

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Приладів і контрольно-вимірювальних систем

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи РВс-41

спеціальності (напряму підготовки) 175

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Небесний О.А.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

				ЗАТВЕРДЖУЮ
				Завідувач кафедри
			(підпис)	(прізвище та
			« »	2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 175 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Небесному Олексію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

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

Затверджені наказом ректора від «___» _____ 2024 року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Загальнотехнічна частина.

Конструкторсько технологічна частина. Спеціальна частина. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Небесный О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Стрембіцький М.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У цій дипломній роботі була розроблена конструкція естрадного підсилювача звукової частоти потужністю 70 Вт. Під час виконання роботи було здійснено вибір сучасної елементної бази, детально описано принцип дії пристрою на рівні структурної та електричної принципової схем. Ґрунтовно розглянуто і обґрунтовано конструкцію, використані матеріали, а також розроблено друковану плату і друкований вузол.

Було проведено розрахунок надійності виробу, виконано техніко-економічний аналіз конструкції, а також якісну оцінку технологічності. Додатково описано технологію складання друкованого вузла. Окрім цього, здійснено розрахунок економічної ефективності та розглянуто питання з охорони праці. Як результат, було розроблено повний комплект документації на виріб. Підсумки роботи представлені у вигляді пояснювальної записки та креслень.

Пояснювальна записка складається з 58 сторінок, поділених на 4 розділи, містить 10 ілюстрацій, 10 таблиць і 9 джерел у переліку посилань. Графічна частина включає три аркуші формату А3. Ця дипломна робота демонструє комплексний підхід до створення підсилювача звукової частоти, враховуючи всі етапи від розробки та обґрунтування конструкції до оцінки її економічної ефективності та безпеки використання.

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
						1
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	5
1.1 Розробка технічного завдання.....	5
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу.....	5
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	6
1.4 Технологічне обґрунтування конструкції проектного виробу врахуванням технологічності.....	7
1.5 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології.....	9
1.6 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки.....	10
1.7 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів.....	11
1.8 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів.....	12
1.9 Обґрунтування вибору конструкції.....	13
2 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів.....	15
2.2 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу.....	17
2.3 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....	22
2.4 Розрахунок надійності проектного виробу.....	23
2.5 Проектування друкованої плати в САПР.....	25
2.5.1 Опис одного з етапів проектування друкованої плати в САПР.....	25

Зм	Арк	№докум	Підп	Дата

КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ

Арк

2

2.6	Результати проектування друкованої плати в САПР.....	33
2.7	Створення 3D моделей компонентів РЕА.....	34
2.8	Створення 3D-моделі пристрою.....	38
3	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	41
3.1		41
3.2	Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	44
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ Випадках.....	45
	ВИСНОВКИ.....	46
	СПИСОК ПОСИЛАНЬ.....	47
	ДОДАТКИ.....	57

ВСТУП. ПРИЗНАЧЕННЯ І ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОПРИСТРОЮ

На сучасному етапі розвитку радіоелектронної апаратури найбільш затребуваними є пристрої, що покращують якість життя людей і роблять його комфортнішим. Водночас, спостерігається тенденція до зменшення енергоспоживання з метою економії коштів та захисту навколишнього середовища.

Розроблений пристрій підсилює звукові сигнали в діапазоні від 10 Гц до 10 кГц до рівня, необхідного для роботи акустичних систем або гучномовців.

Він є кінцевим активним елементом у системі прийому, обробки та підсилення звукового сигналу. Цей пристрій може використовуватися як для естрадних цілей, так і в домашніх умовах.

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		4

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Вихідна потужність.....	70 Вт
Напруга живлення.....	230 В
Опір навантаження.....	4 Ом
Відношення сигнал/шум.....	94 Дб
Коефіцієнт гармонік.....	0.02%
Маса.....	1.25 кг

Проектований виріб – це естрадний підсилювач звукової частоти, призначений для того, щоб підсилювати потужність низької частоти, який може використовуватися як у домашніх умовах, так і в студії. Цей пристрій є стаціонарним, розроблений для розміщення на плоскій поверхні та функціонування в кімнатах за нормальних кліматичних умов: діапазон температур повинен складати від +3 до +40°C, відносна вологість повітря від 20% до 65%, атмосферний тиск від 380 до 650 мм ртутного стовпчика.

Для того, щоб забезпечити доступність та знизити вартість конструкції, виріб виготовлений у пластмасовому корпусі. Регулювання звуку здійснюється за допомогою змінного резистора, що дозволяє зручно налаштовувати звукові параметри відповідно до потреб користувача.

Цей підсилювач звукової частоти відповідає сучасним стандартам звукової техніки та підходить як для домашнього прослуховування, так і для професійного використання в студійних умовах.

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		5

1.2 Вибір структурної схеми виробу і її опис

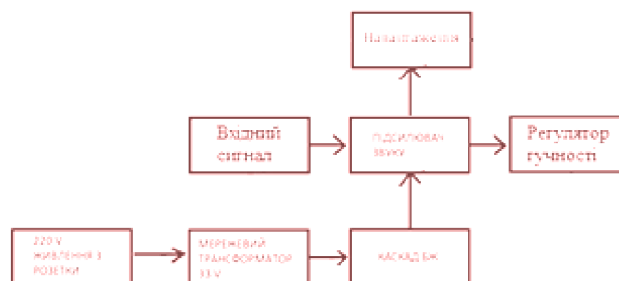


Рисунок 1.1 - Схема структура естрадного підсилювача звуку

Пристрій підключається до джерела живлення з напругою 220 В. Після проходження через трансформатор, напруга перетворюється на 33 В. У каскаді блоку живлення напруга трансформатора згладжується за допомогою діодів і конденсаторів, забезпечуючи стабільне живлення для подальших етапів. Випрямлена напруга разом з вхідним сигналом подається на каскад підсилювача звуку, який підсилює сигнал до певного рівня, який необхідний для функціонування звукових систем. Гучність звуку можна регулювати за допомогою змінного резистора, що забезпечує користувачу можливість налаштовувати параметри звуку відповідно до своїх потреб. Опис принципу роботи схеми та її аналіз Основними елементами схеми є транзистори, резистори і конденсатори, що формують різні каскади підсилення та фільтрації сигналів.

1.3 Опис принципу та аналіз роботи схеми електричної принципової

Транзистори VT1 (BC546) і VT2 (BC546) працюють в конфігурації диференціального підсилювача, що забезпечує високу стабільність та точність підсилення. Вони живляться від джерела струму, побудованого на транзисторах VT3 (MPSA42) і VT5 (BC546), а також резисторах R24 (510 Ом) і R25 (100 Ом). Вхідний сигнал проходить через два фільтри. Перший фільтр - низькочастотний, складається з резистора R1 (1.2 кОм)

і конденсатора C1 (1 нФ). Цей фільтр обмежує високочастотні компоненти сигналу, запобігаючи їх подальшому підсиленню та спотворенню звуку. Другий фільтр - смуговий, складається з конденсатора C2 (470 пФ), резистора R1 (1.2 кОм) і резистора R2 (18 кОм). Він обмежує інфранизькі частоти, що також сприяє чистоті та якості підсилюваного сигналу. Навантаженням для диференціального підсилювача служать резистори R3 (680 Ом), які забезпечують необхідну робочу точку для транзисторів і стабільність роботи схеми.

Вихідними елементами підсилювача є МОП-транзистори VT7 (BD911) і VT11 (BD912), які функціонують як повторювачі напруги. Ці транзистори мають високий максимальний вихідний струм, що дозволяє їм ефективно підсилювати звуковий сигнал до необхідного рівня. Перші два каскади підсилювача відіграють ключову роль у забезпеченні достатньої амплітуди для вихідного сигналу. Вони відповідають за початкове підсилення і підготовку сигналу для подальшого підсилення МОП-транзисторами.

Таким чином, схема забезпечує високу якість звуку, стабільність і надійність роботи підсилювача як у домашніх, так і у професійних студійних умовах. Додатково, використання змінного резистора для регулювання гучності дозволяє користувачам точно налаштовувати рівень звуку відповідно до їхніх індивідуальних потреб і умов експлуатації.

Усі ці особливості роблять підсилювач звукової частоти ефективним та зручним у використанні, відповідним сучасним стандартам звукової техніки.

1.4 Технологічне обґрунтування конструкції проектного виробу врахуванням технологічності

Корпус естрадного підсилювача звуку є ключовим елементом конструкції, що забезпечує захист виробу від механічних впливів. Він виготовлений із пластмаси та має універсальну конструкцію, що

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		7

складається з двох П-подібних кришок. Кришки з'єднуються між собою за допомогою планок, розташованих по краях, утворюючи чотирикутний корпус. На передній частині корпусу розташований змінний резистор, закріплений кріпильною гайкою. На корпусі нанесено маркування, що інформує про плавне змінювання градуйованого резистора. Задня частина корпусу має роз'єм живлення на 230 вольт і аналоговий роз'єм для виводу звуку. Верхня кришка оснащена отворами для того, щоб забезпечити оптимальний тепловий режим, нижня кришка корпусу оснащена монтажними стійками задля монтажу друкованої плати та трансформатора. Кришки корпусу з'єднуються за допомогою чотирьох самонарізних гвинтів Г3.5-4НХ.

Корпус може бути пофарбований у кольори від сірого до чорного з матовою текстурою. На ньому передбачено два надписи – маркування входу і виходу для зручності користувача. Виріб містить один друкований вузол. Двошарова, двостороння плата має мінімальну ширину друкованих провідників 0,7 мм і мінімальну відстань між ними. Розміри плати становлять 110х90 мм. Гнізда, розташовані на корпусі, припаюються до плати за допомогою перемичок.

Для забезпечення оптимальної довжини друкованих провідників, мікросхема розташована в центрі плати, а всі інші елементи - поряд з нею. Транзистори встановлюють по краю друкованої плати для того, щоб забезпечити пасивне охолодження радіатором. Всі з'єднання виконуються стандартним способом, з використанням координатної сітки з кроком 1,5 мм, та припаюються припоєм ПОС-62. Функції корпусу студійного підсилювача звуку Корпус студійного підсилювача звуку виконує важливі функції захисту від механічних впливів та забезпечує зручне розташування всіх компонентів. Він має стандартну конструкцію з двома П-подібними кришками, які з'єднуються по краях планками.

Корпус є чотирикутним та розрахований на встановлення змінного резистора спереду корпусу, а також роз'ємів живлення і виводу звуку на

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		8

задній стороні. Для того, щоб забезпечити задовільний температуру роботи верхня кришка має вентиляційні отвори, нижня кришка передбачає монтажні стійками для встановлення плати друкованої і тороїдального трансформатора. Корпус може бути пофарбований у сірий або чорний колір і мати матову текстуру. На ньому нанесено маркування входу та виходу, виконане контрастною фарбою для зручності користувача. Плата підсилювача є двошаровою та двосторонньою, з мінімальною шириною друкованих провідників 0,7 мм.

Загальна конструкція корпусу гарантує оптимальну роботу підсилювача звуку в естрадних умовах, мінімізуючи вплив зовнішніх факторів і оптимізуючи розташування компонентів для підвищення продуктивності пристрою.

1.5 Відомості про складання та монтаж виробу та вибір типу технології

Щоб технологічний процес складання пристрою підібрано операційно-маршрутну технологію. Технологічно-типові операції наприклад такі, як: нанесення захисного шару, маркування, сушка. Операційна технологія застосовується задля операції – встановлення елементів, пайка.

Для складання виробу використовуються процес пайки хвилею припою. Задля контролю якості використовуються такі електро-вимірювальні прилади: блок живлення, осцилограф.

Під час виготовлення виробу застосовуються такі технологічні процеси: хімічного травлення, автоматизована пайка та ручне встановлення елементів.

Виріб створюється на конвеєрі. Для виготовлення використовується виробництво за одним робочим місцем.

Така маршрутно-операційна технологія складання прострою систематизує та описує певні технологічні операції, які потрібні задля

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
						9
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		

створення виробу. Вона включає в себе: встановлення елементів, пайку, сушку, маркування, нанесення захисного шару.

Операційна технологія використовується для певних дій, таких як пайка та монтування елементів. Задля автоматизації застосовується метод пайки хвилею припою, який дозволяє швидко і ефективно паяти друковані плати.

Для виробництва застосовуються такі технологічні процеси: монтування елементів вручну і створення друкованої плати за допомогою методу хімічного травлення. За допомогою цього досягається висока якість та ефективність виготовлення, а також пристосувати процес до потреб конкретного проекту.

Збірка приладу може виконуватись як на робочому місці, так і на конвеєрі, це залежить від характеристик виробу та обсягу його виробництва.

Виготовлення за одним робочим місцем забезпечує ефективний і контрольований процес складання приладів.

1.6 Якісна оцінка технологічності проекрованої конструкції і вибір оснастки, інструментів, пристосувань.

Через те, що корпус спроектованого приладу виготовлений з пластику, доступні технології для його виготовлення - це лиття або друк на 3D принтері.

Корпус складається з двох коритоподібних кришок, які з'єднуються за допомогою самонарізних гвинтів. Для виготовлення корпусу буде використовуватися лиття методом пресування. Цей метод відрізняється від компресійного, оскільки матеріал доводиться до текучого стану під дією температури в окремій завантажувальній камері, а потім подається в гнізда пресформи через канали для лиття. Цей метод дозволяє виготовляти деталі складної форми з глибокими отворами і різною товщиною стінок.

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
						10
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		

Кріплення змінного резистора до передньої кришки корпусу здійснюється комплектною гайкою. Плата з елементами кріпиться до нижньої кришки, трансформатор - за допомогою кріпильної гайки і гвинта, роз'єми та резистор - до верхньої кришки, а потім обидві кришки з'єднуються за допомогою гайок.

Для виготовлення друкованої плати застосовується комбінований позитивний метод з використанням фольгованого склотекстоліту СФ2–35–1,5ІКП відповідно до ГОСТ 10316-78. Він відомий напрочуд високою стійкістю механічних та термічних впливів і якістю, це безперечно робить його оптимальним вибором матеріалу для виготовлення електронних приладів.

1.7 Опис технологій створення друкованої плати і вибір допоміжних і основних матеріалів

Плата друкована є двохсторонньою і використовує DIP монтаж, що дозволяє застосовувати металізацію отворів та компактне розміщення елементів. Ці методи значно спростили конструктивну розробку плати.

Виготовлення плати буде здійснюватися з фольгованого склотекстоліту СФ2–35–1,5ІКП відповідно до ГОСТ 10315-78. Для виготовлення друкованої плати використовується комбінований позитивний метод, що є найпоширенішим і найдоцільнішим варіантом для двохсторонніх друкованих плат.

Цей метод вимагає значно дорожчого технологічного процесу через необхідність металізації отворів, це ускладнює технологічний процес і призводить до підвищення вартості розробки. Проте цей підхід дозволяє виготовляти складні друковані плати та робити їх більш компактними.

Найкращі результати досягаються, якщо пайку виконують автоматичні станки. Для виготовлення використовуються такі

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
						11
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		

матеріали, як мідь, припой ПОС-61, лак АК-113 та захисний латекс.

Порядок виготовлення друкованого вузла:

- Маркування
- Захист плати
- Сушка
- Формування виводів
- Лудження виводів
- Встановлення елементів радіоелектроніки (ЕРЕ)
- Пайка автоматична

1.8 Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і опис компонування виробу

Підсилювач звуку має в собі один основний функціональний вузол — плата підсилювача. Всі компоненти розташовані так, щоб максимально скоротити довжину друкованих провідників: елементи, які виконують одну функцію, розміщені якнайближче один-до-одного.

Вхідні каскади розташовані на протилежному боці від вихідних каскадів.

Регулятор гучності знаходиться на задній частині корпусу для забезпечення ергономічності пристрою.

Для корпусу обрано пластмасу, оскільки вона знижує вартість пристрою, зменшує вагу та електромагнітні перешкоди, а також має привабливий вигляд. Корпус покривають світло-сірою фарбою, а надписи виконують контрастною чорною фарбою.

Ручка регулювання гучності також виготовлена з пластмаси і має рифлену поверхню для кращої тактильної зручності. З метою підвищення функціональності та ефективності пристрою всі компоненти розташовані таким чином, щоб якомога більше зменшити довжину провідників друкованих. Це забезпечує менші втрати сигналу і покращити якість звуку. Наприклад, вхідні каскади розміщені на

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
						12
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		

протилежному боці від вихідних, щоб уникнути перешкод у сигнальному шляху.

Регулятор гучності стратегічно розташований на задній частині корпусу, що підвищує ергономічність пристрою та забезпечує зручний доступ для користувача. Вибір пластмаси для корпусу обумовлений її перевагами: зниженням вартості пристрою, зменшенням ваги і перешкод, а також естетичним виглядом. Корпус покривають сірою фарбою, це забезпечує його сучасний і витончений дизайн.

Надписи виконуються контрастною чорною фарбою для зручного розпізнавання.

Ручка регулювання гучності, виготовлена з пластмаси, має рифлену поверхню для покращення тактильного відчуття під час користування.

Такий підхід до дизайну та вибору матеріалів сприяє якісному та зручному використанню підсилювача звуку в різних умовах.

1.9 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус підсилювача звуку є основним елементом конструкції, що забезпечує жорсткість та захист пристрою від зовнішніх чинників. Корпус виготовляється з пластмаси і має типову, універсальну конструкцію, що складається з верхньої та нижньої коритоподібної кришки. На краях пластикових кришок спроектовано планки для їх кріплення одна до одної. Корпус має прямокутну форму із заокругленими кутами. Робоча панель — це передня кришка (вигляд спереду).

На передній частині корпусу розміщений змінний резистор, закріплений за допомогою кріпильної гайки, що входить до його конструкції. Корпус має напис, який вказує на плавну зміну градуювання змінного резистора. На задній кришці знаходяться два роз'єми RCA та 220 V роз'єм живлення .

Низ корпусу обладнаний монтажними стійками для тороїдального

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		13

трансформатора і плати друкованої. Кришки з'єднуються між собою за допомогою чотирьох гвинтів Г2.5-6НХ. Корпус може бути пофарбований у кольори від сірого до чорного, з матовим покриттям. На корпус наноситься маркування для входу та виходу.

Проектований пристрій має один друкований вузол. Двостороння друкована плата має мінімальну ширину провідників 0,6 мм і розміри 152 мм на 81 мм. Гнізда припаюються до плати за допомогою перемичок і виводяться на корпус. Транзистори розміщуються на краю плати для ефективного охолодження. Використовуються стандартні методи встановлення компонентів і паяння припоєм ПОС-61, а також координатна сітка з кроком 1,25 мм.

Плата друкованого вузла має стандартні розміри, що дозволяє ефективно розташувати всі компоненти. Роз'єми з'єднуються з платою перемичками і кріпляться на зад корпусу, що забезпечує зручний доступ для підключення зовнішніх пристроїв. Транзистори стратегічно розташовані на краю плати для ефективного охолодження, що забезпечує стабільну роботу пристрою.

Використання стандартних методів встановлення та паяння припоєм ПОС-61 забезпечує надійність і довговічність з'єднань. Користувач має можливість вибору кольору корпусу, від сірого до чорного, що дозволяє пристрою відповідати індивідуальним вподобанням.

Маркування чітко наноситься на корпус задля позначення виходу та входу, що безумовно спрощує його експлуатацію. Загалом будова приладу забезпечує його ефективність, надійність та зручність при користуванні. Задля стабільної роботи підсилювача звуку конструкція передбачає ефективне розташування компонентів і відвід тепла з транзисторів, що нагріваються за час роботи. Завдяки положенню транзисторів збоку плати пристрій не перегрівається.

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		14

2. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок параметрів електричних окремих каскадів

Розрахунок електричного каскаду підсилення естрадного підсилювача звуку [24]

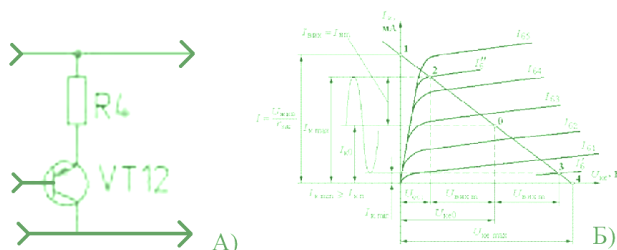


Рисунок 2.1 – А) Підсилювальний каскад пристрою; Б) Вихідні статичні характеристики підсилювача

$$P \approx P_{\text{вих}} / \eta_T = 1/0,7 = 1,43 \text{ Вт};$$

$$P_0 = P / \eta_k = 1,43/0,4 = 3,56 \text{ Вт}.$$

Падіння напруги на $r_{T1} + R_e$ приймається рівним

$$\Delta U = 0,25 \cdot U_{\text{жив}} = 0,25 \cdot 10 = 2,5 \text{ В, тоді}$$

$$U_{\text{ке.мак}} \approx (U_{\text{жив}} - \Delta U) / \eta_k = (10 - 2,5) / 0,4 = 18,8 \text{ В}.$$

2. Визначення положення точки спокою (точка 0 на вихідних статичних характеристиках для схеми СЕ):

$$U_{\text{ке0}} = U_{\text{жив}} - \Delta U = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ В};$$

$$I_{\text{к0}} = P_0 / U_{\text{ке0}} = 3,56 / 7,5 = 0,48 \text{ А}.$$

Приймається $U_{\text{ост}} = 1 \text{ В}$. Навантажувальну пряму проводимо через точки $U_{\text{ке0}} = 7,5 \text{ В}$, $I_{\text{к0}} = 0,48 \text{ А}$ (точка 0) і $U_{\text{ке.мак}} = 18,8 \text{ В}$, $I_{\text{к}} = 0 \text{ А}$ (точка 4).

Найбільша можлива амплітуда напруги вихідного сигналу

$$U_{\text{вих.м}} = U_{\text{ке0}} - U_{\text{ост}} = 7,5 - 1 = 6,5 \text{ В}.$$

Такий амплітуді напруги вихідного сигналу будуть відповідати напруги:

$$U_{\text{к.мак}} = U_{\text{ке0}} + U_{\text{вих.м}} = 7,5 + 6,5 = 14 \text{ В};$$

Зм	Арк	№докум	Підп	Дата

КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ

Арк

15

$$U_{к.мин} = U_{ке0} - U_{вих.м} = 7,5 - 6,5 = 1 \text{ В.}$$

Для цих напруг на навантажувальній прямій знаходимо:

$$I_{к.маx} = 0,75 \text{ А}; I_{к.мин} = 0,2 \text{ А.}$$

Тоді подвоєна амплітуда струму вихідного сигналу

$$2I_{км} = I_{к.маx} - I_{к.мин} = 0,75 - 0,2 = 0,55 \text{ А.}$$

.

Перевіряємо правильність вибору режиму:

$$P'_z = \frac{2U_{вих.м} \cdot 2I_{км}}{8} = \frac{2 \cdot 6,5 \cdot 0,55}{8} = 0,89 < \frac{P_{вих}}{\eta_T} = 1,43 \text{ Вт.}$$

Отож, потрібно обрати повністю нову точку спокою та, мабуть, замінити кут нахилу навантажувальної прямої. Враховуючи що $I_{к.мин}$ великий, тоді переставляючи по побудованій навантажувальній прямій точку спокою вправо, то буде збільшуватись $U_{вих.м}$. Задля нового місцеположення точки спокою беремо $U_{ке0} = 10 \text{ В}$, $I_{к0} = 0,35 \text{ А}$. І отримуємо:

$$U_{вих.м} = U_{ке0} - U_{ост} = 10 - 1 = 9 \text{ В};$$

$$U_{к.маx} = U_{ке0} + U_{вих.м} = 10 + 9 = 19 \text{ В};$$

$$U_{к.мин} = U_{ке0} - U_{вих.м} = 10 - 9 = 1 \text{ В};$$

$$I_{к.маx} = 0,75 \text{ А}; I_{к.мин} \approx 0 \text{ А};$$

$$2I_{км} = I_{к.маx} - I_{к.мин} = 0,75 - 0 = 0,75 \text{ А.}$$

Робимо перевірку нового режиму:

$$P'_z = \frac{2U_{вих.м} \cdot 2I_{км}}{8} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 0,75}{8} = 1,7 \text{ Вт,}$$

, чого вистачає з лишком.

Обраховуємо найменше та найбільше значення струму на вході:

$$I_{б.маx} = I_{к.маx} / \beta_{мин} = 0,75 / 20 \approx 0,04 \text{ А}; I_{б.мин} = I_{к.мин} / \beta_{мин} = 0 / 20 = 0 \text{ А.}$$

На ділянці вхідної статичної характеристики до схеми шукаємо:

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		16

$$U_{\text{be.max}} = 0,72 \text{ В}; U_{\text{be.min}} = 0,6 \text{ В}.$$

Обчислюємо подвоєну амплітуду на вході:

$$2I_{\text{бm}} = I_{\text{б.max}} - I_{\text{б.min}} = 0,04 \text{ А};$$

$$2U_{\text{бm}} = U_{\text{be.max}} - U_{\text{be.min}} = 0,72 - 0,6 = 0,12 \text{ В};$$

$$P_{\text{вх}} = (2U_{\text{бm}} \cdot 2I_{\text{бm}}) / 8 = 0,12 \cdot 0,04 / 8 = 0,0006 \text{ Вт} = 0,6 \text{ мВт};$$

$$R_{\text{вх}} = (2U_{\text{бm}}) / (2I_{\text{бm}}) = 0,12 / 0,04 = 3,0 \text{ Ом}.$$

3. Підставивши $U_{\text{Re}} = 0,4 \cdot \Delta U = 0,4 \cdot 2,5 = 1 \text{ В}$, будемо мати:

$$R_{\text{e}} = U_{\text{Re}} / I_{\text{к0}} = 1 / 0,48 = 2,1 \text{ Ом}.$$

4. Обраховуємо ємність електролітичного конденсатора:

$$C_{\text{e}} \geq 1 / (2\pi \cdot f_{\text{H}} R_{\text{e}}) = 1 / (6,28 \cdot 1000 \cdot 2,1) = 0,000076 \text{ Ф} = 76 \text{ мкФ}.$$

5. Шукаємо кількість опору дільника.

Взявши $R_{1-2} = 10 \cdot R_{\text{вх}} \approx 10 \cdot 3,0 = 30 \text{ Ом}$, будемо мати:

$$R_4 \approx \frac{U_{\text{кк}} \cdot R_{1-2}}{I_{\text{к0}} R_{\text{e}}} = \frac{10 \cdot 30}{0,75 \cdot 2,1} \approx 120 \text{ Ом};$$

Вибираємо стандартне значення: $R_4 = 120 \text{ Ом}$

Отриманий результат VT1 співвідноситься з транзистором BD921, резистор $R_4 = 120 \text{ Ом}$.

2.2 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Плата є двосторонньою, з мінімальною шириною друкованих провідників 0,6 мм. Розміри плати становлять 152 мм на 81 мм. Для забезпечення мінімальної довжини друкованих провідників основну більшість резисторів розміщено по центру плати, тоді як транзистори для кращого охолодження розміщені на краю плати, поруч з радіатором. Радіатор встановлюється для охолодження транзисторів: VT1-VT5, VT7-VT10 та VT12. Маркування плати наноситься шовкографією, використовується біла фарба. Плата лакується. Отвори металізовані. Основний провідний матеріал — мідь, додаткові матеріали — флюс і

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		17

припій ПОС-61. Кріпильних отворів 4, розташовані по периметру плати. Виходячи з технологічних можливостей виробництва, вибирається метод виготовлення і клас точності друкованої плати (ОСТ 4.010.022–85) [6]: Двостороння друкована плата. Метод виготовлення: комбінований позитивний. Клас точності: 3.

Визначаєм мінімальну ширину друкованого провідника, по постійному струму для кіл живлення і заземлення:

А

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{I_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{15}{50 \cdot 0,035} = 0,85 \text{ мм} \quad (1.1)$$

де $I_{\max}$ – максимальний постійний струм, який протікає в провідниках.

Визначається із аналізу принципової схеми;

$j_{\text{доп}}$ – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу

виготовлення плати з табл.1

t – товщина провідника, мм.

Таблиця 1.13 – Допустима густина струму в залежності від методу виготовлення

Метод виготовлення	товщина фольги t , мкм	Допустима густина струму, $j_{\text{доп}}$, А / мм ²	Питомий опір, ρ , Ом мм ² / м
Хімічний: внутрішні шари БДП, зовнішні шари ОДП, ДПП	20, 35, 50 20, 35, 50	15 20	0,050
Комбінований позитивний	20 35 50	75 48 38	0,0175
Електрохімічний	--	25	0,050

Визначаємо мінімальну ширину провідника, мм., виходячи з допустимого падіння напруги на ньому:

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{t * U_{\text{доп}}} = \frac{15}{50 * 35} = 0,85 \text{ мм}$$

(1.2)

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d:

$$d = d_E + |\Delta d| + r \quad (1.3)$$

де d_E – максимальний діаметр виводу встановлюваного ЕРЕ

$\Delta d_{H.B.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору.

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм.

$d_1 = 1 + |0,05 + 0,1| + 0,2 = 1,3$ (VT1(BC546), VT3(BC546), VT7(BC546), VT87(BC556))

$d_2 = 0,64 + |0,05 + 0,1| + 0,2 = 1,1$ (VT9(BD139), VT10(BD140))

$d_3 = 0,45 + |0,05 + 0,1| + 0,2 = 0,9$ (R1-R26, C1-C5, C8-C15(K10-35 K10-17Б))

$d_4 = 0,356 + |0,05 + 0,1| + 0,2 = 0,7$ (VD1-VD4(1N4148) VD5-VD6(1N4007))

$d_5 = 0,5 + |0,05 + 0,1| + 0,2 = 0,9$ (C6, C7, C13-C14(K50-35 полярний))

Розраховані значення d зводять до нормалізованого ряду отворів: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5мм.

Розраховані значення d зводимо до нормалізованого ряду отворів:

$d_{\max 1} = 1,3 + 0,05 + 0,1 = 1,5$ мм

$d_{\max 2} = 1,1 + 0,05 + 0,1 = 0,8$ мм

$d_{\max 3} = 0,9 + 0,05 + 0,1 = 0,6$ мм

$d_{\max 4} = 0,7 + 0,05 + 0,1 = 0,9$ мм

$d_{\max 5} = 0,9 + 0,05 + 0,1 = 1,1$ мм

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		19

Розраховуємо діаметр контактних площадок

$$D_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (1.4)$$

де

: Δd – допуск на отвір (див табл. 2.1)

$$D_{\max} = 1,3 + 0,05 + 0,15 = 1,5 \text{ мм}$$

1

$$D_{\max} = 1,5 + 0,05 + 0,15 = 1,7 \text{ мм}$$

2

Таблиця 2.1 – Допуски на розташування отворів і контактних площадок

Параметри	Клас точності ДП			
	1	2	3	4
Мінімальне значення номінальної ширини	0,60	0,45	0,25	0,15
провідника b , мм				
Номінальна відстань між провідниками s , мм	0,60	0,45	0,25	0,15
Відношення діаметра отвору до товщини	$\geq$ 0,5 0	$\geq$ 0,5 0	$\geq$ 0,3 3	$\geq$ 0,3 3
плати γ				
Допуск на отвір Δd , мм, без металізації,	$\pm$ 0,10	$\pm$ 0,10	$\pm$ 0,05	$\pm$ 0,05
$\varnothing \leq 1$ мм				
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	$\pm$ 0,15	$\pm$ 0,15	$\pm$ 0,10	$\pm$ 0,10
Допуск на отвір Δd , мм, з металізацією,	$+$ 0,10	$+$ 0,10	$+$ 0,05	$+$ 0,05
$\varnothing \leq 1$ мм	$-$ 0,15	$-$ 0,15	$-$ 0,10	$-$ 0,15
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	$+$ 0,15	$+$ 0,15	$+$ 0,10	$+$ 0,10

	- 0, 20	- 0, 20	- 0, 15	- 0, 15
Допуск на ширину провідника Δb , мм, без	$\pm$ 0, 15	$\pm$ 0, 10	$+$ 0, 03	$\pm$ 0, 03
покриття			0, 05	
Теж саме, з покриттям	$+$ 0, 25	$+$ 0, 15	$+$ 0, 10	$\pm$ 0, 05
	- 0, 20	- 0, 10	- 0, 08	
Допуск на розташування отворів δd , мм, при розмірі плати менше 180 мм	0, 20	0, 15	0, 08	0, 05
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0, 25	0, 20	0, 10	0, 08
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0, 30	0, 25	0, 15	0, 10
Допуск на розташування контактних	0, 35	0, 25	0, 20	0, 15
площадок δp , мм, на ОДП і ДДП при розмірі				
плати менше 180 мм				
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0, 40	0, 30	0, 25	0, 20
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0, 45	0, 35	0, 30	0, 25
Допуск на підтравлення діелектрика БДП	0, 03	0, 03	0, 03	0, 03
$\Delta d_{\text{тр}}$, мм				
Допуск на розташування контактних	0, 40	0, 35	0, 30	0, 25
площадок δp , мм, на БДП при розмірі плати				
менше 180 мм				
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0, 50	0, 45	0, 40	0, 35
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0, 55	0, 50	0, 45	0, 40

Вияснюємо ширину друкованих провідників. Мінімальною шириною провідників для ДДП та зовнішніх шарів БДП, зроблених комбінованим позитивним методом при сіткографічному способі отримання рисунку:

$$D_{\min} = d_{1\min} + 0.03$$

де: $b_{1\min}$ – мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1\min} = 0,18$ мм для плат 1-, 2- і 3- го класу точності

$$D_{\min} = 0,18 + 0,08 = 0,3 \text{ мм}$$

Мінімальний діаметр контактних площадок для ОДП і внутрішніх шарів БДП, виготовлених хімічним методом.

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1.5h\phi$$

$$D_{1\min} = 2(0.035 + 1.45/2 + 0.08 + 0.20) = 1.3$$

$$D_{2\min} = 2(0.035 + 0.79/2 + 0.08 + 0.20) = 0.7$$

$$D_{3\min} = 2(0.035 + 0.6/2.28) = 0.6$$

$$D_{4\min} = 2(0.035 + 0.85/2.28) = 0,8$$

$$D_{5\min} = 2(0.035 + 1.05/2.28) = 1$$

$$B_{\min} = 0.18 + 0.03 = 0.2$$

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою

$$S_{1\min} = 1.25 - |(1.3/2 + 0,30| + (1.3/2 + 0.05) = 0,6$$

Мінімальна відстань між двома контактними площадками

$$S_{2\min} = 1.25 - |0.9 + 2 \cdot 0.3| = 1.25 - 1.5 = 0.3$$

Мінімальна відстань між двома провідниками

$$S_{3\min} = 1.25 - |0.7 + 2 \cdot 0.05| = 0,5$$

2.3 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)

У схемі показано транзистори великої потужності, саме тому потрібно обрати радіатор. Обрахування радіатора приведено знизу [25]:

Тепловий опір радіатора

$$Q = 50/\sqrt{S} \text{ (}^{\circ}\text{C/Вт)} \text{ (1),}$$

де S – загальна площа поверхні тепловіддачі, висловлена у сантиметрах квадратних.

Звідси площа поверхні для теплового опору

$$S = (50/Q)^2 \text{ (см}^2\text{)} \quad (2).$$

Радіатор з площею 2100 см^2 з розрахунку формулою (1) володіє тепловим опором $Q = 0,8 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$. При загальному допустимому перегріві $80 \text{ }^\circ\text{C}$ отримуємо потужність його розсіювання $70/0,7 = 100,0 \text{ Вт}$.

Отже потужність, яка розсіюється - 80 Вт , при перегріві на 100°C , потрібен тепловий опір $Q = 100/80 = 1,25 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$. Тоді необхідна площа радіатора $S = (100/1,25)^2 = 150 \text{ см}^2$.

2.4 Розрахунок надійності проектованого виробу

У цьому пункті проводиться розрахунок надійності естрадного підсилювача звуку по раптовим експлуатаційним відмовам за допомогою комп'ютерної програми [12]. Як вхідні дані використовуються показники надійності окремих радіоелементів. У результаті розрахунку отримується графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу та значення середнього напрацювання до відмови. У таблиці 2.2 наведені показники надійності груп радіоелементів: кількість елементів у групі, коефіцієнт навантаження та інтенсивність відмов. У таблиці 2.3 наведені коефіцієнти впливу відповідно до умов експлуатації пристрою.

Таблиця 2.2 – Вхідні дані для розрахунку надійності пристрою

з/п	Назва групи радіоелементів	К-сть	Кнав	Івідм* 10^4 5 1/год	К-сть* Кнав*Івідм * 10^{45}
1.	Кондесатори електролітичні	4	0,4	2,4	3,74
2.	Транзистори Нч кремнієві	12	0,35	4	17,8
3.	Діоди випрямляючі великої потужності	4	0,71	6	16,04

Рисунок 2.1 – головне вікно програми розрахунку надійності

В результаті розрахунку отриманий графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу роботи, представлений на рисунку 2.15, при цьому ортимано значення середнього напрацювання до відмови 10000 год.

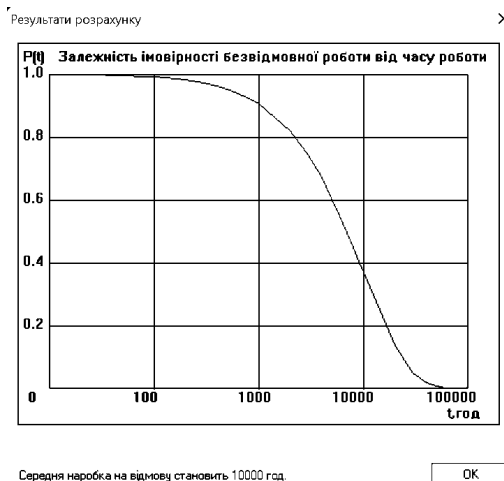


Рисунок 2.2 – Вікно програми розрахунку із її результатами

2.5 Проектування друкованої плати в САПР

2.5.1 Опис одного з етапів проектування друкованої плати в САПР

Згідно завдання необхідно описати послідовність створення створення друкованої плати в програмі Altium Designer.

3) Намалювати прямокутний контур плати так, щоб всередині нього розмістились усі компоненти з деяким запасом по краях; 4) Виділити створений контур. Для того, щоб виділити об'єкти лише в одному шарі (активному на даний момент), необхідно натиснути Shift + S, а потім виділити контур, обхопивши його мишею при натиснутій лівій кнопці. 5) Встановити виділену область в якості контуру плати, для чого виконати команду Design→Board Shape→Define from selected objects (дизайн → форма плати → визначити з виділених об'єктів). 6) Повернутись до вікна документа і ще раз натиснути Shift + S, встановивши нормальний режим виділення

Зм	Арк	№докум	Підп	Дата

КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ

Арк

25

	(Рисунок 3.11).
6. Встановлення правил проектування	Встановити необхідні правила проектування: ширину друкованих провідників, мінімальну відстань між друкованими провідниками. Вікно викликається командою Design→Rules. Встановити ширину друкованих провідників 1 мм. Для цього в групі правил Routing вибрати підгрупу Width (ширина), а в ній виділити параметр Width. Після цього в правій частині вікна встановити значення 1мм для параметрів Min Width, Preferred Width та Max Width. Застосувати зміни кнопкою Apply (Рисунок 3.12). Встановити мінімальну відстань між елементами друкованого монтажу 0,8 мм. Для цього необхідно в дереві правил вибрати групу правил Electrical, в ній вибрати підгрупу Clearance (зазор) і виділити параметр Clearance. Тоді в правій частині вікна встановити значення 0,8 мм параметру Clearance. Застосувати зміни кнопкою Apply (Рисунок 3.13).
7. Автоматичне трасування зв'язків	Здійснити автоматичне трасування друкованих провідників. Спочатку необхідно виконати команду Auto Route → All... (Рисунок 3.14). Після чого з'явиться вікно Situs Routing Strategies трасувальника Situs. Для початку трасування треба натиснути кнопку Route All. Прогрес трасування відображається у вікні Messages (Рисунок 3.15). Після закінчення автоматичного трасування у вікні Messages з'являється повідомлення, в якому вказується кількість незавершених зв'язків та час виконання трасування. Після цього вікно Messages можна закрити (Рисунок 3.16).
8. Перевірка виконання правил проектування	Для перевірки виконання правил проектування в меню Tools треба вибрати команду Design Rule Check (перевірка правил проектування) (Рисунок 3.17). У вікні, що з'явиться, натиснути кнопку Run Design Rules Check (Рисунок 3.18). В результаті перевірки з'явиться вікно звіту, в якому будуть вказані усі порушення правил (Rule Violations) та застереження (Warnings), якщо вони є. Для того, щоб закрити це вікно, необхідно на відповідній вкладці у верхній частині вікна правою кнопкою миші вибрати Close Design Rule Check (Рисунок 3.19).

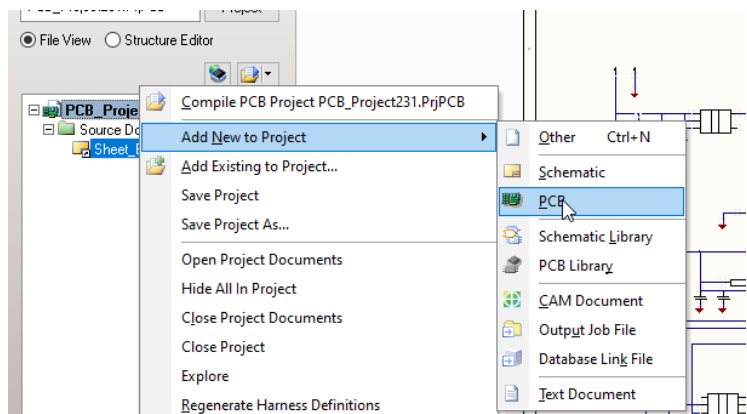


Рисунок 2.3 - Вікно створення проекту PCB

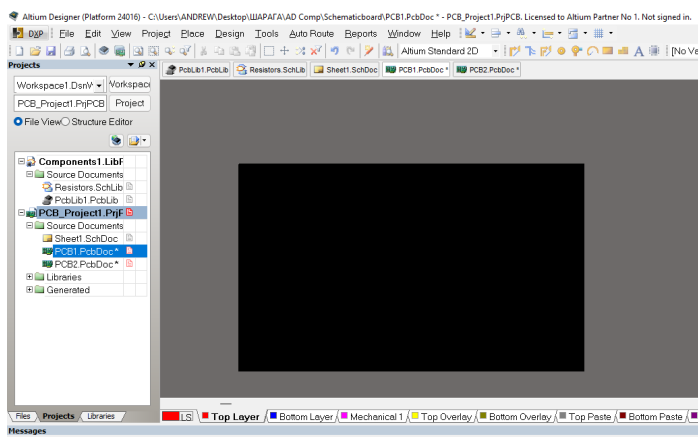


Рисунок 2.4 – Екран документа *.PcbDoc

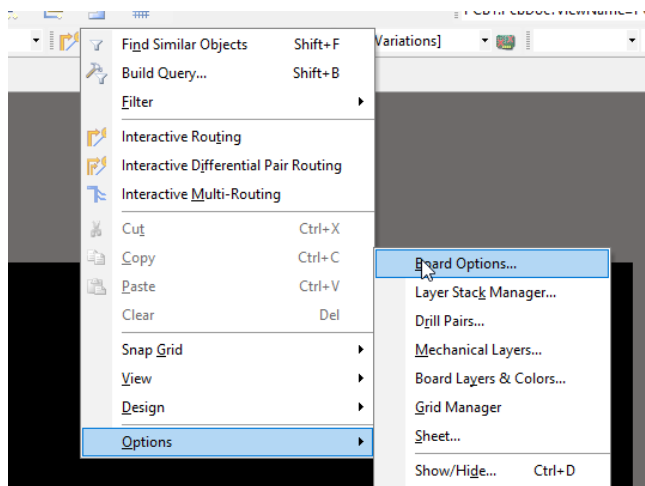


Рисунок 2.4 – Панель для відкривання вікна властивостей плати

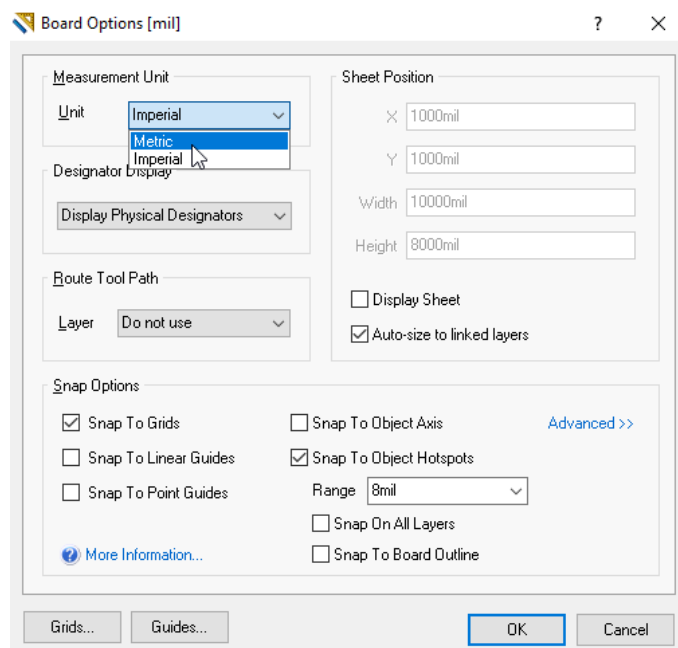


Рисунок 2.5 – Панель встановлення метричної одиниці вимірювання

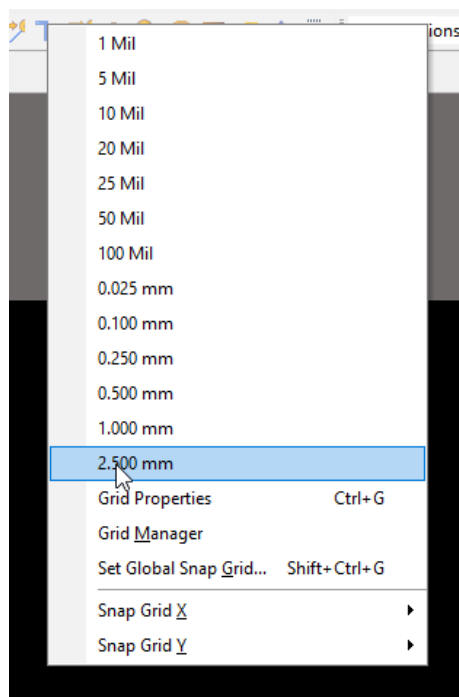


Рисунок 2.6 – Вікно меню вибору кроку координатної сітки

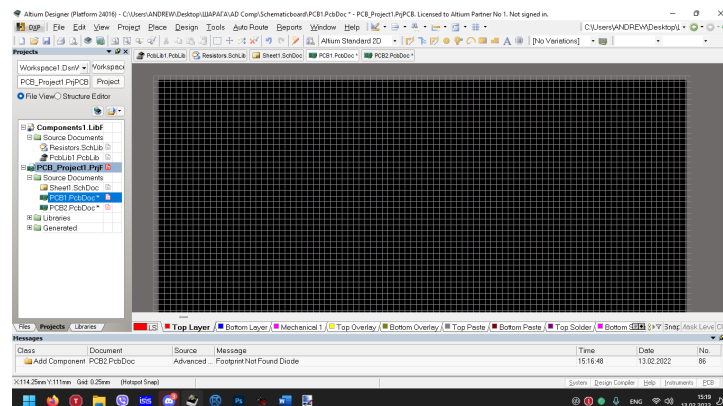


Рисунок 2.7 – Екран з координатною сіткою

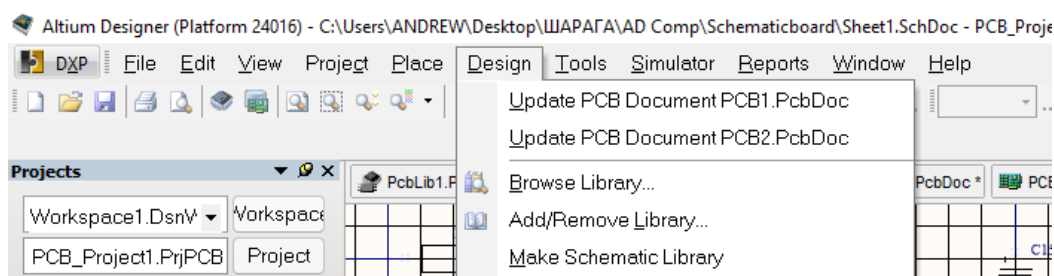


Рисунок 2.8 – Вікно вкладки для переносу даних з електричної принципової схеми до друкованої плати

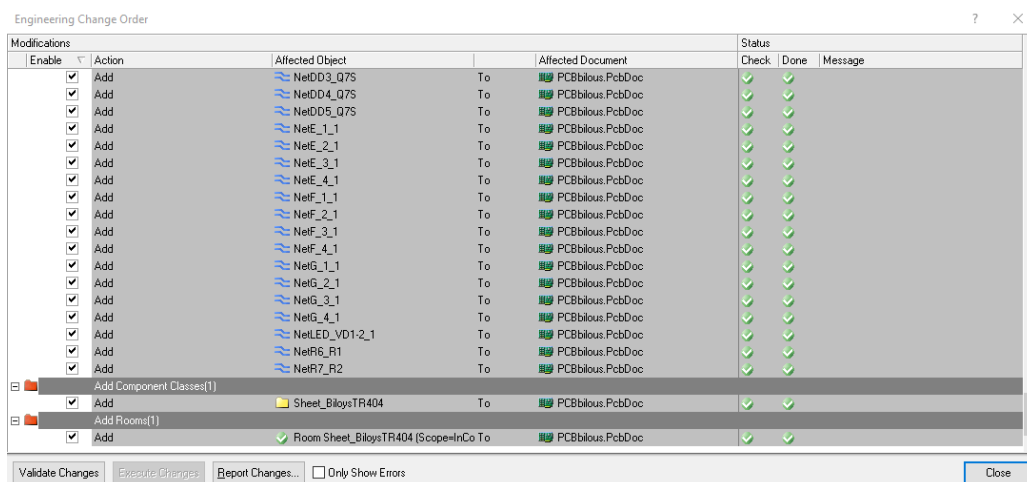


Рисунок 2.9 – Вікно імпорту даних Engineering Change Order

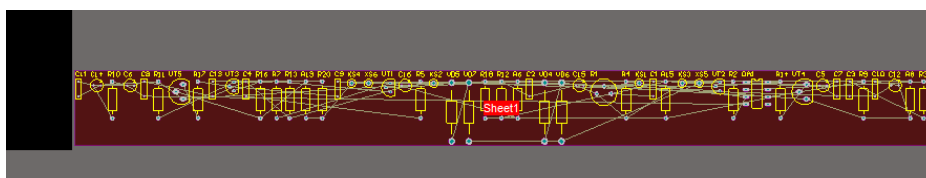


Рисунок 2.10 – Вікно робочої частини з перенесеними посадочними місцями компонентів та лініям електричних зв'язків між ними

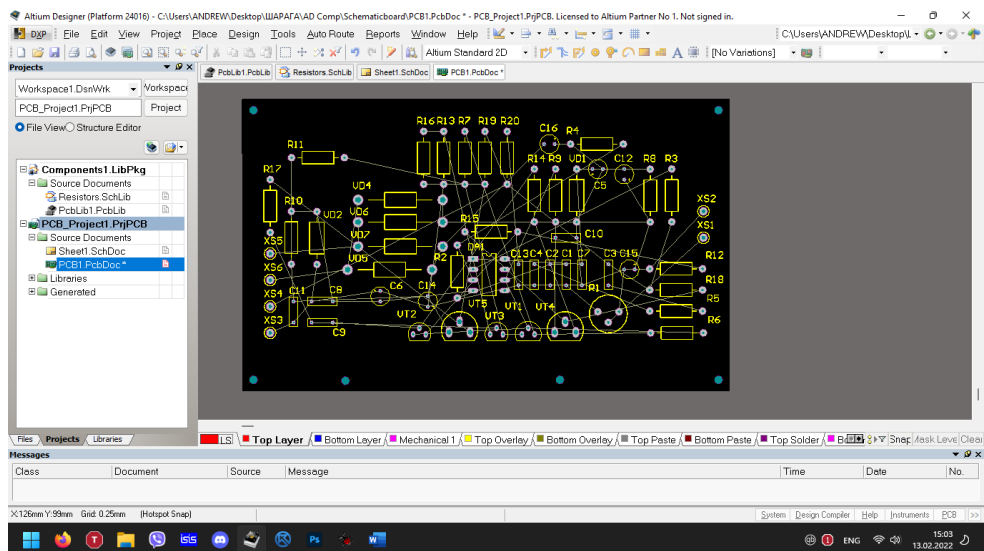


Рисунок 2.11 - Розміщення компонентів на друкованій платі

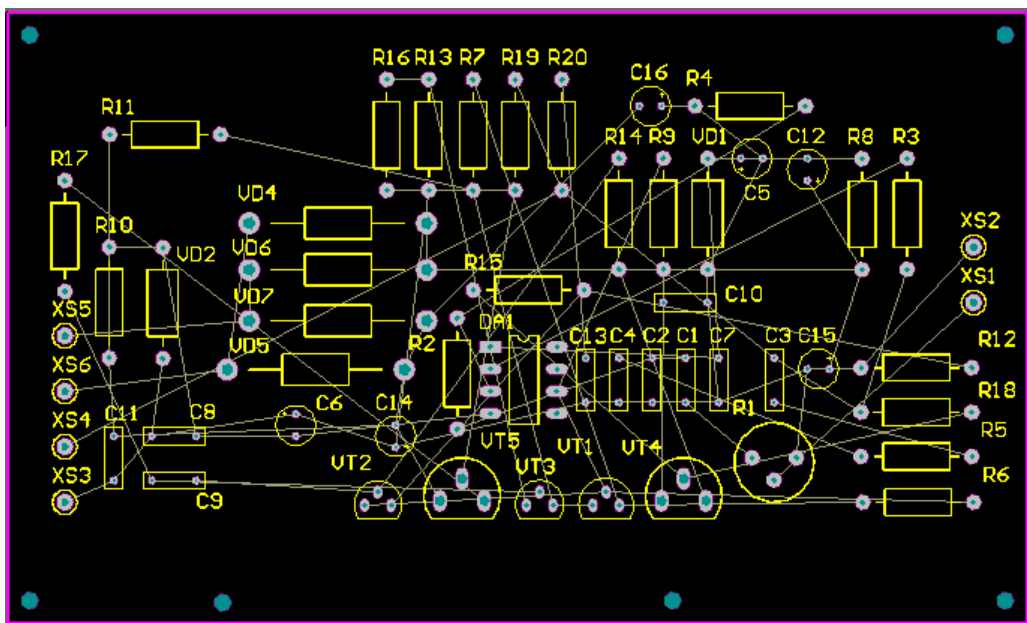


Рисунок 2.12 - Створення контуру друкованої плати

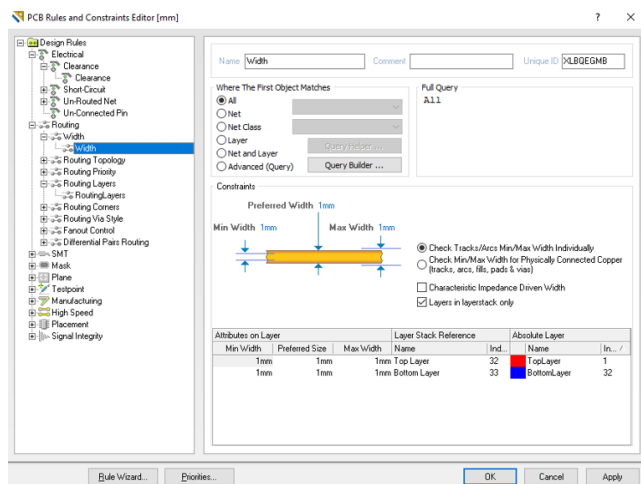


Рисунок 2.13 – Вікно встановлення ширини друкованих провідників 1 мм

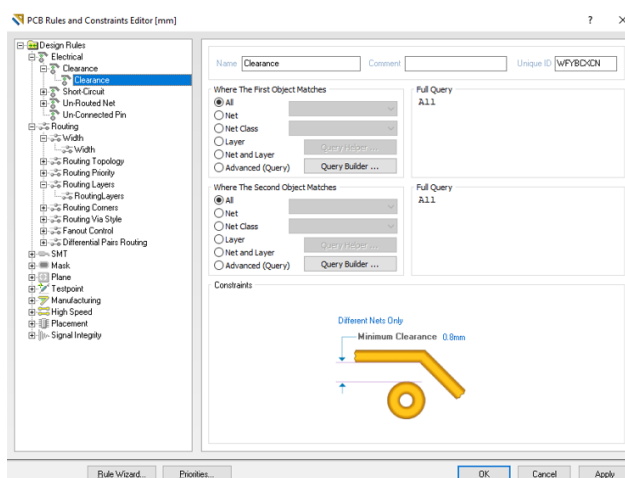


Рисунок 2.14 – Вікно встановлення мінімальної відстані між елементами друкованого монтажу 0,8 мм

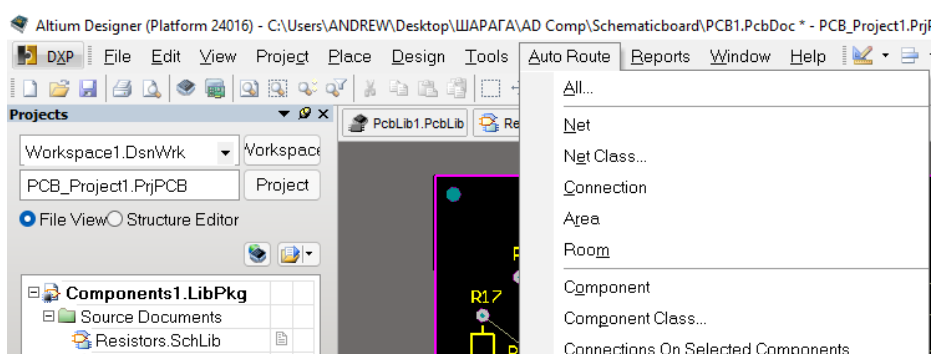


Рисунок 2.15 – Панель автоматичного трасування друкованих провідників

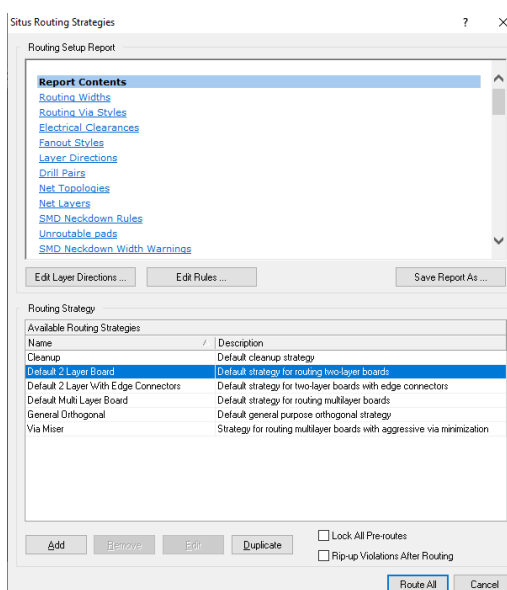


Рисунок 2.16 – Вікно трасування Situs Routing Strategies

Зм	Арк	№докум	Підп	Дата

КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ

Арк

31

Class	Document	Source	Message	Time	Date	N..
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Completed Fan out to Plane in 0 Seconds	18:48:38	09.02.20...	4
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Starting Memory	18:48:38	09.02.20...	5
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Completed Memory in 0 Seconds	18:48:38	09.02.20...	6
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Starting Layer Patterns	18:48:38	09.02.20...	7
Ro...	PCB1.PcbD...	Situs	100 of 164 connections routed (60,98%) in 1 S...	18:48:39	09.02.20...	8
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Completed Layer Patterns in 1 Second	18:48:39	09.02.20...	9
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Starting Main	18:48:39	09.02.20...	10
Ro...	PCB1.PcbD...	Situs	163 of 164 connections routed (99,39%) in 8 S...	18:48:45	09.02.20...	11
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Completed Main in 6 Seconds	18:48:46	09.02.20...	12
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Starting Completion	18:48:46	09.02.20...	13
Ro...	PCB1.PcbD...	Situs	163 of 164 connections routed (99,39%) in 11 ...	18:48:48	09.02.20...	14
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Completed Completion in 3 Seconds	18:48:49	09.02.20...	15
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Starting Straighten	18:48:49	09.02.20...	16
Ro...	PCB1.PcbD...	Situs	164 of 164 connections routed (100,00%) in 1...	18:48:50	09.02.20...	17
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Completed Straighten in 1 Second	18:48:51	09.02.20...	18
Ro...	PCB1.PcbD...	Situs	164 of 164 connections routed (100,00%) in 1...	18:48:51	09.02.20...	19
Sit...	PCB1.PcbD...	Situs	Routing finished with 0 contentions(s). Failed t...	18:48:51	09.02.20...	20

Рисунок 2.17 – Вікно проведення трасування

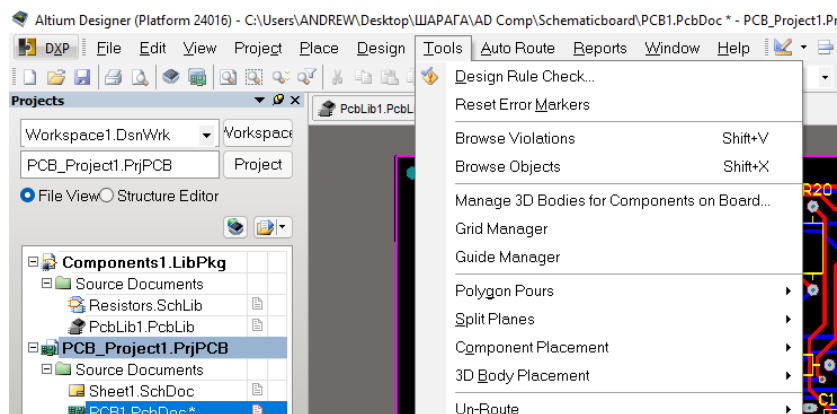


Рисунок 2.18 – Меню Tools команда для перевірки правил проектування Design Rule Check

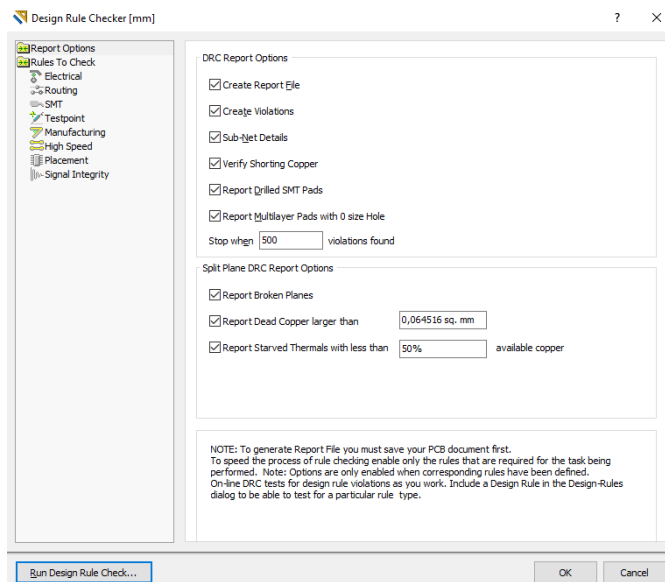


Рисунок 2.19 – Вікно перевірки правил проектування

Design Rule Verification Report

Date : 13.02.2022
 Time : 15:07:51
 Elapsed Time : 00:00:01
 Filename : C:\Users\ANDREW\Desktop\UABAFAD Comp\Schematicboard\PCB1.PcbDoc

Warnings : 0
 Rule Violations : 0

Summary

Warnings	Count
Total	0

Rule Violations	Count
Net Antennae (Tolerance=0mm) (All)	0
Silk to Silk (Clearance=0,254mm) (All),(All)	0
Silkscreen Over Component Pads (Clearance=0,254mm) (All),(All)	0
Minimum Solder Mask Sliver (Gap=0,254mm) (All),(All)	0
Hole To Hole Clearance (Gap=0,254mm) (All),(All)	0
Hole Size Constraint (Min=0,025mm) (Max=2,54mm) (All)	0
Height Constraint (Min=0mm) (Max=25,4mm) (Preferred=12,7mm) (All)	0
Width Constraint (Min=0,6mm) (Max=0,6mm) (Preferred=0,6mm) (All)	0

Рисунок 2.20 – Вікно звіту з усіма помилками проектування

2.6 Результати проектування друкованої плати в САПР

Використовуючи програмне забезпечення для автоматизованого проектування і враховуючи вказівки [9], була створена друкована плата для естрадного підсилювача класу АВ, її зовнішній вигляд представлений на рисунку 3.4. Також, тривимірна модель цієї друкованої плати показана на рисунку 3.5. Для розробки тривимірних моделей компонентів використовувалася система КОМПАС-3Д, а самі моделі наведені в таблиці 3.3.

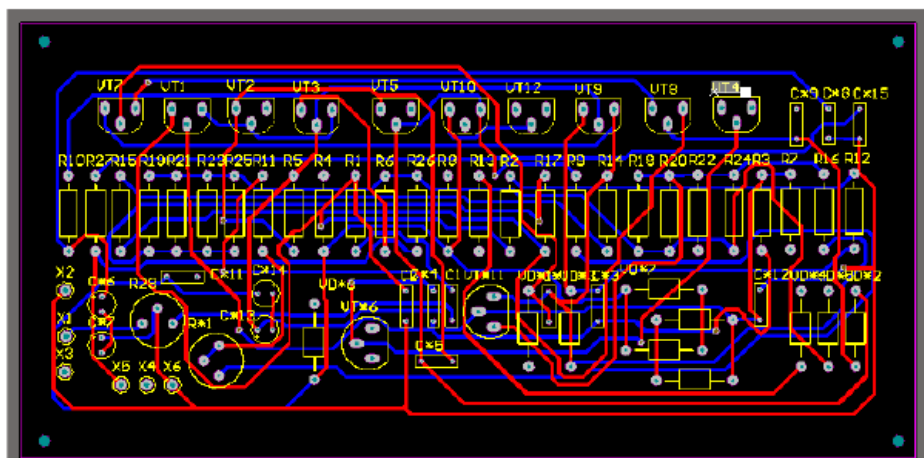


Рисунок 3.4 – Друкована плата естрадного підсилювача класу АВ, розроблена в Altium Designer

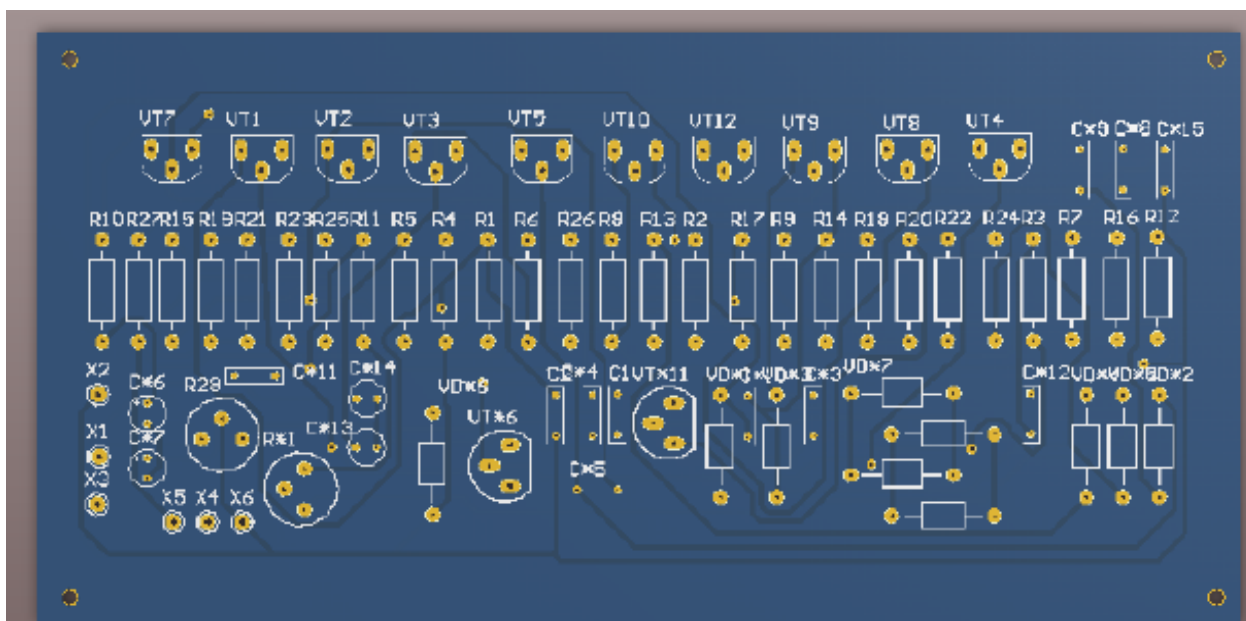


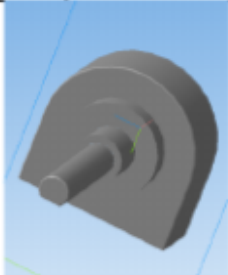
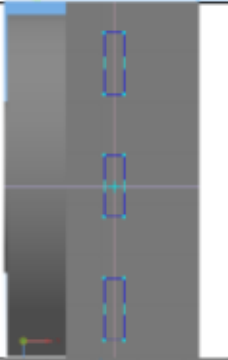
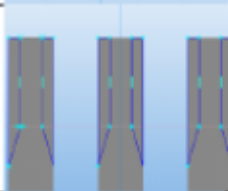
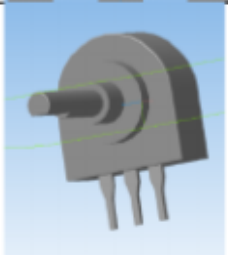
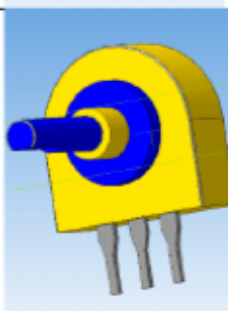
Рисунок 3.5 – шовкографія друкованої плати естрадного підсилювача класу АВВ в Altium Designer

2.7 Створення 3D моделей компонентів РЕА

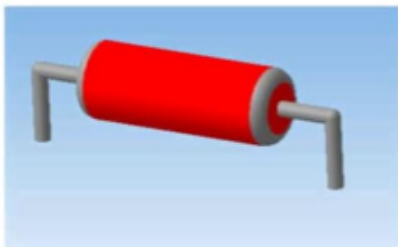
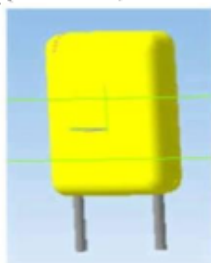
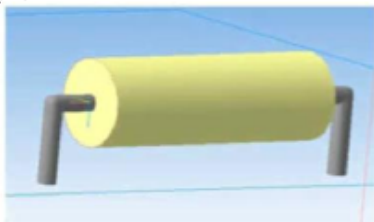
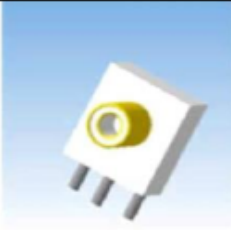
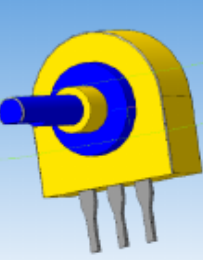
У таблиці 3.2 детально описано процес створення тривимірної моделі змінного резистора. Цей процес включає в себе кроки моделювання, детального аналізу та налаштування параметрів, щоб забезпечити точність та відповідність змінного резистора вимогам проекту. У процесі моделювання естрадного підсилювача були використані тривимірні моделі, які представлені в таблиці 3.3. Ці моделі були важливим етапом у проектуванні, оскільки дозволили візуалізувати та аналізувати конструкційні та функціональні аспекти підсилювача перед його виробництвом.

Використання тривимірних моделей сприяло покращенню якості та ефективності розробки, дозволяючи здійснювати корекції та вдосконалення на ранніх етапах проекту.

Таблиця 3.2 – Опис етапів створення 3D-моделі змінного резистора

Дія	Результат виконання
Створення корпусу елемента	
Створення ескізу січення для всіх виводів	
Створення початкової конфігурації виводів	
Створення ескізу для надання виводу потрібної форми	
Завершення створення виводів	
Встановлення кольору окремих елементів моделі	

Таблиця 3.3 – 3D моделі радіоелементів естрадного підсилювача

Резистор постійний (R2 – R27)	Конденсатор електrolітичний (C6 – C7, C13 – C14)
	
Транзистори BC 556	Конденсатор керамічний (C1-C5, C8-C12, C15)
	
Транзистор BD912, BD911	Діод
	
Трансоформатор	Роз'єм
	
Змінний резистор	Транзистор BD 139, BD 140
	

3.2.2 Створення 3D-моделі пристрою

Для створення 3D-моделі проектного естрадного підсилювача необхідно мати: 3D модель друкованої плати (див. рисунок 3.21), а також 3D моделі верхньої та нижньої кришок корпусу (див. рисунок 3.22).

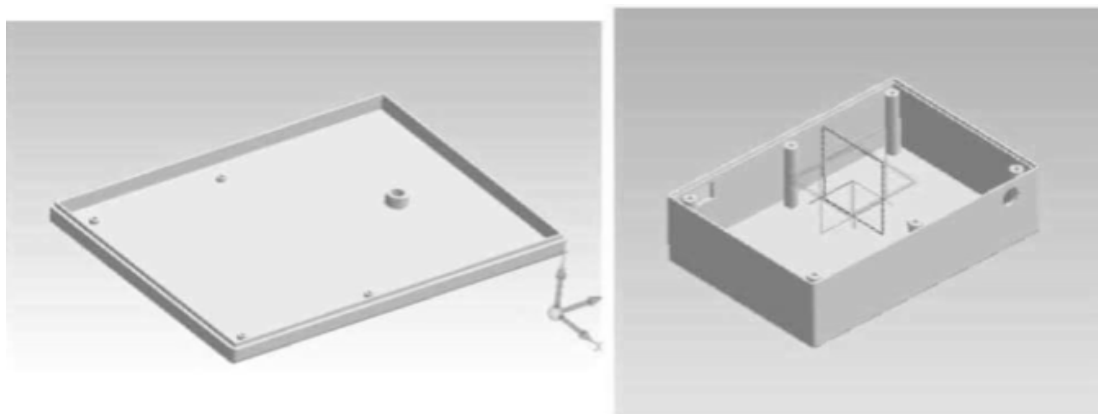


Рисунок 2.22 – 3D-моделі нижньої та верхньої кришок корпусу

Для створення 3D-моделі естрадного підсилювача всі наведені вище компоненти об'єднуються в одну збірку, фінальний результат проектування представлений на рисунках 2.23 та 2.24. Створена модель використовується для автоматизованого генерування складального креслення виробу, з подальшим доопрацюванням в режимі ручного редагування.

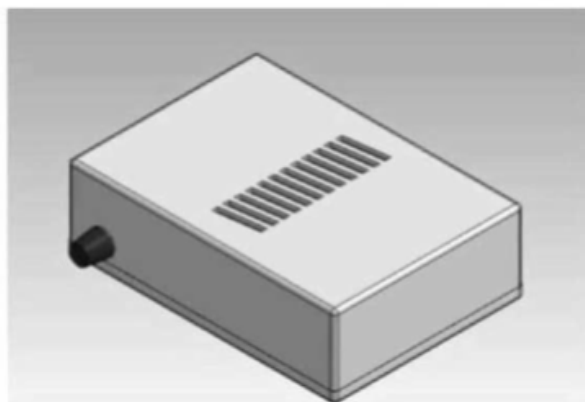


Рисунок 2.23 – 3Д модель естрадного підсилювача в складеному вигляді

Зм	Арк	№докум	Підп	Дата

КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ

Арк

37

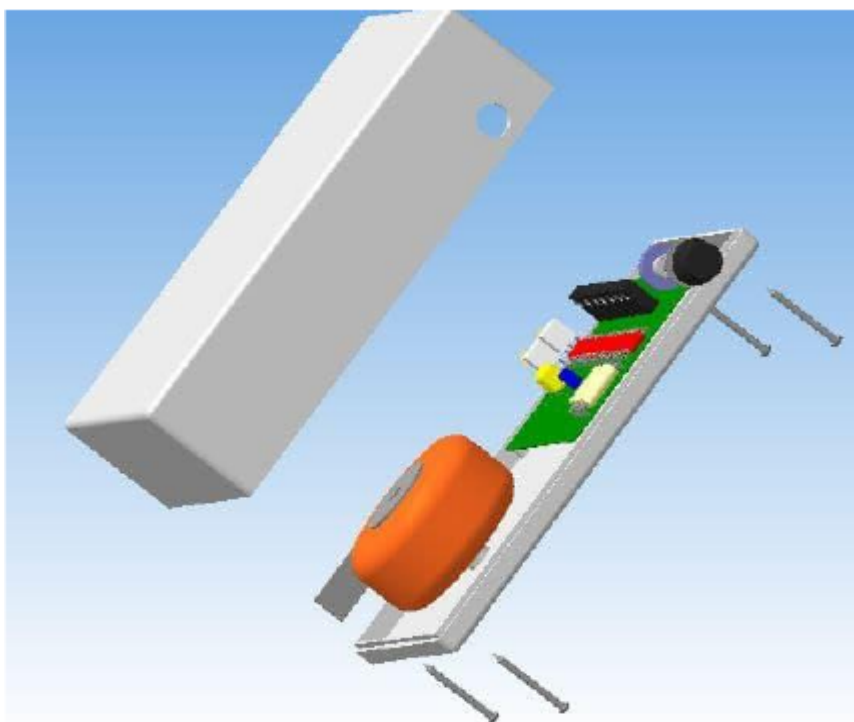


Рисунок 2.2.4 – 3Д модель естрадного підсилювача в режимі виносу компонентів.

Отже, в результаті використання САПР під час розробки естрадного підсилювача було створено друковану плату та її 3Д модель у програмі Altium Designer, а також розроблено 3Д модель конструкції у системі КОМПАС-3Д.

Зм	Арк	№докум	Підп	Дата

КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ

Арк

38

3 Спеціальна частина

3.1 Опис одного з етапів проектування одного вузла плати в середовищі Multisim

Відповідно до завдання, необхідно описати кроки створення каскаду живлення для схеми друкованої плати в програмі Multisim.

1	Зібрати схему для зняття ВАХ (рисунок 3.3) випрямного діода при прямому і зворотному зсуві р – n переходу. Ввімкнути схему. Змінюючи напругу джерела живлення Е зняти пряму $I_{пр}$ і зворотну $I_{зв}$ гілки вольт-амперної характеристики випрямного діода. Результати вимірів занести в таблицю 3.1. За даними таблиці 3.1 побудувати вольт-амперну характеристику випрямного діода $I_{пр} = f(U)$
2.	На основі даних таблиць побудуйте ВАХ діода та визначте його опір при прямому і зворотному зсуві р – n переходу. Для отримання ВАХ необхідно виміряти напругу на діоді при протіканні різних струмів, що досягається шляхом зміни напруги джерела живлення. Зберіть схему для дослідження ВАХ діода за допомогою осцилографа згідно з рисунком 3.4. При такому підключенні горизонтальна координата точки на осцилографі буде пропорційна напрузі, а вертикальна - струму через діод. Оскільки напруга у вольтах на резисторі в 1 Ом чисельно дорівнює струму через діод в амперах ($I = U/R = U/1 = U$), по вертикальній осі можна безпосередньо зчитувати значення струму. Якщо на осцилографі обраний режим В/А, то величина, пропорційна струму через діод (канал В), буде відкладатися по вертикальній осі, а напруга (канал А) - по горизонтальній. Це дозволить отримати вольт-амперну характеристику безпосередньо на екрані осцилографа. При знятті ВАХ діода за допомогою осцилографа на канал А подається сума напруги на діоді та напруги на резисторі в 1 Ом, а не точна напруга на діоді. Помилка, що виникає через це, буде незначною, оскільки падіння напруги на резисторі буде значно меншим, ніж напруга на діоді. Через нелінійні

	властивості діода його не можна характеризувати величиною опору, як у випадку з лінійним резистором. Відношення напруги на діоді до струму через нього (U/I), яке називається статичним опором, залежить від величини струму. На ВАХ, що відображається на екрані осцилографа, по горизонтальній осі зчитується напруга на діоді в мілівольтах (канал А), а по вертикальній - струм у міліамперах.
3.	Для зняття вольт-амперної характеристики (ВАХ) стабілітрона при прямому і зворотному зсуві р-п переходу можна використовувати схему, аналогічну до тієї, що показана на рисунку 3.3, з певними адаптаціями.
4.	За допомогою даних таблиці збудувати ВАХ стабілітрона і дізнатись диференціальний опір.
5.	Зазначаю інформацію за допомогою осцилографа (рисунок 3.6)

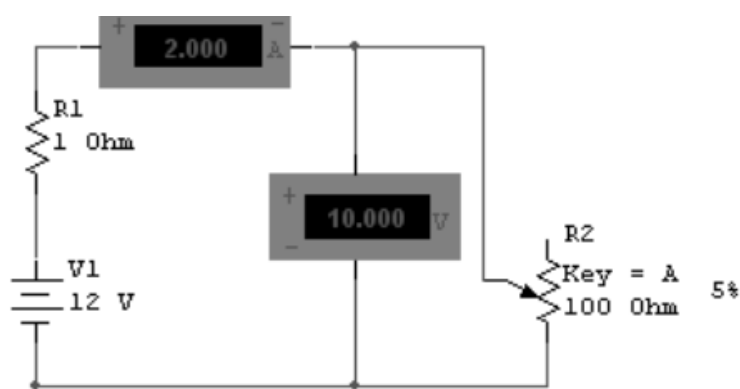


Рисунок 3.3-Схема для зняття вольт-амперної характеристики випрямного діода: (а) - прямої та б – зворотної гілки ВАХ

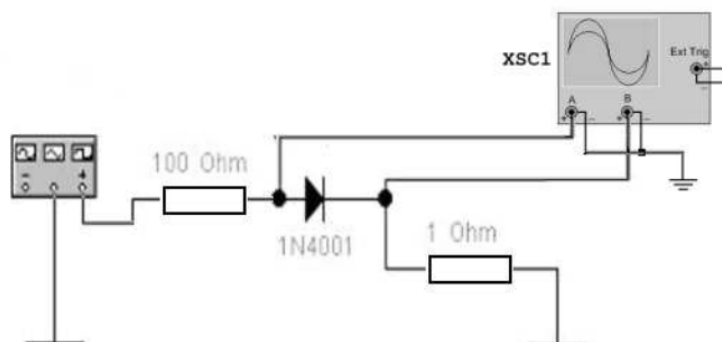


Рисунок 3.4 - Схема для дослідження ВАХ діода за

допомогою осцилографа

Таблиця 3.1 Результати дослідження ВАХ діода

Пряма частина ВАХ випрямного діода							
E, В	0	0,5	1	2	3	4	5
U_{IP} , В							
I_{IP} , мА							
Зворотна частина ВАХ випрямного діода							
E, В	0	5	10	15	20		
$U_{ЗВ}$, В							
$I_{ЗВ}$, мА							

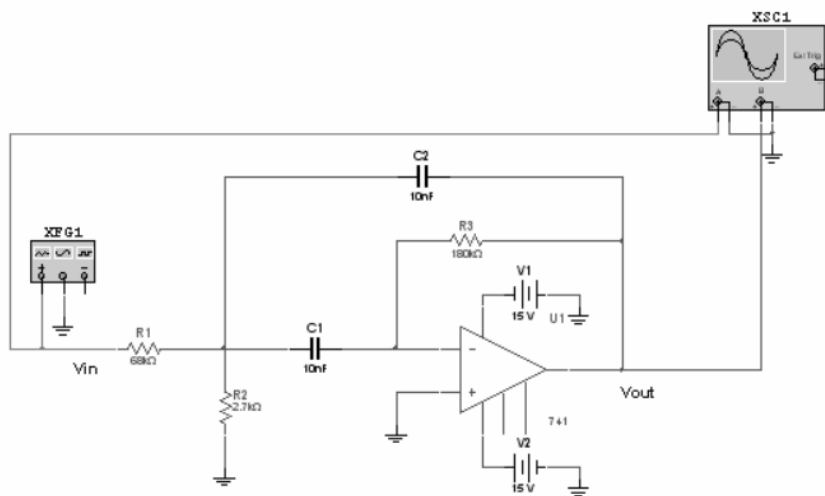


Рисунок 3.5-Схема для зняття вольт-амперної характеристики стабілітрона: (а) – при прямій, та (б) – при зворотній прикладеній до стабілітрона напрузі

Таблиця 3.2 Результати дослідження ВАХ стабілітрон

Пряма частина ВАХ стабілітрона							
E, В	0	0,5	1	2	3	4	5
U_{IP} , В							
I_{IP} , мА							
Зворотна частина ВАХ стабілітрона							
E, В	0	4	6	10	15	20	25
$U_{ЗВ}$, В							
$I_{ЗВ}$, мА							

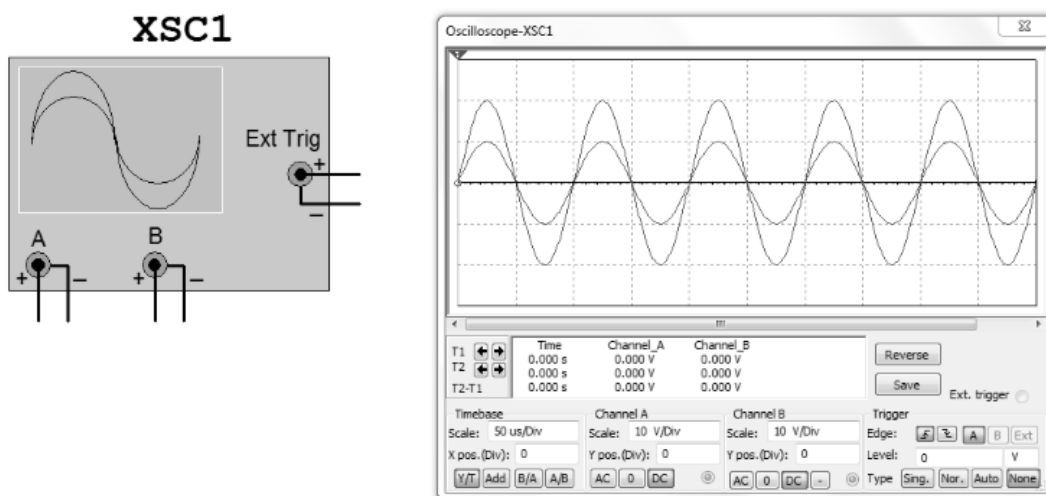


Рисунок 3.6 - Осцилограма напруг

3.2 Вибір елементної бази (див. в додаток)

Зм	Арк	№докум	Підп	Дата

КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ

Арк

42

РОЗДІЛ 4

Безпека життєдіяльності та охорона праці

4.1 Стан безпеки праці в Україні

Державна політика України в галузі охорони праці спрямована на створення безпечних і здорових умов праці, а також на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Основні принципи цієї політики включають пріоритет життя і здоров'я працівників, повну відповідальність роботодавця за створення безпечних умов праці, підвищення рівня промислової безпеки, комплексне розв'язання завдань з охорони праці, соціальний захист працівників та повне відшкодування шкоди особам, які постраждали від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Безпека праці є важливою складовою сучасної виробничої діяльності. Вона охоплює широкий спектр заходів, спрямованих на забезпечення захисту працівників від шкідливих і небезпечних виробничих факторів, зменшення ризиків виникнення нещасних випадків та професійних захворювань, а також на поліпшення умов праці. Усі ці заходи мають бути інтегровані у виробничий процес з урахуванням специфіки конкретних підприємств і виробничих технологій.

У рамках державної політики здійснюються різноманітні заходи, спрямовані на вдосконалення нормативно-правової бази з охорони праці, підвищення рівня освіти та кваліфікації працівників і роботодавців у цій сфері, а також на розвиток наукових досліджень, що стосуються безпеки праці. Крім того, велика увага приділяється проведенню профілактичних заходів, інспекцій і контролю за дотриманням вимог охорони праці на підприємствах. Одним із ключових напрямків політики є впровадження сучасних технологій і методів управління безпекою праці. Це включає автоматизацію виробничих процесів, використання засобів індивідуального захисту,

впровадження систем моніторингу та контролю за станом виробничого середовища.

Також важливим аспектом є забезпечення належного рівня медичного обслуговування працівників, проведення регулярних медичних оглядів і профілактичних заходів. Забезпечення безпеки праці є не тільки обов'язком держави та роботодавців, але й самих працівників. Вони повинні дотримуватися встановлених правил і норм охорони праці, використовувати засоби індивідуального захисту, брати участь у навчанні з безпеки праці та бути уважними до свого здоров'я і умов праці.

Значним резервом підвищення ефективності виробництва є вдосконалення методів забезпечення безпеки праці. Травматизм на виробництві є одним з основних чинників, що впливають на непродуктивні втрати робочого часу. Боротьба з травматизмом має не лише гуманістичне, але й економічне значення. Безпека праці виступає одним із факторів, які забезпечують високу продуктивність праці.

Доведено, що висока продуктивність може бути досягнута тільки в умовах, коли забезпечена її безпека. На сьогоднішній день існує чимало проблем у сфері охорони праці, зокрема, недостатнє фінансування, відсутність сучасних засобів захисту, низький рівень культури безпеки серед працівників та роботодавців. Однак, зусилля держави, спрямовані на поліпшення ситуації, дозволяють сподіватися на поступове вирішення цих проблем і забезпечення належного рівня безпеки праці в Україні.

Державна політика України в галузі охорони праці спрямована на створення безпечних і здорових умов праці, а також на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Основні принципи цієї політики включають пріоритет життя і здоров'я працівників, повну відповідальність роботодавця за створення безпечних умов праці, підвищення рівня промислової безпеки, комплексне розв'язання завдань з охорони праці, соціальний захист працівників та повне відшкодування

шкоди особам, які постраждали від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Безпека праці є важливою складовою сучасної виробничої діяльності. Вона охоплює широкий спектр заходів, спрямованих на забезпечення захисту працівників від шкідливих і небезпечних виробничих факторів, зменшення ризиків виникнення нещасних випадків та професійних захворювань, а також на поліпшення умов праці. Усі ці заходи мають бути інтегровані у виробничий процес з урахуванням специфіки конкретних підприємств і виробничих технологій.

У рамках державної політики здійснюються різноманітні заходи, спрямовані на вдосконалення нормативно-правової бази з охорони праці, підвищення рівня освіти та кваліфікації працівників і роботодавців у цій сфері, а також на розвиток наукових досліджень, що стосуються безпеки праці. Крім того, велика увага приділяється проведенню профілактичних заходів, інспекцій і контролю за дотриманням вимог охорони праці на підприємствах.

Одним із ключових напрямків політики є впровадження сучасних технологій і методів управління безпекою праці. Це включає автоматизацію виробничих процесів, використання засобів індивідуального захисту, впровадження систем моніторингу та контролю за станом виробничого середовища. Також важливим аспектом є забезпечення належного рівня медичного обслуговування працівників, проведення регулярних медичних оглядів і профілактичних заходів.

Забезпечення безпеки праці є не тільки обов'язком держави та роботодавців, але й самих працівників. Вони повинні дотримуватися встановлених правил і норм охорони праці, використовувати засоби індивідуального захисту, брати участь у навчанні з безпеки праці та бути уважними до свого здоров'я і умов праці.

Значним резервом підвищення ефективності виробництва є вдосконалення методів забезпечення безпеки праці. Травматизм на виробництві є одним з основних чинників, що впливають на непродуктивні втрати робочого часу. Боротьба з травматизмом має не лише гуманістичне, але й економічне значення. Безпека праці виступає одним із факторів, які забезпечують високу продуктивність праці. Доведено, що висока продуктивність може бути досягнута тільки в умовах, коли забезпечена її безпека.

На сьогоднішній день існує чимало проблем у сфері охорони праці, зокрема, недостатнє фінансування, відсутність сучасних засобів захисту, низький рівень культури безпеки серед працівників та роботодавців. Однак, зусилля держави, спрямовані на поліпшення ситуації, дозволяють сподіватися на поступове вирішення цих проблем і забезпечення належного рівня безпеки праці в Україні.

Міжнародний досвід засвідчує, що організація праці, яка ігнорує вимоги гігієни і безпеки праці, підриває економічну ефективність підприємств і не може бути основою для сталої стратегії їх розвитку. В концепції ООН про «сталій людський розвиток» безпека праці розглядається як одна із основних (базових) потреб людини.

Достойна праця – це, в першу чергу, безпечна праця. Однак щорічно в світі реєструється приблизно 270 мільйонів нещасних випадків виробничого характеру та 160 мільйонів професійних захворювань. При цьому близько 2 мільйонів чоловіків і жінок гинуть, а економічні збитки досягають 4% від світового валового внутрішнього продукту (ВВП), який, до речі, в 2001 році дорівнював 1,251 трильйона доларів США.

Ці цифри яскраво демонструють, наскільки важливою є проблема безпеки праці на міжнародному рівні. Багато країн активно працюють над вдосконаленням своїх систем охорони праці, впроваджуючи нові технології, проводячи навчання для працівників і роботодавців, та удосконалюючи законодавчу базу. Досвід таких країн може бути

корисним для України у процесі реформування та покращення власної системи охорони праці.

Важливим аспектом є також міжнародне співробітництво у сфері охорони праці. Це включає обмін досвідом, проведення спільних досліджень та впровадження кращих практик. Така співпраця дозволяє не тільки підвищити рівень безпеки праці в окремих країнах, але й зробити внесок у загальне покращення умов праці на глобальному рівні.

Останні роки характеризуються чіткою тенденцією збільшення кількості травм на виробництві, що виникають через порушення трудової та виробничої дисципліни, а також правил експлуатації машин, механізмів і устаткування. В усіх розвинених країнах світу проводиться сертифікація машин за такими критеріями, як безпека, екологічність, взаємосполучуваність і взаємозамінність.

Такий підхід дозволяє контролювати ринок і здійснювати відбір найякісніших, тобто безпечних та нешкідливих, а тому і більш дорогих машин. Доведено, що так званий "людський фактор" є причиною майже 90% нещасних випадків. Вроджене почуття небезпеки у людини розвинене недостатньо, і в ряді мотивів її діяльності "безпека" займає друге місце після "вигоди". Тому нещасні випадки частіше пов'язані зі ставленням до питань охорони праці, ніж із кваліфікацією працівників або конструкцією машин.

Фахівці з психології праці стверджують, що психічно здорова людина не прагне до самознищення чи травмування себе та оточуючих. Тому причини порушення правил і норм охорони праці слід шукати не лише в психічних властивостях особистості, але й у впливах зовнішніх факторів, одним із яких є стрес.

Відомо шість основних категорій виробничих стресів: висока інтенсивність роботи; тиск часових обмежень (акордна робота, термінові завдання тощо); ізоляція робочих місць, недостатність міжособистісних контактів між працівниками; монотонна і одноманітна робота (наприклад, на конвеєрах або біля приладових пультів); низька рухова

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		47

активність при високій готовності до дій; вплив шкідливих факторів виробничого середовища (таких як шум, вібрація, запиленість, загазованість, термічні та інші випромінювання). Доведено, що з удосконаленням техніки недоліки, пов'язані з "людським фактором", стають все більш помітними. Психологи-дослідники і технічні фахівці вважають, що виробнича небезпека зростає швидше, ніж здатність людини їй протистояти; спостерігається значне відставання фізичних та психічних можливостей людини від рівня зовнішньої загрози.

Відомі сім основних психологічних причин небезпечної поведінки людей:

- еволюція людини відбувалася в напрямку розвитку психіки та інтелекту (удосконалення знарядь праці);
- об'єктивне підвищення вартості помилки; адаптація до небезпеки;
- ілюзія безкарності; зниження інтенсивності самоосвіти;
- навмисне завищення вимог безпеки праці; конфлікт між безпекою та продуктивністю праці.

На поведінку людини також впливають її індивідуальні характеристики:

- тип нервової системи; характер і темперамент;
- особливості мозкової діяльності та мислення;
- виховання та освіта; стан здоров'я;
- досвід роботи.

Механізм, що спонукає людину до помилок, ґрунтується на її природжених та набутих характеристиках, а також на тимчасових станах, які впливають на сприйняття виробничої ситуації. Оптимальною для психіки людини є така виробнича ситуація, коли виконувана робота є помірно складною і не несе в собі потенційної небезпеки.

Академік В. А. Легасов зазначав, що забезпечення безпеки праці є цілісною системою знань з власною логікою і є сферою людської діяльності. Комплексний вплив факторів виробничого середовища вимагає комплексного системного підходу до вирішення питань

профілактики травматизму і професійних захворювань. Реалізація такого підходу на виробництві передбачає створення та функціонування системи управління охороною праці.

Фактичний стан безпеки праці у виробничих системах визначається частотою виникнення небезпечних ситуацій, їх повторюваністю і тяжкістю, тривалістю існування, кількістю небезпечних факторів та кількістю людей, які знаходяться під їх впливом, а також надійністю захисних засобів.

Основна мета охорони праці полягає у визначенні потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути під час проведення запланованих робіт, прогнозуванні моментів їх прояву і вжитті необхідних профілактичних заходів.

Практичне забезпечення безпеки праці зазвичай включає наступні етапи:

Виявлення потенційно небезпечних або шкідливих виробничих факторів.

Локалізація або усунення виявлених факторів.

Визначення методів та засобів захисту працівників (як індивідуальних, так і колективних).

Встановлення компенсацій та пільг за роботу в умовах, які можуть бути небезпечними для здоров'я.

4.2 Вимоги техніки безпеки під час регулювання та обслуговування естрадного підсилювача звуку.

Пайка - це процес нероз'ємного з'єднання деталей за допомогою припою. Найбільш поширеними типами припою є олов'яно-свинцеві (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) та ПОСК-50, який містить 32% свинцю.

У приміщеннях, де виконується паяння за допомогою припоїв, які містять свинець, заборонено зберігати особисті речі, приймати їжу, курити, а також прати робочий одяг. Робоче місце для пайки обладнується місцевою витяжною вентиляцією, щоб забезпечити

концентрацію свинцю в робочій зоні на рівні не більше 0,01 мг/м³. Для запобігання опікам та забрудненню шкіри рук працівників необхідно видавати серветки для видалення зайвого припою з жала паяльника та пінцети для підтримки деталей. При відсутності автоматичної подачі припою, необхідно використовувати дріт для подачі припою до місця пайки. При монтажних роботах, які можуть призвести до засмічення або опіку очей, працівникам видають захисні окуляри. Для захисту місць пайки від окислення використовують флюси, проте важливо уникати контакту з ними.

Механізація та автоматизація паяльних робіт, а також впровадження нових технологічних процесів, таких як облудження методом занурення, вибіркова пайка та пайка хвилею припою, є найефективнішими заходами для запобігання професійним захворюванням, оскільки ці процеси дозволяють уникнути контакту працівників зі свинцем і флюсами.

Необхідно відзначити, що у сфері об'ємного монтажу все частіше використовується метод накрутки проводу на вивід з гострими кромками без подальшої пайки. Цей процес здійснюється за допомогою спеціального пістолета, що забезпечує десятикратну надійність з'єднання. Продуктивність такого монтажу в два з половиною рази вище, ніж при використанні паяння. Крім того, цей метод виключає вплив шкідливих для здоров'я випарів свинцю, припою, флюсу та розчинників, які можуть утворюватися при промиванні місця пайки.

4.3 Стаціонарні засоби гасіння пожеж

На промислових об'єктах, де пожежі дуже швидко розповсюджуються,

необхідно проектувати установки пожежогасіння, які спрацьовують в автоматичному і дистанційному режимі управління.

Автоматичні установки пожежогасіння класифікуються за: призначенням, принципом дії, режимом роботи, видом вогнегасної речовини, способом їх подавання в осередок пожежі і т. ін.

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		50

За призначенням установки автоматичного пожежогасіння поділяються на такі, що призначені для профілактики і гасіння пожеж, локалізації і блокування пожеж. За тривалістю приведення у дію, установки поділяються на: надшвидкодіючі (тривалість луску до 0,1 с); швидкодіючі (0,1-0,3 с); середньоінерційні (3-30 с); інерційні (понад 0,5 хв.). За тривалістю гасіння пожеж, установки можуть бути короткочасної дії (до 15 хв.), середньої тривалості (до 30 хв.) і тривалої дії (понад 30 хв.).

Установки для запобігання пожежам призначені для введення в осередок вогню вогнегасних речовин або зміни режиму роботи технологічного обладнання, щоб запобігти вибуху або загорянню.

Установки для гасіння пожеж призначені для повної їх ліквідації за допомогою вогнегасних речовин або створення умов, за яких горіння припиняється.

Установки ліквідації пожеж призначені для обмеження осередку горіння дією вогнегасних речовин до прибуття підрозділів пожежної охорони.

Установки блокування пожеж призначені для захисту об'єктів від дії високих температур, які виникають при пожежах. Такі установки забезпечують охолодження і не допускають перекидання вогню на інші об'єкти, виключають теплову дію на технологічне обладнання, що містить легкозаймисті речовини, горючі гази і ін.

Тривалість роботи установок по локалізації і блокуванню пожеж визначається часом, необхідним для ліквідації аварійних ситуацій та розгортання підрозділів пожежної охорони.

Як застосовуються стаціонарні установки водяного гасіння пожеж? Автоматичні стаціонарні установки водяного гасіння пожеж приводяться у дію в будь-який час виникнення пожежі. За характером дії вони поділяються на спринклерні та дренчерні. Обладнанню цими установками підлягають деревообробні цехи площею понад 2000 м², склади горючих матеріалів площею 700м², а склади целулоїду;

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		51

кіноплівки й цехи для їх виготовлення обладнуються цими установками незалежно від їх площі і т.д.

Спринклерна установка - це спеціальна водяна мережа (система водяних трубопроводів), що розміщуються під (або над) стелею приміщення з розставленими штуцерами для спринклерів так, що під одним спринклером знаходилась площа підлоги 9— 12 м². Вихідний отвір спринклерної головки закривається спеціальним клапаном, що утримується у закритому стані спеціальним легкоплавким замком. При підвищенні температури в приміщенні до 72 °С сплав замка розплавляється, пластинки, що утримували клапан зміщуються і через відкритий отвір головки виходить вода з мережі. Вода, вдаряючись об спеціальний пристрій головки розбризкується і зрошує відповідну площу підлоги, на якій виникла пожежа. Інтенсивність зрошення приблизно становить 0,1 л/(см²). При відкриванні хоча б одного спринклера, завдяки контрольносигнальному пристрою, що входить до складу системи, вмикається сигнальна сирена і сповіщає про появу осередку вогню і роботу спринклера.

Дренчерні установки відрізняються від спринклерних тим, що дренчерні головки не закриваються, а вода у системі перекрита клапаном групової дії. Від спеціального пристрою (сповіщувача), що спрацьовує при виникненні пожежі, клапан в системі відкривається і в усьому приміщенні одночасно працюють дренчерні головки, розбризкуючи воду. Застосовуються дренчерні установки для створення водяних завіс біля вікон, дверей, а також для запобігання розповсюдження вогню в цехах та інших виробничих приміщеннях.

Автоматичні установки пожежогасіння мають завжди бути готовими і справними для гасіння пожеж. Керівник об'єкта наказом призначає відповідальну особу, яка слідкує за справністю спринклерних і дренчерних установок. Відповідальна особа один раз на тиждень

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		52

перевіряє стан і роботу всього автоматичного обладнання, а контрольно-сигнальну апаратуру - щоденно перед початком зміни.

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		53

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра була проведена ретельна розробка конструкції підсилювача звукової частоти потужністю 70 Вт. Основною метою було створення надійного та ефективного пристрою з можливістю подальшого впровадження у виробництво. Вибір елементів електронної бази у процесі розробки обиралися елементи електронної бази, що відповідали сучасним технологіям та мали оптимальні технічні характеристики. Зокрема, було важливо забезпечити високу надійність та ефективність роботи пристрою, а також відповідність сучасним стандартам. У цьому контексті використовувалися компоненти, що мають перевірену репутацію на ринку електроніки.

Для проектування друкованих вузлів використовувалась високопродуктивна система автоматизованого проектування Altium Designer. Це дозволило ефективно розмістити радіoelementи та трасувати друковані провідники на платі виробу, отримавши в результаті двосторонню друковану плату з мінімальними паразитними зв'язками. Такий підхід забезпечує високу якість сигналу та надійність роботи підсилювача.

Технологічний процес складання пристрою та його 3D моделювання були ретельно розроблені та описані. Завдяки використанню сучасних програмних засобів вдалося детально змодельовати конструкцію, передбачити можливі проблеми та оптимізувати процес складання. Особлива увага приділялася вибору матеріалів та методів кріплення компонентів, що дозволяє значно знизити витрати на виробництво.

Корпус пристрою був спеціально виготовлений із пластмаси з метою оптимізації конструкції та зниження витрат. Пластмасовий корпус не тільки забезпечує захист від механічних впливів, але й знижує вагу пристрою, що робить його зручнішим у використанні. Дизайн корпусу також передбачає ефективне відведення тепла, що підвищує

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		54

надійність роботи підсилювача. Надійність і готовність до впровадження Надійність розрахована пристрою виявилася на високому рівні, що підтверджує його готовність до впровадження у виробництво. Проведені випробування показали, що підсилювач відповідає всім заявленим характеристикам і здатний стабільно працювати в різних умовах. З мінімальними доробками він може бути ефективно використаний у виробничих умовах, що робить його цікавим об'єктом для подальшої реалізації.

Таким чином, розробка підсилювача звукової частоти потужністю 70 Вт виявилася успішною. Створений пристрій не лише відповідає сучасним вимогам до звукової техніки, але й має потенціал для комерційного впровадження. Завдяки високій надійності, оптимальній конструкції та використанню сучасних технологій, підсилювач може знайти широке застосування як у домашніх, так і в професійних умовах.

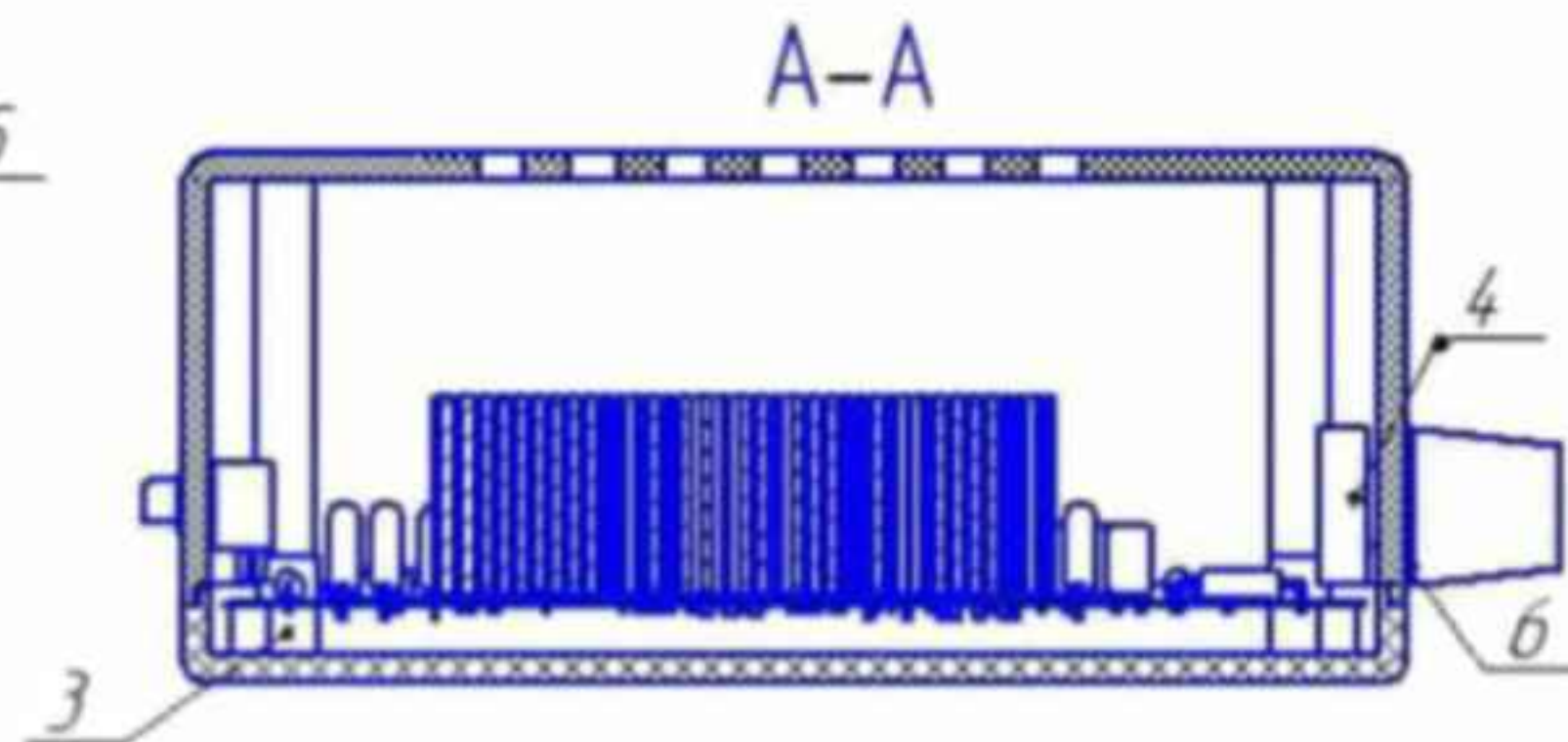
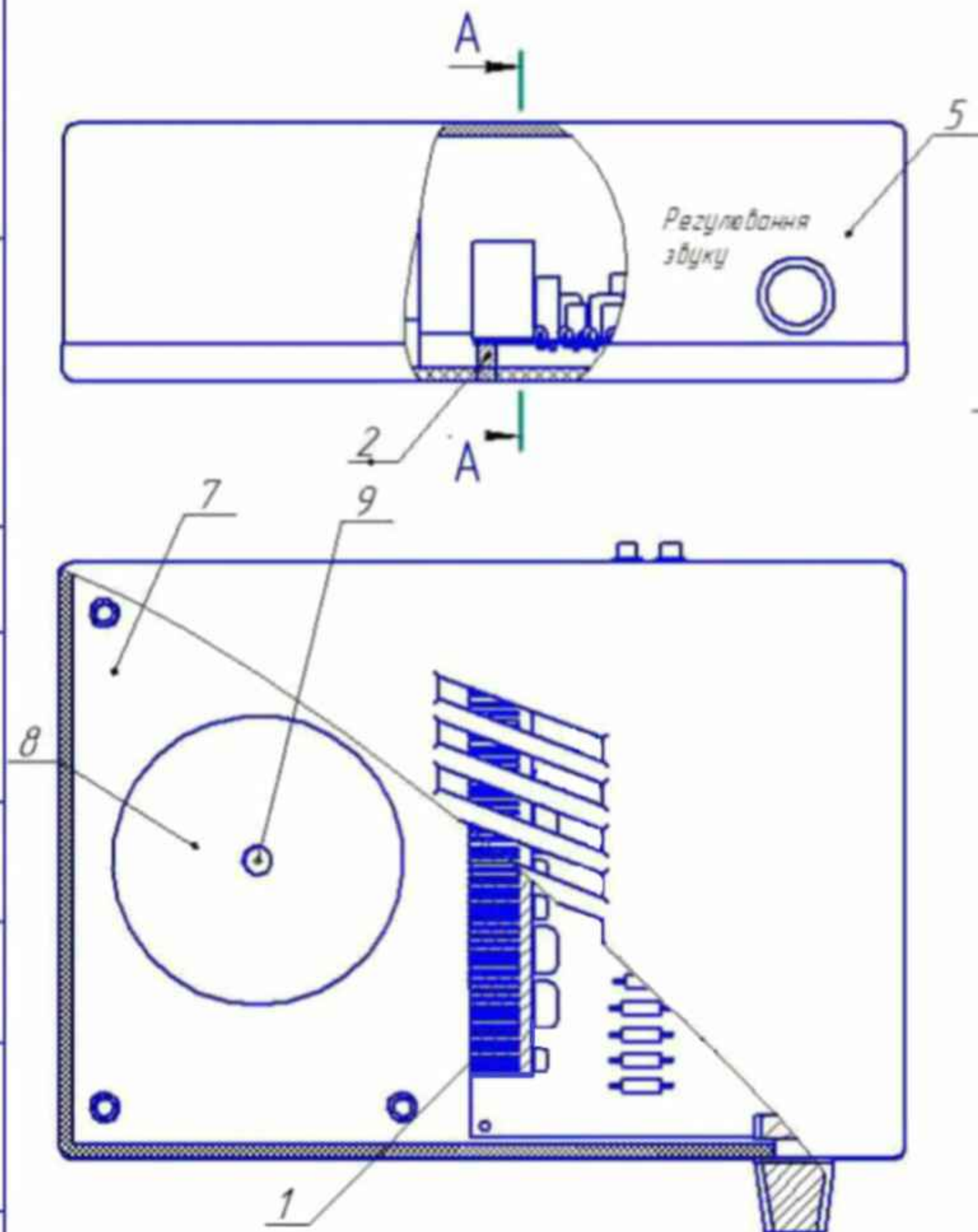
					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		55

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стрембіцький М.О. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 174 "Метрологія і інформаційні технології". – Тернопіль, ТНТУ, 2024.
2. Стрембіцький М.О. Методичні вказівки для виконання графічної частини кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТНТУ, 2024.
3. Стрембіцький М.О. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 152 "Метрологія і інформаційні технології". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2024.
4. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016.
5. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017.
6. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057> (05.02.2022).
7. Методика розрахунку трансформатора [електронний ресурс] – Доступ: <http://msevm.ru/2010/03/trans2.htm> (05.02.2022).
8. Методи і засоби автоматизованого контролю - Модуль 1 [електронний ресурс] – Доступ: <https://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=61845>.
9. Методи і засоби автоматизованого контролю - Модуль 2 [електронний ресурс] – Доступ: <https://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=63424>.

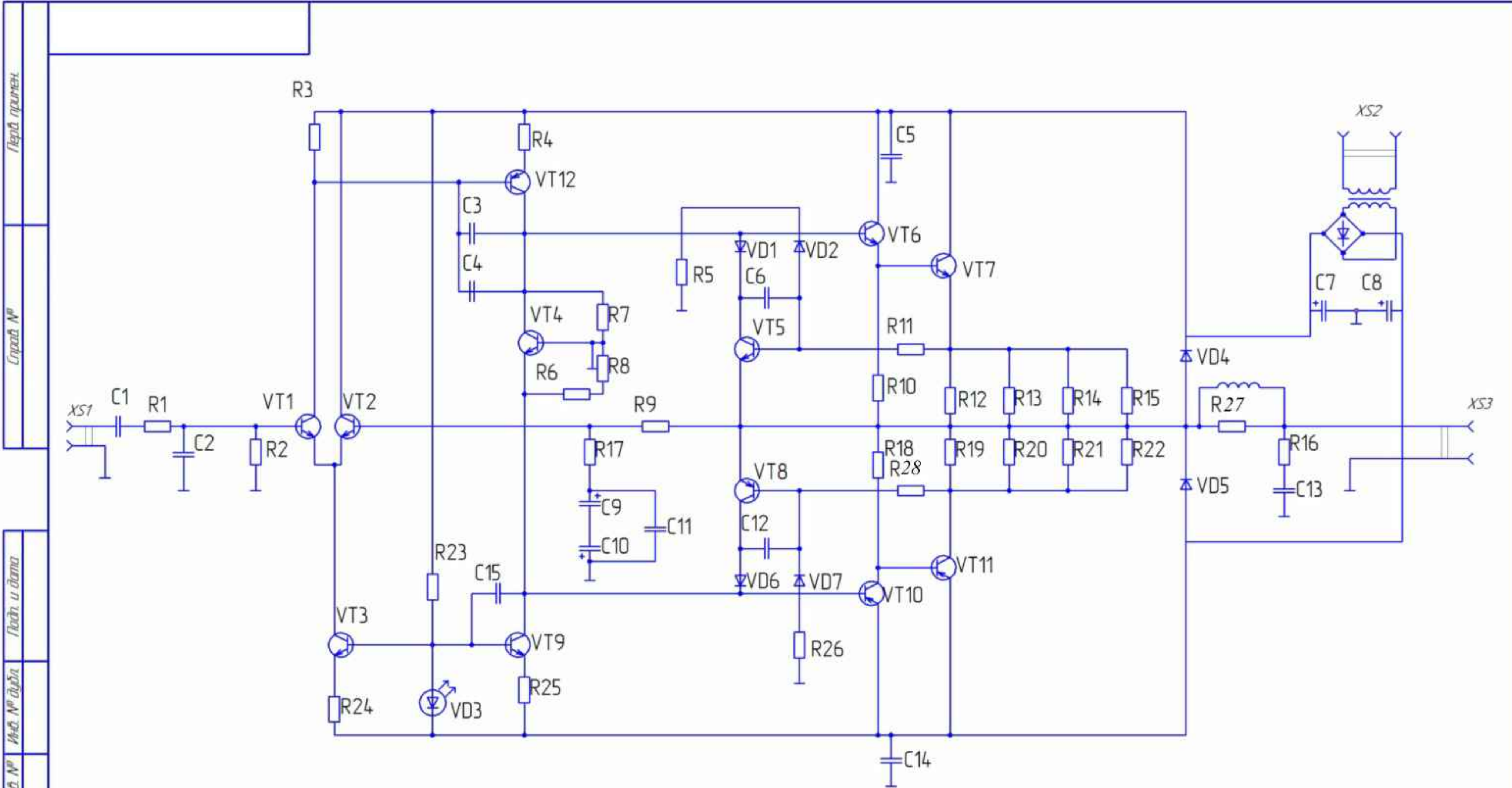
(ДОДАТКИ)

					<i>КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№докум	Підп	Дата		57



- 1*. Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ
3. П'яти приєм ПОС-61
ГОСТ 21931-76
4. Інші технічні вимоги по
ОСТ4.ГО.070.015

					КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ			
Ім.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Підсилювач звукової частоти потужністю 70 Вт	Лист	Масса	Масштаб
Розроб	Небесний					Н	103	1:1
Проб								
Т.контр						Лист	Листов	1
Н.контр								
Чит								



Перед. примеч.

Схема №

Подп. и дата

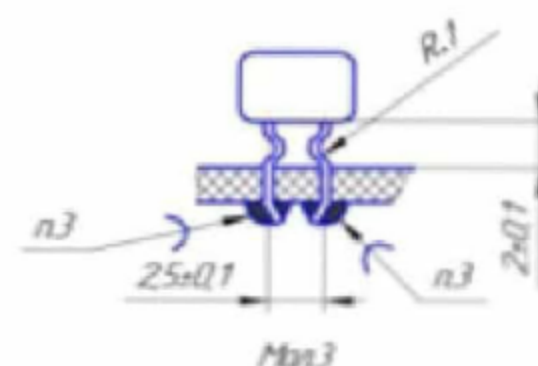
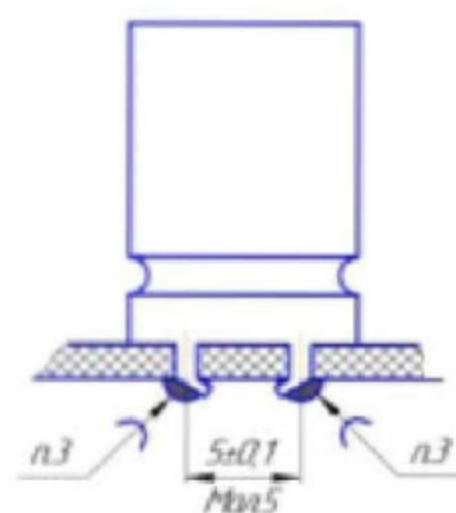
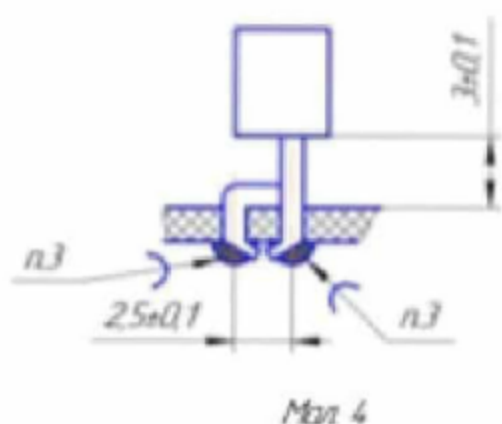
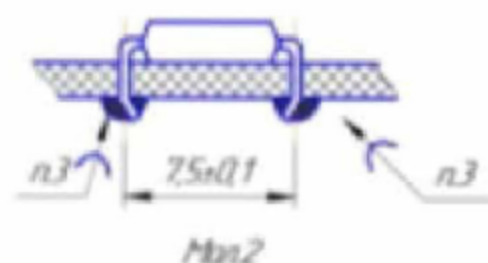
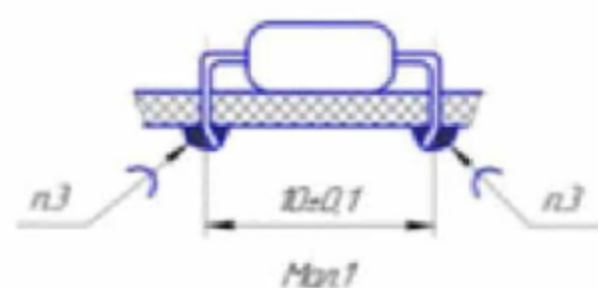
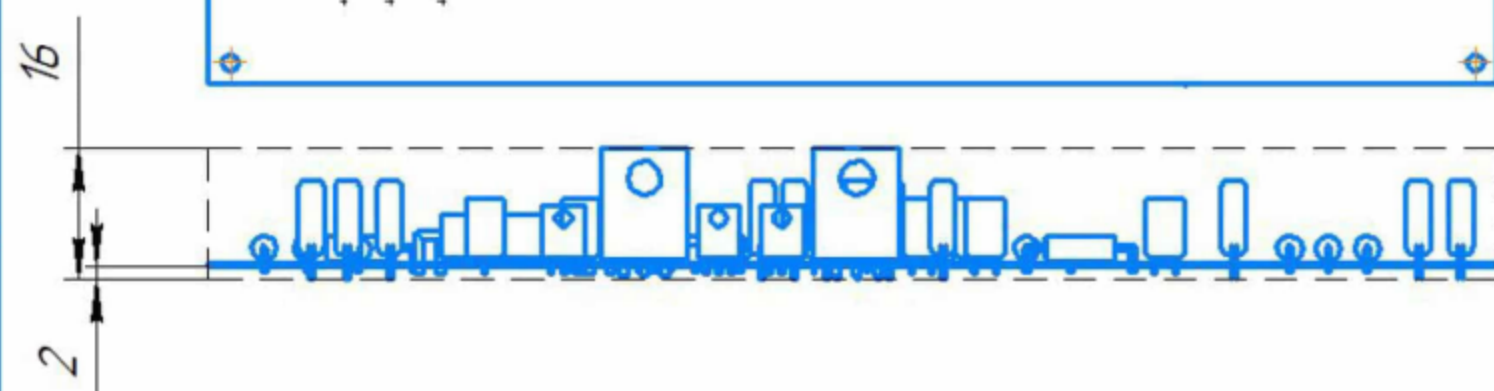
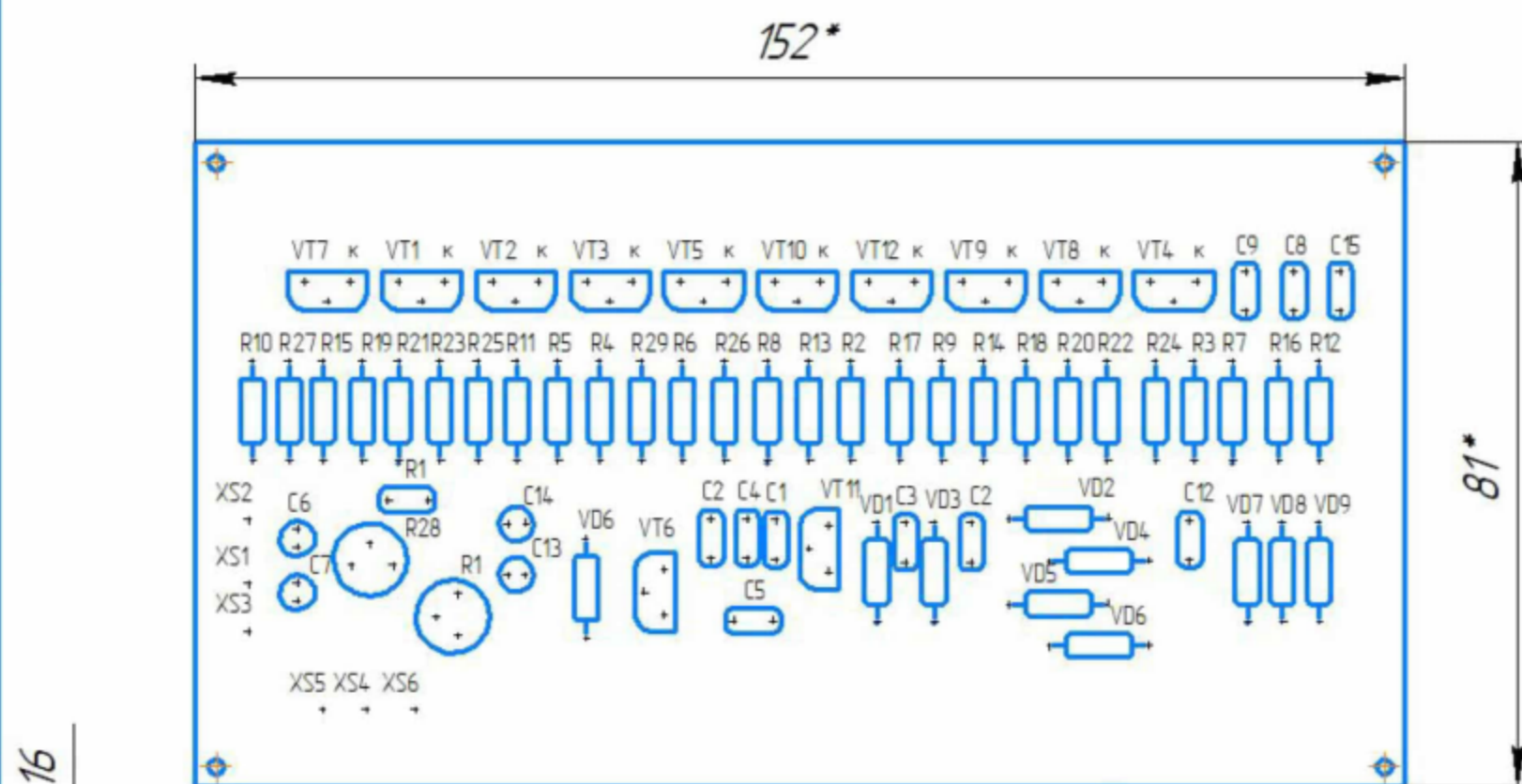
Изд. №

Взам. изд. №

Подп. и дата

Изд. №

					КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Підсилювач звукової частоти потужністю 70 Вт	Лист	Маса	Масштаб
Разраб.	Небесний О.					Н		
Проб.						Лист	Листов	1
Т.контр.						зр. TP-404		
Н.контр.								
Утв.								



1. Розміри для довідок.
2. Установку і формування елементів проводити з кроком 125 мм. Елементи формувати (установка і формування елементів на рисунках показані в масштабі 4:1) R1 – R26 – на рис. 1) C1–C5, C8–C12, C15 на рис. 3) C6 C7, C13–C14 – рис. 5) T1–VT12 – рис.
3. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
4. Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою БМ біла, ТУ029-02-859-78. Шрифт 2.5 по НО 010.007. Місця розміщення маркування показані умовно.
5. Лакувати лаком АКА-113.
6. Позначення елементів показано умовно.
7. Друковані провідники умовно не показані.
8. Інші вимоги по ОСТ4.ГО.005.051

					КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ				
					Друкований вузол Складальне креслення	Лист	Масса	Масштаб	
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н		0,07	1:1		
Разраб.	Небесний О.			Лист		Листов	1		
Проб.									
Т.контр.									
Н.контр.					м. Тернопіль				
Утв.									

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Конденсатори		
C1	K50-35 1 мкФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C2	K50-35 470 Ф 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C3-C4	K50-35 56 мкФ 50В ±10% «ЕСАР»	2	
C5	K50-35 680 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C6	K50-35 47 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C7-C8	MER154K2GB 6800 мкФ 50В ±10% «HITANO»	2	
C9-C10	X2-MKP 100 нФ 50В ±10% «МЕХ»	2	
C11	K50-35 100 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C12	K50-35 47 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C13	K50-35 100 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C14	K50-35 680 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
C15	K50-35 2 пФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	
	Резистори		
R1	1/4 Вт 1,2 кОм-±10% «R16110G»	1	
R2	1/4 Вт 18 кОм-±10% «R16110G»	1	
R3	1/4 Вт 680 Ом-±10% «R16110G»	1	
R4	1/4 Вт 10 Ом-±10% «R16110G»	1	
R5	1/4 Вт 3.3 кОм-±10% «R16110G»	1	
R6	1/4 Вт 18 кОм-±10% «R16110G»	1	
R7	1/4 Вт 10 Ом-±10% «R16110G»	1	
R8	1/10 Вт 7,5 кОм-±10% «RK-1233N1G»	1	
R9	1/4 Вт 15 кОм-±10% «R16110G»	1	
R10	1/4 Вт 100 Ом-±10% «R16110G»	1	
R11	1/4 Вт 300 Ом-±10% «R16110G»	1	
R12-R15	1/4 Вт 15 кОм-±10% «R16110G»	3	
R16	1/4 Вт 4.7 Ом-±10% «R16110G»	1	
R17	1/4 Вт 470 Ом-±10% «R16110G»	1	

Поз.	Назва	Кіл.	Примітки			
R18	1/4 Вт 100 Ом-±10% «R16110G»	1				
R19-R22	1/4 Вт 15 кОм-±10% «R16110G»	3				
R23	1/4 Вт 12 кОм-±10% «R16110G»	1				
R24	1/4 Вт 510 Ом-±10% «R16110G»	1				
R25	1/4 Вт 100 Ом-±10% «R16110G»	1				
R26	1/4 Вт 3,3 кОм-±10% «R16110G»	1				
R27	1/4 Вт 10 Ом-±10% «R16110G»	1				
R28	1/4 Вт 300 кОм-±10% «R16110G»	1				
	Діоди					
VD1-VD4	1N4148 «Vishay»	4				
VD5-VD6	1N4007 «Vishay»	2				
	Транзистори					
VT1-VT2	BC546 «Onsemi»	2				
VT3	MPSA42 «Onsemi»	1				
VT4	BD139 «STMicroelectronics»	1				
VT5	BC546 «Onsemi»	1				
VT6	BD139 «STMicroelectronics»	1				
VT7	BD911 «STMicroelectronics»	1				
VT8	BC556 «Fairchild»	1				
VT9	BD639 «STMicroelectronics»	1				
VT10	BD140 «STMicroelectronics»	1				
VT11	BD912 «STMicroelectronics»	1				
VT12	BD640 «STMicroelectronics»	1				
	Роз'єм					
XS1	SJ-238A	1				
XS2-XS3	AC-11	2				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.00.00.00.22-044 ПЗ	Док.

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A3			КРБ.00.00.00.22-044 ЕЗ	Схема электрична принципова			
	A3			КРБ.00.00.00.22-044 СК	Складальне креслення			
	A4			КРБ.00.00.00.22-044 ПЕЗ	Перелік елементів			
Подп. и дата			1	КРБ.00.00.00.22-044	Плата друкована	1		
			2	КРБ.00.00.00.22-044	Перемичка	4		
Инв. № дубл.			3		К50-35 1 мкФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С1	
			4		К50-35 470 Ф 50В ±10% «ЕСАР»	1	С2	
			5		К50-35 56 мкФ 50В ±10% «ЕСАР»	2	С3-С4	
			6		К50-35 680 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С5	
			7		К50-35 47 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С6	
			8		MER154K2GB 6800 мкФ 50В ±10% «HITANO»	2	С7-С8	
			9		Х2-МКР 100 нФ 50В ±10% «МЕХ»	2	С9-С10	
			10		К50-35 100 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С11	
			11		К50-35 47 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С12	
			12		К50-35 100 пФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С13	
			13		К50-35 680 нФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С14	
			14		К50-35 2 пФ 50В ±10% «ЕСАР»	1	С15	
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Небесний						
	Пров.							
	Н.контр.							
	Утв.							
КРБ.00.00.00.22-044								
Вузол друкований						Лит.	Лист	Листов
							1	3

Копировал

Формат A4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Резисторы</u>		
		15		1/4 Вт 1,2 кОм-±10% «R16110G»	1	R1
		16		1/4 Вт 18 кОм-±10% «R16110G»	1	R2
		17		1/4 Вт 680 Ом-±10% «R16110G»	1	R3
		18		1/4 Вт 10 Ом-±10% «R16110G»	1	R4
		19		1/4 Вт 3,3 кОм-±10% «R16110G»	1	R5
		20		1/4 Вт 1,8 кОм-±10% «R16110G»	1	R6
		21		1/4 Вт 10 Ом-±10% «R16110G»	1	R7
		22		1/10 Вт 7,5 кОм-±10% «RK-1233N1G»	1	R8
		23		1/4 Вт 15 кОм-±10% «R16110G»	1	R9
		24		1/4 Вт 100 Ом-±10% «R16110G»	1	R10
		25		1/4 Вт 300 Ом-±10% «R16110G»	1	R11
		26		1/4 Вт 1,5 кОм-±10% «R16110G»	3	R12-R15
		26		1/4 Вт 3,3 кОм-±10% «R16110G»	1	R16
		27		1/4 Вт 470 Ом-±10% «R16110G»	1	R17
		28		1/4 Вт 100 Ом-±10% «R16110G»	1	R18
				1/4 Вт 1,5 кОм-±10% «R16110G»	3	R19-R22
		27		1/4 Вт 12 кОм-±10% «R16110G»	1	R23
		28		1/4 Вт 510 Ом-±10% «R16110G»	1	R24
		29		1/4 Вт 100 Ом-±10% «R16110G»	1	R25
		30		1/4 Вт 3,3 кОм-±10% «R16110G»	1	R26
		31		1/4 Вт 10 Ом-±10% «R16110G»	1	R27
		32		1/4 Вт 300 кОм-±10% «R16110G»	1	R28
		33		<u>Диоды</u>		
		34		1N4148 "QuadroMEI"	4	VD1-VD4
				1N4007 "QuadroMEI"	2	VD5-VD6
		35		<u>Транзисторы</u>		
		36		BC546 «Onsemi»	2	VT1-VT2
КРБ.00.00.00.22-044						Лист
						2
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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

Лист
3