

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

Факультет прикладної інформатики та телекомунікацій
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

на тему: *розробка програмного підсилювача зворотної зв'язку*
100 Вт.

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РА3С-14
спеціальності 172 Телекомунікації та радіо-
техніка
(шифр і назва спеціальності)

[Підпис]
(підпис)

Матвійчук М.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник

[Підпис]
(підпис)

Матвійчук А.С.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

[Підпис]
(підпис)

Матвійчук А.С.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

[Підпис]
(підпис)

Душенько В.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

[Підпис]
(підпис)

Горбачук Е.Б.
(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроніки
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобуття освітнього ступеня Бакалавра
(назва освітнього ступеня)

спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Манашику Михайлу Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи розробка низькотемпературного підсилювача змінної частоти потужністю 100 Вт.

Рівень роботи Манашик Михайло Петрович, старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » 05 2021 року № 7/2-435

Термін подання студентом завершеної роботи 31.06.2021р

Вихідні дані до роботи технічні параметри: типова конструкція підсилювача 50В, вхідна потужність 100Вт, вхідна напруга 100В, вихідна напруга 100В, вихідна потужність 100Вт, частота 100кГц, коефіцієнт посилення 10, коефіцієнт спотворення 1%

Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Вибір типу підсилювача згідно з технічними параметрами. 2. Вибір типу напівпровідникового елемента. 3. Розрахунок параметрів елемента. 4. Вибір типу елемента. 5. Розрахунок параметрів елемента. 6. Вибір типу елемента. 7. Розрахунок параметрів елемента. 8. Вибір типу елемента. 9. Розрахунок параметрів елемента. 10. Вибір типу елемента. 11. Розрахунок параметрів елемента. 12. Вибір типу елемента. 13. Розрахунок параметрів елемента. 14. Вибір типу елемента. 15. Розрахунок параметрів елемента. 16. Вибір типу елемента. 17. Розрахунок параметрів елемента. 18. Вибір типу елемента. 19. Розрахунок параметрів елемента. 20. Вибір типу елемента. 21. Розрахунок параметрів елемента. 22. Вибір типу елемента. 23. Розрахунок параметрів елемента. 24. Вибір типу елемента. 25. Розрахунок параметрів елемента. 26. Вибір типу елемента. 27. Розрахунок параметрів елемента. 28. Вибір типу елемента. 29. Розрахунок параметрів елемента. 30. Вибір типу елемента. 31. Розрахунок параметрів елемента. 32. Вибір типу елемента. 33. Розрахунок параметрів елемента. 34. Вибір типу елемента. 35. Розрахунок параметрів елемента. 36. Вибір типу елемента. 37. Розрахунок параметрів елемента. 38. Вибір типу елемента. 39. Розрахунок параметрів елемента. 40. Вибір типу елемента. 41. Розрахунок параметрів елемента. 42. Вибір типу елемента. 43. Розрахунок параметрів елемента. 44. Вибір типу елемента. 45. Розрахунок параметрів елемента. 46. Вибір типу елемента. 47. Розрахунок параметрів елемента. 48. Вибір типу елемента. 49. Розрахунок параметрів елемента. 50. Вибір типу елемента. 51. Розрахунок параметрів елемента. 52. Вибір типу елемента. 53. Розрахунок параметрів елемента. 54. Вибір типу елемента. 55. Розрахунок параметрів елемента. 56. Вибір типу елемента. 57. Розрахунок параметрів елемента. 58. Вибір типу елемента. 59. Розрахунок параметрів елемента. 60. Вибір типу елемента. 61. Розрахунок параметрів елемента. 62. Вибір типу елемента. 63. Розрахунок параметрів елемента. 64. Вибір типу елемента. 65. Розрахунок параметрів елемента. 66. Вибір типу елемента. 67. Розрахунок параметрів елемента. 68. Вибір типу елемента. 69. Розрахунок параметрів елемента. 70. Вибір типу елемента. 71. Розрахунок параметрів елемента. 72. Вибір типу елемента. 73. Розрахунок параметрів елемента. 74. Вибір типу елемента. 75. Розрахунок параметрів елемента. 76. Вибір типу елемента. 77. Розрахунок параметрів елемента. 78. Вибір типу елемента. 79. Розрахунок параметрів елемента. 80. Вибір типу елемента. 81. Розрахунок параметрів елемента. 82. Вибір типу елемента. 83. Розрахунок параметрів елемента. 84. Вибір типу елемента. 85. Розрахунок параметрів елемента. 86. Вибір типу елемента. 87. Розрахунок параметрів елемента. 88. Вибір типу елемента. 89. Розрахунок параметрів елемента. 90. Вибір типу елемента. 91. Розрахунок параметрів елемента. 92. Вибір типу елемента. 93. Розрахунок параметрів елемента. 94. Вибір типу елемента. 95. Розрахунок параметрів елемента. 96. Вибір типу елемента. 97. Розрахунок параметрів елемента. 98. Вибір типу елемента. 99. Розрахунок параметрів елемента. 100. Вибір типу елемента.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
структурна схема підсилювача, схема електрична принципова, креслення друкованої плати, розрахунок параметрів елемента

АНОТАЦІЯ

У даній кваліфікаційній роботі було проведено розробку низькочастотного підсилювача звукових частот потужністю 100 Вт. Була розроблена схема електрична принципова пристрою, конструкція розроблена з обґрунтуванням конструкторських рішень. Наведено розрахунки, що підтверджують працездатність приладу.

В результаті проведеної роботи виготовлений комплект конструкторської документації.

Кваліфікаційна робота містить сторінок пояснювальної записки, 6 ілюстрацій, 5 таблиць, 4 креслення, 6 додатків, 9 бібліографічних найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСЛЯЦІЙНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ,
КОНСТРУЮВАННЯ

ANNOTATION

In this qualification work, a low-frequency audio frequency amplifier with a power of 100 W was developed. The scheme of the electric basic device was developed, the design is developed with the substantiation of design decisions. Calculations confirming the efficiency of the device are given..



As a result of the carried out work the set of design documentation is made.

The diploma project contains pages of explanatory note, 6 illustrations, 5 tables, 4 drawings, 6 appendices, 9 bibliographic names.

KEY WORDS: TRANSLATION AMPLIFIER, DESIGN

Зміст

Анотація	9
Вступ	
1 Основна частина	9
1.1 Аналіз технічного завдання	9
1.1.1 Актуальність обраної теми	9
1.1.2 Аналіз існуючих аналогів	10
1.1.2.1 Трансляційний підсилювач потужності AMC DMPA 120	10
1.1.2.2 Трансляційний підсилювач потужності SKY SOUND SA-60U	10
1.1.2.3 Трансляційний підсилювач потужності PA-1050	11
1.1.2.4 Трансляційний підсилювач потужності ARCTIC HENTR XDU0802	12
1.1.3 Технічні характеристики умови експлуатації проектованого виробу	13
1.2 Аналіз структурної та принципової схеми низькочастотного підсилювача звукової частоти	13
1.2.1 Розробка структурної схеми	13
1.2.2 Розробка принципової схеми	14
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою	15
1.3.1 Методика намотки трансляційного трансформатора	17
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази	18
1.4.1 Вибір активних елементів	19
1.4.2 Вибір пасивних елементів	22
1.5 Компоновка друкованого вузла низькочастотного підсилювача звукової частоти	24

ММП 2.032.001 ПЗ									
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат	Підсилювач низьких частот потужністю 100 Вт Пояснювальна записка		Лім	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Мотельюк							
Перевір.		Марценюк							
Н. контр.		Марценюк							
Рецензен									
Зат. каф.									ТНТУ ФПТ каф. РТ група РАзс-41

1.5.1 Розрахунок друкованого монтажу	26
1.5.2 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла	29
2 Спеціальна частина	33
2.1 Вибір і обґрунтування задачі автоматизованого проектування	33
2.2 Опис реалізації поставленої задачі в системі автоматизованого проектування	33
3 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	39
3.1 Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо зниженню рівня шуму в цеху	39
3.2 Захист електроустановок на ділянці від короткого замикання, перенавантаження	41
3.3 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація	42
Висновки	45
Перелік посилань	46
Додатки	47

ВСТУП

Підсилювач низьких частот - пристрій, який використовується для підсилення по потужності слабкого низькочастотного сигналу. Зазвичай підсилювачі поділяються на два типи: професійні та побутові. Побутові пристрої є досить дешевими але вони мають малу вихідну потужність і нелінійні спотворення. Професійні пристрої є більш якісними, а також вихідна потужність може сягати декількох кіловат

Підсилювачі звуку поділяються на такі класи:

Клас А - мають найменші нелінійні спотворення порівняно з іншими класами підсилення, проте досягнення високої якості звуку жертвує низьким ККД.

Клас В - у підсилювачів цього класу ефективність на відміну від попереднього значно вище. Коефіцієнт корисної дії становить приблизно 70%. Але у них значно більше спотворюється вихідний сигнал.

Клас АВ - це середнє між класом А та В, вміщує у себе усі плюси класу А та В. Має хороший коефіцієнт корисної дії, а також досить низькі нелінійні спотворення.

Клас D - Цей клас підсилювачів мають зовсім іншу структуру побудови підсилювального каскаду. У цьому класі підсилення використовується цифрова обробка сигналів. Має найбільшу ефективність порівняно з іншими варіантами, малі габаритні розміри та малу вагу.

Підсилювачі використовуються не тільки в професійних студіях звукозапису, а й у таких повсякденних речах як телефон. Сфера їх застосування вибирається в залежності від: класу підсилення, гучності, якості відтворення, та місця їх застосування.[1]

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		8

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

1.1.1 Актуальність обраної теми

Трансляційний підсилювач - це прилад, який посилює потужність електричних звукових сигналів. Він необхідний при трансляції фонові музики, голосових оголошень, сигналів тривоги на великій території. Саме площа простору служить головним фактором, що вимагає використання підсилювача. Це пов'язано з тим, що при збільшенні відстані зростає довжина ліній зв'язку. У свою чергу, чим довше лінії зв'язку, тим більше втрати потужності звуку.

Питання втрати потужності вирішується просто: за рахунок збільшення напруги ліній, тому що саме струм впливає на потужність сигналу при його проходженні по лініях. Але для збільшення напруги потрібно забезпечити гучномовці знижувальним трансформатором, який би перетворив напруга. Тому з'явилося два стандарти передачі сигналу: 70 і 100 Вольт.

Сто вольтне озвучування називають «трансляційним», для нього використовують спеціальні трансляційні підсилювачі. Це обладнання є джерелом напруги, з якого гучномовці витягають номінальну потужність.

При підключенні домашньої акустики використовують так зване низькоомне підключення. Воно передбачає, що опір і потужність кожної акустичної системи узгоджені з окремим каналом підсилювача. Однак в трансляційних системах до одного каналу підсилювача підключають гілку динаміків. Для цього використовують паралельний електричний ланцюг.

В рамках номіналу підсилювача до однієї лінії може бути підключено будь-яке число динаміків. Наприклад, якщо номінал підсилювача - 240 Вт, до нього можна підключити акустику в 6 Вт. Тому головна характеристика підсилювача - це номінальна потужність. Вона повинна бути більше або дорівнює загальній потужності обладнання, включеного в ланцюг. [2]

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		9

1.1.2 Аналіз існуючих аналогів

Розглянемо аналоги конструкцій Трансляційних підсилювачів звукових частот. Порівняльною характеристикою є: частотна характеристика, вихідна потужність і ціна.

1.1.2.1 Трансляційний підсилювач потужності АМС DMPA 120

Підсилювач класу D потужністю 120 Вт із вбудованим USB / SD програвачем. Можливість підключення зовнішнього джерела звуку через вхід AUX. Ідеальний вибір для невеликих магазинів, заправочних станцій, замовлень або будь-яких інших місцевих жителів, які потребують невеликої, надійної та просторової експлуатації аудіо системи для постійного щоденного використання. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.1 [3]

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики трансляційного підсилювача потужності АМС DMPA 120.

Живлення	220-240 В
Вихідна напруга та опір	4 Ом 70В, 100В
Частотні характеристики	18 Гц-18кГц
Чутливість МІС	56дБ
Потужність для 100В	120 Вт
Вартість	7000 грн

1.1.2.2 Трансляційний підсилювач потужності SKY SOUND SA-60U

Трансляційний підсилювач Sky Sound SA-60U Black потужністю 60 Вт, призначений для створення невеликих системних трансляцій та озвучування із сумарною потужністю підключається акустики не більш ніж 60-ти ват. Це можуть бути невеликі торгові підприємства, кафе та ресторани, офіси, АЗС спортивні площі та ін.

Окрім двох мікрофонних та двох універсальних входів, підсилювач SA-60U містить вбудований програвач FM-тюнера / USB / SD-карт, що особливо

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		10

зручно для організації системи фонового звучання та рекламної трансляції для невеликих магазинів, барів або кафе.

Підсилювач SA-60U дозволяє підключати будь-які типові трансляційні акустичні системи, передбачені для роботи на трансляційних лініях з рівнем 100 або 70 В (це можуть бути настінні та все обхідні акустичні системи) в будь-яких поєднаннях і послідовностях, але з сумарною потужністю не більше 60-ти Вт. У пристрої також передбачений вихід 4 і 8 Ом для підключення низькоомних гучномовців. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.2 [4]

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики трансляційного підсилювача потужності SKY SOUND SA-60U

Вихідна потужність	60 Вт
Вихідна напруга та опір	4-16 Ом 70В, 100В
Діапазон частот	40Гц-18кГц
Живлення	220-240 В
Робоча температура	+10° С ...+35° С
Ціна	3000

1.1.2.3 Трансляційний підсилювач потужності PA-1050

PA-1050 - це 50 Вт. трансляційний підсилювач потужності з виходами 70/100 В і систем мають імпеданс від 4 до 16 Ом.

Підсилювач має вхід з роз'ємом Jack 6,3 мм. з окремим регулюванням сигналу. На задній кришці підсилювача є лінійний стерео вхід RCA для підключення CD-програвачів, ефірних приймачів, що має незалежний регулятор рівня гучності (AUX).

Також на передній панелі встановлені регулятори Treble і Bass, що дозволяють змінювати його частотну характеристику. Також в підсилювачі вбудовані USB і SD порти з дисплеєм і кнопками для перемикання між режимами роботи.

Підсилювач PA-1050 має металевий корпус, який був виконаний в класичному стилі. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.3 [5]

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики трансляційного підсилювача PA-1050

Вихідна потужність	50 Вт
Вихідна напруга та опір	4-16 Ом 70В, 100В
Діапазон частот	40Гц-18кГц
Живлення	220-240 В
Відношення сигнал-шум	70дБ
Ціна	2145

1.1.2.4 Трансляційний підсилювач потужності ARCTIC HENTR XDU0802

Трансляційні підсилювачі Arctic серії XDU - це доступні і надійні прилади оснащені вбудованим USB/SD/Bluetooth медіаплеєром. Вбудована схема підсилювача Class D характеризується надійністю, високою ефективністю, меншим нагріванням і низькою вагою.

Підсилювач XDU0802 оснащений двома мікрофонними входами (вхід MIC1 має пріоритет), лінійним стерео входом, 2-смуговим еквайзером, а також має 2 вихідні групи з незалежним регулюванням гучності. А наявність лінійного виходу дозволяє об'єднувати в єдиний ланцюг кілька підсилювачів для максимально зручної та гнучкої інсталяції. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.4 [6]

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики трансляційного підсилювача ARCTIC HENTR XDU0802

Вихідна потужність	80Вт
Вихідна напруга та опір	4-16 Ом 70В, 100В
Діапазон частот	40Гц-18кГц
Живлення	220-240 В
Відношення сигнал-шум	70дБ
Ціна	3432 грн

Як бачимо пристрої промислового виробництва мають при тих самих технічних характеристиках значно більшу ціну. Тому є доцільність розробки конструкції підсилювача звукової частоти.

1.1.3 Технічні характеристики умови експлуатації проектованого виробу

Даний трансляційний підсилювач використовується в дільниці цеху для оповіщення персоналу, а також сигналів тривоги і фонові музики.

Довжина трансляційної лінії сягатиме 20 метрів. Температура навколишнього середовища буде від +15 до +25 градусів. Вологість повітря не перевищуватиме 50%, механічних чи вібраційних впливів на пристрій не відбуватиметься. Переключення між режимом трансляційного підсилювача і звичайним підсилювачем буде відбуватись кнопкою на корпусі.

Технічні характеристики:

Напруга живлення	50В
Вихідна максимальна потужність	4 Ом 100 Вт
Напруга на трансляційній лінії	100 В
Коефіцієнт посилення	26
Коефіцієнт нелінійних спотворень при 2/3 максимальної потужності	0,04
Вхідний опір	27 кОм
Відношення сигнал / шум	90 дБ
Швидкість наростання вихідної напруги	50В / мкс

1.2 Аналіз структурної та принципової схеми низькочастотного підсилювача звукової частоти

1.2.1 Розробка структурної схеми

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		13

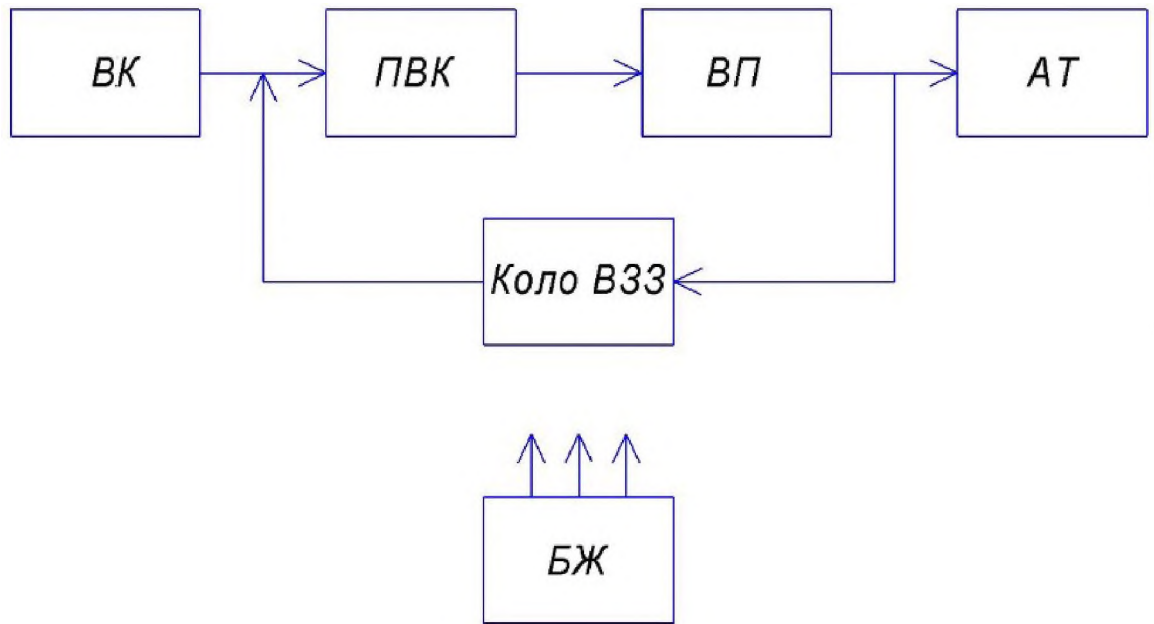


Рисунок 1.1 – Структурна схема підсилювача звукової частоти

ВК - вхідне коло. Являє собою блок на який подається сигнал з джерела низькочастотного сигналу, а також забезпечує узгодження підсилювача з джерелом сигналу.

ПВК - передвихідний каскад. Являє собою підсилювач по напрузі, який підсилює сигнал для подальшої передачі його на вихідний каскад.

ВП - вихідний підсилювач. Являє собою підсилювач по потужності, кінцево підсилює сигнал до потрібної вихідної потужності.

Коло ВЗЗ – від’ємний зворотній зв’язок. Зменшує нелінійні спотворення підсилювача до допустимих значень.

АТ - акустичний трансформатор. Підвищує напругу вихідного каскаду до 100В для роботи в лінії передачі сигналу до трансляційних акустичних відтворювачів звуку.

БЖ - блок живлення. Забезпечує напругу живлення для роботи всіх каскадів.

1.2.2 Розробка принципової схеми

Звуковий сигнал від джерела низькочастотного сигналу або передпідсилювача надходить на клеми ХР1. Після цього сигнал надходить на

диференційний підсилювач який побудований на VT1, VT2 через роздільний конденсатор C2. Для проходження якісного сигналу через диференційний підсилювач використовуються транзистори VT2, VT4 і VT3, а також змінний резистор R6. Даний каскад є активним навантаженням в диференційному каскаді, він забезпечує більший коефіцієнт підсилення сигналу. У реальних транзисторів є розбіжності параметрів і при підсиленні сигналу утворюються спотворення, даний каскад мінімізує ці спотворення подачею стабільного струму на емітери транзисторів диференційного каскаду.

Після цього сигнал надходить на попередній підсилювач побудований на транзисторі VT9. Далі підсилений сигнал іде на передвихідний каскад, який після цього кінцево підсилюється транзисторами VT13, VT14. Струмова стабілізація по тепловому режиму побудована на транзисторі VT8 і підстроєчному резисторі R18. Даний каскад стабілізує струми спокою на вихідних транзисторах і при нагріванні їх струм зменшується, що не дає транзисторам перегріватись.

1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою

Головним пристроєм у трансляційному підсилювачі являється акустичний трансформатор який відіграє первинну роль у якості відтворення звуку від підсилювача низьких частот. Правильність намотки акустичного трансформатора напряму впливає на нелінійні спотворення, а також потужність вихідного сигналу.

Визначаємо загальну потужність вторинних обмоток.

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = 100 \cdot 1 = 100 \text{ Вт} \quad (1.1)$$

де:

U_2 - напруга вторинної обмотки;

I_2 - струм вторинної обмотки.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		15

Потужність первинної обмотки, приймаємо КПД трансформатора рівним 80%.

$$P_1 = \frac{P_2}{0,8} = 125 \text{ Вт} \quad (1.2)$$

Визначаємо площу поперечного перерізу акустичного трансформатора.

$$S = \sqrt{P_1} = \sqrt{125} = 11,18 \text{ см}^2 \quad (1.3)$$

Визначаємо кількість витків на вольт.

$$w = \frac{50}{11,18} = 4,23 \text{ витків/вольт} \quad (1.4)$$

Визначаємо кількість витків первинної обмотки.

$$w_2 = 4,23 \cdot 100 = 423 \quad (1.5)$$

Визначаємо кількість витків вторинної обмотки.

$$w_1 = 4,23 \cdot 30 = 129 \quad (1.6)$$

Для покращення магнітної проникності, а також враховуючи втрати напруги при максимальній нарузці в трансформаторі збільшуємо кількість витків первинної і вторинної обмотки на 20%.

Визначаємо струм первинної обмотки.

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{125}{30} = 4,1 \text{ А} \quad (1.7)$$

Де:

U_1 - напруга первинної обмотки.

Визначаємо діаметр провідника первинної обмотки.

$$d_1 = 0,8 \cdot \sqrt{4,1} = 1,61 \text{ мм}^2 \quad (1.8)$$

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		16

Визначаємо діаметр провідника вторинної обмотки.

$$d_2 = 0,8 \cdot \sqrt{I} = 0,8 \text{ мм}^2 \quad (1.9)$$

Площа січення первинної обмотки.

$$0,8 \cdot 0,8 \cdot 154,8 = 99,1 \text{ мм}^2 \quad (1.10)$$

Площа січення вторинної обмотки.

$$0,8 \cdot 1,61 \cdot 507,6 = 653,7 \text{ мм}^2 \quad (1.11)$$

Загальна площа первинної і вторинної обмотки.

$$S_1 + S_2 = 99,1 + 653,7 = 752,8 \text{ мм}^2 \quad (1.12)$$

Виходячи з вище переліченого розрахунку вибираємо магнітопровід марки М6 з розмірами EL96x35.

1.3.1 Методика намотки трансляційного трансформатора

Намотка трансформатора виконується мідним проводом з ізоляцією кожного шару обмотки. При такій намотці вдається виконати симетричний трансформатор з малою індуктивністю розсіювання, що дозволяє створити трансформатор з хорошою шириною пропускання і фазовою характеристикою. Магнітопровід вибираємо марки М6 з габаритними розмірами EL96x35. Цей магнітопровід використовується для лампових підсилювачів звукових частот. Послідовність намотки секцій трансформатора і з'єднання обмоток показано на рисунку 1.2.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		17

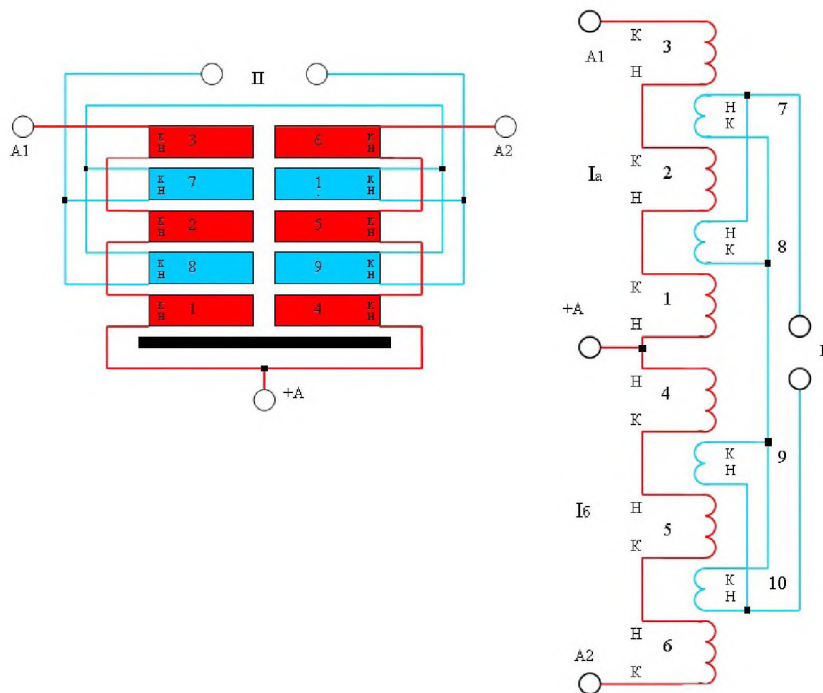


Рисунок 1.2 – порядок намотки і фазування трансформатора

Уся первинна обмотка трансформатора розділена на 6 секцій по 22 витка. Вторинна обмотка трансформатора розділена на 2 секції по 253 витки. Спочатку намотуються секції 1-8-2-7-3, потім каркас знімається з намотного станка, перевертається на 180° і намотуються секції 4-9-5-10-6. Всі секції первинної обмотки з'єднуються послідовно, вторинна обмотка складається з двох послідовно включених половин кожна з яких складається з двох паралельно включених секцій. [7]

1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

Елементна база відіграє першочергову роль в стабільності параметрів пристрою, надійності роботи, та його довговічності. Саме тому необхідно встановити вимоги до радіоелементів для довгої та безвідмовної роботи приладу.

Технічні характеристики:

Номінали повинні відповідати принциповій схемі пристрою;

Достатня потужність розсіювання радіо компонентів;

Низька вартість;

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		18

Легко доступність;

Допустимі температурні та атмосферні режими радіоелементів.

Пристрій буде експлуатуватись в приміщенні з температурою від +10°C до +35°C, механічних навантажень на пристрій проводитись не буде.

1.4.1 Вибір активних елементів

Транзистори

Для вихідних транзисторів підсилювача використовуються комплементарна пара типу 2SC5200 та 2SA1943. Перевагою цих транзисторів є те, що однаковий коефіцієнт підсилення двох транзисторів можна легко підібрати.

Основні параметри:

Структура	pnp + pnp
Макс. напр. к-б при заданому зворотньому струмі	230 В
Макс. напр. к-е при заданому струмі	230 В
Максимально допустимий струм	10 А
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	30 МГц
Коефіцієнт підсилення транзистора по струму (h_{21e})	від 55 до 160
Максимальна потужність, що розсіюється	150 Вт

Для попереднього підсилювача була вибрана комплементарна пара 2SC4793 та 2SA1837. Вибирались через легку доступність цих транзисторів на ринку.

Основні параметри:

Структура	pnp + pnp
Макс. напр. к-б при заданому зворотньому струмі	230 В
Макс. напр. к-е при заданому струмі	230 В
Максимально допустимий струм до	1 А
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	70 МГц

Коефіцієнт підсилення транзистора по струму (h_{21e})	від 100 до 320
Максимальна потужність, що розсіюється	20 Вт

В якості транзистора VT7 вибираємо тип 2SD669A, в якості транзистора VT10 вибираємо тип 2SB649A вони призначені для застосування в підсилювальних каскадах з високою і низькою частотою з високим вхідним опором.

Основні параметри:

Структура	pnp + pnp
Макс. напр. к-б при заданому зворотньому струмі	160 В
Макс. напр. к-е при заданому струмі	120 В
Максимально допустимий струм	1.5 А
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	140 МГц
Коефіцієнт підсилення транзистора по струму (h_{21e})	від 60 до 200
Максимальна потужність, що розсіюється	20 Вт

Для температурної стабілізації використовується BD139. Поширеність на ринку, легка доступність та стабільні характеристики, створює ідеальні умови для роботи в цьому каскаді.

Основні параметри:

Структура	n-p-n
Напруга колектор-емітер, не більше	80 В
Напруга колектор-база, не більше	100 В
Напруга емітер-база, не більше	5 В
Струм колектора, не більше	1.5 А
Розсіює потужність колектора, не більше	12.5 Вт
Коефіцієнт підсилення транзистора по струму (h_{21e})	від 40 до 250

В якості транзисторів VT3, VT6 вибираємо тип BC337-40 малопотужні біполярний транзистор. Застосовуються в лінійних і перемикаючих схемах.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		20

Основні параметри:

Структура	npn
Макс. напр. к-б при заданому зворотньому струмі	50 В
Макс. напр. к-е при заданому струмі	45 В
Максимально допустимий струм	0.8 А
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	100 МГц
Коефіцієнт підсилення транзистора по струму (h_{21e})	від 250 до 630
Максимальна потужність, що розсіюється	0.6 Вт

Для диференційного підсилювача використовується BC546B. Дані транзистори були вибрані через їхню широку смугу пропускання, що дозволяє отримати менший коефіцієнт спотворень сигналу.

Основні параметри:

Структура	p-p-n
Напруга колектор-емітер, не більше	65 В
Напруга колектор-база, не більше	80 В
Напруга емітер-база, не більше	6 В
Струм колектора, не більше	0.1 А
Розсіює потужність колектора, не більше	0.5 Вт
Коефіцієнт підсилення транзистора по струму (h_{21e})	від 200 до 450
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	150 МГц

В якості транзисторів VT2, VT4, VT9 вибираємо тип BC556B мало шумові транзистори для вхідних каскадів.

Основні параметри:

Полярність	PNP
Максимальна потужність, що розсіюється	0.5 Вт
Максимально допустима напруга колектор-база	80 В
Максимально допустима напруга колектор-емітер	65 В

Максимально допустима напруга емітер-база	5 В
Коефіцієнт підсилення транзистора по струму (h_{21e})	75
Максимально постійний струм колектора	0.1 А
Гранична температура РN-переходу	150 ° С
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	150 МГц

Діоди:

В якості діодного моста VD1 було використано КВР210 через його малі габаритні розміри.

Основні параметри:

Зворотний струм	3 А
Струм перевантаження	10 А
Максимальна пікова напруга	1,1 В
Діапазон температур	-40 +150 ° С

1.4.2 Вибір пасивних елементів

В якості електролітичних конденсаторів використовуємо конденсатори типу ЕСАР– оксидно електролітичні алюмінієві, вони мають досить великі відхилення ємності, але це достатньо для забезпечення хороших параметрів для нашого виробу. Володіють наступними перевагами:

- висока питома ємність, що дозволяє виготовляти конденсатори ємністю понад 1Ф;
- високий максимально допустимий струм пульсації;
- висока надійність. Призначений для роботи в ланках постійного та пульсуючого струмів, та в імпульсних режимах

Він є дуже дешевий та поширений. Використовуючи конденсатора такого типу дає нам можливість автоматизувати процес виготовлення виробу.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		22

Основні параметри:

Тип конденсатора	електролітичний, багат шаровий
Номинальна ємність	1 мкФ-10000 мкФ
Допуск	± 5%
Номинальна напруга	10 В, 450 В
Робоча температура	-25°C – +85°C
Спосіб монтажу	в отвори

Керамічні конденсатори були вибрані через їхню доступність в продажі та великий діапазон ємностей (від 1 пФ до 1 мкФ).

Основні параметри:

Корпус	дисковий
Тип конденсатора	керамічний, одношаровий
Номинальна ємність	1 пкФ-10 мкФ
Допуск	± 5%
Номинальна напруга	50 В, 100 В
Робоча температура	-25°C – +85°C
Спосіб монтажу	в отвори

Резистори

В якості постійних резисторів оптимальним варіантом вибору будуть резистори фірми UNI OHM. Вони мають високу стабільність параметрів, малу залежність опору від температури, частоти, напруги, малі габарити і високу надійність. Призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного та імпульсного струмів, ці резистори найбільш часто використовуються тому їх дістати буде дуже легко, також даний тип резисторів є не дорогими, що значно зменшує вартість виробу.

Основні параметри:

Номинальний опір	10м- 1Мом
------------------	-----------

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		23

Потужність, що розсіюється	1 Вт, 0,5 Вт, 5 Вт
Допуск	5%, 10%, 0,1%, 20%
Гранична робоча напруга	150В

В якості підстроювальних резисторів R6,R24 типу VTR-A-3296W. Змінні дотові багатооборотні з простукуванням пружини на упорах з круговим переміщенням рухомої системи резистори для друкованого монтажу, призначені для роботи в електричних ланцюгах постійного, змінного і імпульсного струму.

Основні параметри:

Номінальна потужність,	0,5
Діапазон номінальних опорів,	від 100 до 10 ⁶
Допустиме відхилення опору,	±10
Максимальна робоча напруга,	300
Діапазон робочих температур,	-25...+85

Мережевий трансформатор типу ТПП280 вибираємо тому що він підходить по вихідних напругах і є якісним і має хороші електричні параметри.

Основні параметри:

Номінальна потужність	від 1,65 до 200 В • А
Напруга живлення мережі	220В
Коефіцієнт корисної дії	70-85%
Температура навколишнього середовища	-60 ... + 85 ° С
Відносна вологість повітря при температурі	+40 ° С ... 98%

1.5 Компоновка друкованого вузла низькочастотного підсилювача звукової частоти

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		24

Взаємо розміщення елементів виробу забезпечує технологічність складання і регулювання конструкції. З'єднання між друкованими платами та навісними елементами відбуваються за допомогою пайки перемичок і роз'ємів на платах. Радіатор в проектованому пристрої використовується для забезпечення відведення тепла від потужних вихідних транзисторів та від транзисторів передвихідного каскаду. Всього на радіатор кріпиться два транзистори за допомогою двох гвинтів, гайок та шайб, також для ізоляції транзисторів від радіатора використовуються слюдяні прокладки та пластмасові вставки на гвинтах, а для покращення контакту радіатора із транзисторами використовується термопаста.

При розміщенні електро радіоелементів на друкованій платі необхідно враховувати наступне:

1) Добитися мінімальної довжини доріжок в перших і других каскадах підсилення (друкованих провідників).

2) Розміщувати елементи так, щоб максимально зменшити негативний вплив елементів один на другий: не розміщувати елементи, які виділяють велику кількість тепла поряд з напівпровідниковими елементами; джерела електромагнітного випромінювання не розміщувати поряд з вхідними каскадами підсилювача.

3) Розміщуючи елементи на платі повинна бути передбачена нормальна конвекція повітря, особливо в зоні розміщення елементів, які нагріваються.

4) Повинен бути забезпечений легкий доступ до елементів, які регулюються.

5) Не розміщувати елементи з великою масою по центру плати.

6) Передбачити додаткове механічне кріплення для крупно-габаритних елементів (приклеювання, припаювання, механічно (за допомогою скоби, різьбовим з'єднанням).

7) забезпечити розвотку земляної доріжки в одну точку для запобігання наводок в каскадах

8) Забезпечити вільний доступ для кріплення друкованого вузла.

Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата

ММП 2.032.001 ПЗ

Арк.
25

Одночасно дотриматися всіх вище названих вимог неможливо, а тому вибираємо найважливіші.

Якщо елемент буде мати електропровідний корпус і під ним будуть проходити провідники, то необхідно передбачити ізоляцію корпусу або провідника. Ізоляція здійснюється одягненням на корпус елемента або провідник трубок і термотрубок з ізоляційного матеріалу (що і було використано в даному пристрої), нанесенням тонкого шару епоксидної смоли на плату в зоні розташування корпусу (епоксидна маска), наклеюванням на плату тонких ізоляційних матеріалів.

При компоновці друкованого вузла підсилювача звукової частоти основною вимогою є компоновка елементів для короткого проходження сигналу від входу до виходу. Крупно габаритні елементи потрібно винести на край плати, також елементи чутливі до теплових режимів слід максимально відділити від елементів які нагріваються. Має бути передбачено можливість конвекції повітря в зоні де елементи нагріваються найбільше.

Крок установки пасивних і активних елементів визначається щільністю компоновки, температурними режимами елементів на платі, складністю електричної схеми, методом розробки топології ПП (ручна або автоматизована).

1.5.1 Розрахунок друкованого монтажу

Розрахунок друкованого монтажу складається з трьох етапів: розрахунок по змінному і постійному струму і конструктивно-технологічний.

Розрахунок проводимо в такій послідовності:

1. Вибираємо метод виготовлення і клас точності плати.
2. Визначаємо мінімальну ширину провідника, по постійному струму:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{дон}} \cdot t}, \quad (1.13)$$

де I_{\max} - максимальний постійний струм.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		26

з принципової схеми визначаємо, $I_{max} = 2 \text{ А}$;

$I_{don} = 48 \text{ А/мм}^2$ – допустима густина струму для комбінованого методу виготовлення,

$t = 35 \text{ мкм}$ – товщина провідника.

$$b_{min1} = \frac{2}{48 \cdot 0,035} = 1,1 \text{ мм}$$

3. Визначаємо мінімальну ширину провідника:

$$b_{min2} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot l}{t \cdot U_{don}}, \quad (1.14)$$

де $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий об'ємний опір;

$L = 0,39 \text{ м}$ – довжина провідника;

$U_{don} = 2B$ – допустиме падіння напруги.

$$b_{min2} = \frac{0,017 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 2 \text{ А} \cdot 0,39 \text{ м}}{2B \cdot 0,035 \text{ мкм}} = 0,195 \text{ мм}$$

4. Визначаю діаметри монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r, \quad (1.15)$$

де d_E – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ вибираємо в межах $0,1 \dots 0,4 \text{ мм.}$;

$\Delta d_{н.в.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору ($0,1$ для всіх);

r – різниця між діаметром отвору і діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах $0,1 \dots 0,4 \text{ мм.}$

Розрахункові значення d зводяться до нормалізованого ряду отворів: $0,9$; $1,3 \text{ мм.}$

$d_E = 0,7$ – для резисторів, конденсаторів, .

$d_E = 1,1$ – для провідників, діодного моста, трансформатора, та кнопок.

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,7 + |\pm 0,1| + 0,1 = 0,9 \text{ мм}$$

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,1 + |\pm 0,1| + 0,1 = 1,3 \text{ мм}$$

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		27

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів 0,9; 1,3.

5. Розраховую діаметри контактних площадок:

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5h\phi + 0,03, \quad (1.16)$$

де $h\phi$ – товщина фольги;

D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр площадки;

$$D_{1min} = 2\left(b_m + \frac{d_{max}}{2} + \delta d + \delta p\right), \quad (1.17)$$

де b_m – відстань від просвердленого отвору до краю контактної площадки;

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

δd і δp - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$$\delta d = 0,08 \text{ мм};$$

$$\delta p = 0,2 \text{ мм.}$$

d_{max} – максимальний діаметр просвердленого отвору, мм:

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (1.18)$$

де Δd - допуск на отвір.

$$d_{max1} = 0,9 + 0,05 + 0,1 = 1,05 \text{ мм}$$

$$d_{max2} = 1,3 + 0,05 + 0,1 = 1,45 \text{ мм}$$

$$D_{1min1} = 2\left(0,06 + \frac{1,05}{2} + 0,08 + 0,2\right) = 1,73 \text{ мм}$$

$$D_{1min2} = 2\left(0,06 + \frac{1,45}{2} + 0,08 + 0,2\right) = 2,12 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 1,73 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,81 \text{ мм}$$

$$D_{min2} = 2,12 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,2 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (1.19)$$

$$D_{max1} = 1,81 + 0,02 = 1,83 \text{ мм}$$

$$D_{max2} = 2,2 + 0,02 = 2,22 \text{ мм}$$

Визначаю ширину провідників:

$$b_{min} = b_{1min} + 1,5h\phi, \quad (1.20)$$

де b_{1min} – мінімальна ефективна ширина провідника, мм;

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		28

$b_{1min} = 0,18\text{мм}$ для плат 1-го, 2-го, 3-го класу точності.

$$b_{min} = 0,18 + 1,5 \cdot 0,035 = 0,23\text{мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta_p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta_d \right) \right], \quad (1.21)$$

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{1,83}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,05}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,78\text{мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,22}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,45}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,39\text{мм}$$

де L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta_p), \quad (1.22)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (1,05 + 2 \cdot 0,2) = 1,05\text{мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,2) = 0,65\text{мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta_d), \quad (1.23)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (1,05 + 2 \cdot 0,08) = 1,29\text{мм}$$

$$S_{3min2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,08) = 0,89\text{мм}$$

Під час електричного розрахунку було розраховано мінімальну відстань між двома контактними площадками, яка становить 0,65мм, мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу, яка становить 0,39мм, мінімальну відстань між двома провідниками 0,89мм.

1.5.2 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

Розрахунок кількісної оцінки технологічності друкованого вузлі.

Коефіцієнт використання мікросхем і мікрозборок у вузлі:

$$K_{вик.имс} = \frac{H_{имс}}{H_{ере}}, \quad (1.24)$$

де $H_{имс}$ – кількість мікросхем і мікро зборок у вузлі, $H_{имс} = 0$;

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		29

$N_{\text{ере}}$ – загальна кількість електро радіоелементів, $N_{\text{ере}} = 67$.

$$K_{\text{вух.имс}} = 0/75 = 0,$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу $K_{\text{а.м.}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{а.м.}} = \frac{H_{\text{а.м.}}}{H_{\text{м}}}, \quad (1.25)$$

де $N_{\text{а.м.}}$ з'єднань = 148;

$N_{\text{м}}$ – загальна кількість монтажних з'єднань, $N_{\text{м}} = 161$.

$$K_{\text{а.м.}} = 148/161 = 0,919$$

Коефіцієнт механізації підготовки електро радіоелементів $K_{\text{м.п.ере}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{м.п.ере}} = \frac{H_{\text{м.п.ере}}}{H_{\text{ере}}}, \quad (1.26)$$

де $N_{\text{м.п.ере}}$ – кількість електро радіоелементів, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованим або автоматизованим методом. До числа цих ЕРЕ включають ті, що не потребують підготовки до монтажу,

$$K_{\text{м.п.ере}} = 68/75 = 0,906,$$

Коефіцієнт повторюваності електро радіоелементів $K_{\text{повт.ере}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{повт.ере}} = 63/75 = 0,84, \quad (1.27)$$

де $N_{\text{т.ере}}$ – кількість типорозмірів електро радіоелементів, $N_{\text{т.ере}} = 33$

Коефіцієнт застосовуваності електро радіоелементів $K_{\text{заст.ере}}$ визначається по формулі:

$$K_{\text{заст.ере}} = 1 - (8/63) = 0,873, \quad (1.28)$$

де $N_{\text{т.ор.ере}}$ – кількість типорозмірів оригінальних електро радіоелементів.

$$N_{\text{т.ор.ере}} = 0;$$

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		30

Коефіцієнт установочних розмірів електро радіоелементів $K_{вст.р.}$ визначається за формулою:

$$K_{вст.р.} = 1 - (109/75) = 1,453, \quad (1.29)$$

де $N_{вст.р.}$ – кількість видів встановочних розмірів радіоелементів.

Коефіцієнт прогресивності формоутворення деталей K_{ϕ} визначається за формулою:

$$K_{\phi} = 5/5 = 1, \quad (1.30)$$

де $D_{пр}$ – кількість механічних деталей, заготовки яких, або самі деталі отримані різними методами, $D_{пр} = 8$

D – загальна кількість деталей у виробі.

Визначаємо комплексний показник технологічності за формулою:

$$K = \frac{\sum K_i \varphi_i}{\sum \varphi_i}, \quad (1.31)$$

$$K = 0,919 + 0,675 + 0,42 + 0,27 + 0,271 + 0,11 / 5,85 = 0,69,$$

Таблиця 1.5 – Комплексний показник технологічності

№ п/п	Показник технологічності	Позначення	Величина	φ_i
1.	Коефіцієнт використання мікросхем і мікроборок.	$K_{вик.імс}$	0	1,000
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу.	$K_{а.м.}$	0,919	1,000
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ.	$K_{м.п.ере}$	0,906	0,750
4.	Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ.	$K_{повт.ере}$	0,84	0,500
5.	Коефіцієнт застосовуваності ЕРЕ.	$K_{заст.ере}$	0,873	0,310
6.	Коефіцієнт установочних розмірів ЕРЕ.	$K_{вст.р.}$	1,453	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формоутворення.	K_{ϕ}	1	0,110

Оцінка рівня технологічності виробу визначається з відношення розрахованого комплексного показника K до комплексного нормативного

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		31

показника K_n , який відображає реальний існуючий рівень технологічності на підприємствах по випуску РЕА. Для нашого виробу $K_n = 0,69$.

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (1.32)$$

Перевіряємо умову: $0,69/0,5=1.38 \geq 1$

Дана умова виконується , отже конструкція вважається технологічною.

В данному розді було проведено аналіз технічного завдання та структурної й функціональної схеми приладу, розрахунок вузлів схеми електричної принципової, вибір та обґрунтування компонентної бази опираючись на ціну та легкодоступність елементів та компоновку друкованого вузла.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		32

Спеціальна частина

2.1 Вибір і обґрунтування задачі автоматизованого проектування

Для розробки документації на проєктовані буде використано систему автоматизованого проєктування Altium Designer. За допомогою Altium Designer буде розроблено конструктив друкованої плати..

В Altium Designer проєктування плати починається з малювання (проєктування) електричної принципової схеми майбутнього радіоелектронного пристрою, яке повинно працювати на платі. Такий принцип застосовується майже у всіх без винятку системах проєктування друкованих плат - PCAD, Accel EDA, Microsim DesignLab, Cadsoft Eagle, KiCAD і багатьох інших. Altium мабуть є спадкоємцем систем PCAD і Accel EDA, і пройшов у своєму розвитку довгий шлях. Так що серед професійних систем розробки PCB Altium заслужений лідер.

Основними перевагами Altium Designer є:

- можливість працювати з різними версіями програмами САПР;
- виконання широкого кола задач, починаючи з розробки схеми і закінчуючи пакетом конструкторської документації;
- настройка інтерфейсу до потреб конкретного користувача.

2.2 Опис реалізації поставленої задачі в системі автоматизованого проектування

Згідно завдання необхідно описати створення друкованої плати в Altium Designer. Для того, щоб відкрити вікно властивостей документу друкованої плати Board Options, необхідно вибрати пункт Board Options в меню Design, або натиснути ПКМ на робочій області документу і в меню вибрати пункт Options - Board Options

Після створення документу друкованої плати та налаштування властивостей документу плати необхідно перенести інформацію про

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		33

компоненти електричної схеми та зв'язки між ними в документ друкованої плати. Для цього необхідно:

Перейти до документу електричної схеми - вибрати команду Update PCB Document < назва файлу плати > в меню Design

Якщо в проекті створено кілька документів друкованих плат, в меню Design треба вибрати команду Update PCB Document ... з ім'ям файлу тієї плати, до якої необхідно перенести інформацію.

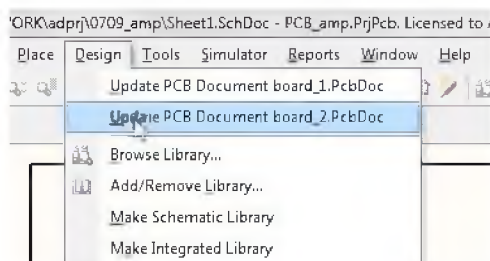


Рисунок 2.1 – Вибір плати для перенесення до неї інформації з електричної схеми

При виконанні команди Update PCB Document з'являється вікно запиту на внесення змін в документ плати Engineering Change Order. Усі зміни розділені на групи, найважливішими з яких є група Add Components (додати компоненти) із списком компонентів, які будуть додані на плату із схеми, а також група Add Net (додати зв'язки), в якій відображені усі електричні зв'язки між компонентами, що переносяться із схеми на плату.

У вікні запиту на внесення змін необхідно зробити такі дії:

- Перевірити можливість внесення змін, натиснувши кнопку Validate Changes
- Застосувати зміни кнопкою Execute Changes.
- Закрити вікно запиту на внесення змін кнопкою Close

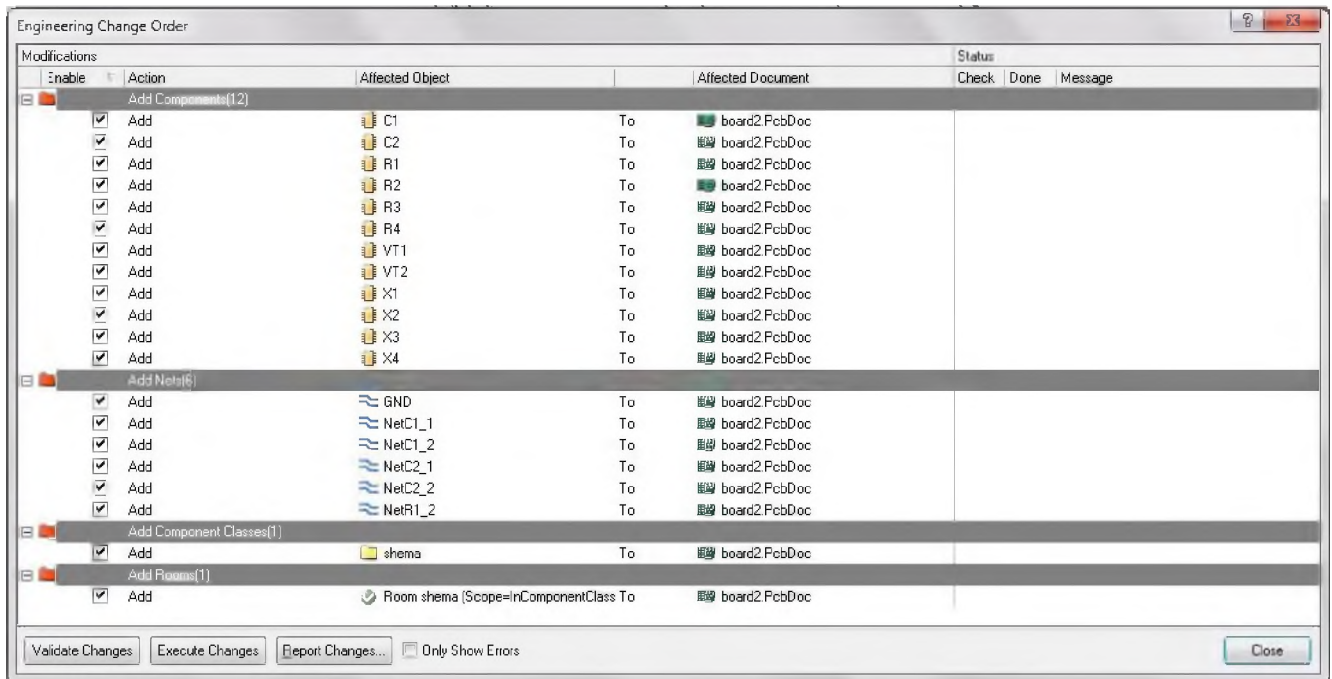


Рисунок 2.2 – Вікно запиту на внесення змін при перенесенні інформації із схеми на плату

При перевірці змін навпроти кожної зміни в стовпці Check з'являється відмітка про результати перевірки: зелений значок свідчить про вдалу перевірку, червоний – про помилку. Після застосування змін навпроти кожної з них у списку в стовпці Done з'являється відмітка про виконання (зеленого або червоного кольору в залежності від успішності виконання).

Якщо інформація переноситься із схеми на плату вперше після створення документу плати, вікно документу плати буде мати вигляд, подібний до того, що зображений на рис. 4.3

Якщо в процесі роботи в електричну схему вносяться зміни, необхідно також переносити зміни в документ плати, виконуючи кожного разу команду Update PCB document. При цьому у вікні запиту на внесення змін будуть відображатися лише ті зміни, які відповідають розбіжностям між схемою та платою на даний момент, тобто ті компоненти та електричні зв'язки, інформація про які була перенесена на плату раніше, відображатись і застосовуватись не будуть.

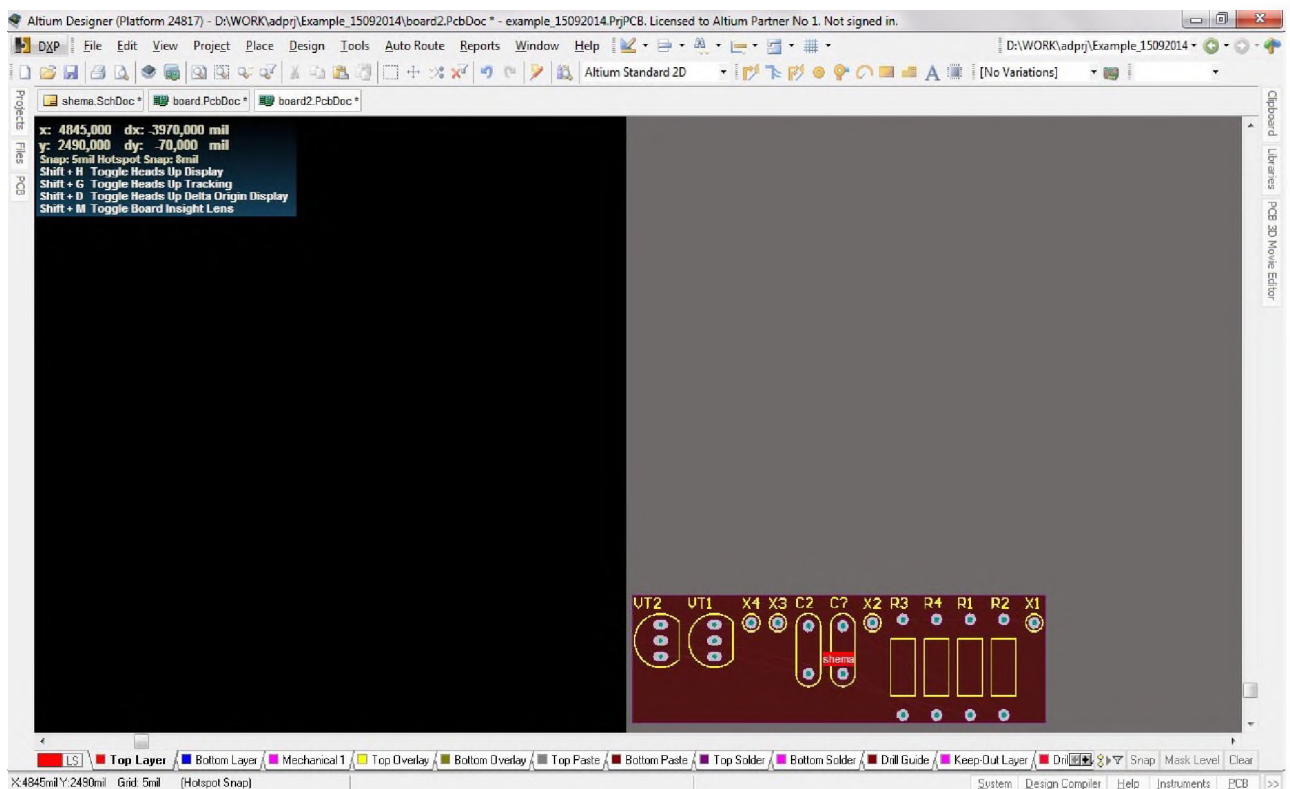


Рисунок 2.3 – Вікно документу друкованої плати після перенесення інформації з електричної схеми

Переносити зміни із схеми в плату, або іншими словами здійснювати синхронізацію плати із схемою, можна також і в редакторі PCB командою Import Changes From <назва файлу проекту> в меню Design. Також можна оновлювати електричну схему у відповідності до змін у платі (тобто в зворотному напрямку), використовуючи команду Update Schematics in <назва файлу проекту> в меню Design редактора PCB.

Не дивлячись на те, що в Altium Designer наявні засоби для автоматизованого розміщення компонентів на друкованій платі, найліпший результат отримується при ручному розміщенні.

Розміщення елементів відбувається із прив'язкою до вузлів координатної сітки. Для вибору кроку сітки прив'язки необхідно натиснути клавішу G, після чого з'явиться меню, в якому вибирається потрібне значення кроку

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		36

сітки. Біжуче значення кроку сітки відображається в лівому нижньому куті вікна редактора.

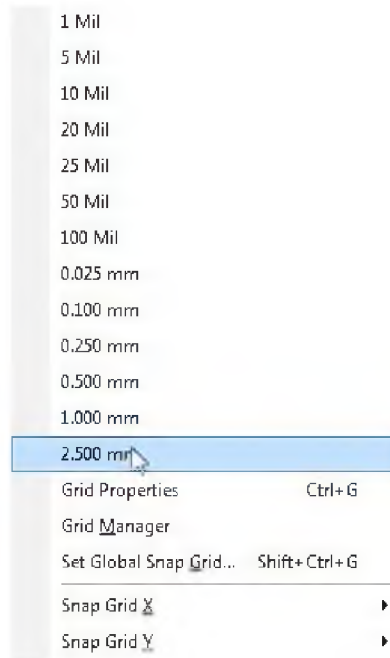


Рисунок 2.4 – Меню вибору кроку сітки прив'язки

Для вибору довільного значення кроку сітки прив'язки треба вибрати пункт Set Global Snap Grid (або скористатись клавіатурною комбінацією Shift+Ctrl+G). Існує можливість окремо встановлювати крок сітки по вісі X та по вісі Y, вибравши пункти Snap Grid X або Snap Grid Y відповідно.

Переміщення, впорядкування положення та вирівнювання компонентів. Переміщувати компоненти можна за допомогою миші. Для цього треба натиснути і утримувати ЛКМ на компоненті, переміщуючи його. Також для переміщення компонентів можна використовувати команди групи Move в меню Edit. Вирівнювання компонентів здійснюється за допомогою команд групи Align в меню Edit.

Поворот компонентів можна здійснити виділивши компонент натисканням на ньому лівої кнопки миші і утримуючи її, натискаючи на клавіатурі клавішу Space.

Для перенесення компоненту на протилежну сторону плати необхідно виділити компонент натисканням лівої кнопки миші і утримуючи її, натиснути на клавіатурі клавішу L. Після перенесення на протилежну сторону плати надпис позиційного позначення буде віддзеркалений, також зображення компонента буде затіненим.

В данному розділі розглядались переваги та недоліки системи автоматизованого проектування Altium Designer, а також процес створення друкованої плати пристрою.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		38

3 Охорона праці та безпека життєдіяльності

3.1 Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо зниженню рівня шуму в цеху

При розробці низькочастотного підсилювача звукової частоти слід урахувати шум який буде випромінювати підсилювач під час роботи і режиму очікування.

Важливою характеристикою шуму є його частотний склад. Якщо в складі шуму переважають звуки з частотою коливань до 400 Гц, такий шум називається низькочастотним, якщо переважають звуки з частотою 400 – 1000 Гц – середньо частотним, якщо понад 1000 Гц – високочастотним.

Низькочастотний шум інтенсивністю до 100 дБ не викликає відчутної несприятливої дії на орган слуху; для середньо частотного шуму ця норма складає 85 – 90 дБ; для високочастотного – 75 – 85 дБ. Несприятливі суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум.[8]

Вплив шуму на організм умовно поділяють на:

- специфічний, що спричиняє зміни в органі слуху;
- неспецифічний – з боку інших органів і систем.

Основну увагу приділяють стану органа слуху, тому що слуховий аналізатор першим сприймає звукові коливання і потерпає від впливу шуму на організм.

Джерелами шуму можуть бути двигуни, насоси, компресори, пневматичні та електричні інструменти, молоти, дробарки, верстати, центрифуги та інше обладнання, що має рухомі деталі.

Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органа або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		39

Початкові прояви професійної приглухуватості найчастіше зустрічаються у осіб зі стажем роботи 5 років в умовах шуму. При високих рівнях шуму слухова чутливість падає вже через 1 – 2 роки, при середніх – виявляється набагато пізніше, через 5 – 10 років, тобто зниження слуху відбувається повільно, хвороба розвивається поступово.

У працюючих в умовах шуму основними скаргами є: зниження слуху, головний біль тупого характеру, відчуття важкості і шуму в голові, що виникають до кінця робочої зміни або після роботи, запаморочення при зміні положення тіла, підвищена дратівливість, швидка стомлюваність, зниження працездатності, уваги, підвищена пітливість, порушення ритму сну (сонливість вдень, тривожний сон у нічний час). Можуть спостерігатися неприємні відчуття в області серця у вигляді поколювань, серцебиття. Відзначається виражена нестійкість пульсу і артеріального тиску, особливо в період перебування в умовах шуму.

Ефективний захист працюючих від несприятливого впливу шуму вимагає здійснення комплексу організаційних, технічних і медичних заходів. Особливо важливо заздалегідь приймати відповідні заходи захисту від шуму.

З метою підвищення ефективності боротьби з шумом введено обов'язковий гігієнічний контроль об'єктів, що генерують шум, реєстрація фізичних факторів, що роблять шкідливий вплив на навколишнє середовище і негативно впливають на здоров'я людей. Ефективним шляхом вирішення проблеми боротьби з шумом є зниження його рівня в самому джерелі за рахунок зміни технології і конструкції машин. До заходів цього типу відносяться заміна гучних процесів безшумними, ударних – безударними, заміна клепки пайкою, кування і штампування – обробкою тиском, застосування віброізоляції, глушників, звукоізолюючих кожухів та інші. У деяких випадках зниження рівня шуму досягається застосуванням звукопоглинальних пористих матеріалів, покритих перфорованими листами алюмінію, пластмас.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		40

При необхідності підвищення коефіцієнта звукопоглинання в області високих частот звукоізолюючі шари покривають захисною оболонкою з дрібною і частою перфорацією, застосовують також штучні звукопоглиначі у вигляді конусів, кубів, закріплених над обладнанням, що є джерелом підвищеного шуму. У тих випадках, коли технічні засоби не забезпечують досягнення вимог чинних нормативів, необхідно обмеження тривалості впливу шуму та застосування засобів індивідуального захисту органу слуху. Їх використовують тоді, коли технічні засоби боротьби з шумом не забезпечують зниження його до безпечних меж. Засоби індивідуального захисту органів слуху поділяють на три типи: вкладиші, навушники і шоломи.

Медичними протипоказаннями до допуску на роботу, пов'язану з впливом інтенсивного шуму, крім загальних медичних протипоказань є наступні захворювання:

- стійке зниження слуху, хоча б на одне вухо, будь-якого походження;
- отосклероз і інші хронічні захворювання вуха з несприятливим прогнозом;
- порушення функції вестибулярного апарата, у тому числі хвороба Мен'єра;
- виражена вегетативно-судинна дистонія;
- гіпертонічна хвороба (всі стадії).

Проаналізувавши вплив джерела шуму на організм людини, а також визначивши головні збудники які завдають шкоди здоров'ю та життю людей було визначено, що підсилювач звукової частоти не буде суттєво впливати при роботі на організм людини

3.2 Захист електроустановок на дільниці від короткого замикання, перенавантаження

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		41

Однією з основних причин виникнення пожеж є порушення правил пожежної безпеки при користуванні, обслуговуванні, а також ремонту електроустановок.

Джерелом запалювання при порушенні правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок є коротке замикання, перевантаження, великі перехідні опори.

Під час користування електрикою забороняється:

- прокладати електричні проводи і кабелі транзитом через пожежо- та вибухонебезпечні зони.

- експлуатувати кабелі і проводи з ізоляцією, що пошкоджена або втратила в процесі експлуатації захисні властивості.

- залишати без нагляду кабелі та проводи з неізольованими струмопровідними частинами.

- застосовувати саморобні подовжувачі.

- користуватися пошкодженими розетками, вимикачами та іншими електровиробами.

- підвішувати світильники безпосередньо на струмопровідні проводи, обгортати електролампи і світильники папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатувати їх зі знятими ковпаками (розсіювачами).

- використовувати електроапаратуру та прилади в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

- використовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу та інших предметів, заклеювати ділянки електропроводки папером чи тканиною.

- застосовувати для електромереж радіо- та телефонні проводи.

3.3 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація

Відповідно до причин походження подій, що можуть зумовити виникнення НС на території України, розрізняються:

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		42

НС техногенного характеру — транспортні аварії (катастрофи), пожежі, аварії з викидом небезпечних речовин, руйнуванням споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах.

НС природного характеру — небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери.

НС соціально-політичного характеру, пов'язані з протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного або, морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, захоплення заручників, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення або захоплення зброї, виявлення застарілих боєприпасів.

Надзвичайні ситуації воєнного характеру, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, транспортних та інженерних комунікацій.

НС екологічного характеру — зміна стану повітряного та водного басейнів внаслідок викидів небезпечних хімічних, радіоактивних і біологічних речовин.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		43

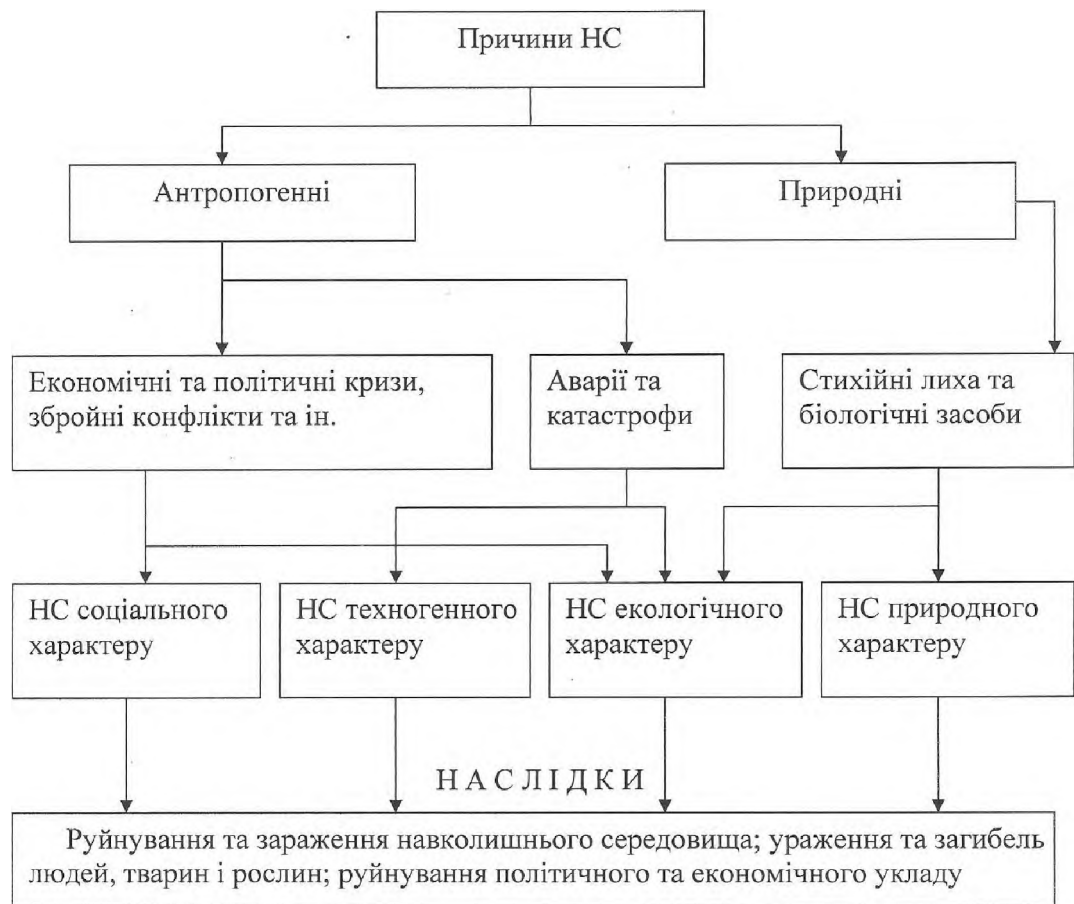


Рисунок 3.1 Класифікація НС і причини їх виникнення

Основними причинами виникнення надзвичайних ситуацій є:

- аварії і катастрофи (на виробництві, транспорті, інженерних мережах.
- стихійні лиха (природні катаклізми): землетруси, бурі, урагани, повені, снігові замети.
- епідемії, епізоотії, епіфітотії (значні розповсюдження інфекційних захворювань або уражень відповідно серед людей, сільськогосподарських тварин і рослин).
- збройні конфлікти та інші фактори соціального і політичного характеру.

Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата

ММП 2.032.001 ПЗ

ВИСНОВКИ

При виконанні даної кваліфікаційної роботи було здійснено розробку конструкції низькочастотного підсилювача звукової частоти потужністю 100 Вт, який призначений для підсилення аудіо сигналу. Проведено вибір елементної бази на основі дешевих і поширених радіоелементів.

При проектуванні друкованого вузла була використана система автоматичного проектування Altium Designer, за допомогою якої було здійснено встановлення елементів і трасування друкованих провідників на друкованій платі приладу. В результаті отримано односторонню друковану плату розмірів 105x72,5мм з координатною сіткою 2,5мм.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився хімічний метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно.

Проведено розрахунок друкованого монтажу в результаті якого визначено ширину друкованих провідників, відстань між друкованими провідниками, між провідником і контактною площадкою, діаметри монтажних отворів.

В технологічній частині кваліфікаційної роботи була проведена кількісна і якісна оцінка технологічності. Розроблена конструкція даного пристрою являється технологічною і з деякими доробками може впроваджуватися у виробництво.

Було виготовлено чотири креслення для розробки конструкції пристрою підсилювача: електрична принципова схема, друкована плата, друкований вузол та структурна схема. Для оформлення креслень була використана програма графічного моделювання КОМПАС-3D V15.2.

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		45

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

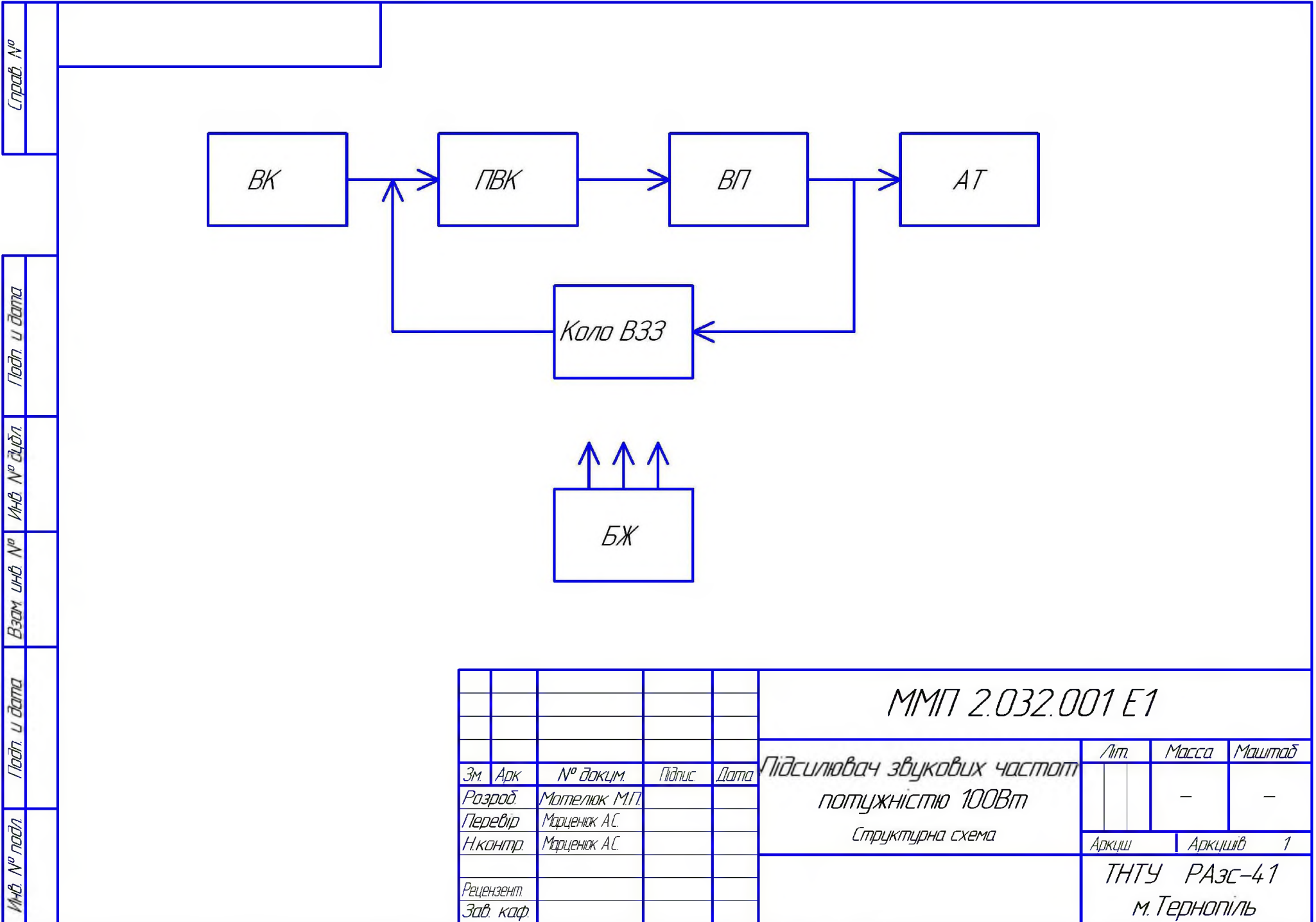
1. Які існують класи підсилювачів звуку [Електронний ресурс], - Режим доступу: <https://130.com.ua/uk/kakie-sushhestvujut-klassy-usilitelej-zvuka/>
2. Як працюють трансляційні підсилювачі звуку [Електронний ресурс], - Режим доступу: <https://www.alfazvuk.ru/articles/kak-vybrat-translyacionnyj-usilitel-moshchnosti.html>
3. Трансляційний підсилювач потужності АМС ДМРА 120 [Електронний ресурс], - Режим доступу: <https://upsound.com.ua/dmpa-120>
4. Трансляційний підсилювач потужності SKY SOUND SA-60U [Електронний ресурс], - Режим доступу: <https://prom.ua/p1258926230-translyatsionnyj-usilitel-moschnosti.html>
5. Трансляційний підсилювач потужності РА-1050 [Електронний ресурс], - Режим доступу: <https://slight.com.ua/pa-1050-50w-translyatsionnyj-usilitel-sd-usb-bt-fm>
6. Трансляційний підсилювач потужності ARCTIC HENTR XDU0802 [Електронний ресурс], - Режим доступу: <https://jam.ua/ua/arctic-usilitel-translacionniy-xdu0802>
7. Принцип намотки акустичного трансформатора [Електронний ресурс], - Режим доступу: https://elektrosat.ru/news/lampovyj-usilitel_svoimi_rukami/2014-11-07-865
8. Надзвичайні ситуації та їх класифікація [Електронний ресурс], - Режим доступу: <https://osvita.ua/vnz/reports/bjd/22895/>
9. Надзвичайні ситуації [Електронний ресурс], - Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Надзвичайна_ситуація

					<i>ММП 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		46

Додатки

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка		
A1	Підсилювач				
	<u>Конденсатори</u>				
C1	CL-21-63B-22нФ ± 5% HANWAY	1			
C2	CL-21-63B-1мкФ ± 5% HANWAY	1			
C3	ECAP-63B-470мкФ ± 20% Epcos	1			
C4	TS170R1-63B-470нкФ ± 5% Suncan	1			
C5	CL-21-63B-22нФ ± 5% HANWAY	1			
C6-C8	ECAP-63B-470мкФ ± 20% Epcos	3			
C9	ECAP-16B-220мкФ ± 20% Epcos	1			
C10	TS170R1-63B-22нкФ ± 5% Suncan	1			
C11	TS170R1-63B-220нкФ ± 5% Suncan	1			
C12	CL-21-63B-1мкФ ± 5% HANWAY	1			
C13	CL-21-63B-100нФ ± 5% HANWAY	1			
C14,C15	CL-21-63B-1мкФ ± 5% HANWAY	2			
C16,C17	CL-21-63B-100нФ ± 5% HANWAY	2			
C18-20	ECAP-63B-470мкФ ± 20% Epcos	2			
C21	CL-21-63B-100нФ ± 5% HANWAY	1			
C22	ECAP-63B-470мкФ ± 20% Suncan	1			
	<u>Резистори</u>				
R1	MFROWI4-2700м ± 5% Uni Ohm	1			
R2	MFROWI4-47кОм ± 5% Uni Ohm	1			
R3	MFROWI4-1000м ± 5% Uni Ohm	1			
R4	MFROWI4-15кОм ± 5% Uni Ohm	1			
R5	MFROWI4-1000м ± 5% Uni Ohm	1			
R6	VTR-A-3296W-2200м-0,5Вт Bourns	1			
ММП 2.032.001 ПЕ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Мотелюк М.П.				
Перевір.	Марценюк				
Н.Контр.	Марценюк				
Рецензен.					
Зат.каф.					
Підсилювач низьких частот потужністю 100 Вт			Літ.	Аркш.	Аркшів
				1	4
			ТНТУ ФПТ каф. РТ група РАзс-41		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				Документація		
			ФПТ2.020.161.000 ЕЗ	Схема електрична принципова		
			ФПТ2.020.161.000 ПЕ	Перелік елементів		
			ФПТ6.020.161.000 СК	Вузол друкований		
				<u>Деталі</u>		
		1	ФПТ7.020.161.000	Плата друкована	1	
БК		2		Перемичка	0,02	М
БК		3		Перемичка	0,01	М
БК		4		Перемичка	0,01	М
		5		Радіатор	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатори		
				Ерсоs		
				HANWAY		
				Suntan		
		6		TS170R1-63B-22пкФ ± 5%	1	С10
		7		TS170R1-63B-220пкФ ± 5%	1	С11
		8		TS170R1-63B-470пкФ ± 5%	1	С4
		9		CL-21-63B-22нФ ± 5%	2	С1,С5
		10		CL-21-63B-100нФ ± 5%	4	С13,С16,С17, С21
		11		CL-21-63B-1мкФ ± 5%	4	С2,С12,С14,
				ММП 2.032.001 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		
Розроб.		Мотелюк М.П.			Літ.	Аркши
Перевір.		Марценюк				Аркши
Н.Контр.		Марценюк				1 3
Рецензент					ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАЗс-41	
Зат. Каф.						
				Вузол друкований		



Справ. №

Підп. і дата

Інв. № дроб.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № посл.

Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис.	Дата
Розроб.		Мотелюк М.П.		
Перевір.		Марценюк А.С.		
Н.контр.		Марценюк А.С.		
Рецензент.				
Зав. каф.				

ММП 2.032.001 Е1		
Підсилювач звукових частот потужністю 100Вт Структурна схема		
Лит.	Маса	Маштаб
	-	-
Аркуш	Аркушів 1	
ТНТУ РАЗС-41 м. Тернопіль		

Копіював

Формат А4