахунків отримуємо, що $I_{к.з.} = 147 \text{ А}$

Для надійного спрацювання струмозахисних автоматів необхідне виконання нерівності (5.2):

$$I_{к.з.} \geq 1,4I_{авт.} \quad (5.2)$$

Тобто, необхідно застосувати струмозахисні автомати на струм не більше 104 А. Автомати струмового захисту які використовуються при захисті мають струм спрацювання 10 А та 30 А при $t_{спр.} < 0,1 \text{ сек}$, що відповідають приведеним вище умовам.

Розрахуємо напругу дотику до зануленого електрообладнання за формулою (5.3):

$$U_{дот.} = I_{к.з.} R_{н} \quad (5.3)$$

Розрахована напруга дотику становить 100 В.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Отже, розрахована напруга дотику менша, ніж максимально допустима ($U_{\text{дот}} < U_{\text{доп}} = 500 \text{ В}$) і за час спрацювання автоматів срумового захисту ($t < 0.1 \text{ с}$) не перевищує допустимого значення, що відповідає вимогам ПУЕ – 2017

Також необхідно зазначити, що при перевірці та налагодженні пристрою необхідно дотримуватися обережності, оскільки частина розроблюваного пристрою знаходиться під високою напругою (близько 200 В).

Усе електроустаткування приміщення встановлено та під'єднано у відповідності до вимог ПУЕ та ПБЕ. Додаткових заходів щодо підвищення електробезпеки у робочому приміщенні вводити не потрібно.

5.3 Відповідність параметрів повітря робочої зони санітарним нормам при проведенні технологічного процесу пайки

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони при проведенні процесу пайки не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій. Це може спричинити небажані і навіть тяжкі наслідки.

У табл. 5.1 приведено шкідливі речовини, їх вплив на організм людини та гранично допустимі концентрації їх у повітрі.

Таблиця 5.1 – Вплив речовин на організм людини.

Компоненти	Характер токсичності	Класс небезпеки	ГДК у повітрі робочої зони, мг/м ³
Олово	Ураження бронхів, викликає пролітеративно-критичну реакцію в бронхах. При тривалому впливі можливий пневмоконіоз.	3	10 – для окису олова

Продовеження таблиці 5.1

Компоненти	Характер токсичності	Класс небезпеки	ГДК у повітрі робочої зони, мг/м ³
Свинець	При отруєнні спостерігається ураження нервової системи, крові, серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту.	1	0,01
Каніфоль соснова	Має дратівну дію. При тривалому впливі на шкіру викликає дерматит.	3	
Спирт етиловий	Має наркотичну та дратівливу дію. Викликає зміни в печінці, серцево-судинній системі, сухість шкіри при тривалому контакті.	4	1000
Бензин	Діє як дратівник та наркотик. Функціональні нервові розлади, що супроводжуються м'язовою слабкістю, сонливістю чи безсонням. Розлад травлення, печінки, тремтіння пальців та мови,. Характерний розвиток судом, зниження кров'яного тиску, сповільнення пульсу.	4	300

Як видно з табл. 5.1 найбільш небезпечною речовиною є свинець.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

На ділянці для проведення робіт з пайки 3 робочих місця. Питоме утворення аерозолу свинцю при пайці електропаяльником потужністю 36 Вт складає 0,02 мг / 100 пайок.

Формула(5.4) для розрахунку концентрації аерозолу в атмосфері:

$$C = 0,6 \frac{y \cdot n \cdot t \cdot N}{V}, \quad (5.4)$$

де y – питоме утворення свинцю, $y = 0,02$ мг / 100 пайок;

n - кількість пайок за хвилину, $n = 8$;

t - тривалість зміни, $t = 8$ год;

N – кількість робочих місць, $N = 1$;

V – об'єм приміщення, $V = 180$ м³.

Підставивши дані у формулу 5.4 отримаємо значення концентрації, яке становить 0,004 мг/мм³.

З наведеного розрахунку видно, що концентрація аерозолу свинцю не перевищує ГДК (ГДК аерозолу свинцю становить 0,01 мг/м³). Проте, бажано використовувати безсвинцеві припої та пасти.

5.4 Пожежна безпека та профілактика

Причини виникнення пожежі в робочому приміщенні, де використовується комп'ютер, можуть носити електричний і неелектричний характер.

У процесі монтажу розроблюваного пристрою (а саме при паянні) використовуються пожежонебезпечні речовини та матеріали. Недотримання правил пожежної безпеки може призвести до пожежі із пошкодженням чи знищенням майна, заподіянням шкоди здоров'ю працівників чи спричинити їх смерть.

Згідно з класифікацією ДСТУ Б.В.1.1-36.2015 дане робоче приміщення за вибухо- та пожежною небезпекою відповідає категорії В, тобто приміщення із горючими та важкогорючими рідинами, твердими горючими речовинами та матеріалами.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Відповідно до класифікації пожежних зон в ДНАОП 0.00-1.32-01 робоча зона приміщення належить до класу П-Па – пожежонебезпечні зони приміщення. За вогнестійкістю приміщення належить до II ступеня (згідно із класифікацією), тобто механічні конструкції, стіни виконані із негорючих матеріалів, найменша межа вогнестійкості яких складає 2 години.

Найбільш ймовірна причина виникнення пожежонебезпечної ситуації може відбутися при виготовленні флюсів (із використанням етилового спирту, етилацетату чи іншого розчинника на спиртовій основі), під час видалення залишків флюсів із друкованої плати після завершення процесу монтажу (пайки) із використанням таких легкозаймистих рідин як суміш спирту із бензином, ацетон і т.д.

Дані про такі речовини наведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2— Речовини, що використовуються при пайці.

Найменування речовини	Температура спалаху, °С	Температура самозаймання, °С	Нижня межа вибуху, г/м ³	Верхня межа вибуху, г/м ³	Засоби пожежо-гасіння
Каніфоль	–	850	12.6	–	Хімічна піна, вода
Спирт етиловий	18	404	68	340	Хімічна піна, вода, інертні гази

До причин електричного характеру ставляться: короткі замикання, перевантаження, іскріння від порушення ізоляції, електрична дуга, що виникає між контактами комутаційних апаратів, незадовільні контакти в

					PK51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

місцях з'єднання проводів (скрутки) і їхнє сильне нагрівання внаслідок великого перехідного опору при протіканні електричного струму.

Приміщення відповідно до ДБН В.2.5-56-2014 обладнане чотирма пожежними датчиками типу ДПС-038 (площа, що перебуває під захистом одного датчика становить до 25 м², відстань між датчиками становить 4м). Відповідно ДСТУ 3675-98 і ISO 3941-77 як первинний засіб гасіння пожежі використовується чотири вогнегасника ОУ-3 – вуглекислий (клас пожежі “Е”). Вибір речовини вогнегасника обґрунтовується тим, що у вогні можуть виявитися електричні пристрої, що перебувають під напругою. Кількість, розміщення і зміст первинних засобів гасіння пожежі повністю задовольняє всім вимогам ДСТУ 3675-98 й ISO 3941-77. Крім цього, у коридорі є 2 пожежних крани і ящик з піском. Витримано всі умови по НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Витримано всі умови ДБН В.1.1-7-2016 по вогнестійкості будинків, часу евакуації у випадку пожежі, ширині евакуаційних проходів і виходів із приміщень. Двері приміщень відкриваються назовні, ширині дверей 1.3 м при нормі не менш 0.8 м, висота проходу 2.2 м при нормі не менш 2м, ширина коридору 3м при нормі не менш 2м.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

1. При виконанні даного дипломного проекту було розроблено двополярний блок живлення для ПНЧ. Результатом проведеної роботи є спроектована схема електрична принципова та комплект конструкторської документації (КД) оформлений за [15].
2. Розміри розробленого пристрою становлять 250x130x80 мм і відповідають вимогам ТЗ. Друковані вузли пристрою розроблені та виготовлені з використанням технології наскрізного та поверхневого монтажу, що за класифікацією в IPS-7070 відносяться до типу 2 класу С.
3. Розроблену конструкцію можна вдосконалити шляхом додавання системи активного охолодження. Модернізувавши корпус, розроблений модуль можна вмонтувати в корпус студійних аудіопідсилювачів, що приведе до значної економії вільного робочого місця оператора.

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Блок питания лабораторный ZHAOXIN RXN-305D цифровой — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://electronoff.ua/good/blok-pitaniya-laboratornyj-rxn-305d-0-30v-0-5a-cifrovoj.php> — Назва з екрану.
2. Блок питания YIHUA-605D цифровой — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://radiodetali.com.ua/product/blok-pitaniya-yihua-605d-060v-05a-tsifrovoy-59219> — Назва з екрану.
3. Лабораторный блок питания Masteram HPS3030D — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://masteram.com.ua/ru/mini-switching-dc-power-supply-masteram-hps3030d/> — Назва з екрану.
4. Регулируемый двухполярный источник питания — arsenal-info.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://oao-sozvezdie.ru/6-stati/42-reguliruemyy_istochnik_dvukhpolynarnogo_pitaniya — Назва з екрану.
5. Семьян А. П. 500 схем для радиолюбителей. Источники питания / А. П. Семьян — СПб: Наука и Техника, 2005 — 408 с. — ISBN 5-94387-102-0
6. ГОСТ 15150-69 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003320>
7. ГОСТ 16019-2001 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200026583>
8. Компенсаційні стабілізатори напруги [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3904261/page:5/> — Назва з екрану.
9. Журнал "Радиоконструктор": 08-2018 — РФ : ООО ИД "Череповец". — 21–23 с.
10. Двухканальный сетевой источник питания с низким уровнем пульсаций и токовой защитой [Электронный ресурс] — Режим

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

доступу http://www.radioradar.net/radiofan/power_supply/two_channel_power_supply.html — Назва з екрану.

11. Комбінований негативний метод [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/kombinirovannye-metody.html>
12. ГОСТ 2.702-2011 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://cals.ru/sites/default/files/downloads/2.702-2011.pdf>
13. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів / Зіньковський Ю. Ф. — К.: НТУУ «КПІ», 2012. — 56 с.
14. Расчет трансформатора с тороидальным магнитопроводом — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://automotogarage.ru/equipment/electrical/calculation_of_toroidal_transformer — Назва з екрану.
15. ГОСТ 2.102-68 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/gost-2.102-68-eskd>

					РК51.436617.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту
ст.викл., к.т.н. Шульга А.В.

(дата)

(підпис)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри радіоконстру-
ювання та виробництва радіоапа-
ратури д.т.н., проф. Нелін Є. А.

(дата)

(підпис)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

«Двополярний блок живлення для підсилювача низьких частот»

Київ 2019

1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проекту «Двополярний блок живлення для для підсилувача низьких частот (ПНЧ)».

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури від «___» _____ 2019 р.

2 ВИКОНАВЦІ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Керівник дипломного проекту: ст.викл.,к.т.н. Шульга Аліна Вікторівна.

Виконавець: студент групи РК-51 Михейкін Віктор Петрович.

3 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Метою дипломного проекту є розробка конструкції двополярного блоку живлення для ПНЧ, який призначений для живлення аудіопідсилувачів джерелом енергії з наднизьким рівнем пульсацій, перевірка її на працездатність та оформлення необхідної конструкторської документації.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Призначення

Напруга живлення: $220\text{ В} \pm 10\%$ змінної напруги;

Потужність: 140 Вт (не більше);

Вихідна напруга: $-14/+14\text{ В}$;

Рівень пульсацій вихідної напруги: 0,25 мВ (не більше);

Управління: пристрій повинен мати вузол, для того щоб була можливість його включення та виключення.

4.2 Життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Кліматичні вимоги УХЛ4.2 згідно ГОСТ 15150-69.

Захист від механічний впливів С1 згідно ГОСТ 16019-2001.

4.3 Надійності

Середній час безвідмовної роботи не менше 10000 годин.

Імовірність безвідмовної роботи 0,95.

Середній строк служби не менше 2-ох років.

4.4 Конструкції

Прилад повинен мати форму прямокутного паралелепіпеда.

Необхідно забезпечити охолодження пристрою і його складових частин.

Габаритні параметри, Ш×Д×В не більше, мм: 250×150×100.

Встановити кнопку вимкнення живлення.

Моноблочний вид виконання.

4.5 Уніфікації і стандартизації

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементну та матеріальну базу.

4.6 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Корпус чорного кольору з отворами для світлодіодів.

4.7 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Технічне обслуговування проводити 1 раз у два роки.

Ремонт здійснювати у спеціалізованих сервісних центрах.

4.8 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

4.9 Транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 15150-69 умови 1-Л.

Зберігання: сухість на складі, плюсові температури на складі.

4.10 Якості і технічного рівня

Відповідає світовому рівню.

5 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПКВ

Вибір теплопровідного матеріалу для корпусу та припою без вмісту свинцю.

6 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Пакування: апаратуру необхідно загорнути в бульбашко-повітряну плівку і помістити в картонну коробку.

Консервація: не передбачено.

7 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Оформлення документації оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

Склад конструкторської документації:

1. Текстова документація (пояснювальна записка, перелік елементів, специфікація на друкований вузол, специфікація на пристрій).
2. Графічна документація загальним обсягом 3 аркуші А1(схема електрична структурна, схема електрична принципова, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованого вузла, складальне креслення пристрою).

7.1 Орієнтовний зміст дипломного проекту:

- 1 Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання
- 2 Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення, елементної бази
- 3 Проектування електронного модуля
- 4 Проектування приладу та аналіз його працездатності
- 5 Охорона праці

Висновки

Перелік джерел посилань

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Перелік елементів

Додаток В Специфікація на друкований вузол

8 СТАДІЇ І ЕТАПИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Робота виконується в 9 етапів.

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд існуючих рішень		Розділ 1
2	Розробка та аналіз технічного завдання.		Розділ 1
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення.		Розділ 2, кресленики Е1, Е3

4	Вибір та обґрунтування елементної бази.		Розділ 2
5	Проектування електронного модуля		Розділ 3 кресленики плати і модуля
6	Проектування приладу		Розділ 4
7	Аналіз працездатності приладу		Розділ 4
8	Охорона праці		Розділ 5
9	Оформлення текстової і графічної документації		Кресленики і додатки

9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Представлення проміжних результатів дипломного проекту керівнику в зазначені терміни.
2. Представлення завершеного дипломного проекту керівнику.
3. Перевірка дипломного проекту на наявність плагіату.
4. Представлення кафедрі завершеного дипломного проекту за 10 днів до дати захисту.
5. Захист дипломного проекту перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

Керівник

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Гайка М3 DIN 934	10	
		8		Гайка М5 ГОСТ 5915-70	1	
		9		Гвинт М2.5х4 DIN 965	24	
		10		Гвинт М3х6 DIN 965	10	
		11		Гвинт М5х70 DIN 965	1	
		12		Міжплатна стійка М2.5х8 ГОСТ 20862-81	8	
				<u>Інші вироби</u>		
		13		Запобіжник 5х20мм, 3.15А	1	
		14		Радіатор пластинчастий 75х35х9	2	
		15		Радіатор пластинчастий 30х25х11	2	
		16		Світлодіод L-53ID	2	
		17		Роз'єм живлення KLS1-AS-303-1	1	
		18		Роз'єм МТ60	1	
		19		Тримач для світлодіодів CORPUS 9005	2	
				<u>Матеріали</u>		
		20		Кабель живлення EU-Schuko, С13	1	
		21		Провід МГШВ 1х1.5 мідний	2,5м	
		22		Гумова ніжка	4	
		23		Прокладка гумова	1	
		24		Прокладка КПТД-2/1-0,30	6	
				PK51.436617.001		2
Змін	Арк.	№ докум.	Підп	Дата		

Справ. №	Перв. приме. Помилка: Джерело посилання не знайдено.	Поз. ПОЗН.	Найменування			Кільк.	Примітка		
		<u>Конденсатори</u>							
		C1-C2	ELP223M50BA-Hitano 22000 мкФ 50 В			2			
		C3	0805Y106Z160N3-Hitano 10 мкФ 16 В -20/+80%			1			
		C4	C0805B224K500N3-Hitano 220 нФ 50 В ± 10%			1			
		C5	EFH151M35B-Hitano 150 мкФ 35 В			1			
		C6	0805B223K500NT-Hitano 22 нФ 50 В ± 10%			1			
		C7	0805Y106Z160N3-Hitano 10 мкФ 16 В -20/+80%			1			
		C8	EHR101M35B-Hitano 100 мкФ 35 В			1			
		C9	0805Y106Z160N3-Hitano 10 мкФ 16 В -20/+80%			1			
		C10	EFH151M35B-Hitano 150 мкФ 35 В			1			
C11	0805Y106Z160N3-Hitano 10 мкФ 16 В -20/+80%			1					
<u>Мікросхеми</u>									
Подп. и дата	Инв. № дубл.	DA1	LM334Z			1			
		DA2	79L24			1			
		DA3	MC33072DG			1			
<u>Резистори</u>									
Подп. и дата	Взам. инв. №	R1	RC0805FR-14R-Hitano 14 Ом 0,125 Вт ± 1%			1			
		R2	VTR-A-3296W-102-R VTRons 1 кОм 0,5 Вт			1			
		R3	RC0805FR-1K5R - Hitano 1,5 кОм 0,125 Вт ± 1%			1			
		R4	RC0805JR-10KR-Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 5%			1			
		R5	RC0805FR-1KR-Hitano 1 кОм 0,125 Вт ± 1%			1			
		R6	RC0805FR-100R-Hitano 100 Ом 0,125 Вт ± 1%			1			
Инв. № подл.	Розрбие	Перевірие	Н.контр.	Затв.	ПК51.436617.001 ПЕ Блок живлення Перелік елементів		Лім.	Аркуш	Аркушіє
								1	2
							КіВРА		
Зм.		Арк	№ докум.	Підп.	Да-				

Поз. ПОЗН.	Найменування	Кільк	Примітка
R7	WW25RR005FTL-Walsin 0,005 Ом 2 Вм ± 1%	1	
R8	RC0805FR-750R-Hitano 750 Ом 0,125 Вм ± 1%	1	
R9	RC0805FR-100R-Hitano 100 Ом 0,125 Вм ± 1%	1	
R10	RC0805FR-1K5R- Hitano 1,5 кОм 0,125 Вм ± 1%	1	
R11	VTR-A-3296W-501-R VTRons 500 Ом 0,5 Вм	1	
R12	RC0805FR-1K5R - Hitano 1,5 кОм 0,125 Вм ± 1%	1	
R13	RC0805FR-560R-Hitano 560 Ом 0,125 Вм ± 1%	1	
U1	Сумістор МOC3023	1	
	<u>Діоди</u>		
VD1-VD4	MBRF2045CTG	4	
VD5	BZT52C5V1S	1	
VD6	BAW56W	1	
VD7	PESD12VL1BA	1	
VT1	Транзистор SUP90P06-09L	1	
X4	Роз'єм KLS2-125-381-03P-14-C	1	

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Зм.	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	Дата

PK51.436617.001 ПЕ

Аркуш
2

Поз. ПОЗН.	Найменування	Кільк	Примітка
R7	WW25RR005FTL-Walsin 0,005 Ом 2 Вм ± 1%		
R8	RC0805FR-750R-Hitano 750 Ом 0,125 Вм ± 1%	1	
R9	RC0805FR-100R-Hitano 100 Ом 0,125 Вм ± 1%	1	
R10	RC0805FR-1K5R -Hitano 1,5 кОм 0,125 Вм ± 1%	1	
R11	VTR-A-3296W-501-R VTRons 500 Ом 0,5 Вм	1	
R12	RC0805FR-1K5R-Hitano 1,5 кОм 0,125 Вм ± 1%	1	
R13	RC0805FR-560R-Hitano 560 Ом 0,125 Вм ± 1%	1	
U1	Сумістор М0С3023	1	
	<u>Діоди</u>		
VD1-VD4	MBRF2045CTG	4	
VD5	BZT52C5V1S	1	
VD6	BAW70W	1	
VD7	PESD12VL1BA	1	
VT1	Транзистор IRF1405ZPBF	1	
X3	Роз'єм KLS2-125-381-03P-14-C	1	

Інв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

PK51.436617.002 ПЕ

Аркуш
2

