

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь бакалавр
спеціальність 171 „Електроніка”
(шифр і назва спеціальності)

на тему « **Розробка блоку підсилювача потужності звукової частоти на мікросхемі TDA1555Q»**

Виконав: студент групи ЕЛ-21бд

(підпис)

С.С. Скрипниченко

(ініціали і прізвище)

Керівник

(підпис)

І.С. Тюндер

(ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри

(підпис)

О.І. Захожай

(ініціали і прізвище)

Рецензент _____ доц., д.т.н.О.І. Захожай

Київ – 2025

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

Освітній ступінь бакалавр

спеціальність 171 „Електроніка”

(шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“___” _____ Захожай О.І.
2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Скрипниченко Сергій Святославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка блоку підсилювача потужності звукової частоти на мікросхемі TDA1555Q

керівник роботи Тюндер Ірина Сергіївна, ст. викл.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом університету від “27” травня 2025 року
№67/15.15-С

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: Схема електрична принципова

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз технічного завдання. Конструкторська частина. Технологічна частина.

Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) Схема електрична принципова. Плата друкована. Складальне креслення. Схема технологічного процесу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 30.03.2025р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної випускної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Одержання завдання на виконання роботи	30.03.25	виконано
2	Укладання і погодження з керівником плану і етапів виконання роботи	06.04.25	виконано
3	Узагальнення даних літературних джерел, укладання розділу «Аналіз технічного завдання»	13.04.25	виконано
4	Розробка конструкції виробу	20.04.25	виконано
5	Розробка технології виготовлення виробу	27.04.25	виконано
6	Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником	04.05.25	виконано
7	Здача готової пояснювальної записки на кафедру	08.06.25	виконано
8	Укладання доповіді і презентації	10.06.25	виконано

Студент

підпис

С.С.Скрипниченко

(ініціали і прізвище)

Керівник роботи

підпис

І.С. Тюндер

(ініціали і прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: стор.66, рис.27, табл.15, 18 джерел, 2 додатки.

Об'єктом розробки є підсилювач потужності звукової частоти, із заданою електричною принциповою схемою.

Мета роботи – розробити конструкцію та технологію виготовлення виробу на основі схеми електричної принципової та відповідно до вимог технічного завдання.

У процесі роботи був зроблений аналіз вимог технічного завдання, електричної схеми, елементної бази, конструкторсько-технологічних аналогів, розроблено додаткові технічні вимоги до конструкції пристрою, виконано конструкторський розрахунок друкованого монтажу, проведено розрахунок надійності та теплового режиму блоку, обрано та розроблено технологію виготовлення пристрою, виконано автоматизоване проектування блоку з отриманням конструкторської документації, розглянуті умови охорони праці та навколишнього середовища.

ПІДСИЛЮВАЧ, ЕЛЕМЕНТНА БАЗА, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ,
НАДІЙНІСТЬ, ДРУКОВА ПЛАТА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1.АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	8
1.1 Аналіз призначення виробу.....	8
1.2 Аналіз електричної схеми і принципу роботи пристрою.....	9
1.3 Аналіз умов експлуатації.....	12
1.4 Аналіз елементної бази.....	13
1.5 Аналіз аналогічних конструкцій.....	28
1.6 Технічні пропозиції на розробку.....	32
2 СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ.....	33
2.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати	33
2.2 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати.....	34
2.3 Розрахунок по постійному струмі.....	40
2.4 Розрахунок по перемінному струмі.....	40
2.5 Розміщення ЕРЕ та трасування.....	41
2.6 Оцінка теплового режиму.....	42
2.7 Оцінка показників надійності.....	42
3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ.....	47
3.1 Розробка структурної схеми виготовлення пристрою.....	47
3.2 Аналіз технологічності виробу.....	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
ВИСНОВОК.....	55
ЛІТЕРАТУРА.....	56
ДОДАТОК А.....	58
ДОДАТОК Б.....	59

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БЕА – побутова електронна апаратура
ДДП – двостороння друкована плата
КПМ - компоненти поверхневого монтажу
НЕ – навісний елемент
ДП - друкована плата
ООС - негативний зворотний зв'язок
ЕОМ – електронна обчислювальна машина
ППЗЧ – підсилювач потужності звукової частоти
ПУ – попередній підсилювач
ЗЧ – звукова частота
АЧХ – амплітудно-частотна характеристика
ФНЧ – фільтр нижніх частот
ОУ – операційний підсилювач
ЕРЕ-електро радіо елементи
ІМС – інтегральні мікросхеми
тз – технічне завдання
СМС – світломонтажний стіл
САПР – система автоматичного проектування
ТП – технологічний процес

ВСТУП

Все життя нас супроводжують звуки. Звуками пронизано весь навколишній простір, але хочеться, щоб звуки, які приносять нам радість і задоволення, звучали якнайкраще і чистіше. Поціновувач музики захоче відчутти міць басів важкого металу улюбленого рок-гурту або всі відтінки вокалу свого оперного кумира. Справа залишається лише за тим, як домогтися на практиці чистого звуку. Одним із рішень проблеми якісного звучання є підсилювач звукової частоти.

В даний час підсилювачі набули дуже широкого поширення практично у всіх сферах людської діяльності: у промисловості, техніці, медицині, музиці, транспорті та в багатьох інших. Підсилювачі є необхідним елементом будь-яких систем зв'язку, радіомовлення, акустики, автоматики, вимірювання та управління. Але перш, ніж підсилювач став таким поширеним, йому довелося пройти довгий шлях.

Застосування друкованих плат дало можливість порівняно з об'ємними конструкціями збільшити щільність монтажу, надійність, ремонтпридатність, зменшити масу конструкції, розкид параметрів і так далі.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1.Аналіз призначення та складу виробу

Підсилювач, що розробляється, призначений для високоякісного відтворення звукових частот у заданому діапазоні.

До основних функцій цього підсилювача, які визначають сферу його застосування, можна віднести: здатність посилювати малопотужний вхідний сигнал від різних джерел з подальшою передачею посиленого сигналу на акустичні системи; можливість вибору за допомогою комутатора вхідного джерела сигналу для подальшого посилення, при цьому здійснюється індикація номера входу; можливість регулювання НЧ, ВЧ, гучності та балансу для комфортнішого прослуховування стереофонічних музичних програм.

До складу підсилювача входять такі конструктивно закінчені вузли та блоки:

- комутатор сигналів;
- термоблок;
- підсилювач потужності звукової частоти;
- приймач діапазону УКХ ЧС мовлення;
- блок затримки підключення гучномовця;
- індикатор рівня вхідного сигналу;
- блок керування швидкістю обертання вентилятора активного охолодження;
- блок живлення;
- винесені на передню панель органи управління;
- винесені на передню панель органи налаштування.

Форма та будова корпусу підсилювача повинні забезпечувати необхідну міцність та безпеку експлуатації, задовольняти вимоги споживачів. Зазвичай форма корпусу прямокутна.

У процесі експлуатації підсилювач повинен мати постійне місце розташування (стіл, тумба).

Користувачами цього пристрою є особи віком від 8 років і більше.

Щоб уникнути травм маленьких дітей, підсилювач бажано розташовувати в недоступних для них місцях.

Проаналізувавши призначення і функціональні можливості апарату, що розробляється, можна зробити висновок, що даний підсилювач відноситься до першого класу складності і відноситься до категорії побутової ЕРА.

1. 2. Аналіз електричної схеми та принципу роботи підсилювача

Електрична схема підсилювача складається з комутатора сигналів, темброблока, що забезпечує регулювання відносного рівня низьких і високих частот, балансу та гучності, власне ППЗЧ, приймача УКХ ЧС мовлення, блоку затримки підключення гучномовців, індикатора рівня вхідного сигналу на мікросхемі AN6884 блоку .

Комутатор сигналів виконується на підстроювальних резисторах R1, R2 (СПЗ-16), необхідних для вирівнювання сигналу приймача та комп'ютера. Індикація входу, що підключається здійснюється за допомогою світлодіодів типу АЛ307. Перемикання входів відбувається за допомогою одноразового натискання кнопки SB1.

Термоблок із регулятором гучності (з тонкомпенсацією) виконується на мікросхемі DA1 TDA1524A, включеної за типовою схемою. Конденсатори C4 та C5 визначають частоту зрізу фільтра НЧ для лівого та правого каналів, C6 та C7 – частоту зрізу фільтра ВЧ; конденсатори C8-C11 необхідні для

зменшення шарудіння контактів змінних резисторів R10-R13, які служать для регулювання низьких та високих частот, балансу та гучності.

Підсилювач потужності виконується на мікросхемі DA2 TDA1555Q, яка містить чотири канали ППЗЧ. Її можна використовувати як у чотириканальному варіанті включення (4×11 Вт), або, як у цьому випадку, у двоканальному мостовому режимі з подвоєною потужністю (2×22). Тюнер "верхнього" діапазону ЧС радіомовлення виконується на мікросхемі TEA 5711.

Необхідність використання затримки підключення гучномовців викликана присутністю клацання на виході підсилювача в момент включення. За основу взято схему термореле на K157 УД1, гідністю якої є простота і повторюваність. Принцип роботи вузла полягає в тому, що при переході з чергового режиму (Stand-by) в робочий режим на виході 8 DA3 є повна напруга живлення, яке зменшується в процесі зарядки конденсатора. При рівності напруги на виводах 8 і 9 DA3 компаратор переключиться і спрацюють реле K2 і K3. Час затримки регулюється резистором підлаштування R14, воно залежить і від номіналів елементів C15, R16.

Блок індикації виконується мікросхемі AN6884. Призначення елементів конденсатора C24 (C26) - розділовий, C25 (C27) задає постійну часу індикації; резистор R20 (R23) – регулювання чутливості, R19 (R22) – струмообмежуючий, R21 (R24) задає постійну часу зворотного ходу індикатора.

Вузол управління швидкістю обертання вентилятора від термодатчика забезпечує плавне регулювання швидкості обертання вентилятора в підсилювачі та здатний реально знизити шум вентилятора на 10...20 дБ.

Налаштування робочого режиму вузла зводиться до встановлення підстроювальним резистором R26 вихідної напруги, що подається на вентилятор і дорівнює приблизно 6,5 при температурі датчика VD5 близько 350.

Чутливість термодатчика (швидкість збільшення вихідної напруги з температурою) визначається, зокрема, номіналом резистора R30 і становить приблизно 0,3 на градус, тобто. при даному калібруванні при температурі приблизно 50 ... 55°C на виході буде 12В - повна напруга живлення вентилятора. Якщо температура підвищуватиметься і далі, транзистор VT1 відкриється повністю і на вентилятор надходитиме напруга близько 14,5 В з урахуванням падіння напруги на транзисторі. Перенапруга в 2,5 В не є небезпечною для вентилятора, але цього допускати не слід, оскільки підвищення температури всередині підсилювача негативно позначається на стабільності роботи приймача. У такому разі слід збільшити напругу, що подається на вентилятор за тієї ж температури, або заздалегідь передбачити установку вентилятора з великою продуктивністю.

Блок живлення підсилювача містить два тороїдальних трансформатора T1 і T2, включених паралельно, і два діодні мости зі своїми конденсаторами, що згладжують, для окремого живлення мікросхеми DA2 та інших компонентів підсилювача. Габаритна потужність трансформаторів T1 і T2 приблизно по 40 Вт, їх вторинні обмотки розраховані на струм 2 А. Трансформатори та плата приймача розміщені в екранах.

Вузли A9 та A10 містять елементи індикації та органи управління підсилювачем, вони винесені на передню панель. Світлодіоди HL1, HL2 сигналізують про включення підсилювача та роботу приймача у стереорежимі; Змінний резистор R31 служить для налаштування приймача на радіостанції. Кнопкою SB1 здійснюється примусове включення режиму "Моно"; кнопка SB2 керує реле комутатора; при натисканні на SB3 підсилювач переходить із режиму Stand-by у робочий режим. Резистори R10-R13 регулюють рівні низьких, високих частот, балансу та гучності відповідно.

Кнопки SB1-SB3-П2К з фіксацією. Обмотки всіх реле розраховані на 12 В, які контактні групи розраховані струм до 5 А. Діодний міст VD1 розрахований струм 5 А, VD2 – на 1,5 А.

Довжина телескопічної антени -250 ... 850 мм. Антена приймача кріпиться до задньої панелі через ізоляційні шайби.

Найбільш схильні до перешкод вхідні ланцюги попереднього підсилювача. Їх необхідно розмістити на ДП якнайдалі від вихідних ланцюгів, для зменшення наведень вихідного сигналу. При конструюванні ДП ці ланцюги необхідно виконати якнайкоротше.

Найбільш теплонавантаженими елементами є мікросхеми підсилювача потужності. Для забезпечення нормальних режимів роботи мікросхем необхідно встановити вентилятор. Вентилятор – компактний комп'ютерний, його розміри –50×50×10 мм.

Враховуючи перелічені вище фактори та параметри, вибираємо третій клас точності плати.

Напруга живлення підсилювача повинна бути стандартною ~ 220 В, 50Гц. Органи керування мають бути винесені на передню панель, біля них мають бути пояснювальні написи та шкали регулювань. Зовнішній вигляд виробу має відповідати естетичним вимогам.

Проаналізувавши режим роботи підсилювача можна зробити висновок про те, що даний пристрій може працювати при напрузі значно меншому від номінального без втрати якості звучання при порівняно невеликих потужностях (50Вт).

Продуманість електричної схеми підсилювача дозволила застосувати малопотужні ЕРЕ.

1.3. Аналіз умов експлуатації

Підсилювач експлуатуватиметься за таких умов:

- мінімальна температура $+5^{\circ}\text{C}$;
- максимальна температура $+55^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ 80%.

Міцність виробу, що проектується при транспортуванні:

- прискорення, g 15;
- тривалість ударного імпульсу, ms 11;
- число ударів, не менше 1000.

1.4 Аналіз елементної бази

Склавши потужності розсіювання всіх радіоелементів, отримали сумарну потужність розсіювання понад 2 Вт.

У цій схемі присутні два потужні вихідні транзистори, яким потрібні додатковий відвід тепла. Щоб не займати місце на друкованій платі, встановлювати додаткові тепловідведення для цих транзисторів не будемо. Як загальне тепловідведення буде використовуватися металевий корпус кожуха. Ці транзистори через слюдяну прокладку встановлюються на задній стінці кожуха, потім хомутками і гвинтами М3 закріплюються на ній. Слюдяна прокладка потрібна для того, щоб не було електричного контакту між колекторами транзисторів.

Також на задній стінці закріплюються вхідний та вихідний роз'єми. На передній панелі встановлюються змінні резистори регулювання гучності та тембру за вищими та нижчими частотами.

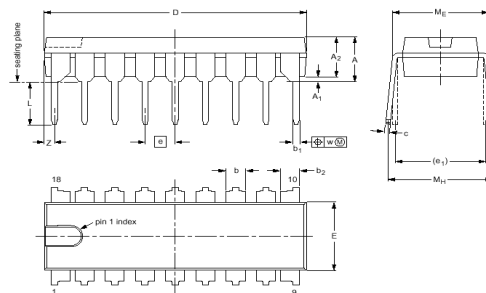
Інші радіоелементи додаткового кріплення не вимагають.

Розглянемо електричні та конструктивні параметри, а також допустимі умови експлуатації електрорадіоелементів, що застосовуються, і зробимо висновок про можливість їх використання в конструкції підсилювача.

У підсилювачі використовуються мікросхеми та вузли підсилювача. Їхні основні паспортні характеристики:

Таблиця 1.1 – Параметри мікросхеми TDA1524A (регулятор гучності)

Параметри	TDA1524A
Діапазон регулювання гучності, дБ	-80...+21,5
Діапазон регулювання низьких частот, дБ	-19...+17
Діапазон регулювання високих частот, дБ	±15
Коефіцієнт гармонік, %	0,3
Максимальний вхідний сигнал,	2,5
Максимальний вихідний сигнал,	3
Напруга живлення, В (хв./ном./макс.)	7,5/12/16,5



UNIT	A max.	A ₁ min.	A ₂ max.	b	b ₁	b ₂	c	D(1)	E(1)	e	e ₁	L	M _E	M _H	w	Z ⁽¹⁾ max.
mm	4.7	0.51	3.7	1.40 1.14	0.53 0.38	1.40 1.14	0.32 0.23	21.8 21.4	6.48 6.20	2.54	7.62	3.9 3.4	8.25 7.80	9.5 8.3	0.254	0.85
inches	0.19	0.020	0.15	0.055 0.044	0.021 0.015	0.055 0.044	0.013 0.009	0.86 0.84	0.26 0.24	0.10	0.30	0.15 0.13	0.32 0.31	0.37 0.33	0.01	0.033

Рисунок 1.1 - Габаритні розміри TDA1524A

Таблиця 1.2 – Параметри мікросхеми TDA1555Q (підсилювач потужності звукової частоти)

Параметри	TDA1555Q
Вихідна потужність,	2×22(4×11)
Вихідний струм, А	4
Розсіювана потужність, Вт	60
Коефіцієнт гармонік КГ, %, при потужності 1Вт	0,1 0,5 10 6,0/14,4/18

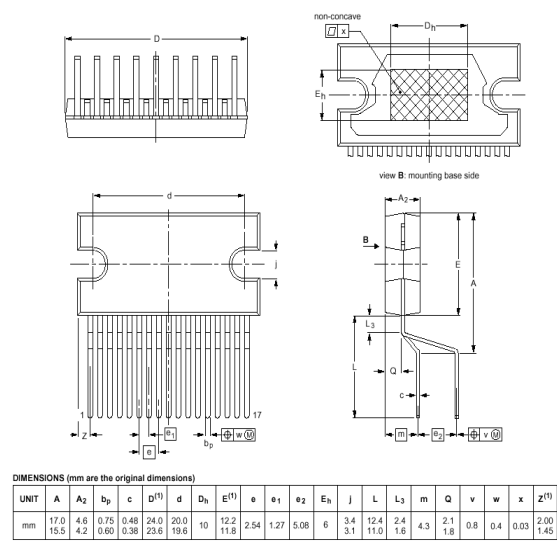


Рисунок 1.2 - Габаритни розміри TDA1555Q

Таблиця 1.3 –Параметри ОУ AN6884

Параметри	AN6884
Вихідний струм на один світлодіод, ма	7
Напруга живлення, В (хв./макс.)	3,5/13

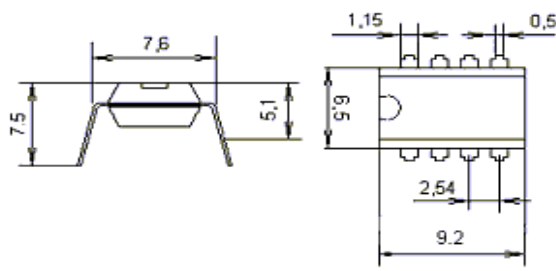


Рисунок 1.3- Габаритни розміри ОУ AN6884

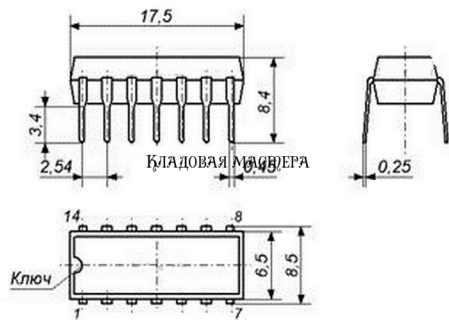


Рисунок 1.4 - Габаритни розміри K157УД1

Таблиця 1.4 –Параметри мікросхеми К157УД1

Параметри	К157УД1
Коефіцієнт посилення за напругою	50×10^3
Вихідна напруга,	12
Вихідний струм, А	0,4...1
Напруга зміщення, мВ	5
Вхідний струм, нА	500
Швидкість вихідної напруги, В/мкс	0,5
Частота, МГц	0,5
Струм втрат, ма	9
Напруга імпульсної перешкоди,	± 15

Таблиця 1.5 –Параметри мікросхеми 7812

Параметри	7812
Вихідний струм, мА	100
Напруга живлення, В	12

Таблиця 1.6–Параметри мікросхеми 78L09

Параметри	Параметри	78L09
Вихідний струм, мА	Вихідний струм, мА	100
Напруга живлення, В	Напруга живлення, В	9

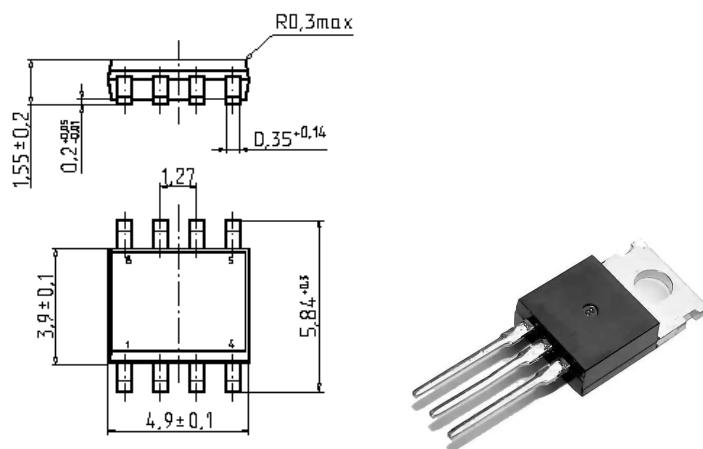


Рисунок 1.5 - Габаритні розміри 78L09 и 7812

Для VD1 взята діодна збірка KBU6A.

Таблиця 1.7 –Параметри KBU6A

Параметри	KBU6A
Вихідний струм, А	6
Напруга живлення,	35...700
Прискорення, g	8

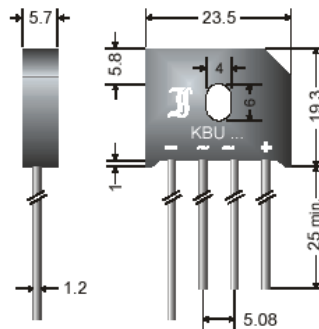


Рисунок 1.6 - Габаритні розміри KBU6A

Для VD2 взята діодна збірка DB151.

Таблиця 1.8 –Параметри DB151

Параметри	DB151
Вихідний струм, А	6
Напруга живлення,	До 50
Прискорення, g	8

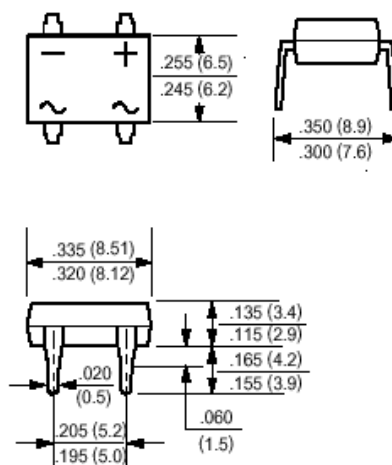


Рисунок 1.7 - Габаритні розміри DB151

Таблиця 1.9 - Технічні дані діода КД522Б

Відносна вологість повітря (при 40°C), %	98
Температура навколишнього середовища, °C	-55...+85
Маса, г	0,15

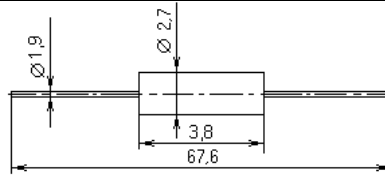


Рисунок 1.8 - Діод КД522Б

У пристрої застосовуються резистори типу МЛТ – загального призначення неізолювані. Електричні параметри наведено у таблиці 1.10. Габаритні та настановні розміри резисторів наведені на рисунку 1.9.

Таблиця 1.10 - Електричні параметри резисторів

Найменування параметрів	Значення
Межі номінального опору 0,125Вт	8,2Ом...3,01МОм 8,2Ом...0,51МОм
0,25Вт	E96
Ряди проміжних значень опору	200
Гранична робоча напруга,	10
Допустиме відхилення опору від номінального, %	-60...+125
Діапазон робочих температур оС	10000
Напрацювання на відмову не менше, ніж	80
Максимальна вологість повітря (при температурі +25 оС) %	6

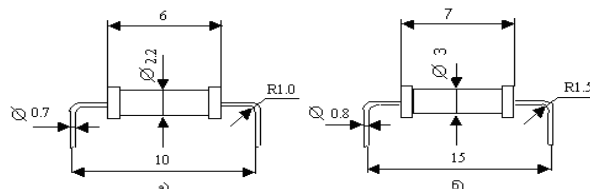


Рисунок 1.9 - Габаритні та настановні розміри резисторів:

а) 0,125Вт; б) 0,25Вт.

Резистор СПЗ-19а

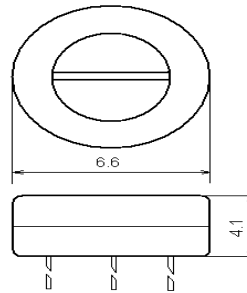


Рисунок 1.10- Резистор СПЗ-19а

Електричні параметри:

- діапазон номінальних опорів $10^{-1} \cdot 10^6$ Ом;
- температурний коефіцієнт опору:

а) до 330 Ом $\pm 500 \cdot 10^{-6}$ 1/°C

б) понад 330 Ом $\pm 250 \cdot 10^{-6}$ 1/°C;

- мінімальний опір, не більше:

а) до $4,7 \cdot 10^3$ Ом 1 Ом

б) понад $4,7 \cdot 10^3$ Ом 2 Ом;

- початковий стрибок, не більше:

а) до $4,7 \cdot 10^3$ Ом 15%

б) понад $4,7 \cdot 10^3$ Ом 10%;

- функціональна характеристика лінійна А;
- опір ізоляції в нормальних кліматичних умовах, не менше 1000 Мом.

Граничні експлуатаційні дані:

- температура довкілля:

б) навантаженні від -60 до +70 ° C

в) при зниженні електричної навантаження від -60 до +125 ° C;

- відносна вологість повітря за температури +35°C до 98%;
- нижений атмосферний тиск До 0.00013 Па;
- зносостійкість 500 циклів;

- момент статичного тертя рухомої системи 2.5–14.7 мН·м;
- мінімальне напрацювання 15000 год;
- термін зберігання 12 років.

Проміжні значення номінальних опорів відповідає ряду Е6 з допусками ± 10 ; $\pm 20\%$.

При виборі резистора СПЗ-19а виходили умови зручності установки даного типу резистора на друковану плату.

Резистор СПЗ-27в

Електричні параметри: номінальна потужність, Вт 0.5

Розміри, мм:

H 20

L 23

h 5.4

l 15

Маса, г, не більше 2

Діапазон номінальних опорів $68 \cdot 10^3$ – 10^6 Ом

Температурний коефіцієнт опору:

- до $100 \cdot 10^3$ Ом $\pm 1000 \cdot 10^{-6}$ 1/°C
- понад $100 \cdot 10^3$ Ом $\pm 1500 \cdot 10^{-6}$ 1/°C

Мінімальний опір, не більше:

- до $2,2 \cdot 10^3$ Ом 10^3 Ом
- понад $2,2 \cdot 10^3$ Ом до $10 \cdot 10^3$ Ом 70 Ом
- понад $10 \cdot 10^3$ Ом до $100 \cdot 10^3$ Ом 100 Ом
- понад $100 \cdot 10^3$ Ом 200 Ом

Початковий стрибок, трохи більше 10%

Функціональна характеристика Лінійна А

Граничні експлуатаційні дані:

Температура довкілля:

при номінальній електричному навантаженні

- від -45 до +40 ° C

при зниженні електричного навантаження

- від -45 до +70 ° C

Відносна вологість повітря за температури +35 °C до 98%

Знижений атмосферний тиск До 79993 Па

Гранична робоча напруга постійного або змінного струму:

- 0.125 Вт 150 В
- 0.25 Вт 250 В
- 0.5 Вт 350 В

Зносостійкість 500 циклів

Момент статичного тертя рухомої системи 3.4–3.43 мН·м

Мінімальне напрацювання 10000 год

Термін зберігання 10 років

Проміжні значення номінальних опорів відповідають ряду Е6 з допусками $\pm 20\%$ (до $220 \cdot 10^3$ Ом); $\pm 30\%$ (понад $220 \cdot 10^3$ Ом).

При монтажі в радіоапаратурі стрічкові або дротяні висновки постійних резисторів не можна вигинати ближче ніж за 3-5 мм від корпусу. Вигини повинні бути плавними, із заокругленнями, інакше висновки можуть надламатися. Так як перегрів резисторів може призвести до зміни опорів, гнучкі висновки постійних резисторів паяють на відстані не менше 5 мм від їх корпусів. При цьому висновок у самого корпусу щільно захоплюють плоскогубцями, що відводять тепло і зменшують нагрівання резистора в процесі паяння. З тієї ж причини процес паяння гнучких висновків постійних резисторів у схему, а також монтажних дротів до пелюсток змінних резисторів повинен бути можливо коротшим (не більше 10 с). Якщо паяння не вдалося, його можна повторити не раніше ніж через 2-3 хвилини.

Конденсатори

Застосовувані в радіоапаратурі конденсатори за конструкцією та призначенням поділяють на постійні, що мають постійну ємність,

підстроювальні (напівзмінні), що дозволяють змінювати ємність у невеликих межах, та змінні, що допускають зміну ємності у значних межах.

У процесі проектування вибираємо конденсатори наступних типів:

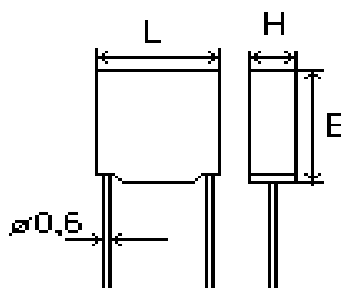


Рисунок 1.11- Конденсатор К10-17

Електричні параметри:

Номінальна напруга, до 40В

Діапазон ємностей, пФ 0.015...2200000

Допустиме відхилення ємності, % $\pm(5, 10, 20)$

Опір ізоляції, Мом 1000

Експлуатаційні параметри:

Діапазон робочих температур, $^{\circ}\text{C}$ $-60 \div +85$

Відносна вологість повітря при $T = 35^{\circ}\text{C}$ % до 98

Прискорення при вібрації на частоті $10 \div 2000$ Гц, м/с^2 трохи більше

88.2

Знижений атмосферний тиск Па до 0.00013

Інтенсивність відмов, год⁻¹ 0.0001

Термін збереження, років 12

Конструктивні параметри:

Довжина, мм 13

Ширина, мм 5.6

Висота, мм 11.5

Діаметр виводів, мм 0.6

Маса, г 0.8

Конденсатор К73-17

Призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та пульсуючого струму.

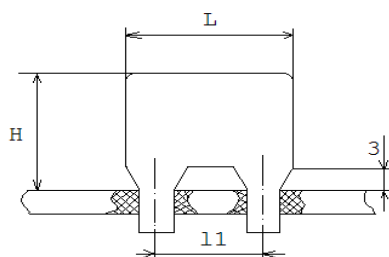


Рисунок 1.12- Конденсатор К73-17

Електричні параметри:

Номінальна ємність, мкФ: 0.22

Допуск, % ± 5 ; ± 10 ; ± 20

Номінальна напруга, 250

Діапазон робочих температур:

T_{min} -60

T_{max} +100

Габарити, мм:

Довжина, L 18

Ширина, H 15.5

Висота, B 7

Діаметр висновків, d0.9

Маса, г. 4

Конденсатор К50-15

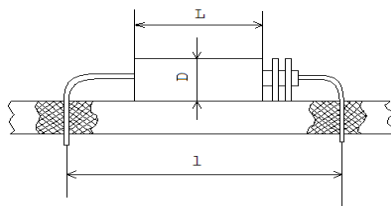


Рисунок 1.13- Конденсатор К50-15

Електричні параметри:

Номінальна ємність, мкФ 47

Допуск, % ± 5 ; ± 10 ; ± 20

Номінальна напруга, 16

Діапазон робочих температур:

$T_{min} -60$

$T_{max} +100$

Габарити, мм:

Діаметр, D 9.7

Довжина, L 60

Діаметр висновків, d0.9

Маса, г 7

У пристрої застосовані електролітичні конденсатори типу К50-38 (алюмінієві конденсатори оксиднодіелектричні загального призначення з односпрямованими дротяними висновками). Призначені для роботи в ланцюгах постійного, пульсуючого та імпульсного струму. Основні електричні та експлуатаційні характеристики цих конденсаторів зведені до таблиці 1.11, які габаритні розміри наведено рисунку 1.14.

Таблиця 1.11- Основні характеристики конденсаторів К50-38

Параметр	Значення
Номінальна ємність	100 мкФ
Номінальна напруга	16 В
Допустимі відхилення ємності від номінального значення	-20..+50%
Тангенс кута втрат	не более 0,2
Діапазон робочих температур	-25..+85°C
Гарантоване напрацювання	10000 ч

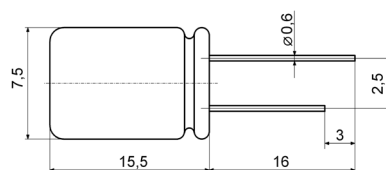


Рисунок 1.14 – Габаритні розміри конденсатори типу К50-38

У підсилювачі також застосовується реле типу РЕМ47. Параметри реле вказані у таблиці 1.12, а габаритні розміри рисунку 1.15.

Таблиця 1.12 Параметри реле постійного струму РЭС47

Параметри	РЭС47
Виконання	РФ4.500.407 – 03
Опір ізоляції, МОм	200
Електрична міцність ізоляції,	350
Опір обмоток, Ом	650
Струм спрацьовування, ма	23
Струм відпускання, ма	3
Час спрацьовування, мс	5, не більш
Час відпускання, мс	1.5
Робоча напруга,	27±3
Температура навколишнього середовища, ОС	-60...+85
Відносна вологість при температурі +35 оС %	98, не более

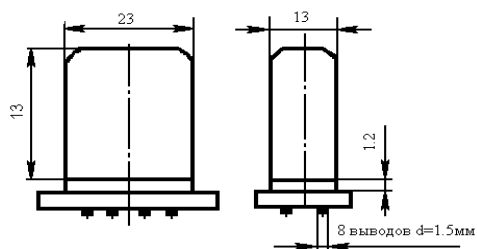


Рисунок 1.15 - Габаритні розміри реле типу РЭС47

Таблиця 1.13 Технічні параметри кнопки КМ1-І Габаритні розміри роз'єму типу PLS

Повний опір замкнутої контактної пари, Ом	$\leq 0,05$
Число включень (напрацювання)	10 000
Температура довкілля, °С	-60...+100
Відносна вологість (при +40 °С), %	98
Атмосферний тиск, кПа	0,6...104
Маса, г	16,5

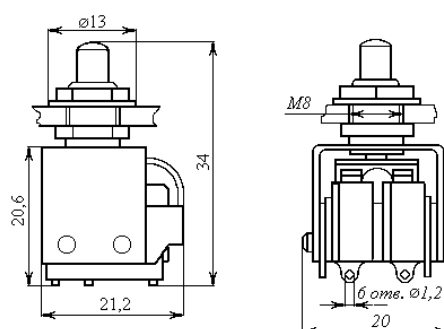


Рисунок 1.18 – Кнопка КМ1-І

Для увімкнення та вимикання мережі використовується кнопка П2К рисунок 1.19.

Вона розрахована на комутацію постійного струму 3А при напрузі 250В або змінного струму 4А при такій напрузі.

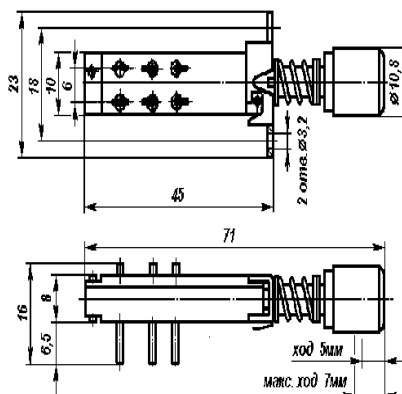


Рисунок 1.19 - Перемикач П2К (вмикач мережі)

1.5 Аналіз аналогічних конструкцій

Аналогами підсилювача, що розробляється, є підсилювачі потужності звукової частоти.

Підсилювач є основою аудіосистеми, отримуючи вхідний лінійний сигнал від різних джерел, посилюючи його та подаючи на гучномовці.

Перед розробкою потрібний аналіз аналогічних пристроїв. Потрібно оцінити не тільки технічні характеристики приладів, але також дизайн, зручність в роботі, простоту експлуатації. У цей час почали з'являтися підсилювачі, побудовані на базі електронних ламп нового покоління. Ці прилади мають на порядок кращі характеристики, проте вартість їх дуже велика, і на сьогоднішній момент їх використання майже повністю обмежується професіоналами в музичній сфері. Тому при аналізі пристроїв, аналогічних розроблюваному, варто обмежитися описом лише пристроїв, спроектованих з використанням напівпровідникових елементів.

Одним із завдань порівнянної конструкції є виділення та аналіз невдалих конструкторських рішень та спроба усунути цей недолік з урахуванням нових досягнень у науці та техніці. Виділити основні технологічні процеси виготовлення деталей та складальних одиниць виробів - аналогів оцінити ступінь їх підготовленості до автоматизованого виробництва накреслити напрямки вдосконалення виробництва окремих вузлів і деталей складально-монтажних робіт у спроектованій БЕА. Крім того, аналіз порівнянної конструкції дає можливість виділити ті засоби захисту від зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів, які можна використовувати в виробі, що розробляється.

Необхідно оцінити технічні характеристики аналогічних приладів, їх дизайн, зручність у роботі, простоту експлуатації. Однією з аналогів даної розробки є підсилювач фірми PIONEER, зокрема А-400, показаний рисунку 1.20.

Розглянемо технічні характеристики підсилювача "PIONEER A-400":

- Вихідна потужність, Вт 2×70 (4 Ом);
- Діапазон робочих частот, Гц 20-20000;
- Коефіцієнт нелінійних спотворень 0.05%;
- Коефіцієнт демпфування 135.

Підсилювач характеризується такими перевагами: точність, чистота та прозорість відтворення деталей музики.



Рисунок 1.20 - Підсилювач "PIONEER A-400"

Зовнішній вигляд пристрою привабливий, але при більш детальному аналізі корпусу можна виявити деякі недоліки, зокрема гострі кути та грані, що підвищує ризик травмування під час роботи з підсилювачем.

При огляді аналогів бажано звернути увагу на такого розробника апаратури, як фірма HARMAN. Це підприємство прославилося на весь світ завдяки своїм революційним розробкам у сфері технологій побутової апаратури. Розглянемо модель НК670, представлену рисунку 1.21.



Рисунок 1.21 – Підсилювач "HARMAN HK670"

Технічні характеристики підсилювача HARMAN HK670:

- вихідна потужність, Вт 2×70 (8 Ом);
- діапазон робочих частот, Гц 20...20000;
- коефіцієнт нелінійних спотворень 0.07%;

- відношення сигнал/шум, дБ >109 .

Повністю дискретний інтегральний стерео підсилювач HARMAN НК 670 є одним із найкращих двоканальних підсилювачів. НК 670 пропонує ясність, наповненість і легко справляється з будь-яким навантаженням, гідним потужнішого підсилювача.

Ця модель відрізняється мінімальною кількістю ручок керування та простотою корпусу, що значно спрощує технологію виготовлення та налаштування.

При огляді аналогів не можна звернути увагу до такого розробника апаратури, як фірма DENSEN. Це підприємство прославилося на весь світ завдяки своїм революційним розробкам у сфері технологій побутової апаратури. Розглянемо модель DM-10, представлену малюнку 1.22.

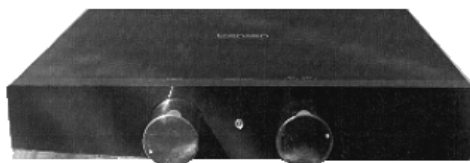


Рисунок 1.22 - Підсилювач “DENSEN DM-10”

Технічні характеристики підсилювача DENSEN:

- Вихідна потужність, Вт $2*75(8\Omega)$
- Діапазон робочих частот, Гц 20 ... 20000
- Коефіцієнт нелінійних спотворень 0.01%
- Відношення сигнал/шум, дБ > 95

Таким чином були проаналізовані сучасні аналоги розроблюваного пристрою, виходячи з чого можна зробити висновок про те, що проєктований підсилювач повинен мати високі технічні характеристики, мати легкий доступ до елементів управління. Саме досягненню цих вимог надалі необхідно приділити увагу. Після розгляду конструкції аналогічних пристроїв можна виділити наступні конструктивно-технологічні особливості підсилювачів, яких необхідно дотримуватися розробки даного пристрою:

- низький коефіцієнт заповнення обсягу;
- розташування елементів на лицьовій панелі групами залежно від призначення;
- конструкція розбірна, що забезпечується наявністю різьбових з'єднань;
- матеріал корпусу: пластмаса;
- колір корпусу: чорний або сріблястий (сталевий);
- написи на лицьовій панелі розташовуються у безпосередній близькості до органів управління, виконуються фарбою такого кольору, щоб забезпечити максимальну контрастність з кольором лицьової панелі;
- форма корпусу прямокутна;
- роз'єм для підключення джерел сигналу і мережевого шнура розташовуються на задній панелі приладу;
- розташування плати горизонтальне;
- спосіб охолодження – природна конвекція повітря, корпус із перфорацією;
- висока ремонтпридатність забезпечується використанням різьбових з'єднань;
- наявність пояснювальних написів на платі з боку розташування ЕРЕ.

Проаналізувавши сучасні аналоги розроблюваного приладу, можна дійти висновку про те, що підсилювач, що проектується, перевершує вищерозглянуті аналоги по вихідній потужності і функціональним можливостям і має мінімальні габаритні розміри.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що проєктований підсилювач повинен мати високі технічні характеристики, мати зручне управління.

1.6 Технічні пропозиції на розробку

В результаті проведеного аналізу ТЗ можна сформулювати низку вимог, які необхідно виконати у процесі конструювання пристрою:

- виконання – стаціонарне;
- тип друкованої плати – двостороння;
- клас точності виготовлення друкованої плати – 3;
- розміщення ЕРЕ – з одного боку друкованої плати;
- крок координатної сітки 1,25мм;
- розмір друкованої плати: 135×50 мм;
- заходи щодо завадостійкості: максимально можливе рознесення ланцюгів джерел та приймачів перешкод;
- способи створення електричних з'єднань: між елементами, встановленими на друкованій платі – пайка, підключення до зовнішніх пристроїв – роз'ємами;
- спосіб охолодження – вентилятор;
- матеріал корпусу – метал;
- колір корпусу жорстко не обмовляється;
- конструкція передбачається розбірною та передбачає кріплення ДП до корпусу за допомогою саморізальних гвинтів;
- ручки регуляторів виконуються циліндричної форми (із заданими розмірами) із пластику;
- вентилятор повинен розташовуватися на задній стінці підсилювача корпусу;
- пояснювальні написи повинні бути зручними для читання і розташовуватися над органами управління;
- граничні габарити пристрою: трохи більше 275×210×45 мм.

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЮВАЧА

2.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати

Для визначення площі конструкції друкованої плати, що розробляються, скористаємося формулою

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{K_y}, \quad (2.1)$$

де – кількість ЕРЕ;

S_i - настановна площа i -го елемента, мм²;

K_y - коефіцієнт заповнення площі плати(0,5).

Площа зони розміщення ЕРЕ дорівнює:

$$S = \frac{1}{0,5} \cdot (157,32 + 28,616 + 139,75 + 85,02 + 144 + 10,26 + 39,6 + 84 + 125,05 + 124,2 + 250,24 + 60 + 94,3 + 504 + 899 + 135,4 + 172,5 + 19,06) = 6144,632 \text{ мм}^2$$

Враховуючи наявність перехідних отворів та друкарських провідників, друковану плату необхідно вибирати із запасом. Загальні габаритні розміри ДП

а- довжина: $a = 135 \text{ мм}$;

б- ширина

$$b = \frac{S}{a} = \frac{6144,632}{135} = 45,51 \text{ мм} , \quad (2.2)$$

а- довжина: $a = 135 \text{ мм}$;

б- ширина $b = 50 \text{ мм}$.

Остаточню розмір ДП вибрано рівними: довжина: $a = 135 \text{ мм}$; ширина $b = 50 \text{ мм}$.

2.2 Конструктивно - технологічний розрахунок друкованої плати

2.2.1 Конструктивно-технологічний розрахунок друкарського монтажу

Мінімальний діаметр перехідного отвору:

$$d_n \geq IH_n$$

де - I відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати;

- H_n товщина друкованої плати.

$$d_n \geq 0,33 \cdot 1,5 = 0,495 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр перехідного отвору $d_n = 0,5 \text{ мм}$

Мінімальний діаметр монтажного отвору

$$d_m \geq d_e + \Delta + |\Delta d_n|$$

де d_e - діаметр виведення навісного елемента;

Δ - щілина між виведенням та монтажним отвором для паяння
($D=0,1 \dots 0,4 \text{ мм}$);

Δd_n - нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору.

Діаметри висновків застосовуваних елементів:

- резисторів, діода, керамічних та електролітичних конденсаторів:

$$d_1 = 0,6 \text{ мм} ;$$

- мікросхем $d_2 = 0,5 \text{ мм}$;

- роз'ємів PLS: $d_3 = 0,7 \text{ мм}$;

- мікросхеми K157УД1: $d_4 = 0,9 \text{ мм}$;

$$d_{M1} = 0,6 + 0,2 + 0,05 = 0,75 \text{ мм} . \text{ Приймаємо } d_{M1} = 0,9 \text{ мм}$$

$$d_{M2} = 0,5 + 0,2 + 0,05 = 0,75 \text{ мм} . \text{ Приймаємо } d_{M3} = 0,9 \text{ мм}$$

$$d_{M3} = 0,7 + 0,2 + 0,05 = 0,95 \text{ мм} . \text{ Приймаємо. } d_{M4} = 1,1 \text{ мм}$$

$$d_{M4} = 0,9 + 0,2 + 0,05 = 1,15 \text{ мм} . \text{ Приймаємо. } d_{M5} = 1,3 \text{ мм}$$

Ширина провідника сигнальних ланцюгів:

$$t = t_m + |\Delta t_n|$$

де t_m - мінімально допустима ширина провідника ($t_m = 0,25 \text{ мм}$);

Δt_n - нижнє граничне відхилення ширини провідника ($\Delta t_n = 0,03 \text{ мм}$).

$$t = 0,25 + 0,03 = 0,28 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину провідника $t = 0,3 \text{ мм}$

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами друку:

$$S = S + \Delta t_g$$

де $S = 0,25 \text{ мм}$ – мінімально допустима відстань між сусідніми елементами провідного рисунка (таблиця 4.3);

Δt_g - верхнє граничне відхилення ширини провідника.

$$S = 0,25 + 0,08 = 0,33 \text{ мм}$$

Приймаємо $S = 0,4 \text{ мм}$

Діаметр контактного майданчика (для перехідних та монтажних отворів):

$$D = (d + \Delta d_g) + 2b + \Delta t_g + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_n^2},$$

де d – діаметр отвору;

δd – діаметральне значення позиційного допуску розміщення центрів отворів щодо номінального становища;

δp – діаметральне значення позиційного допуску розміщення контактних майданчиків щодо номінального становища.

Діаметр контактних майданчиків перехідних отворів:

$$D_n = 0,5 + 0,05 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 1,05 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_n = 1,1 \text{ мм}$

$$D_1 = 0,9 + 0,05 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 1,45 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_n = 1,5 \text{ мм}$

$$D_2 = 1,1 + 0,05 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 1,65 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_n = 1,7 \text{ мм}$

$$D_3 = 1,3 + 0,05 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 1,85 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_n = 1,9 \text{ мм}$

Розрахунок мінімальної відстані для проведення n -ної кількості провідників між контактними майданчиками діаметрів D_1 та D_2 проводиться за формулою:

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S(n+1) + \delta ,$$

де δ – діаметральне значення позиційного допуску розміщення провідника щодо номінального значення

Мінімальна відстані між двома контактними майданчиками мікросхем для проведення одного провідника:

$$l = \frac{1,5 + 1,7}{2} + 0,3 \cdot 1 + 0,4 \cdot (1 + 1) + 0,05 = 2,65 \text{ мм}$$

Отримане значення мінімальної відстані між двома контактними майданчиками менше відстані між висновками мікросхем, тому для забезпечення можливості прокладання одного провідника між двома висновками мікросхем необхідна підрізка контактних майданчиків.

2.2.2 Розрахунок по постійному струму

Розрахунок по постійному струму виконується для ланцюгів живлення та “землі” за такими формулами:

$$S_{пз} \geq \frac{\rho \cdot l \cdot I}{0,02 \cdot U_{п}}$$

де ρ - питомий опір провідника ($\rho = 0,0172 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$);

l - максимальна довжина провідника (м);

I – максимальний струм, що протікає провідником (А);

U - Напряга живлення схеми (В).

Розрахуємо ширину провідників ланцюга живлення 78L09. Для цієї мікросхеми $l = 0,4 \text{ м}$; $I = 100 \text{ мА}$; $U_n = 16 \text{ В}$.

$$S_{\text{пз}} \geq \frac{0,0172 \cdot 0,4 \cdot 1}{0,02 \cdot 16} = 0,00215 \text{ мм}^2$$

$$b_{\text{пз}} = \frac{S_{\text{пз}}}{h_{\phi}} = \frac{0,00215}{0,035} = 0,06 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину провідників $b=0,3$ мм, виходячи з міркувань технологічної досяжності.

Розрахуємо ширину провідників ланцюга живлення та вихідних ланцюгів потужності мікросхеми TDA1555Q. Струм споживання мікросхеми при вихідній потужності 60Вт і навантаженні 4Ом; $I = 4A$; $l = 0,4$ м; $U_n = 18$ В.

$$S_{\text{пз}} \geq \frac{0,0172 \cdot 0,4 \cdot 4}{0,02 \cdot 18} = 0,08 \text{ мм}^2$$

$$b_{\text{пз}} = \frac{S_{\text{пз}}}{h_{\phi}} = \frac{0,08}{0,035} = 2,29 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину шини живлення та “землі” $b_{\text{пз}} = 2,5$ мм

Визначаємо мінімальну ширину сигнальних провідників:

$$S_{\text{пз}} \geq \frac{\rho \cdot l \cdot I}{0,02 \cdot U_n} = \frac{0,0172 \cdot 0,4 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,02 \cdot 15} = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ мм}^2;$$

$$b_{\text{пз}} = \frac{S_{\text{пз}}}{h_{\phi}} = \frac{2,16 \cdot 10^{-6}}{0,035} = 3,14 \cdot 10^{-6} \text{ мм}.$$

Приймаємо ширину сигнальних провідників $b=0,3$ мм, виходячи з міркувань технологічної досяжності.

2.2.3 Розрахунок змінного струму [4]

Розрахунок зводиться до визначення граничних довжин провідників за умови забезпечення надійної роботи схем. Спочатку уточнюється максимальна довжина загального проходження розміщених близько провідників. Так як паразитний зв'язок різко зменшується зі збільшенням відстані між провідниками, то найбільшу перешкоду наводять два провідники, розміщені на різних сторонах від пасивної лінії.

Допустиму довжину трьох паралельно розміщених сигнальних провідників розраховують за формулою:

$$l_{\partial} = \frac{0,5l_{c\partial}l_{m\partial}}{l_{c\partial} + l_{m\partial}}$$

де $l_{c\partial}, l_{m\partial}$ – гранична довжина паралельно розміщених провідників при дії тільки ємнісного паразитного зв'язку та лише індуктивного паразитного зв'язку відповідно

$$l_{c\partial} = C_{\partial} / C_n$$

де C_{∂} - припустима ємність паразитного зв'язку, яка залежить від завадостійкості мікросхем ($C_{\partial} = 50 \text{ пФ}$);

C_n - погонна ємність пФ/див.

$$C_n = K_{\Pi} \xi'$$

де K_{Π} - коефіцієнт пропорційності ($K_{\Pi} = 0,12$);

ξ' - діелектрична проникність середовища.

Для провідників, розташованих на поверхні плати:

$$\xi' = (\xi_0 + \xi) / 2$$

де ξ_0 – діелектрична проникність повітря або лаку, якщо плати покриті лаком,

ξ – діелектрична проникність матеріалу плати.

Для склотекстоліту марок СФ1, СФ2 $\xi = 6$, для лаку $\xi_0 = 4$.

$$\xi' = \frac{4 + 6}{2} = 5$$

$$C_n = 0,12 \cdot 5 = 0,6 \text{ пФ/см}$$

$$l_{c\partial} = 50 / 0,6 = 83 \text{ см}$$

Гранична довжина паралельно розташованих сусідніх провідників при дії лише індуктивного паразитного зв'язку для плати без екранованої площини:

$$l_{m0} \{ \ln[2l_{m0} / [S + 0.5(t_1 + t_2)]] - 1 \} = \frac{t_{3c}(U_{ny} + U_o)}{K_3 \Delta I}$$

де U_{ny} - значення перешкодостійкості мікросхем, В;

U_o – напруга логічного «0», наведеного в ТУ, ($U_o = 0,4$ В);

ΔI – перепад струму в ланцюзі живлення при перемиканні ІВ (0,01А);

t_{3CP} - середній час затримки ($t_{3CP} = 40$ нс);

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 = 0,5 \dots 0,7$).

Для вирішення рівняння використовується ітераційний метод Ньютона.

Введемо позначення

$$Z = l_{m0}; \quad C = \frac{t_{3c}(U_{ny} + U_o)}{K_3 \Delta I}; \quad B = -1; \quad A = [S + 0,5(t_1 + t_2)] / 2$$

Тоді вихідне рівняння перетворюється на вид:

$$Z[\ln(Z / A) + B] - C = 0$$

Ітераційна формула матиме такий вигляд:

$$Z_{i+1} = \frac{Z_i + C}{\ln(Z_i / A) + B + 1}$$

Обчислення за ітераційною формулою виконують доти, доки не виконається умова:

$$|Z_{i+1} - Z_i| \leq \Delta$$

де Δ – точність обчислень.

$$C = 40 \cdot (0,4 + 0,4) / (0,6 \cdot 0,01) = 900$$

$$B = -1$$

$$A = [0,4 + 0,5(0,3 + 0,3)] / 2 = 0,35$$

Приймаємо $Z_0 = 100$; $\Delta = 1$.

$$Z_1 = (100 + 900) / (\ln(100/0,35)) = 176$$

$$|176 - 100| = 76 > 1$$

$$Z_2 = (176 + 900) / (\ln(176/0,35)) = 189,062$$

$$|189,062 - 176| = 13,06 > 1$$

$$Z_3 = (189,062 + 900) / (\ln(189,062/0,35)) = 189,04$$

$|189,04 - 189,062| = 0,022 < 1$ – умова виконується.

Отже $l_{\text{мд}} = 189,04$ см.

Тоді допустима довжина трьох паралельно розміщених провідників буде:

$$l_o = \frac{0,5l_{\text{сд}}l_{\text{мд}}}{l_{\text{сд}} + l_{\text{мд}}} = \frac{0,5 \cdot 83 \cdot 189,04}{83 + 189,04} = 28,832 \text{ см}$$

2.3 Розміщення елементів та трасування друкарського монтажу

При конструюванні ДП важливим завданнями є розміщення навісних елементів та трасування друкованого монтажу. [4]

При розміщенні елемента в першу чергу враховуватиметься кількість зв'язків цього елемента з вже розміщеними, таким чином основним критерієм компонування ЕРЕ буде мінімальна сумарна довжина всіх ліній зв'язку.

Для зменшення довжини провідників їх розташовують у взаємно перпендикулярних площинах. Зв'язок здійснюється за допомогою металізованих перехідних отворів.

2.4 Розрахунок показників надійності пристрою

Проблема забезпечення надійності пов'язана з усіма етапами створення виробу і всім періодом його практичного використання. Надійність виробу в основному закладається в процесі його конструювання і забезпечується в процесі його виготовлення шляхом правильного вибору технології виробництва, контролю якості вихідних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, контролю режимів і умов виготовлення. Надійність забезпечується застосуванням правильних способів зберігання виробу і підтримується правильною експлуатацією, плановим відходом, профілактичним контролем і ремонтом. [13]

За допомогою спеціальної програми "Nad32" розрахунок надійності виконано на комп'ютері. Вихідними даними до розрахунку є дані про типи використовуваних елементів і їхня кількість та їх параметри. Результати розрахунку приведені в додатку Б.

2.5 Оцінка теплового режиму

У корпусі необхідно передбачити прямокутні отвори 4x50мм. Сумарна площа вентиляційних отворів у днищі та кришці приладу повинна становити 20-30% "живого" перерізу, під яким мається на увазі вільна для проходу конвективних потоків повітря площа перерізу приладу. Вхідні вентиляційні отвори повинні розташовуватися якнайнижче, і краще, якщо вони будуть в днищі, вихідні отвори краще виконувати в кришці приладу. Щоб не перешкоджати надходженню вільних конвективних потоків повітря, між настановною поверхнею і днищем повинен бути зазор, отримати який можна установкою приладу на опорні амортизатори. Вентиляційні отвори закривають металевими захисними сітками. [4]

Розрахунок зробимо за наявною програмою "Терло.exe ". Методика, за якою здійснювався розрахунок, має похибку не гіршу за $\pm 10\%$. Розрахунок ведеться для перфорованого корпусу.

Вихідними даними для розрахунку є:

- тип використовуваного корпусу;
- розміри блоку;
- температура довкілля;
- потужність, що розсіюється в блоці;
- коефіцієнт заповнення блоку;
- площа розсіювання елементів.

Найбільш теплонавантаженими елементами є мікросхеми підсилювача потужності, особливо мікросхема TDA1555Q, розсіювана потужність 44Вт,

Для забезпечення нормальних режимів роботи мікросхем необхідно встановити вентилятор. Вентилятор – компактний комп'ютерний, його розміри – $50 \times 50 \times 10$ мм.

Результати розрахунку наведено у додатку А (температура нагрітої зони $66,33^{\circ}\text{C}$, температура повітря $55,8^{\circ}\text{C}$, температура поверхні елементів $75,64^{\circ}\text{C}$). За результатами можна дійти невтїшного висновку про можливість застосування проектованому пристрої природного охолодження, т.к. отримані результати задовольняють технічним умовам ЕРЕ.

2.6 Зовнішнє та внутрішнє компонування підсилювача

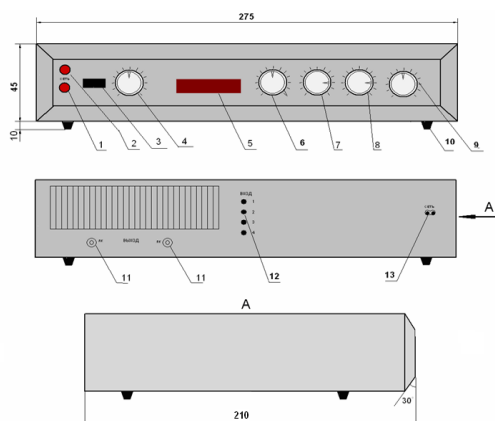
При виборі форми підсилювача, що розробляється, треба врахувати такі фактори як: внутрішнє розміщення вузлів і блоків, місце установки виробу, характер можливих механічних навантажень, а також дизайн пристрою. В результаті проведеного раніше аналізу аналогічних конструкцій форма апарату, що розробляється, приймається у вигляді паралелепіпеда.

Зовнішнє компонування підсилювача передбачає розміщення органів управління, індикації та підключення в корпусі обраної форми. При цьому основною вимогою при виконанні зовнішнього компонування є забезпечення зручності користування апаратом, його привабливий вигляд, а також відповідність розташування зовнішніх органів управління внутрішньому розміщенню вузлів та деталей.

Ручки регуляторів на передній панелі мають циліндричну форму з невеликими орієнтовними пазами для зручності налаштування та регулювання. Причому ручка регулятора гучності дещо перевершує за своїми розмірами решту ручок регуляторів, оскільки за допомогою неї здійснюється регулювання основної функції підсилювача. Кнопка живлення має круглу форму червоного кольору, що полегшує її виявлення на передній панелі. Кнопка прямокутна комутатора чорного кольору. Поруч із кнопкою

перемикання входів знаходиться вертикальний ряд із чотирьох світлодіодів. Номер світлодіода збігається із номером входу на задній панелі підсилювача. Також на задній панелі знаходяться роз'єм для підключення акустичних систем, роз'єм для підключення мережевого шнура та вентилятор.

Форма та колір передньої панелі повинні відповідати сучасним естетичним нормам та вимогам споживачів. Зовнішній вигляд пристрою в даний час є одним з основних факторів залучення потенційних покупців. У той же час передня панель повинна бути легко читається та доступною для освоєння. Органи керування, регулювання та індикації не повинні губитися на загальному тлі панелі. Рішенням цієї проблеми може бути виділення кольором органів управління. Один з можливих варіантів зовнішнього компонування підсилювача для ПК, що розробляється, наведено на рисунку 2.1.



1 – Індикатор увімкнення мережі “МЕРЕЖА”; 2 – Індикатор “Стерео/Моно”; 3 – Кнопка перемикання входу; 4 – Ручка регулятора налаштування “Налаштування”; 5 – Індикатори; 6 – Ручка регулятора тембру низьких частот НЧ; 7 – Ручка регулятора тембру низьких частот НЧ; 8 – Ручка регулятора стереобалансу балансу БАЛАНС; 9 – Ручка регулятора гучності ГУЧНІСТЬ; 10 – Стійки; 6 – Індикатори номера входу; 11 – Роз'єм для підключення акустичних систем; 12 – Роз'єм підключення джерела сигналу до ППЗЧ; 13 – Гніздо для підключення шнура живлення.

Рисунок 2.1 – Зовнішнє компонування ППЗЧ

Внутрішнє компонування проектного підсилювача показано рисунку 2.2. Блок живлення відокремлений від інших компонентів

підсилювача екраном, для усунення перешкод, що наводяться в цьому пристрої. Друкована плата з навісними елементами розташована вздовж задньої панелі, що є необхідним, оскільки до вентилятора (пов'язаного через мікросхему кінцевого підсилювача з друкованою платою) потрібна безпосередня подача свіжого повітря для кращого охолодження. Також для покращення повітрообміну верхня кришка підсилювача повинна мати перфораційні отвори.

Корпус підсилювача не передбачає можливість встановлення в нього додаткових блоків та вузлів за бажанням замовника.

Визначення розмірів ДП здійснюється за методикою, що враховує настановні площі НЕ. Геометричні розміри та настановні площі НЕ, що застосовуються в конструкції підсилювача, що розробляється, наведені в таблиці 2.1.

Підсилювач, є конструктивно і функціонально закінченим пристроєм. У зв'язку з цим у пристрої присутні блок живлення, елементи керування роботою пристрою. Корпус пристрою має форму паралелепіпеда. Ця форма досить традиційна, технологічна і добре узгоджується з місцем встановлення та іншими пристроями. Корпус складається з двох основних частин: основа та кришка. Основа та кришка виконані зі сталі Ст 10 ДСТУ 16523-91. Основа виконує функцію несучої конструкції, до якого кріпиться плата блоку через надставку з неметалічного матеріалу за допомогою гвинтового з'єднання. Такий варіант дозволяє легко та швидко знімати ДП при ремонті.

При розробці конструкції пристрою розміри визначимо в такий спосіб. Користуючись принципом «від приватного до загального», спочатку виділяємо модулі нижчих рівнів (друкована плата, блок живлення, блок регулювань), а потім, виконаємо їх компонування, намагаючись витримати один або два задані розміри, керуючись типовими розмірами ЕА аналогічного призначення, але з обмеженнями, які визначають найбільш

габаритні елементи. Попереднє компонування пристрою показано рисунку 2.2.

Інтегральні мікросхеми підсилювача потужності розташуємо по краю друкованої плати, якнайдалі один від одного, для меншого теплового впливу. Поблизу мікросхеми закріплюється вентилятор за допомогою гвинтів. Попередній підсилювач розташуємо на протилежній стороні плати зменшення наведень вихідного сигналу на вхідні ланцюга.

Органи управління (змінні резистори R10, R11, R12, R13, R34) виведені на передню панель основи. Відстань між елементами керування 50 мм. З погляду ергономіки біля елементів управління нанесені шкали та пояснювальні написи.



Рисунок 2.2 - Компонування вузлів підсилювача

Для комутації плати елементів керування із платою блоку необхідно вибрати електричне з'єднання. При виборі керуються такими вимогами: висока міцність, мінімальний омичний опір, незмінність з часом, відсутність матеріалів, що викликають корозію. Усі види електричних з'єднань можна розділити на:

- напівпостійні з'єднання, наприклад паяні, демонтаж якого вимагає спеціального інструменту чи технології та не призводить до руйнування висновків;

- тимчасові або швидкороз'ємні з'єднання, наприклад, штепсельні контакти, в яких утримання штирків забезпечується силами тертя.

Як електричне з'єднання плати елементів керування та друкованою платою є роз'єм типу PLS.

Для зменшення наведень на вхідні ланцюги попереднього підсилювача блок живлення розташуємо якнайдалі від вхідних ланцюгів.

Таблиця 2.1 - Геометричні параметри та площі навісних елементів

Найменування та тип елемента	Геометричні розміри настановного майданчика, мм			Площа настановного майданчика, мм ²	Кількість елементів, шт.	Сумарна установча площа, мм ²
	длина	ширин	радіус			
1. Микросхема TEA5711	20,7	7,6	-	157,32	1	157,32
2. Микросхема 78L09	4,9	5,84	-	28,616	1	28,616
3. Микросхема K157УД1	21,5	6,5	-	139,75	1	139,75
4. Микросхема TDA1524A	21,8	3,9	-	85,02	1	85,02
5. Микросхема TDA1555Q	24	6	-	144	1	144
6. Діод КД522А	3,8	2,7	-	10,26	1	10,26
7. Резистор МЛТ-0,125Вт	6	2,2	-	13,2	3	39,6
8. Резистор МЛТ-0,25Вт	7	3	-	21	4	84
9. Резистор СПЗ-19а	6,6	4,1	-	25,01	5	125,05
10. Резистор СПЗ-27в	23	5,4	-	124,2	1	124,2
11. Конденсатор К10-17	6,8	4,6	-	31,3	8	250,24
12. Конденсатор К50-38	-	-	5	30	2	60
13. Конденсатор К50-15	-	-	16	94,3	1	94,3
14. Конденсатор К73-10	18	7		126	4	504
15. Реле РЕС47	23	13	-	299	3	899
16. Роз'єм PLS_21	53,34	2,5	-	135,4	1	135,4
17. Роз'єм PLS_9	23	2,5	-	57,5	3	172,5
18. Роз'єм PLS_3	7,62	2,5	-	19,06	1	19,06

Провівши внутрішнє та зовнішнє компонування визначили габарити всього пристрою: 275×210×45 мм.

3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРИСТРОЮ

3.1 Розробка структурної схеми виготовлення пристрою

З приходом на робочі місця інженерів-розробників та конструкторів персональних ЕОМ, оснащених системами автоматичного проектування (САПР), стався якісний стрибок у продуктивності праці при розробці та виготовленні такої продукції як модулі РЕА на друкованих платах (ДП). У цьому виявляється можливим зосередити весь процес проектування одному робочому місці, тобто, відійти від традиційного розподілу ролей між учасниками проектування схеми, конструкції та технології. Це особливо актуально для фірм з нечисленним персоналом, де з економічних міркувань не вигідно утримувати окремі конструкторські та технологічні служби. У таких умовах фахівець, який береться за розробку модулів РЕА від електричної схеми до її конструктивного втілення, повинен мати знання з суміжних областей, зокрема знати технологію ДП.

Основною операцією виготовлення ДП є одержання елементів друкарського монтажу. Для цього використовують субтрактивний, адитивний чи комбінований методи.

Технологічний процес складання та монтажу блок складається з наступних етапів:

- підготовка НЕ;
- встановлення НЕ на ПП;
- отримання контактних з'єднань висновків елементів з друкованим монтажем;
- функціональний контроль монтажу та параметрів блоку;
- покриття вологозахисним шаром.

При виготовленні корпусу застосовуються такі операції: штампування,

лиття під тиском, різання, свердління та ін.

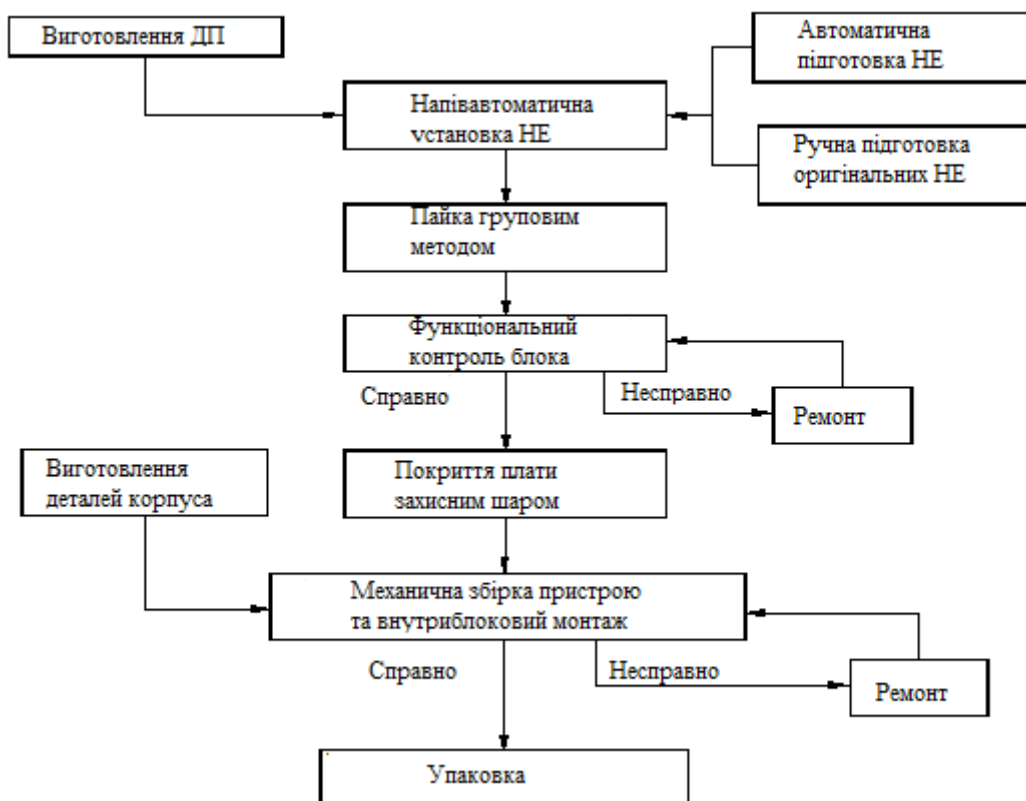


Рисунок 3.1 – Структурна схема виготовлення пристрою

3.2 Аналіз технологічності виробу

Під технологічністю конструкції виробу (ДСТУ 14.205-83) розуміється сукупність властивостей конструкції виробу, що виявляються у можливості оптимальних витрат праці, засобів, матеріалів та часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень та показників. До умов виготовлення або ремонту виробу належать: тип виробництва, його спеціалізація та організація, річна програма та повторюваність випуску, а також технологічні процеси, що застосовуються.[7]

Стандарти ЕСТПВ передбачають обов'язкове відпрацювання РЕА на технологічність на всіх стадіях її створення з метою підвищення продуктивності праці, зниження витрат та часу на проектування, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт при забезпеченні необхідної якості виробів. .[7]

Кількісна оцінка технологічності РЕА будується на системі показника (ОСТ 14.201-73), яка включає базові показники технологічності, досягнуті при розробці виробу і внесені до стандартів або ТУ. .[7]

Оцінка технологічності конструкції полягає у розрахунку комплексного показника технологічності даного виробу та порівнянні його з нормованим показником, встановленим для даного виду виробу. Нормований показник технологічності для серійного виробництва в межах від 0,6 до 0,8. Комплексний показник визначається на основі відносних приватних показників та коефіцієнтів їх впливу на технологічність виробу, які наведені у таблиці 3.1.[7]

Таблиця 3.1 - Показники технологічності та коефіцієнти значимості

Порядковий номер у ранжованій послідовності	Показник технологічності K_i	Коефіцієнт значимості Φ_i
1	$K_{И}$	1,000
2	$K_{ПМ}$	1,000
3	$K_{ПОВ}$	0,75
4	$K_{П}$	0,5
5	K_y	0,313

Коефіцієнт автоматизації та механізації підготовки елементів до монтажу:

$$K_{\text{пм}} = \frac{H_{\text{пм}}}{H_{\text{э}} + H_{\text{с}}}, \quad (3.1)$$

де $H_{\text{пм}}$ - число ЕРЕ та ІМС, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованим або автоматизованим способом;

$H_{\text{э}}$ - загальна кількість ЕРЕ;

$H_{\text{с}}$ - загальна кількість мікросхем та мікроскладань.

$$K_{\text{пм}} = \frac{37}{37 + 5} = 0,82.$$

Коефіцієнт настановних розмірів:

$$K_{\text{у}} = 1 - \frac{H_{\text{тр}}}{H_{\text{р}}}, \quad (3.2)$$

де, $H_{\text{тр}}$ - число типів настановних розмірів;

$H_{\text{р}}$ - число всіх настановних розмірів.

$$K_{\text{у}} = 1 - \frac{4}{18} = 0,78$$

Коефіцієнт застосування ЕРЕ:

$$K_{\text{п}} = 1 - \frac{H_{\text{то}}}{H_{\text{т}}}, \quad (3.3)$$

де $H_{\text{то}}$ - число типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

$H_{\text{т}}$ - число всіх типорозмірів ЕРЕ.

$$K_{\text{п}} = 1 - \frac{1}{18} = 0,94$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ:

$$K_{\text{пов}} = 1 - \frac{H_{\text{т}}}{H_{\text{э}} + H_{\text{с}}}, \quad (3.4)$$

$$K_{\text{пов}} = 1 - \frac{18}{37 + 5} = 0,6$$

Коефіцієнт використання мікросхем та мікроскладань:

$$K_{II} = \frac{H_C}{H_3 + H_C}, \quad (3.5)$$

$$K_{II} = \frac{5}{37 + 5} = 0,1.$$

Комплексний показник розраховуємо за формулою (3.6):

$$K = \frac{\sum_{i=1}^5 K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^5 \varphi_i}, \quad (3.6)$$

$$K = \frac{0,82 \times 1,00 + 0,78 \times 0,313 + 0,94 \times 0,5 + 0,6 \times 0,75 + 0,1 \times 1,00}{1,00 + 1,00 + 0,75 + 0,5 + 0,313} = 0,6$$

Далі порівнюватимемо комплексний показник технологічності блоку з нормованим показником (0,6-0,8) технологічності для серійного виробництва. Висновок - виріб, що розробляється, є недостатньо технологічним. Основний вплив на низьку технологічність справив коефіцієнт використання мікросхем. З цієї причини в подальшому при проектуванні та розробці нових пристроїв необхідно максимально використовувати мікросхеми та мікроскладання з метою подальшого збільшення коефіцієнта технологічності.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Підсилювач має такі експлуатаційні характеристики:

- напруга живлення – 220V;
- частота мережі живлення – 50 Гц;
- споживана потужність – 44 Вт.

Приміщення для роботи пристроїв такого типу за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки.[18]

Комплекс розроблених організаційних заходів та технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи низки обчислювальних центрів показує, що є можливість досягти значно більших успіхів у справі усунення на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Проте стан умов праці та її безпеки не задовольняють сучасним вимогам. [18]

Працівники виробництв ще стикаються з впливом таких фізично небезпечних та шкідливих виробничих факторів, як підвищений рівень шуму, підвищена температура довкілля, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика та інші.

Багато співробітників пов'язані з впливом таких психофізичних факторів, як розумова перенапруга, перенапруга зорових та слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні навантаження. Вплив зазначених несприятливих факторів призводить до зниження працездатності, викликане стомленням, що розвивається. Поява та розвиток втоми пов'язане із змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмівними процесами у корі головного мозку. Наприклад, сильний шум викликає труднощі з розпізнаванням сигналів кольорів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, зорову адаптацію, порушує сприйняття візуальної інформації, зменшує на 5-12% продуктивність праці. Тривале вплив шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 30-60%.[18]

Медичні обстеження працівників показали, що, крім зниження продуктивності праці, високі рівні шуму призводять до погіршення слуху. Тривале перебування людини у зоні комбінованого впливу різних несприятливих чинників може призвести до професійного захворювання. Аналіз травматизму серед працівників ВЦ показує, що в основному нещасні випадки походять від впливу фізично небезпечних виробничих факторів при заправці носія інформації на барабан, що обертається, при зняттю кожусі, при виконанні співробітниками невластивих їм робіт. З другого краю місці випадки, пов'язані з впливом електричного струму. [18]

Приміщення, їх розміри (площа, обсяг) повинні в першу чергу відповідати кількості працюючих і комплекту технічних засобів, що розміщуються в них. Вони передбачаються відповідні параметри температури, освітлення, чистоти повітря, забезпечують ізоляцію, від виробничих шумів тощо. Для забезпечення нормальних умов праці на одного працюючого обсяг виробничого приміщення становить не менше 15 м³, площа приміщення вигородженого стінами або глухими перегородками не менше 4,5 м². [18]

Раціональне колірне оформлення приміщення спрямоване на покращення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення його продуктивності та безпеки. Забарвлення приміщень ВЦ впливає на нервову систему людини, його настрій, і зрештою на продуктивність праці. Основні виробничі приміщення доцільно фарбувати відповідно до кольору технічних засобів. Освітлення приміщення та обладнання має бути м'яким, без блиску.

Зниження шуму, що створюється на робочих місцях ВЦ внутрішніми джерелами, а також шуму, що проникає ззовні, є дуже важливим завданням. Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням пружних прокладок між основою машини, приладу та опорною поверхнею. Як прокладки використовуються гума, повсть, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні апарати, що шумлять, можна

підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені - прокладки з м'якої гуми, повсті, товщиною 6-8мм. Кріплення прокладок можливе шляхом приклеювання їх до опорних частин.

[18]

ВИСНОВОК

У процесі виконання цього дипломного проекту було розглянуто та проаналізовано всі аспекти, що стосуються технічного завдання на розробку, внаслідок чого було спроектовано блок підсилювача, характеристики якого повністю відповідають представленим у ТЗ вимогам.

При проведенні аналізу ТЗ визначено основні вимоги до конструкції пристрою, що розробляється з точки зору його призначення та складу, умов експлуатації, використаної елементної бази та передбачуваної технології виготовлення.

У конструкторському розділі проекту шляхом зовнішньої та внутрішньої компоновки визначено розміщення внутрішніх вузлів у корпусі та зовнішній вигляд підсилювача габаритні розміри блоку при цьому становили 135*50 мм.

Виконання конструктивно-технологічного розрахунку показало доцільність виготовлення ДП блоків за 3 класами точності. Імовірність безвідмовної роботи блоку після закінчення заявленого у ТЗ періоду часу 9000 годин становила 0,99. результати теплового розрахунку свідчать про нормальний тепловий режим та підтверджують правильність вибору охолодження блоку.

У технологічній частині проекту складено загальну структурну схему виготовлення розроблюваного пристрою з урахуванням передбачуваного типу виробництва. Висновок - виріб, що розробляється, є недостатньо технологічним, основний вплив на низьку технологічність справив коефіцієнт використання мікросхем

У розділі «Охорона праці» було виконано аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Моделювання та аналіз електронних схем: підручник / Під ред. О.В. Іванова. – Київ: Вища школа, 2021. – 256 с.
2. Назаренко В.А. Основи проектування силових електроніки: Навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2018. – 314 с.
3. Основи силових електроніки: підручник / За ред. І.О. Пономаренка. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – 326 с.
4. Новацький А. О. Комп'ютерна електроніка [Електронний ресурс] : підруч.для студ. / А. О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 80,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.– 468 с.
5. Моделювання та аналіз електронних схем: підручник / Під ред. О.В. Іванова. – Київ: Вища школа, 2021. – 256 с.
6. ДСТУ 3321:2003. Друковані плати. Загальні технічні умови. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003. – 47 с.
7. Фізико-теоретичні основи проектування радіоелектронної апаратури.[Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» В. Г. Губар, І. О. Адаменко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 221 с.
8. Невлюдов, І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів /І. Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.
9. М.І. Хіль, О.П. Арушанов, С.М. Ганжа, Є.П.Герасименко Навчальне проектування радіоелектронних апаратів: Навчальний посібник. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2010. - 201с.
10. Smith, J. (2020). Advanced Techniques for Printed Circuit Board Manufacturing. ARA Style Journal of Engineering, 15(2), 45-61.

11. Nguyen, T. H., & Tran, L. H. (2019). Innovation in PCB Design and Manufacturing Using ARA Techniques. *ARA Style International Journal of Electronics*, 8(4), 112-127.
12. Chen, S. Y. (2018). ARA-inspired Approaches to Optimize PCB Production. In *Proceedings of the ARA Conference on Manufacturing Technologies* (pp. 234-248). ARA Publishing.
13. Audio Circuits by Linear Technology – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.analog.com>

ДОДАТОК А

Результати розрахунку теплового режиму елементів

Таблиця А.1 - Вихідні дані

Параметр	Значення
Тип корпусу	герметичний
1-й гориз, розмір корпусу блока, мм	275
2-й гориз, розмір корпусу блока, мм	210
Вертикальний розмір корпусу блока, мм	45
Потужність, що розсіюється в блоці, Вт	150
Коефіцієнт заповнення	0,4
Кількість елементів	1
Температура довкілля, град.	25,00
Атмосферний тиск зовні, Па	10^5
Атмосферний тиск усередині, Па	10^5
Потужність, що розсіюється 1-м елементом, Вт	44
Площа поверхні 1-го елемента, мм ²	408
Вид корпусу	Перфорований

Таблиця А.2 - Результати теплового розрахунку

Параметр	Значення
Температура нагрітої зони, °С	66,33
Температура повітря у блоці, °С	55,8
Температура поверхні 1-го елемента, °С	75,64

ДОДАТОК Б

Розрахунок показників надійності «Nad32.exe»

Таблица Б.1 – Исходные данные

№ п/п	Наименование	Вид монтажа	Число конт.	Кол-во эл., N	Интенсивность отказов	Кэф. нагрузки	N*λ*α.
1	МИКРОСХЕМА TEA5711	0	32	1	0,665	1	0,665
2	МИКРОСХЕМА 78L09	0	8	1	0,665	1	0,665
3	МИКРОСХЕМА K157 УД1	0	16	1	0,665	1	0,665
4	МИКРОСХЕМА TDA 1524 A	0	31	1	0,665	1	0,665
5	МИКРОСХЕМА TDA 1555Q	0	18	1	0,665	1	0,665
6	ДИОД КД522 А	0	2	1	0,015	1	0,015
7	РЕЗИСТОР МЛТ - 0,125	0	2	3	0,1	1	0,3
8	РЕЗИСТОР МЛТ - 0,25	0	2	4	0,1	1	0,4
9	РЕЗИСТОР СПЗ 19А	0	3	5	0,13	1	0,65
10	РЕЗИСТОР СПЗ 27 В	0	3	1	0,13	1	0,13
11	КОНДЕНСАТОР К10-17	0	2	8	0,14	1	1,12
12	КОНДЕНСАТОР К 50-38	0	2	2	0,14	1	0,28
13	КОНДЕНСАТОР К 73-10	0	2	4	0,14	1	0,56
14	КОНДЕНСАТОР К 50-15	0	2	1	0,14	1	0,14
15	РЕЛЕ	0	2	3	0,13	1	0,39
16	PLS 21	0	21	1	0,015	1	0,015
17	PLS 9	0	9	3	0,015	1	0,045
18	PLS 3	0	3	1	0,015	1	0,015

Число проводников печатных= 151,42 физических= 0 Число паек= 226 Число накруток= 0	Общий параметр потока отказов= 8,06525974894612E-7 Среднее время наработки на отказ= 1239885,625
---	---

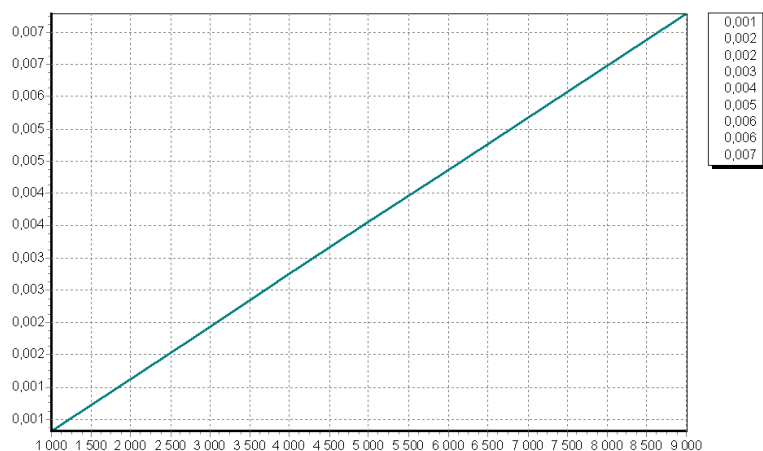


Рисунок Б.1 – Графік ймовірності відмови

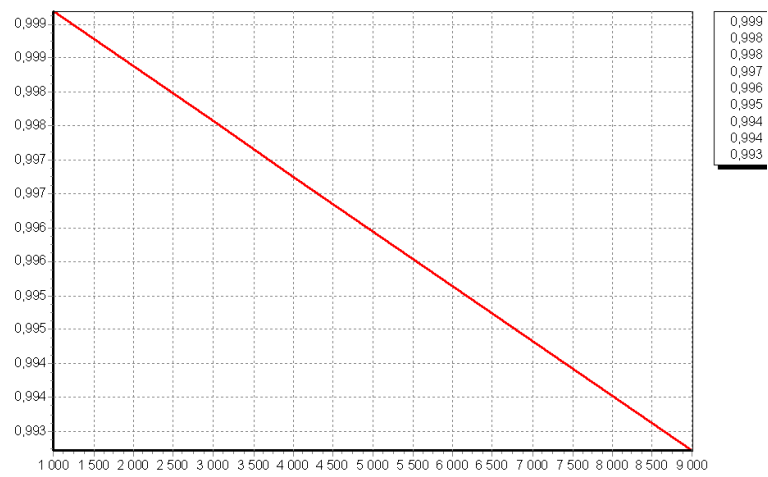


Рисунок Б.2 – Графік ймовірності безвідмовної роботи

Поз. Признач.		Найменування			Кіл.	Примітка			
		Конденсатори							
C1, C12		K50-38 – 10 В – 100 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C2, C3		K73-10 – 16 В – 100 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C4, C5		K10-17 – 10 В – 0,047 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C6, C7		K10-17 – 10В – 0,015 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C8, C9		K10-17 – 10 В – 0,1 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C10, C11		K10 – 17 – 10 В – 0,1 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C13, C14		K73 – 10 – 10 В – 100 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C16,C17		K10-17 – 25 В – 10000 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C18, C19		K10 – 17 – 10 В – 0,1 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C20,C21		K10-17 – 10 В – 0,1 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C22, C24		K10-17 – 10В – 0,1 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C26, C27		K10-17 – 10В – 0,1мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C29, C30		K10-17 – 10В – 0,1мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
C28,C31		K10-17 – 16В – 10 мкФ ± 20% ОЖ0.460.172ТУ			2				
		Діоди							
VD1		КД522Б ТТ3.362.102ТУ			1				
VD2		КД522Б ТТ3.362.102ТУ			1				
VD3		КД522Б ТТ3.362.102ТУ			1				
VD4		КД522Б ТТ3.362.102ТУ			1				
VT1		Транзистор КТ816А ЖКЭ.365.192ТУ			1				
					ПДБ 171.04.01 ПЭЗ				
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Скрипниченко			Підсилювач Перелік елементів		Лит.	Лист	Листов
Перев..		Тюндер						1	3
							СНУ гр. ЕЛ-216д		
Н. контр		Тюндер							
Затв.		Захожай							

Поз. Признач.		Найменування			Кіл.	Примітка
		Мікросхеми				
DA1		TDA152A			1	
DA2		TDA1555Q			1	
ЧМ		TEA5711			1	
DA3		K157 УД1 6K0.348.457-11ТУ			1	
DA4, DA5		AN6884			2	
DA6		78L09			1	
DA7		7812			1	
DA8		KP140 УД 708 6K0.348.457-11ТУ			1	
		Резистори				
R1, R2		СПЗ-19а-22 кОм ОЖ0.567.104ТУ			2	
R3, R4		МЛТ – 0,125 – 3,6 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R5, R6		МЛТ – 0,25 – 15 Ом $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R7, R8		СПЗ-19а-22 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R9, R15		МЛТ – 0,125 – 100 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R10, R11		СПЗ-27В-47 кОм ОЖ0.567.104ТУ			2	
R12, R13		СПЗ-27В-47 кОм ОЖ0.567.104ТУ			2	
R16, R28		МЛТ – 0,25 – 10 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R17, R29		МЛТ – 0,125 – 100 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R18		МЛТ – 0,25 – 1 МОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			1	
R19, R22		МЛТ – 0,25 – 51 Ом $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R21, R23		МЛТ – 0,125 – 2,7 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R24, R20		СПЗ-27В-100 кОм ОЖ0.567.104ТУ			2	
R27, R32		МЛТ – 0,25 – 680 Ом $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			2	
R30		МЛТ – 0,125-15 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			1	
R31		МЛТ – 0,25 – 1 кОм $\pm 10\%$ ОЖ0.467.104ТУ			1	
					ПДБ 171.04.01 ПЕЗ	
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					Лист	
					2	

Поз. Признач.	Найменування				Кіл.	Примітка
	Світлодіоди					
HL1,HL7	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				2	
HL3,HL4	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				2	
HL5,HL6	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				2	
HL8,HL9	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				2	
HL10	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				1	
HL11	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				1	
HL12	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				1	
HL13	АЛ307ВМ аАО.336.076ТУ				1	
	Ключи					
K1	РЕС47, РФ4.500.407 – 03				1	
K2	РЕС 9 рс4.524.203				1	
K3	РЕС 9 рс4.524.203				1	
	З'єднувачі					
X1	PLS-3				1	
X2,X3	PLS-9				3	
X4	PLS-21				1	
X5	PLS-9				1	
	Кнопка					
	КМ 1 –І				1	
	Перемикач				1	
					ПДБ 171.04.01 ПЕЗ	
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					Лист	
					3	

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка
				<u>Ключи</u>		
				РЕС47, РФ4.500.407 – 03	1	К1
				РЕС 9 рс4.524.203	1	К2
				РЕС 9 рс4.524.203	1	К3
				<u>Мікросхеми</u>		
				TDA152A	1	DA1
				TDA1555Q	1	DA2
				TEA5711	1	ЧМ
				К157УД1 6К0.348.457-	1	DA3
				7812	1	DA7
				<u>Резистори</u>		
				СПЗ–19а–22 кОм	5	R1, R2, R14, R7,
				ОЖ0.567.104ТУ		
				МЛТ– 0,125 – 3,6 кОм	4	R3, R4, R15, R17
				ОЖ0.467.104ТУ		
				МЛТ – 0,25 – 15 Ом ±10%	4	R5,R6, R16, R18
				ОЖ0.467.104ТУ		
				<u>З'єднувачі</u>		
				PLS-3	1	X1
				PLS-9	3	X2,X3,X5
				PLS-21	1	X4
Із	Лист	№ докум.	Підпи	Дата	ПДБ 171.04.02	
						2

