

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

До захисту «ДОПУЩЕНО»
Завідувач кафедри
кан.ф.-м.н., Т.М. Заяць

" 15 " Березня 2021 р.

Кваліфікаційна бакалаврська робота
з галузі знань 17 «Електроніка телекомунікації»,
напряму підготовки 171– Електроніка

на тему " Підсилювач НЧ стереонавушників "

Виконав: студент IV курсу, групи ЕС
Петльований Сергій Юрійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

(підпис)

Керівник __к.ф.-м. наук, доцент
Спесивих Олександр Олександрович

(вчене звання, ПІБ, посада)

(підпис)

Засвідчую, що у цієї роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент Петльований Сергій Юрійович

Ужгород 2021

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою
доц. Зяць Т. М. (Зяць Т. М.)
« 06 » жовтня 2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну бакалаврську роботу
студенту Петльованій Сергію Юрійовичу

Тема роботи: Підсилювач НЧ стереонавушників .

Затверджена на засіданні кафедри (протокол № 3 від « 06 » жовтня 2020 р.)

Термін закінчення роботи: 10 червня 2021 року.

Вихідні дані до роботи.


1. Провести пошук аналогів підсилювачів НЧ призначених для використання з стереонавушниками. Проаналізувати переваги та недоліки різних аналогів об'єкту проектування.
2. Забезпечити наступні характеристики стереопідсилювача:

- Напруга живлення, 50 Гц	220 В;
- Вихідна потужність/на канал, не менше	1.0 Вт;
- Навантаження на виході	50 Ом;
- Частотний діапазон	60Гц -20кГц;
- Регулювання гучності, не менше	40 dB;
- Регулювання амплітуди сигналу на частотах 80 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 8 кГц, 14 кГц, не гірше	± 12 dB;
- Коефіцієнт нелінійних спотворень, не більше	1%;
- Чутливість по входу, не менше	100 мВ;
- Вхідний опір, не менше	10 кОм
3. Зміст роботи (перелік питань, що підлягають розробці).

Вступ.

1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування.
2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання.
3. Проектно-конструкторський розділ.
 - 3.1 Розробка структурної схеми;
 - 3.2 Розробка електричної принципової схеми;
 - 3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів
4. Висновки.
5. Перелік посилань.
6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 6.1. Структурна (функціональна) електрична схема
 - 6.2. Електрична принципова схема.
 - 6.3. Перелік елементів.

5. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Н. контроль	доц. Спесивих О.О.		

Дата видачі завдання 12 жовтня 2020 року.

Керівник роботи  (доц. Спесивих О.О.)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання  (Петльований С.Ю.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2020 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2021 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2021 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2021 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.2021 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.06.2021 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент  (Петльований С.Ю.)
(підпис)

Керівник роботи  (доц. Спесивих О.О.)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дана кваліфікаційна бакалаврська робота містить в собі: 65 сторінок, 35 рисунків, 15 таблиць, 18 джерел літератури, 4 додатки.

Об'єкт дослідження – підсилювач низьких частот стереонавушників.

Мета роботи – розробити та спроектувати підсилювач низької частоти для стереонавушників.

Кваліфікаційна бакалаврська робота включає в себе: огляд та аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування, проводиться аналіз технічного завдання. На основі цих даних розроблено структурну та принципову схеми підсилювача низької частоти стереонавушників.

Проектно-конструкторський розділ містить у собі: структурну та принципові схеми, короткий опис роботи підсилювача та еквалайзера, методику розрахунків окремих електронних кіл схеми.

Підсилювач НЧ стереонавушників

Low frequency amplifier for stereoheadphones

ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

на кваліфікаційну бакалаврську роботу на тему:

Підсилювач НЧ стереонавушників

Студента групи ЕС: Петльований Сергія Юрійовича 

Керівник: доц. Спесивих Олександр Олександрович 

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ			
Розроб.		Петльований		10.06.21	Підсилювач НЧ стереонавушників	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Спесивих О.О.		10.06.21			5	66
Т.Контр.					УЖНУ ІТФ ЕС			
Н. Контр.								
Затвердив								

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування.....	10
1.1. Підсилювач на дискретних елементах.....	10
1.2. Підсилювач в інтегральному виконанні.....	12
1.3. Малогабаритний підсилювач звукової частоти.....	14
1.4. Підсилювач звукової частоти.....	16
1.5. Підсилювач на мікросхемі (МС) К174УН7.....	17
1.6.. П'ятисмуговий графічний стерео еквалайзер на МС СХА1352AS.....	21
1.7.П'ятисмуговий графічний еквалайзер на МС LA3600.....	24
Розділ 2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання.....	27
Розділ 3. Проектно-конструкторський розділ.....	29
3.1. Розробка структурної схеми.....	31
3.2. Розробка електричної принципової схеми.....	32
3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів.....	38
Висновки.....	55
Перелік посилань.....	56

Додатки:

- А. Схема електрична структурна КБР.ЕС.19051005.001 Е1
- Б. Схема електрична принципова КБР.ЕС.19051005.001 Е3
- В. Перелік елементів КБР.ЕС.19051005.001 ПЕЗ
- Г. Порівняльна характеристика навушників

ВСТУП

Підсилювальні пристрої актуальні були завжди. І в нинішньому, сучасному світі вони всі також знаходять гідне місце серед іншої апаратури. Підсилювачі широкосмугові, імпульсні, осцилографічні, відео, звукові і ще багато інших, без яких не обходиться зараз практично ні один закінчений функціональний блок. Особливе місце займають підсилювачі звукових частот (ПЗЧ). Необхідність їх застосування очевидна і впливає з назви. ПЗЧ застосовуються як у побутовій апаратурі, так і у військовій, а також космічній техніці.

Зараз, в століття інтегральних технологій габарити пристроїв знизилися настільки, що повністю закінчений пристрій можна розмістити і на долоні. Не обійшло стороною це і ПЗЧ. Використовуючи інтегральну мікросхему підсилювача потрібної потужності і, доповнивши її деякими стандартними навісними елементами, отримуємо готовий підсилювач звукової частоти. Однак, за габарити мікросхем, в деякій мірі, потрібно «платити». Справа в тому, що багато мікросхем вимагають досить громіздкі радіатори, тому в потужних підсилювачах, а точніше в їх вихідних каскадах застосовують в основному дискретні транзистори великої потужності. Мікросхеми (наприклад, операційний підсилювач) дають дуже великий коефіцієнт підсилення по напрузі, однак, для того, щоб розвинути у навантаженні необхідну потужність потрібна ще й підсилення по струму. Транзистори є приладами, які працюють з великими струмами, і, до того ж вони не дуже високочастотні, тобто вони відмінно підходять для ПЗЧ. У проміжних і вхідних каскадах частіше використовують все-таки мікросхеми. Таким чином, в сучасній апаратурі з успіхом застосовуються як дискретні транзистори, так і аналогові мікросхеми.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До речі сказати, зараз серед досить відомих знавців музики існує думка про те, що нібито лампові підсилювачі найбільш чітко передають справжнє звучання живої музики. Тому, останнім часом у найбільш великих фірм-виробників аудіо апаратури з'явилися підсилювачі звуку на лампах (досить дорогі, треба сказати). Спеціально для цієї мети розроблені нові, компактні, лампи. Така ось тенденція повернення до минулих технологіям. Що ж, не все старе потрібно викидати і забувати.

Транзисторні підсилювачі мають порівняно невелику верхню граничну частоту підсилення, якщо в кінцевому каскаді використаний потужний транзистор. Разом комплексними ланцюгами зв'язку це приводить до значних частотних спотворень підсилювального сигналу. Нелінійність вольт-амперних характеристик транзистора є джерелом великих нелінійних спотворень на виході підсилювача.

Для оцінки можливості використання таких транзисторних підсилювачів порівнюємо основні параметри з вимогами, які до них часто ставляться. Підсилювач зв'язаний вхідним ланцюгом із джерелом сигналу, що не допускає, як правило, скільки-небудь значних навантажень по струму. Це змушує шукати шляхи збільшення вхідного опору транзистора в десятки, сотні й тисячі разів. Вхідний ланцюг підсилювача передає підсилений сигнал у навантаження. У багатьох випадках зручно подавати живлення в навантаження або від джерела струму (внутрішній опір підсилювача прямує до нескінченності), або від джерела напруги (внутрішній опір підсилювача близький до нуля). Інакше кажучи, одним із практичних завдань при проектуванні підсилювача є зміна його вхідного опору. Вимоги підвищення точності роботи системи в різних кліматичних пристроях змушують стабілізувати коефіцієнт підсилення. У підсилювачах, що працюють у радіотехнічних системах, завжди жорсткі вимоги ставляться до частотних спотворень, а в підсилювачах системи автоматики, що керують двигунами змінного струму, до зменшення фазового зсуву.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даній роботі підсилювач НЧ розроблено на основі мікросхеми TDA7052. Вона представляє собою підсилювач потужності звукової частоти з номінальною вихідною потужністю 1,2 Вт при навантаженні 8 Ом і призначена для застосування в високоякісній звуковідтворювальній та телевізійній апаратурі.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики транзисторного підсилювача [1]

Номінальна вихідна потужність на навантаженні опором 4 Ом ...	20 Вт
Коефіцієнт гармонік при номінальній $P_{\text{вих}}$, не більше	0,45%
Смуга відтворюваних частот	30 Гц...20 кГц
Діапазон регулювання тембру.....	± 22 дБ
Чутливість	250 мВ
Відношення сигнал/шум	77 дБ
Вихідний опір	0,15 Ом

Сигнал звукової частоти надходить на вхід блоку регулювань (А1.2). Регулятори гучності в каналах підсилювача роздільні, що дозволило виключити з принципової схеми регулятор стереобалансу. Зі змінного резистора R1, що виконує роль регулятора гучності, сигнал надходить на істоковий повторювач VT1, а від нього – на активний регулятор тембру, виконаний на транзисторах VT2 й VT3. Регулювання тембру по низьких частотах здійснюється змінним резистором R6, по високих – змінним резистором R9.

Блок регулювань живиться від загального джерела через стабілізатор напруги, який включає польовий транзистор VT4 і стабілітрон VD1. Використання польового транзистора дозволило при простій схемотехнічній побудові стабілізатора одержати дуже малу амплітуду пульсацій.

Підсилювач потужності складається з диференціального каскаду (транзистори VT6, VT7), підсилювача напруги, виконаного на транзисторі VT9, і двотактного каскаду на складених транзисторах VT12, VT14 й VT11, VT13. Застосування в підсилювачі потужності глибокого від'ємного зворотного зв'язку по постійному струму, реалізованого через резистор R21, дозволяє одержати стабільність робочої точки вихідного каскаду.

Транзистор VT11, що кріпиться на радіаторі одного з вихідних транзисторів (VT13 або VT14) виконує функцію термостабілізуючого елемента.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2. ПІДСИЛЮВАЧ В ІНТЕГРАЛЬНОМУ ВИКОНАННІ

Інший напрям в проектуванні підсилювачів звукових частот – це використання інтегральних підсилювачів, що значно спрощує процес виготовлення подібних пристроїв та здешевлює їх конструкцію.

На рис. 2 приводиться схема одного з каналів стереофонічного підсилювача [2]. Його основою є інтегральний підсилювач TDA2005.

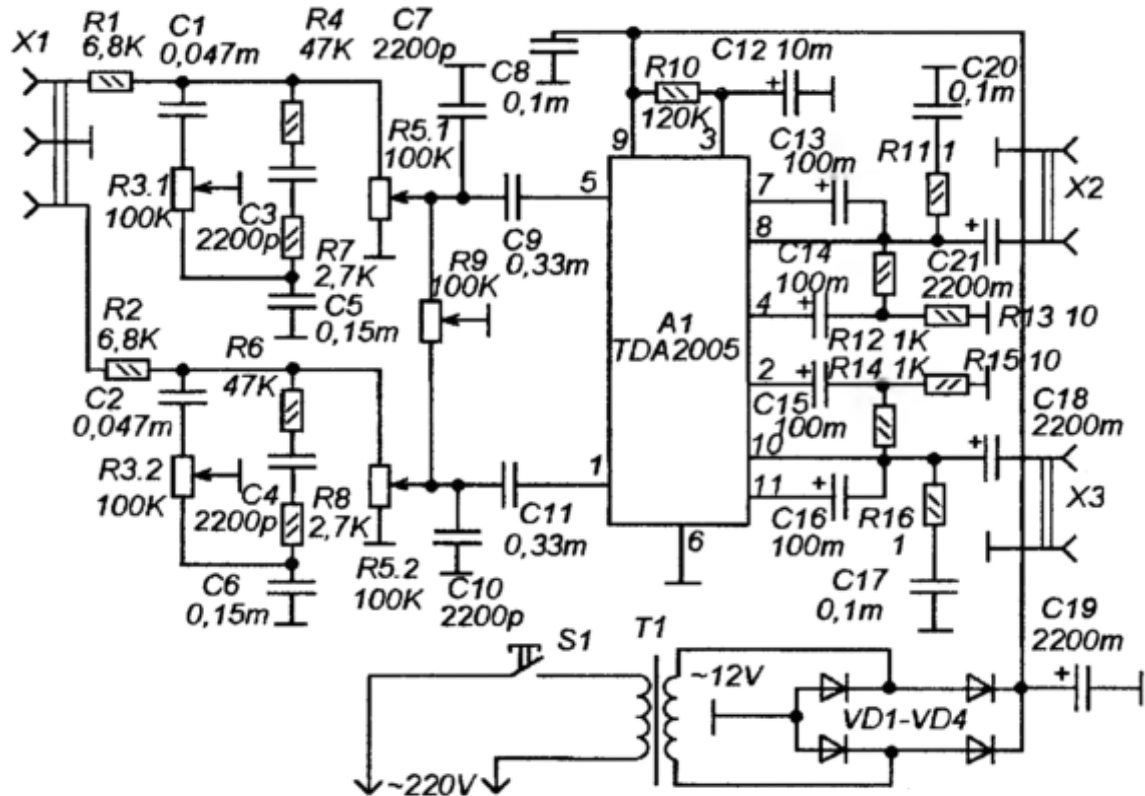


Рис. 2. Схема електрична принципова стереофонічного підсилювача [2]

Технічні характеристики стереофонічного підсилювача [2]

Вихідна потужність при $K_{нс} = 10 \%$,	
на навантаженні 2 Ом, Вт	2×10
Вихідна потужність при $K_{нс} = 0,3 \%$,	
на навантаженні 2 Ом, Вт	2×6
Рівень вхідного сигналу, для одержання	
вихідної потужності 1 Вт, мВ	90
Коефіцієнт підсилення з урахуванням втрат	
у регуляторі тембру, дБ	36

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
----	------	----------	--------	------

Вхідний стереосигнал надходить на роз'єм XS1. На змінних резисторах R3, R5, R9 виконаний пасивний блок регулювань. Здвоєним резистором R3 здійснюється регулювання тембру по високим частотам (ВЧ) одночасно в обох каналах. Здвоєний резистор R5 служить для регулювання гучності. Одинарний змінний резистор R9 служить регулятором стереобалансу. З блоку регулювань сигнал звукової частоти поступає на «серце» підсилювача – інтегральний підсилювач низьких частот DA1.

Мікросхема DA1 (TDA2005) відноситься до розряду недорогих і широкодоступних, на сьогоднішній день інтегральних ППЗЧ. Відносно невелике число навісних елементів, в поєднанні із цілком непоганими електричними характеристиками, наявність захисту виходу від перевантаження, термозахист, а також можливість установки коефіцієнта передачі в широких межах (підбором опорів резисторів у ланцюзі від'ємного зворотного зв'язку) дозволяє на базі TDA2005 будувати найрізноманітніші стереофонічні підсилювачі.

В цьому варіанті підсилювача інтегральна мікросхема включена за стандартною схемою стереопідсилення, тобто кожен з двох внутрішніх підсилювачів мікросхеми використовується окремо (лівий і правий канал відповідно).

Для захисту підсилювача від випадкового відключення навантаження в схемі до вихідних виводів кожного з каналів підключені RC-ланки (R11, C20 та R16, C17). Змінюючи опори резисторів R13 і R15 (або R12 і R14) можна змінювати в широких межах коефіцієнт передачі підсилювальних каналів. Для опорів R13 і R15 залежність зворотна, а для R12 і R14 – пряма.

Ланцюг R10-C12 служить для плавного включення підсилювачів, запобігає стрибка струму в акустичній системі. Конденсатори C13 і C16 створюють вольтодобавку до вихідного каскаду, підвищуючи вихідну потужність без підвищення напруги живлення.

Живиться стереофонічний підсилювач від вторинного джерела електроживлення, зібраного по класичній трансформаторній схемі.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. МАЛОГАБАРИТНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ

Промисловість також випускає інтегральні попередні підсилювачі з регуляторами гучності, тембру та балансу. Прикладом є наступна схема малогабаритного ПЗЧ, показана на рис. 3. [3].

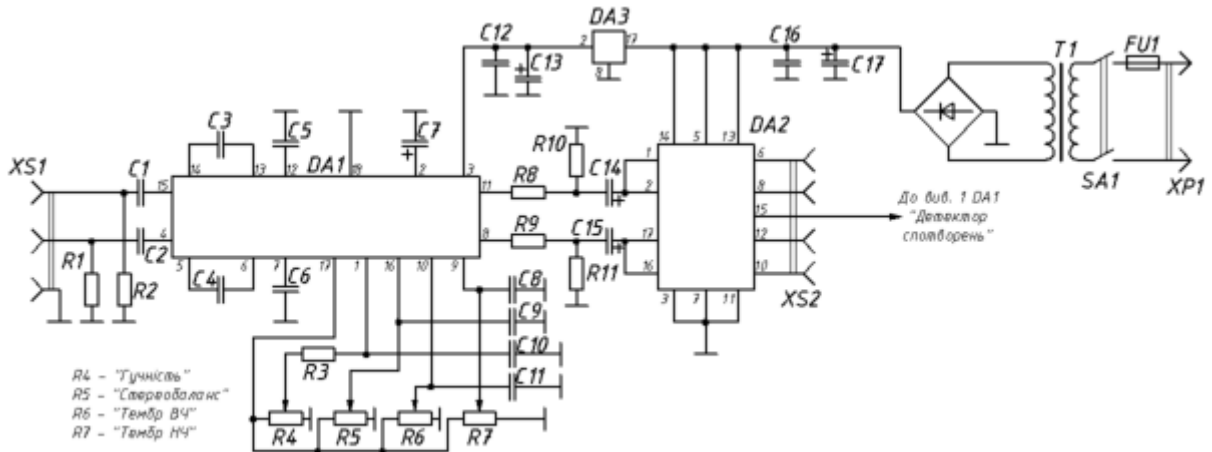


Рис. 3. Схема електрична принципова малогабаритного ПЗЧ [3]

Технічні характеристики малогабаритного ПЗЧ [3]

Чутливість по входу, мВ.....	250
Вихідна потужність на навантаженні 4 Ом, Вт	2×22
Діапазон відтворюваних частот, Гц	20...20 000
Коефіцієнт гармонік, %, не більше	0,2

Він складається з попереднього підсилювача з електронним темброблоком на мікросхемі DA1 і підсилювача потужності (ПП) на мікросхемі DA2 (схеми включення мікросхем типові).

R1C2, R2C1, R10C14, R11C15 – це RC-фільтри, їхня функція – «очищення» сигналу звукової частоти. Конденсатори C3-C7 для корекції роботи DA1, C12, C13 – конденсатори-фільтри стабілізованої напруги живлення мікросхеми DA3. Функція резисторів R4-R7 – регулювання гучності, тембру (НЧ та ВЧ), а також стереобалансу.

Застосування в якості підсилювача потужності мікросхеми TDA1555Q дозволило використати вбудований "детектор спотворень" при

перевантаженні підсилювача на вході. Окрім того, ця мікросхема має захист як від перенавантаження так і перегріву, «переполусовки» і короткого замикання на навантаженні.

Мікросхема DA1 (TDA1524A) живиться від стабілізованого джерела живлення, яке побудоване на стабілізаторі DA3 (KP142EH8Б), що підвищує надійність підсилювача і дає можливість в широких межах вибирати напругу живлення підсилювача потужності. Підсилювач потужності та стабілізатор DA3 живляться від вторинного не стабілізованого джерела живлення.

1.4. ПІДСИЛЮВАЧ ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ

Доцільно використовувати обмежену кількість інтегральних елементів, прикладом тому є наступна схема підсилювача ЗЧ. [4]

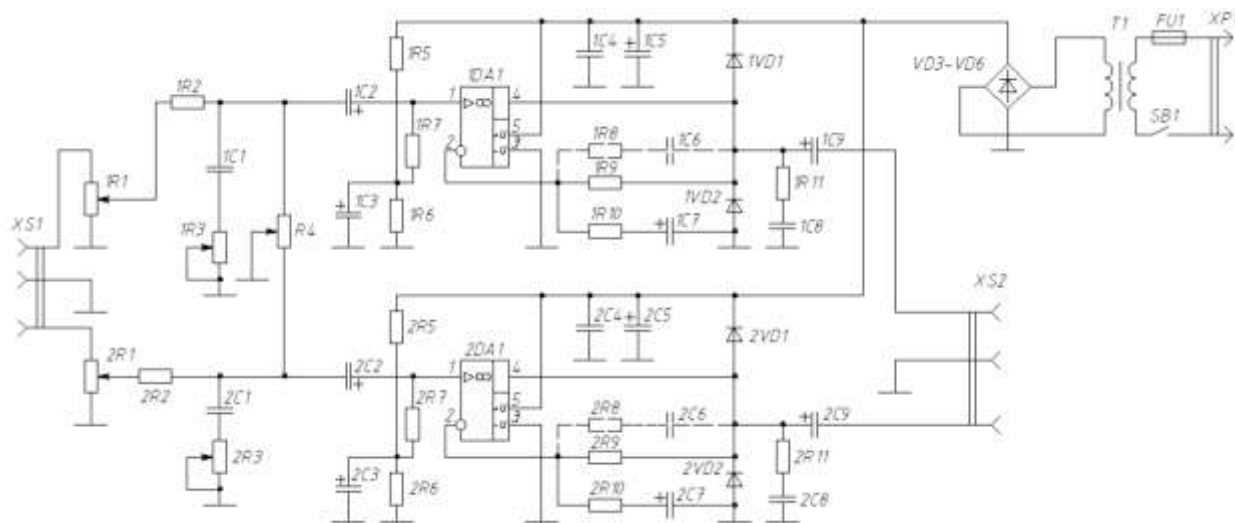


Рис. 4. Схема електрична принципова підсилювача ЗЧ [4]

Основу підсилювача складають дві аналогові мікросхеми K174УН19 (DA1), кожна з яких представляє собою багатокаскадний підсилювач потужності звукової частоти з номінальною вихідною потужністю 15 Вт при навантаженні 4 Ом і призначена для застосування в високоякісній звуковідтворювальній та телевізійній апаратурі. Вона стійка до теплових перевантажень та не виходить з ладу при замиканнях в колі навантаження.

Технічні характеристики підсилювача ЗЧ [4]

Діапазон частот, кГц

0,02 30

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ

Арк.

15

Коефіцієнт гармонік, на частоті 1 кГц, не більше,%,.....	1
Напруга шумів, мкВ, не більше.....	10
Вхідна напруга, мВ.....	250
Вхідний опір, кОм.....	150

Сигнал звукової частоти з лінійного виходу звуковідтворюючого пристрою подається на відповідні гнізда XS1 і далі через резистори R1, R2 та вхідний конденсатор C2 – на вхід (вивід 1) мікросхеми DA1. В цій вхідній ланці каналу змінний резистор R1 виконує функцію регулятора гучності, а змінний резистор R3 разом з конденсатором C1 – регулятора тембру. Чим менший буде опір резистора R3, тим помітніше на слух будуть «зрізатися» високі частоти підсиленого сигналу, а значить збільшується нижчий тембр звуку.

Підсилений мікросхемою DA1 сигнал ЗЧ, з її виходу (вивід 4) через оксидний конденсатор C9 поступає на гніздо XS2, до якого під'єднано акустичну систему.

Резистор R11 разом з конденсатором C8 утворюють коректуючу ланку, яка забезпечує підсилювачу стабільність роботи. Резистор R9 – елемент забезпечення потрібної глибини від'ємного зворотного зв'язку, що зменшує нелінійні спотворення та нерівномірність амплітудно-частотної характеристики каналу підсилювача.

Живиться підсилювач від не стабілізованого джерела живлення.

Аналіз вище приведених схем дозволив визначити підхід до проектування підсилювача потужності, який би задовольняв параметри поставлені в технічному завданні.

1.5. ПІДСИЛЮВАЧ НА МС К174УН7

Двоканальний підсилювач коливань звукової частоти [5], який би забезпечив стереофонічне звучання музики в домашніх умовах або в автомобілі (наприклад, від плеєра).

Технічні характеристики [5]

1. Напруга мережі живлення, В	220
2. Робочий діапазон звукових частот, Гц	40 ... 20000
3. Вихідна потужність каналу, на навантаженні опором 4 Ом, Вт	2
4. Номінальна напруга вхідного сигналу, мВ	250
5. Коефіцієнт гармонік на частоті 1 кГц, %, не більше	1
6. Чутливість, мВ	250
7. Кількість смуг еквайзера.....	5
8. Діапазон регулювання.....	13...+14дБ
9. Діапазон регулювання гучності	94...0 дБ
10. Діапазон регулювання балансу	66...0 дБ
11. Коефіцієнт гармонік	0,25%
12. Відношення сигнал/шум	93 дБ

Джерелом живлення підсилювача може бути батарея, складена з восьми гальванічних елементів 373 або 343, з'єднаних послідовно, або мережевий блок живлення з вихідною напругою живлення 9 В, а навантаженнями каналів – динамічні головки прямого випромінювання потужністю 2 Вт зі звуковими котушками опором 4 Ом. Струм, споживаний підсилювачем у відсутності вхідного сигналу (струм спокою), не перевищує 40 мА, а середній при найбільшій гучності – 250 ... 300 мА.

Підсилювач зберігає працездатність при зниженні напруги джерела живлення до 6 В. При цьому відповідно знижується і вихідна потужність кожного з його каналів.

Принципова схема підсилювача показана на рис. 5.

поступає на гнізда 1-2 роз'єму XS1 і далі через резистори 1R1, 1R2, конденсатор 1C2 на вхід (вивід 8) мікросхеми 1DA1. У цей вхідний ланцюг каналу змінний резистор 1R1 виконує функцію регулятора гучності, а змінний резистор 1R3 взаємно з конденсатором 1C1 – регулятора тембру. Чим менше буде опір резистора 1R3, тим помітніше на слух «зрізаються» вищі звукові частоти підсилюється сигналу, тим нижче тембр звуку. Сигнал ЗЧ, підсилений мікросхемою 1DA1, з її виходу (вивід 12) через оксидний конденсатор 1C9 надходить на вихідний роз'єм XS2, куди підключається акустична система і перетворить електричний сигнал у звук.

Оксидний конденсатор 1C7, включений між виходом мікросхеми 1DA1 і навантажувальним резистором 1R6 його перед кінцевого каскаду (вивід 4), служить для більш повного використання по потужності вихідного двотактного каскаду. Конденсатор 1C3 входить в розв'язуючий фільтр в ланцюзі живлення транзисторів вихідного каскаду мікросхеми. Резистор 1R9 і конденсатор 1C4 утворюють ланцюг негативного зворотного зв'язку, визначаючи коефіцієнт підсилення мікросхеми. Резистор R8 і конденсатор 1C8 – коригуючий ланцюг, забезпечує підсилювачу стійкість роботи. Резистор 1R7 – елемент забезпечення потрібної глибини негативного зворотного зв'язку, що зменшує нелінійні спотворення і нерівномірність амплітудно-частотної характеристики каналу підсилювача.

Змінний резистор R4, включений між входами каналів підсилювача, - регулятор стерео балансу. При переміщенні його движка, поєднаного з загальним («заземленим») провідником підсилювача, у бік входу лівого каналу гучність звучання цього каналу зменшується, а гучномовця правого каналу збільшується, і навпаки. Движок цього резистора встановлюють у таке положення, при якому рівень гучності гучномовців обох каналів був би однаковим, інакше ефект об'ємності звучання музики або голосу виконавця пісні пропадає.

Основу підсилювача складає мікросхема K174УН7 [6]. Вона представляє собою підсилювач потужності звукової частоти з номінальною вихідною

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						19
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужністю 4,5 Вт при навантаженні 4 Ом і напрузі джерела живлення не більше 15 В. Призначена для застосування в високоякісній звуковідтворювальній та телевізійній апаратурі. Вона стійка до теплових перевантажень та не виходить з ладу при замиканнях в колі навантаження. Мікросхема під час роботи нагрівається до 60...70 °С. Щоб вона не вийшла з ладу через неприпустимий перегрів, на її тепловідвідні пластини встановлено додатковий радіатор.



Рис. 6. Розташування і призначення виводів ІМС К174УН7

На рис. 7 показаний корпус ІМС К174УН7

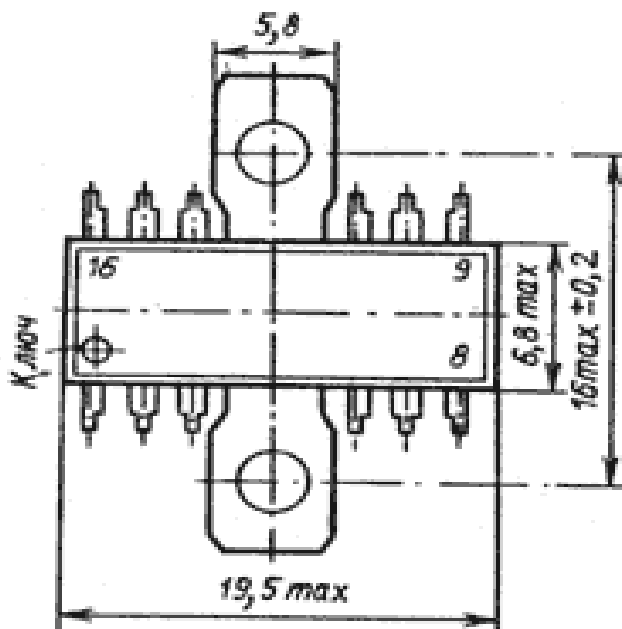


Рис. 7 Корпус ІМС К174УН7

Електричні параметри ІМС К174УН7 наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Параметри мікросхеми К174УН7

$P_{\text{вих}}, \text{Вт, при}$ $R_{\text{н}} 4 \text{ Ом}$	$R_{\text{н}}, \text{Ом}$	Діапазон частот, кГц	$K_{\text{г}}, \%$, не більше	$I_{\text{сп}}, \text{мА, при } U_{\text{вх}}=0,$ не більше	$U_{\text{ж}}, \text{В}$
4,5	4	0,04...20	2	20	3...18

При роботі ІМС в типовому включення коефіцієнт гармонік $K_{\text{г}}$ становить від 1 до 10%. При включенні мікросхеми за покращеною схемою можна помітно знизити коефіцієнт гармонік. У цьому випадку в залежності від екземпляра ІМС коефіцієнт гармонік на частоті 1000 Гц має значення в інтервалі від 0,03 до 0,06%. Спотворення знижені завдяки зміні глибини зовнішнього негативного зворотного зв'язку. Щоб зменшити коефіцієнт гармонік на високих частотах в декілька разів повинна бути зменшена ємність конденсатора між виводами 5, 12 і видалений конденсатор, включений між загальним проводом і виводом 5. Однак це може привести до самозбудження окремих ІМС. У цьому випадку слід піти на компроміс, включивши між загальним проводом і виводом 5 конденсатор ємністю 330 пФ, що, збільшить коефіцієнт гармонік. У новому варіанті включення ІМС змінена також ланцюг навантаження, що зменшує кількість конденсаторів. Коефіцієнт гармонік на частоті 20 кГц в залежності від екземпляра ІМС має значення в інтервалі від 0,1 до 0,2%.

1.6. П'ЯТИСМУГОВИЙ ГРАФІЧНИЙ СТЕРЕО ЕКВАЛАЙЗЕР НА МС СХА1352АS

Для компенсації та корекції амплітудно-частотних характеристики (АЧХ) звукових сигналів в звуковідтворюючій апаратурі застосовують різні схеми обробки сигналу.

Найбільш прості з них – регулятори тембру високих та низьких частот. Більш складні – трьох-, п'яти-, десяти- і навіть двадцятисмугові еквалайзери,

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						21
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які дозволяють коригувати АЧХ відтворюваного сигналу практичну у всієї смузі відтворюваних частот.

На рис. 8 приведена схема двоканального п'ятисмугового графічного еквайзера з регулюванням гучності та балансу [7].

Еквайзер розроблений фірмою Sony для застосування в переносній та стаціонарній звуковідтворюючій апаратурі середнього та високого класів.

Призначення виводів мікросхеми СХА1352АS приведено в таблиці 2, а основні технічні характеристики – в таблиці 3.

Таблиця 2. Призначення виводів мікросхеми СХА1352АS

Номер виводу	Призначення
1	Вхід напруги регулювання тембру (400 Гц)
2	Вхід напруги регулювання тембру (100 Гц)
3	Вхід напруги регулювання балансу
4	Вхід напруги регулювання гучності
5	Розв'язуючий конденсатор
6	Вхід графічного еквайзера
7	Загальний
8	Лінійний вихід
9	Вихід графічного еквайзера
10	Регулюємий вихід графічного еквайзера
11	Резистор джерела струму
12	Вихід опорної напруги
13	Регулюємий вихід графічного еквайзера
14	Вихід графічного еквайзера
15	Лінійний вихід
16	Напруга живлення 8 В
17	Вхід графічного еквайзера

18	Розв'язуючий конденсатор
19	Напруга живлення 5 В
20	Вхід напруги регулювання тембру (10 кГц)
21	Вхід напруги регулювання тембру (4 кГц)
22	Вхід напруги регулювання тембру (1 кГц)

Таблиця 3. Основні технічні характеристики мікросхеми СХА1352АS

Параметр	Значення
Температурний діапазон, °С	-20...+75
Uж, В	4-10
Iж, мА	8-16
Діапазон регулювання 400 Гц, 1 кГц, 4 кГц, дБ	-13...+14
Діапазон регулювання 100 Гц, 10 кГц, дБ	-12...+14
Регулювання гучності, дБ	-94...0
Регулювання балансу, дБ	-66...0
Коефіцієнт гармонік, %	1

Схема ввімкнення еквайзера представлена на рис. 8.

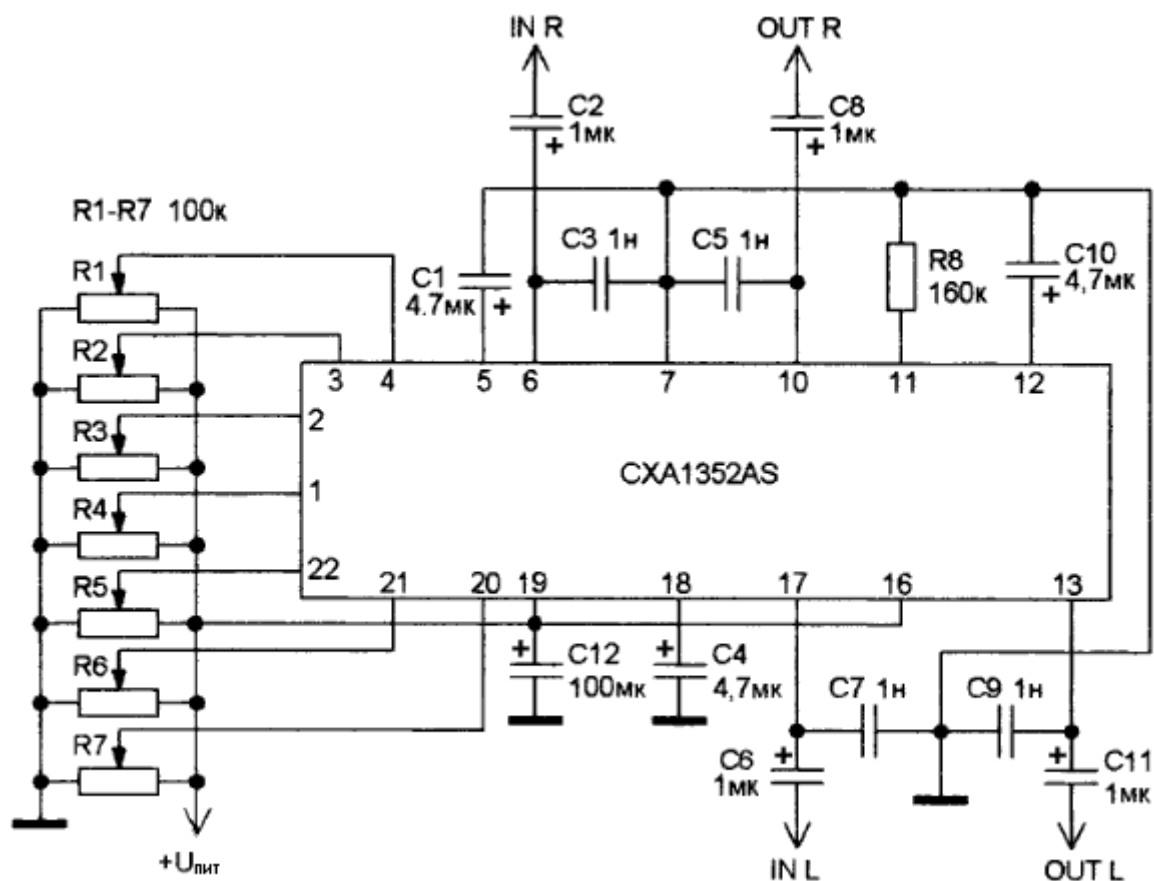


Рис. 8. Схема ввімкнення еквайзера CXA1352AS [7]

1.7. П'ЯТИСМУГОВИЙ ГРАФІЧНИЙ ЕКВАЛАЙЗЕР НА МС LA3600

Застосовується в автомобільній та переносній звуковідтворюючій апаратурі. Призначений для регулювання тембру в п'яти діапазонах.

Особливості:

5-смуговий еквайзер на одній мікросхемі;

Частоти кожного каналу встановлюються незалежно зовнішніми конденсаторами та змінними резисторами;

Можливе каскадне ввімкнення двох еквайзерів (від 6 до 10 каналів).

Граничні значення параметрів мікросхеми LA3600 приведені в таблиці 4, типові – в таблиці 5.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
----	------	----------	--------	------

Таблиця 4. Граничні значення параметрів мікросхеми LA3600 при температурі 25°C

Параметр	Позначення	Граничне значення	Одиниця вимірювання
Напруга живлення	$U_{\text{Ж макс}}$	20	В
Потужність розсіювання	$P_{\text{роз макс}}$	300	мВт
Робоча температура	$T_{\text{роб}}$	-20...+75	°C
Температура зберігання	$T_{\text{збер}}$	-40...+125	°C

Таблиця 5. Рекомендовані значення параметрів мікросхеми LA3600

Параметр	Позначення	Мін.	Сер.	Макс.	Одиниця вимірювання	Застосування
Напруга живлення	$U_{\text{ж}}$	-	8	20	В	
Вхідна напруга	$U_{\text{вх}}$	5	10	15	В	
Струм споживання	$I_{\text{спож}}$	3	5	8	мА	В режимі очікування
Коефіцієнт підсилення	-	8	10	12	дБ	F=0,1-10 Гц
Коефіцієнт подавлення	-	-12	-10	-8	дБ	F=0,1-10 Гц
Коефіцієнт гармонік	$K_{\text{Г}}$	-	0,03	0,1	%	$U_{\text{вих}}=1\text{В}$, F=1кГц
Напруга шумів на виході	$U_{\text{ШУМА}}$	-	2,00	20	мкВ	F=10-30 Гц

Схема ввімкнення еквалайзера зображена на рис. 9.

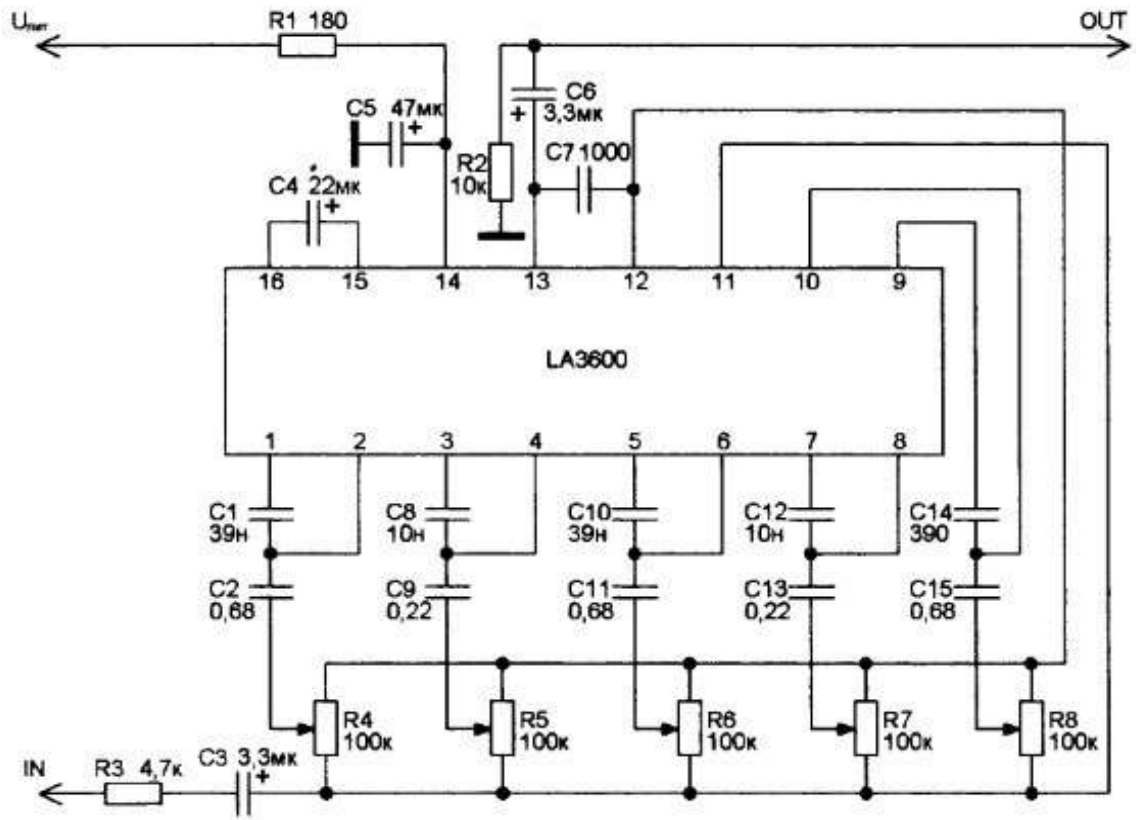


Рис. 9. Схема ввімкнення еквайзера LA3600 [7]

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОГО ЗАВДАННЯ

Завданням даної роботи є розробити та спроектувати підсилювач низької частоти стереонавушників.

Перед початком розробки пристрою, необхідно звернутись до літератури, для перегляду переваг і недоліків усіх можливих модифікацій для даного підсилювача. Також потрібно переглянути попередні версії. Це дасть можливість проаналізувати принцип роботи.

Маючи загальне уявлення про підсилювач, який розробляється можна на основі технічної літератури, розробити найбільш підходящий пристрій. Так як розроблювальний пристрій – підсилювача низької частоти (НЧ), то на основі цього можна проглянувши попередні модифікації можливо усунути всі недоліки.

Переглядаючи попередні схеми підсилювачів НЧ, було підмічено той факт, що більшість підсилювачів НЧ виконанні у такому плані, де головним елементом є транзистор та інтегральні мікросхеми. Використання інтегральних мікросхем при побудові підсилювача дозволить зменшити габаритні розміри пристрою, зменшити трудоємність виготовлення, енергоспоживання та вартість пристрою.

Як вхідний каскад підсилювача використовують резистивний підсилювач на мікросхемі ОП. З метою одержання основного підсилення сигналу, яке здійснюється проміжним каскадом, використовують мікросхему, отже саме вона володіє найбільшим коефіцієнтом підсилення.

Згідно технічного завдання необхідно забезпечити наступні характеристики:

Технічні дані

1. Напруга мережі живлення, 50 Гц 220 В
2. Вихідна потужність/ на канал, не менше 1,0Вт
3. Навантаження на виході, не більше 50 Ом

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Частотний діапазон60 Гц-20 кГц
5. Регулювання гучності, не менше..... 40 дБ
6. Регулювання амплітуди сигналу на частотах 80 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 8 кГц, 14 кГц, не гірше ±12 дБ
7. Коефіцієнт нелінійних спотворень, не більше 1,0 %
8. Чутливість по входу, не менше 100,0 мВ
9. Вхідний опір, не менше 10 кОм

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Серед розглянутих схем підсилювача низької частоти широкого застосування набули підсилювачі на базі мікросхем. Використання мікросхем дає змогу створювати якісніші підсилювачі за параметрами та характеристиками. Використання мікросхеми в даному пристрої дає змогу різко підвищити функціональні можливості.

Також мікросхема дозволяє зменшити набагато розміри плати. Головна особливість забезпечує повноцінний ввід – вивід звукової інформації, з мінімальними спотвореннями форми вихідного сигналу. Головна функція мікросхеми є – підсилення потужності пристрою.

Структурна схема при синтезі концентрує в собі все найбільш важливе і істотне про склад, структуру і функції підсилювача. На структурній схемі зображують звичайно у вигляді прямокутників всі основні структурні вузли підсилювача і основні взаємозв'язки між ними.

Перевагою структурної схеми при вивченні електронного пристрою є те, що по ній можна швидко одержати представлення про склад, структуру і виконання функції, не звертаючи уваги на схемну реалізацію, його функціональних частин.

При розробці структурної схеми, потрібно враховувати недоліки різних схем підсилювачів.

Розглянемо принцип роботи підсилювача за структурною схемою, що зображена на рис. 10. (Додаток А).

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристроїв, як регулятори, частотні коректори, включаючи схеми зі зворотним зв'язком.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Інтегральна мікросхема TDA2S24S фірми Philips виконана в корпусі SIL представляє собою двоканальний (стереофонічний) підсилювач потужності низької частоти. [8]

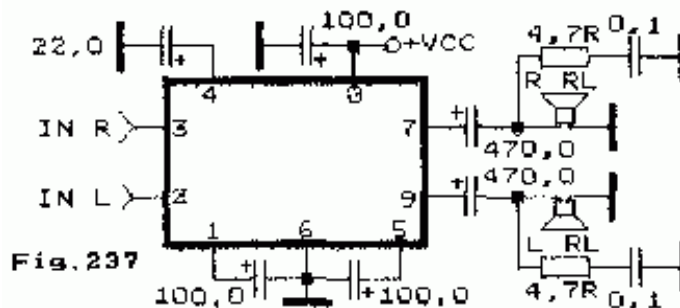


Рис. 12. Принципова схема підсилювача на мікросхемі TDA2824S [8]

Призначена для використання в магнітофонах, електрофонах, телевізійних та радіоприймачах, іншої аудіоапаратури середнього класу.

В мікросхему вбудований захист від короткого замикання в навантаження та термозахист. Для отримання максимальної вихідної потужності мікросхему необхідно встановити на радіатор.

Інтегральна мікросхема HA1325 фірми Hitachi виконана в корпусі TABS3 з 12 виводами та представляє собою підсилювач потужності низької частоти. [8]

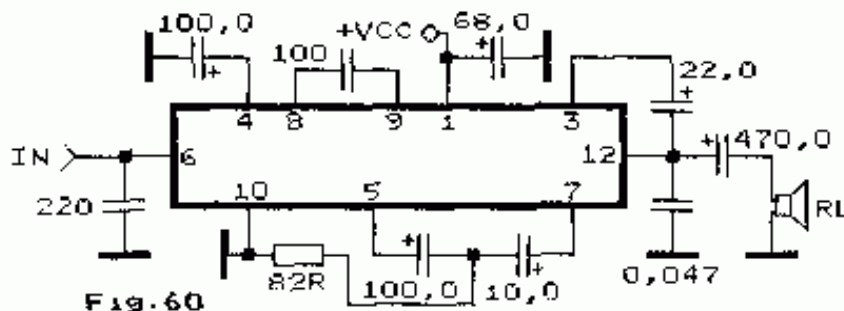


Рис. 13. Схема ввімкнення мікросхеми HA1325 [8]

TDA7052 – мікросхема малопотужного монофонічного підсилювача низької частоти. [15]

Живлення мікросхеми TDA7052 однополярне.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
----	------	----------	--------	------

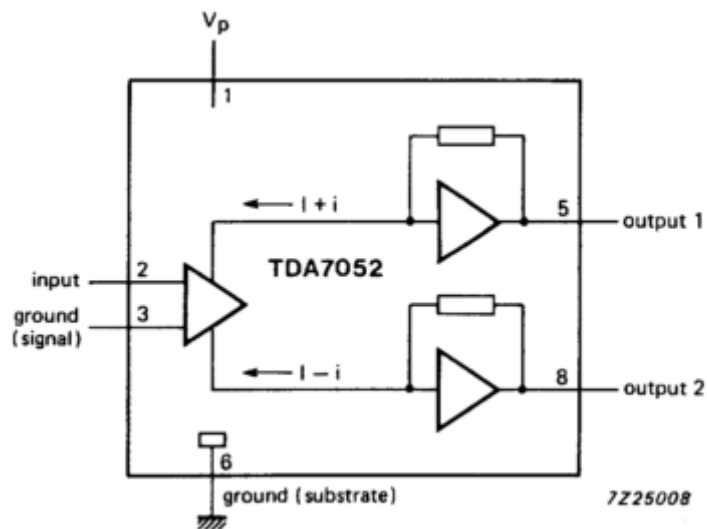


Рис. 14. Блок-схема мікросхеми TDA7052 [9]

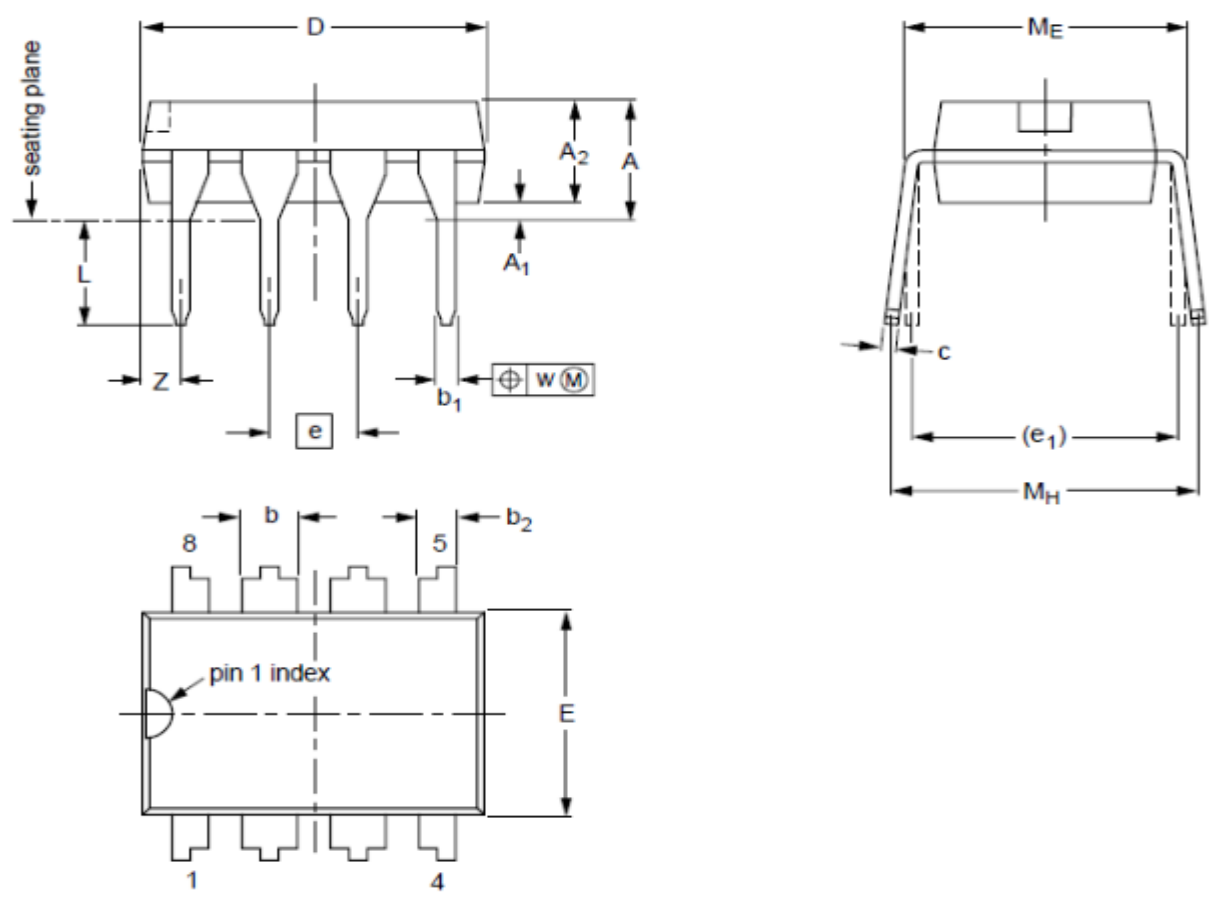


Рис. 15. Зовнішній вигляд мікросхеми TDA7052 (Корпус DIP-8) [9]

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
----	------	----------	--------	------

Таблиця 6. Розміри мікросхеми TDA7052

UNIT	A max.	A ₁ min.	A ₂ max.	b	b ₁	b ₂	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	e ₁	L	M _E	M _H	w	Z ⁽¹⁾ max.
mm	4.2	0.51	3.2	1.73 1.14	0.53 0.36	1.07 0.89	0.36 0.23	9.8 9.2	6.48 6.20	2.54	7.62	3.60 3.05	8.25 7.80	10.0 8.3	0.254	1.15
inches	0.17	0.020	0.13	0.068 0.045	0.021 0.015	0.042 0.035	0.014 0.009	0.39 0.36	0.26 0.24	0.10	0.30	0.14 0.12	0.32 0.31	0.39 0.33	0.01	0.045

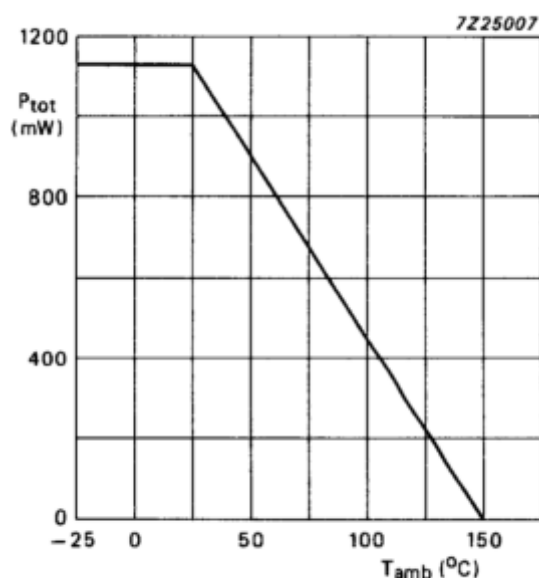


Рис. 16. Крива зменшення потужності при тепловому навантаженні [9]

Таблиця 7. Порівняльна таблиця мікросхем

Параметр	TDA7052	BA514	TDA2824S	HA1325
Напруга живлення, В	3-18	5-14	3-16	8-14
Максимальна вихідна потужність, Вт	1,2	2	1,8	2
Номінальний коефіцієнт підсилення, дБ	40	50	48	46
Струм споживання в режимі спокою, мА	4	15	6	30
Діапазон робочих температур, °C	-40...+85	-25...+75	-15...+65	-15...+75
Вхідний опір, кОм	25	200	100	150
Частотний діапазон, кГц	0,2-30	0,4-18	0,3-18	0,3-18
Коефіцієнт гармонік, %	0,2-1,0	0,25	0,25	0,3

Аналізуючи аналоги різних схем підсилювачів та еквайзерів, які задовольняють технічним вимогам обрано: 5-ти смуговий еквайзер на

Двоканальний п'ятисмуговий графічний еквалайзер з регулюванням гучності та балансу. Еквалайзер розроблений для застосування в переносній та стаціонарній звуковідтворюючій апаратурі середнього та високого класів.

З допомогою регуляторів R1-R5 можна регулювати тембр сигналу на частотах 80 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 8 кГц, 14 кГц. Змінний резистор R7 призначення для регулювання балансу, а резистор R8 – для регулювання гучності.

Вихідний сигнал знімається з виходу мікросхеми DA2, DA3 (виводи 5 та 8).

Живлення підсилювача НЧ стереонавушників здійснюється з використанням стабілізатора напруги в інтегральному виконанні на базі мікросхеми L7809 (DA4) з напругою стабілізації 9 Вольт, діодного випрямляючого моста VD1 та згладжуючи конденсаторів C21 та C22.

Перелік елементів приведено у Додатку В.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

3.3. РОЗРАХУНКИ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ, ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ

В цьому розділі розраховане стабілізоване джерело живлення за методикою [10].

Джерело живлення складається з таких функціональних блоків: трансформатор, випрямляч, ємнісний фільтр та стабілізатор.

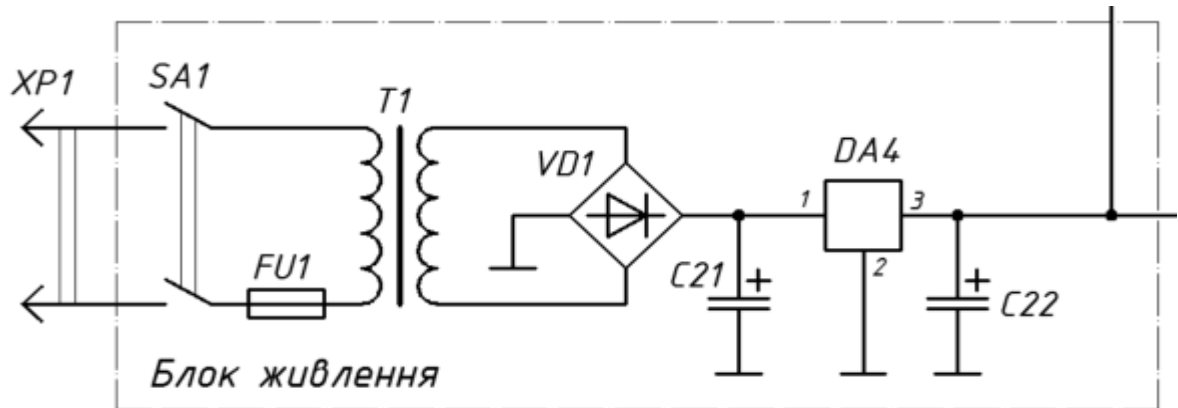


Рис. 18. Схема електрична принципова джерела живлення
Розрахунок трансформатора ОЛ 22х20

1. Знаходимо площу осердя за формулою:

$$S_{oc} = 0,9 * a * b, \quad (3.3.1)$$

де a – товщина набору стрічки;

b – ширина стрічки;

0,9 – коефіцієнт пропорційності, який залежить від товщини ізоляційного (окисного) шару між шарами намотки стрічки.

$$S_{oc} = 0,9 * 2,0 * 2,2 = 3,96(\text{см}^2)$$

2. Знаходимо потужність осердя трансформатора за формулою:

$$P_{mp} = \left(\frac{S_{oc}}{1,2} \right)^2, \quad (3.3.2)$$

де 1,2 – коефіцієнт пропорційності, який залежить від потужності трансформатора при $P < 100$ Вт.

$$P_{mp} = \left(\frac{3,96(\text{см}^2)}{1,2} \right)^2 = 10,9(\text{Вт})$$

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
----	------	----------	--------	------

3. Підрахуємо кількість витків первинної обмотки за формулою:

$$N_1 = \frac{30}{S_{oc}} * U_1, \quad (3.3.3)$$

де 30 – коефіцієнт пропорційності, який залежить від марки і конфігурації осердя.

$$N_1 = \frac{30}{3,96(\text{см}^2)} * 220\text{В} = 2223\text{витків}$$

4. Підрахуємо кількість витків вторинної обмотки за формулою:

$$N_2 = \frac{1,1 * 30}{S_{oc}} * U_2, \quad (3.3.4)$$

де 1,1 – коефіцієнт пропорційності, який показує, що вся потужність не може передатися на вторинну обмотку;

30 – коефіцієнт пропорційності, який залежить від марки і типу осердя.

$$N_2 = \frac{1,1 * 30}{3,96(\text{см}^2)} * 12,0\text{В} = 133\text{витків}$$

5. Знайдемо струм первинної обмотки по формулі:

$$I_1 = \frac{P_{mp}}{U_1} * 1000(\text{mA}) \quad (3.3.5)$$

$$I_1 = \frac{10,9\text{Вт}}{220\text{В}} * 1000(\text{mA}) = 49,5(\text{mA})$$

6. Знаходимо діаметр проводу для первинної обмотки за формулою:

$$d_1 = 0,025 * \sqrt{I_1}, \quad (3.3.6)$$

де 0,025 – коефіцієнт пропорційності.

$$d_1 = 0,025 * \sqrt{49,5(\text{mA})} = 0,18(\text{мм})$$

7. Знайдемо струм вторинної обмотки за формулою:

$$I_2 = \frac{P_{mp}}{U_2} * 1000(\text{mA}) \quad (3.3.7)$$

$$I_2 = \frac{10,9\text{Вт}}{12\text{В}} * 1000(\text{mA}) = 910(\text{mA})$$

8. Знаходимо діаметр проводу для вторинної обмотки за формулою:

$$d_2 = 0,025 * \sqrt{I_2} \quad (3.3.8)$$

$$d_2 = 0,025 * \sqrt{910\text{mA}} = 0,75(\text{мм})$$

					КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ	Арк.
						39
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, після проведеного розрахунку трансформатора ми отримали дані, які знаходяться в таблиці 8:

Таблиця 8. Обмоткові дані трансформатора

№ обмотки	№ виводу	Кількість витків	Марка і діаметр проводу	Напруга, В
I	1-2	2223	ПЭТВ-2 0,18	220
II	3-4	133	ПЭТВ-2 0,75	12
Осердя трансформатора ОЛ 22x20				

Розрахунок випрямляча з ємнісним навантаженням

Характеризується вибором та аналізом роботи елементів та схеми в цілому шляхом забезпечення основних параметрів з використанням розрахункових даних:

- Випрямлена напруга $U_0=12В$
- Випрямлений струм $I_0=800mA$
- Коефіцієнт пульсацій на вході фільтра $K_{по}=0,1$
- Напруга живлення $U_{ж}=220В$
- Частота мережі живлення $f=50Гц$

1. Знаходимо значення зворотної напруги за формулою:

$$U_{зв} = 1,5 * U_0 = 1,5 * 12В = 18В \quad (3.3.9)$$

2. Знаходимо значення середнього струму за формулою:

$$I_{cp} = \frac{I_0}{2} = \frac{800mA}{2} = 0,4A \quad (3.3.10)$$

3. Знаходимо значення амплітудного струму за формулою:

$$I_m = 3,5 * I_0 = 3,5 * 0,8A = 2,8A \quad (3.3.11)$$

4. Знаходимо опір навантаження випрямляча за формулою:

$$R_H = \frac{U_0}{I_0} = \frac{12В}{0,8A} = 15\Omega \quad (3.3.12)$$

5. Вибираємо діодний міст КЦ405А

$$U_{зв.макс}=1000В$$

$$U_{пр}=1В$$

$$I_{пр}=2,5А$$

					КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ	Арк.
						40
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Вибираємо значення опору обмоток трансформатора в залежності від потужності:

$$r_{mp} = 0,08 * R_H = 0,08 * 150M = 1,20M \quad (3.3.13)$$

7. Знаходимо прямий опір випрямляючого діода за формулою:

$$r_{np} = \frac{U_{np}}{3 * I_{cp}}, \quad (3.3.14)$$

де U_{np} – постійна пряма напруга.

$$r_{np} = \frac{1B}{3 * 0,4A} = 0,80M$$

8. Визначаємо активний опір фази випрямляча:

$$r = r_{mp} + 2 * r_{np} = 1,20M + 2 * 0,80M = 2,80M \quad (3.3.15)$$

9. Визначаємо основний розрахунковий коефіцієнт за формулою:

$$A = 1,6 * \frac{r}{R_H} = 1,6 * \frac{2,80M}{150M} = 0,3 \quad (3.3.16)$$

10. За допомогою графіка 1 знаходимо допоміжні коефіцієнти

$$B \approx 1$$

$$D \approx 2,1$$

$$F \approx 5,5$$

11. За допомогою графіка 2 знаходимо допоміжний коефіцієнт $H \approx 470$

12. Знаходимо $U_{2x} = BU_0 = 1 * 12B = 12B \quad (3.3.17)$

13. Знаходимо $U_{3x} = 1,4 * U_{2x} = 1,4 * 12B = 16,8B \quad (3.3.18)$

14. Знаходимо $I_m = 0,5 * F * I_0 = 0,5 * 5,5 * 0,8A = 2,2A \quad (3.3.19)$

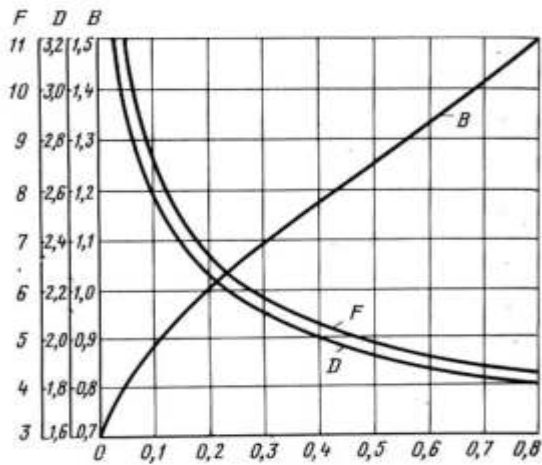
15. Діодний міст вибраний правильно.

16. Визначаємо I_2 :

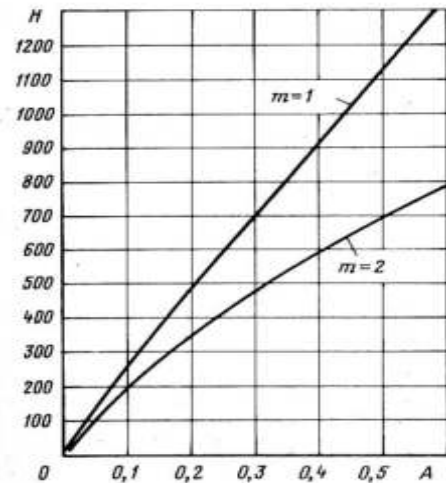
$$I_2 = \frac{D * I_0}{\sqrt{2}} = \frac{2,1 * 0,8A}{\sqrt{2}} = 1,19A \quad (3.3.20)$$

17. $C_0 = \frac{H}{r * K_{no}} = \frac{470}{2,8 * 0,1} = 1678 \mu\text{кФ} \quad (3.3.21)$

Вибираємо ємність C_0 з ряду номінальних ємностей: 2200μкФ.



графік 1



графік 2

В якості стабілізатора напруги використана мікросхема L7809 з напругою стабілізації 9 Вольт.

Мікросхема L7809 [11] представляє собою стабілізатор напруги з вихідною напругою 9,0 В позитивної полярності. Призначена для стабілізації позитивно фіксованої напруги у вузлах та блоках апаратури широкого застосування. Має вбудований захист від перегріву та вбудований односкатний захист від перевантажень. Корпус TO-220.

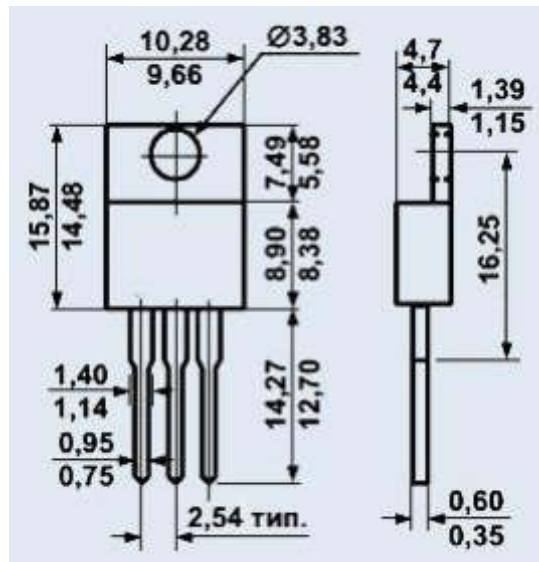


Рис. 19. Зовнішній вигляд мікросхеми L7809 [12]

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 9. Електричні характеристики мікросхеми L7809 [13]

Table 6. Electrical characteristics of L7809A ($V_I = 15V$, $I_O = 1A$, $T_J = 0$ to $150^\circ C$ (L7809AC), $T_J = -40$ to $125^\circ C$ (L7809AB), unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output voltage	$T_J = 25^\circ C$	8.82	9	9.18	V
V_O	Output voltage	$I_O = 5mA$ to $1A$, $P_O \leq 5W$ $V_I = 10.6$ to $23V$	8.65	9	9.35	V
$\Delta V_O^{(1)}$	Line regulation	$V_I = 10.6$ to $25V$, $I_O = 500$ mA		12	90	mV
		$V_I = 11$ to $17V$		15	90	mV
		$V_I = 11$ to $17V$, $T_J = 25^\circ C$		5	45	mV
		$V_I = 10.4$ to $23V$, $T_J = 25^\circ C$		12	90	mV
$\Delta V_O^{(1)}$	Load regulation	$I_O = 5mA$ to $1A$		25	100	mV
		$I_O = 5mA$ to $1.5A$, $T_J = 25^\circ C$		30	100	V
		$I_O = 250$ to $750mA$		10	50	V
I_q	Quiescent current	$T_J = 25^\circ C$		4.3	6	mA
					6	mA
ΔI_q	Quiescent current change	$V_I = 11$ to $25V$, $I_O = 500$ mA			0.8	mA
		$V_I = 10.6$ to $23V$, $T_J = 25^\circ C$			0.8	mA
		$I_O = 5mA$ to $1A$			0.5	mA
SVR	Supply voltage rejection	$V_I = 11.5$ to $21.5V$, $f = 120Hz$, $I_O = 500mA$		61		dB
V_d	Dropout voltage	$I_O = 1A$, $T_J = 25^\circ C$		2		V
eN	Output noise voltage	$T_A = 25^\circ C$, $B = 10Hz$ to $100KHz$		10		$\mu V/V_O$
R_O	Output resistance	$f = 1KHz$		18		m Ω
I_{sc}	Short circuit current	$V_I = 35V$, $T_A = 25^\circ C$		0.2		A
I_{scp}	Short circuit peak current	$T_J = 25^\circ C$		2.2		A
$\Delta V_O/\Delta T$	Output voltage drift			-0.8		mV/ $^\circ C$

Елементна база графічного еквалайзера, його конфігурація та параметри визначаються типом мікросхеми і вибираються за довідником до даної мікросхеми. [14]

Таблиця 10. Електричні характеристики мікросхеми СХА1353АS [14]

Electrical Characteristics

(Ta=25 °C, Vcc=8 V, DVcc=5 V)

No.	Item	Symbol	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
1	Supply voltage (operation)	V _{CC}		4.0	—	10.0	V
2	Supply voltage (control)	DV _{CC}		3.5	—	V _{CC}	V
3	Current consumption	I _{CC}	Graphic equalizer ALL FLAT, Volume MID	8.0	12.0	16.0	mA
4	Reference input level	V _{IN}		—	-34.0	—	dBm
5	Reference output level	V _{OUT}	Graphic equalizer ALL FLAT, Volume MAX, f=1 kHz	-23.0	-20.0	-17.0	dBm
6	Reference LINE output level	V _{LINE}	f=1 kHz	-6.5	-4.5	-2.5	dBm
7	Reference FIX output level	V _{FIX}	Graphic equalizer ALL FLAT, f=1 kHz	-23.0	-20.0	-17.0	dBm
8	Graphic equalizer setting frequency (1)	GEQ1	LPF cut off frequency (-3 dB)	—	200	—	Hz
9	Graphic equalizer setting frequency (2)	GEQ2	BPF (1) central frequency	—	400	—	Hz
10	Graphic equalizer setting frequency (3)	GEQ3	BPF (2) central frequency	—	1.0	—	kHz
11	Graphic equalizer setting frequency (4)	GEQ4	BPF (3) central frequency	—	4.0	—	kHz
12	Graphic equalizer setting frequency (5)	GEQ5	HPF cut off frequency (-3 dB)	—	8.0	—	kHz
13	Graphic equalizer frequency deviation	Δ EQ	Cut off frequency and central frequency deviation	-20	0	20	%
14	Maximum boost (1)	GEQB1	f=400 Hz, 1 kHz, 4 kHz maximum boost	9.0	11.2	14.0	dB
15	Maximum boost (2)	GEQB2	f=100 Hz, 10 kHz maximum boost	8.0	10.7	14.0	dB
16	Maximum cut (1)	GEQC1	f=400 Hz, 1 kHz, 4kHz maximum cut	-13.0	-10.7	-8.5	dB
17	Maximum cut (2)	GEQC2	f=100 Hz, 10 kHz maximum cut R _L =2 kΩ, Graphic equalizer	-12.0	-9.5	-7.0	dB
18	Total harmonic distortion	THD	ALL FLAT, Volume MAX, f=1 kHz, Reference +10 dB is input	—	0.25	1.0	%
19	Volume attenuation (1)	VOL1	Graphic equalizer ALL FLAT, Volume MAX, f=1 kHz	-1.5	0	1.5	dB
20	Volume attenuation (2)	VOL2	Graphic equalizer ALL FLAT, Volume MIN, f=1 kHz	—	-94.4	-80.0	dB
21	Balance adjustment (1)	BAL1	Graphic equalizer ALL FLAT, BAL=MAX, Volume MAX, f=1kHz	—	0	—	dB
22	Balance adjustment (2)	BAL2	Graphic equalizer ALL FLAT, BAL=MIN, Volume MAX, f=1kHz	—	-66	—	dB
23	Noise level	V _{NOIS}	R _g =5 kΩ, Graphic equalizer ALL FLAT, Volume MAX, "A" WTG filter	—	-93.1	-88.0	dB
24	Output offset voltage	V _{OFF}	Graphic equalizer ALL FLAT, Volume MAX	3.5	4.0	4.5	V

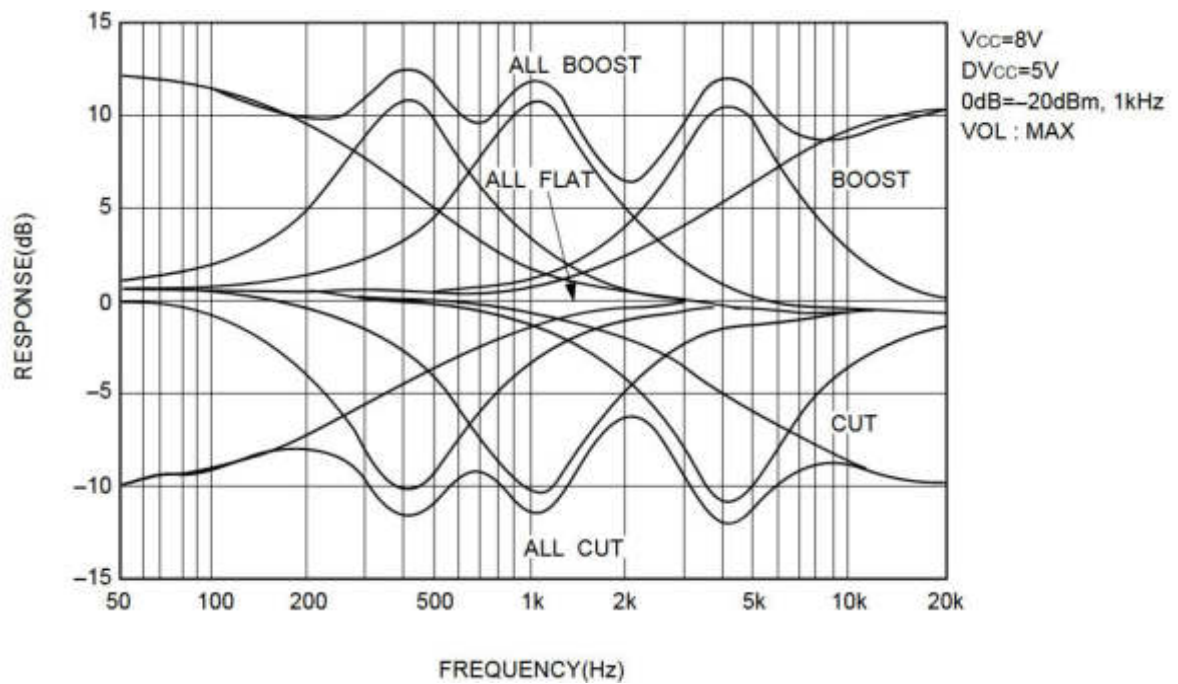


Рис. 22. Частотна характеристика еквайзера CXA1353AS [14]

Ідеалізована характеристика у всьому діапазоні частот зображена – ALL FLAT.

Можливості еквайзера по корекції АЧХ тракту звуковідтворення демонструються на рис. 22, де приведені графіки частотної залежності коефіцієнта передачі пристрою при крайніх положеннях змінних резисторів регулювання частоти 100 Гц, 400 Гц, 1 кГц, 4 кГц, 10 кГц.

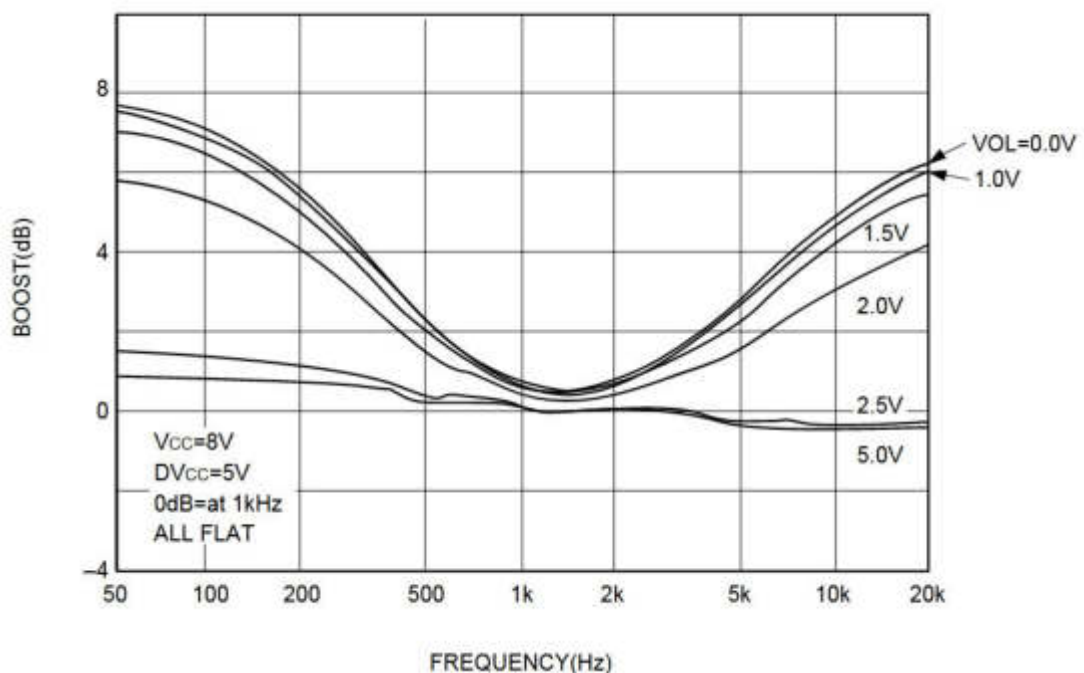
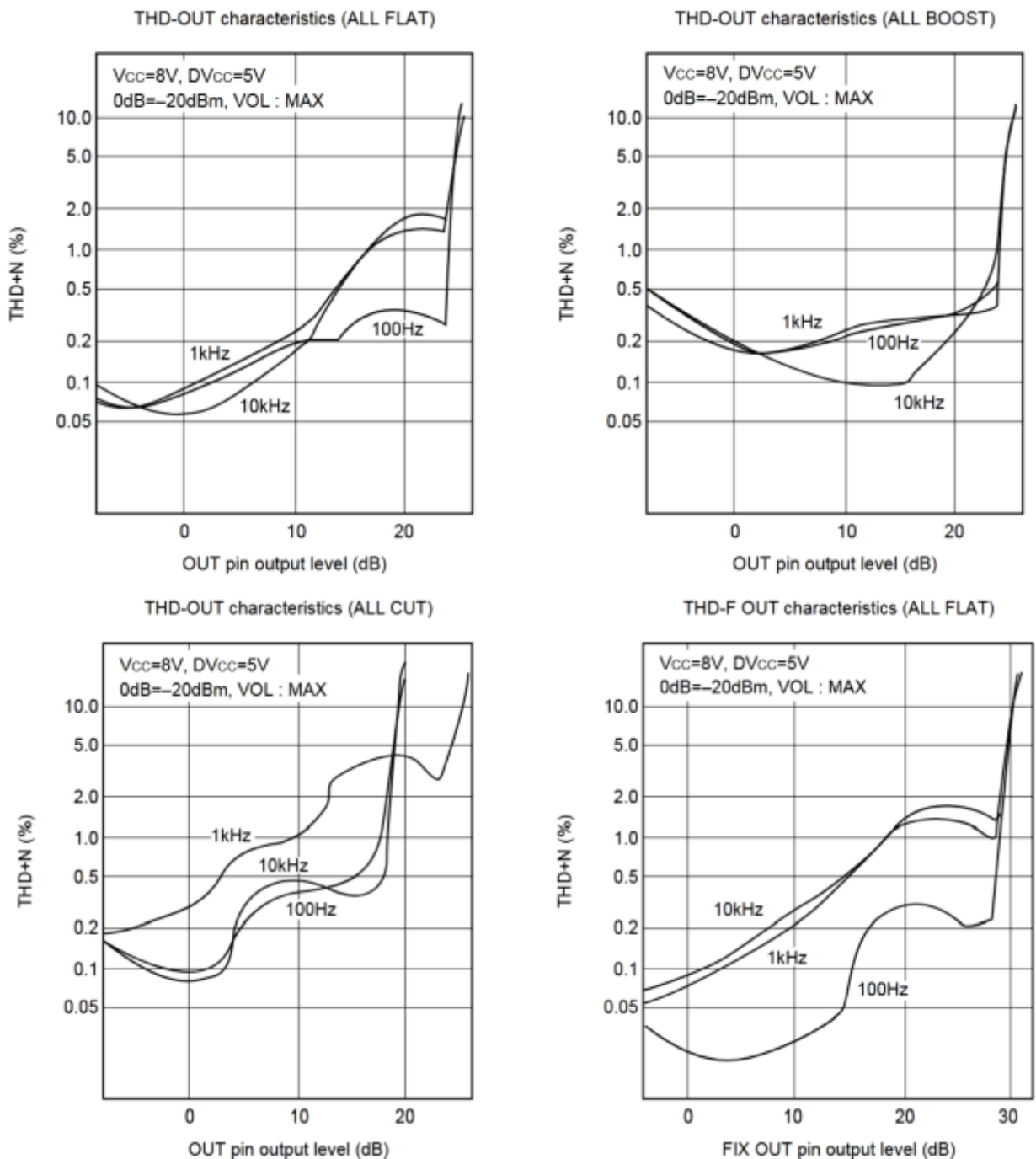


Рис. 23. Характеристика підсилення каналу по нижнім та вищим частотам [14]

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Формування на виході електричного сигналу, по формі в точності має повторювати вхідний сигнал. Необхідно, щоб в діапазоні частот від 60 Гц до 20 кГц амплітудно-частотна характеристика була максимально горизонтальна. Тому схема еквайзера дає нам можливість відрегулювати коефіцієнт підсилення на кожній з частот при різних рівнях гучності. На частоті 1 кГц коефіцієнт підсилення однаковий при різних рівнях гучності. На максимальній гучності характеристика практично має однаковий коефіцієнт підсилення у всьому частотному діапазоні.



Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
----	------	----------	--------	------

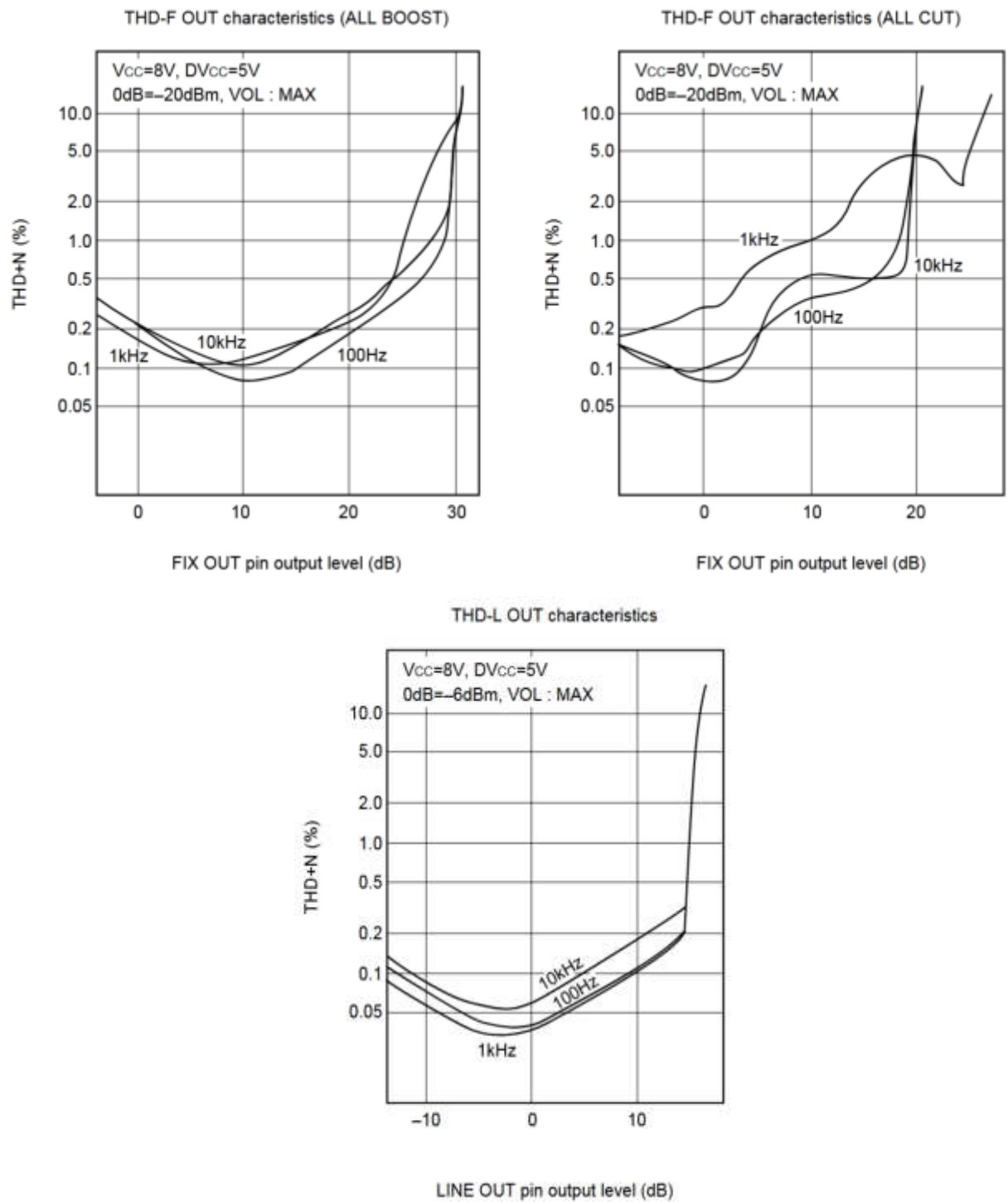


Рис. 24. Залежність коефіцієнту нелінійних спотворень від вихідного рівня [14]

Згідно рис. 24 при збільшенні вихідного сигналу на 12,5 dB відносно номінального коефіцієнт нелінійних спотворень різко зростає і стає більше 0,3 %.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В роботі [15] відмічається, що стабільність роботи підсилювачів залежить від типу зворотнього зв'язку, величини петльового підсилення та запасу фазового зсуву. Виробник домогся зміни амплітуди частотної характеристика на 28 dBm у діапазоні частот 100 Гц – 20 кГц. Збільшення підсилення приводить до суттєвого збільшення коефіцієнта нелінійних спотворень. Обмеження діапазону зміни амплітуди сигналу до 24-25 dBm приводить до зменшення коефіцієнта нелінійних спотворень до рівня 0.3 %.

Згідно принципової схеми змінні опори R_1 - R_5 дорівнюють 50 кОм, що забезпечують зміну амплітуди сигналу на 28 dBm.

$$28 \text{ dBm} = 20 \lg A_1 \text{ звідки визначимо } A_1 = 25, \text{ відповідно,}$$

$$25 \text{ dBm} = 20 \lg A_2, \text{ де } A_2 = 17$$

Обчислимо величину змінного опору при якій амплітуда сигналу не буде перевищувати 25 dBm.

$$R = \frac{(17 \cdot 50 \text{ кОм})}{25} = 36 \text{ кОм} \quad (3.3.22)$$

Для того, щоб не змінилась добротність резонансного контуру і не погіршилась лінійність АЧХ до змінного опору послідовно добавимо постійний резистор опором R_6 14 кОм, так що загальна величина опору зворотнього зв'язку дорівнює 50 кОм.

Розрахунок ємностей зворотного зв'язку

Згідно ТЗ задані частоти роботи еквалайзера – 80 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 8000 Гц та 14000 Гц. Виробник пропонує інші частоти 100 Гц, 400 Гц, 1000 Гц, 4000 Гц та 10000 Гц при яких ємності дорівнюють 2,2 мкФ.

Відомо, що залежність частоти резонансу f_n еквалайзера визначається як:

$$f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}, \text{ де} \quad (3.3.23)$$

L – індуктивність кола, Гн;

C – ємність кола, Ф;

f – частота коливань, Гц

звідки визначимо для кожного вводу (pin) величину індуктивності:

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_1 = \frac{1}{C \cdot (2\pi f_1)^2} = \frac{1}{2,2\text{мкФ} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 10000\text{Гц})^2} = 0,00012\text{Гн}$$

$$L_2 = \frac{1}{C \cdot (2\pi f_2)^2} = \frac{1}{2,2\text{мкФ} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 4000\text{Гц})^2} = 0,00072\text{Гн}$$

$$L_3 = \frac{1}{C \cdot (2\pi f_3)^2} = \frac{1}{2,2\text{мкФ} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 1000\text{Гц})^2} = 0,012\text{Гн}$$

$$L_4 = \frac{1}{C \cdot (2\pi f_4)^2} = \frac{1}{2,2\text{мкФ} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 400\text{Гц})^2} = 0,072\text{Гн}$$

$$L_5 = \frac{1}{C \cdot (2\pi f_5)^2} = \frac{1}{2,2\text{мкФ} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 100\text{Гц})^2} = 1,15\text{Гн}$$

Таблиця 11. Індуктивність кола зворотнього зв'язку.

Pin	2	1	22	21	20
F ₀ , Гц	100	400	1000	4000	10000
L, Гн	1,15	0,072	0,012	0,00072	0,00012

Обчислимо по заданих індуктивностях введів необхідні ємності:

$$C_1 = \frac{1}{L_1 \cdot (2\pi f_1)^2} = \frac{1}{0,00012\text{Гн} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 14000\text{Гц})^2} = 1,1\text{мкФ}$$

$$C_2 = \frac{1}{L_2 \cdot (2\pi f_2)^2} = \frac{1}{0,00072\text{Гн} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 8000\text{Гц})^2} = 0,55\text{мкФ}$$

$$C_3 = \frac{1}{L_3 \cdot (2\pi f_3)^2} = \frac{1}{0,012\text{Гн} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 1000\text{Гц})^2} = 2,2\text{мкФ}$$

$$C_4 = \frac{1}{L_4 \cdot (2\pi f_4)^2} = \frac{1}{0,072\text{Гн} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 500\text{Гц})^2} = 1,4\text{мкФ}$$

$$C_5 = \frac{1}{L_5 \cdot (2\pi f_5)^2} = \frac{1}{1,15\text{Гн} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 80\text{Гц})^2} = 3,4\text{мкФ}$$

Оберемо в якості ємностей танталові конденсатори типу 199D.

Таблиця 12. Значення ємностей конденсаторів згідно номінального ряду

Pin	2	1	22	21	20
F ₀ , Гц	80	500	1000	8000	14000
C, мкФ	3,3	1,5	2,2	0,47	1,1
Позначення	C5	C4	C3	C2	C1

Так як схема підсилювача низької частоти є типовою, то номінали

елементів схеми взято з рекомендацій виробника [16].

Інтегральна схема TDA7052 виготовляється в корпусах SOT97 та SOT97-1. Застосовується в переносній звуковій апаратурі.

Особливості:

- нема завад при ввімкненні та вимкненні;
- висока стабільність роботи;
- низька потужність споживання;
- не потрібен додатковий радіатор;
- захист від короткого замикання.

Основні технічні характеристики представлені в таблиці 13.

Типова схема ввімкнення зображена на рис. 25.

Таблиця 13. Основні технічні характеристики мікросхеми TDA7052

Параметр	Позначення	Мін.	Сер.	Макс.	Од. вимір.
Напруга живлення	$U_{\text{ж}}$	3	6	18	В
Струм споживання в холостому режимі	$I_{\text{спож.}}$	-	4	8	мА
Коефіцієнт підсилення	$K_{\text{п}}$	38	39	40	дБ
Вихідна потужність	-	-	1,2	-	Вт
Коефіцієнт гармонік	$K_{\text{г}}$	-	0,2	1,0	%

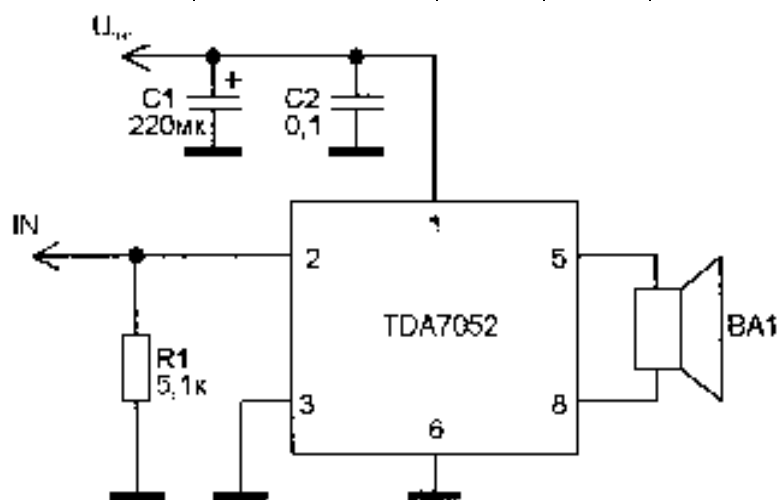


Рис. 25. Типова схема ввімкнення МС TDA7052 [16]

Резистор R1 підбирається в залежності від пристрою, який буде

вмикатися для узгодження по опорі. Так як в нашому випадку на вхід підсилювача підключається графічний еквалайзер.

У нас утворюється RC ланка. Ємність конденсатора на виході еквалайзера C_{14}, C_{16} - 1,6 мкФ. Нижня границя частоти підсилювача 20 Гц.

Визначимо опір резистора RC ланки:

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot f_H \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \text{ Гц} \cdot 1,6 \text{ мкФ}} = 4,97 \text{ кОм}$$

З ряду номінальних опорів вибираємо опір резистора 5,1 кОм.

Конденсатори включені в коло джерела живлення для фільтрування пульсацій на низьких та високих частотах. Згідно рекомендацій ці конденсатори повинні бути розташовані поруч з мікросхемою на невеликій відстані.

Наявність конденсаторів по живленню є необхідною умовою нормальної роботи мікросхеми. Діло в тому, що вони забезпечують імпульсний струм, який споживає мікросхема при перемиканні внутрішніх транзисторів. Виробники в типових схемах рекомендують значення номінальних ємностей для низьких та високих частот, які вмикаються паралельно один одному.

Навантаженням підсилювач низької частоти є стереонавушники.

Стерефонічні навушники дають можливість повністю розділяти канали (лівий та правий) передачі програм реального джерела звуку в місці прийому. [6]

Для прослуховування радіопередач, звукового супроводу, телепередач та звукозапису виготовляють стерео телефони різних типів.

Розглянемо стерео навушники *електродинамічного типу*. В корпусі кожного навушника знаходиться електродинамічна головка з дифузором або напівсферичною діафрагмою. Простір між головкою та корпусом заповнено звукопоглинаючим матеріалом, перед навушником встановлюється перфорована решітка, до краю корпусу торкається м'який амбушур, який прилягає до вушної раковини. Пара таких телефонів дозволяє отримати

високоякісне відтворення особливо нижчих частот при малій потужності, забезпечуючи стереофонічний ефект та надійно ізолюючи слухача від зовнішніх шумів, а оточуючих – від звуків відтворення.

Ізодинамічний головний стерео телефон – різновид електродинамічного. Він складається з діафрагми та оригінальної магнітної системи, яка виконана з двох дископодібних магнітів, наприклад з фериту барію, намагнічених так, що кожен з них має три пари полюсів та по поверхні магніту проходять два радіальних потоки. Магніти по всій площині перфоровані для того, щоб забезпечити проходження звуку через отвори при коливаннях діафрагми з синтетичної плівки, натягнутої між магнітами на рівних відстанях від поверхні кожного з них. На плівку нанесений провідник у вигляді спіралі. Діафрагма збуджується по всій поверхні, тому даний тип стерео телефону дуже ефективний як по віддачі, так і по несуттєвим спотворенням сигналу.

Згідно ГОСТ 24838-81 параметри телефонів та входів апаратури для їх підключення повинні відповідати наступним нормам.

Номінальний вхідний опір головних телефонів 16 Ом; допускається виготовлення телефонів з номінальним опором з ряду: 8, 100, 200, 300, 600, 1000, 2000 та 4000 Ом.

Номінальна потужність на виході апаратури для підключення головних телефонів – не менше 0,1 Вт.

Розглянувши різні стереонавушників (Додаток Г) кращими за параметрами є Sennheiser HD 650, проте їх вартість вища за SVEN AP-860V. Тому краще обрати провідні навушники SVEN AP-860V.

Технічні характеристики навушників Sennheiser HD 650:

1. Вид: повнорозмірні, відкриті
2. Тип: динамічні
3. Діапазон відтворюваних частот: 10 — 41000 Гц
4. Опір: 300 Ом
5. Чутливість: 103 дБ

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
						53
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Максимальна потужність: 500 мВт

7. Коефіцієнт гармонік: 0.05 %

Технічні характеристики навушників SVEN AP-860V:

1. Тип акустичного оформлення: закриті;

2. Діаметр мембрани випромінювачів: 40 мм;

3. Діапазон відтворюваних частот: 20...20000 Гц;

4. Чутливість: 106 дБ;

5. Опір: 32 Ом.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній бакалаврській роботі було розглянуто побудову аналогів підсилювачів НЧ стереонавушників.

Згідно із поставленими у технічному завданні вимогами, та в результаті аналізу завдання і існуючих аналогів об'єкту проектування було:

- спроектовано схему електричну принципову пристрою;
- вибрана необхідна елементна база;
- проведено базові розрахунки режимів роботи радіоелементів схеми.

Підсилювач НЧ містить в собі всі необхідні регулятори: гучності, стерео балансу, п'ятисмуговий еквайзер.

Розроблена принципова схема підсилювача НЧ стереонавушників повністю відповідає вимогам технічного завдання.

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк .
Зм	Арк .	№ докум.	Підпис	Дата		55

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. №91/ Сост. В.Г.Борисов. – М.: ДОСААФ, 1985. – 80 с, ил.
2. Журнал «Радиоконструктор», №6. Учредитель – Гл. Редактор – Алексеев В.В. – Череповец: ООО ИД «ЧереповецЪ», 2016.
3. Сухов Н.Е. Повний УМЗЧ на трьох мікросхемах // Радіоаматор.-1994.- №10.
4. Гумеля Е. «Простой высококачественный УМЗЧ». – «Радио», №12, 1989.
5. Борисов В. Стерефонічний ПЗЧ потужністю 2 Вт. – «Радио», № 10, 1993. – с.26-28.
6. Терещук Р. М., Терещук К. М., Седов С. А. „Справочник радиолюбителя”. – Київ: Наукова думка, 1989.
7. Баширов С.Р., Баширов А.С. Современные интегральные усилители. – М.: Эксмо, 2008. – 176 с.
8. Турута Е.Ф. Справочник по интегральным УНЧ. – М: Патриот, 1997. – 192с.
9. <https://radiostorage.net/766-skhema-usilitelya-na-mikroskheme-tda7052-3-18v-1watt.html>
10. Гершунський Б.С. Справочник по расчету электронных схем. – Киев: Вища школа, 1983.
11. <http://ardu.net/ru/istochniki-pitaniya/346-stabilizator-napryazheniya-17809cv-9v-15a-vkhod-12-40v-125860017.html>
12. <https://eandc.ru/catalog/detail.php?ID=3591>
13. <https://radioprofile.ru/tovar/doc/1965fd.pdf>
14. http://radiocom.dn.ua/image/data/pdf/CXA1352AS_Sony.pdf
15. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12_е изд. Том I: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.: ил.
16. <https://datasheet.su/datasheet/Philips/TDA7052>

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

17. <https://headphonesbest.ru/ratings/top-10-luchshie-monitornye-naushniki-1344#a2>

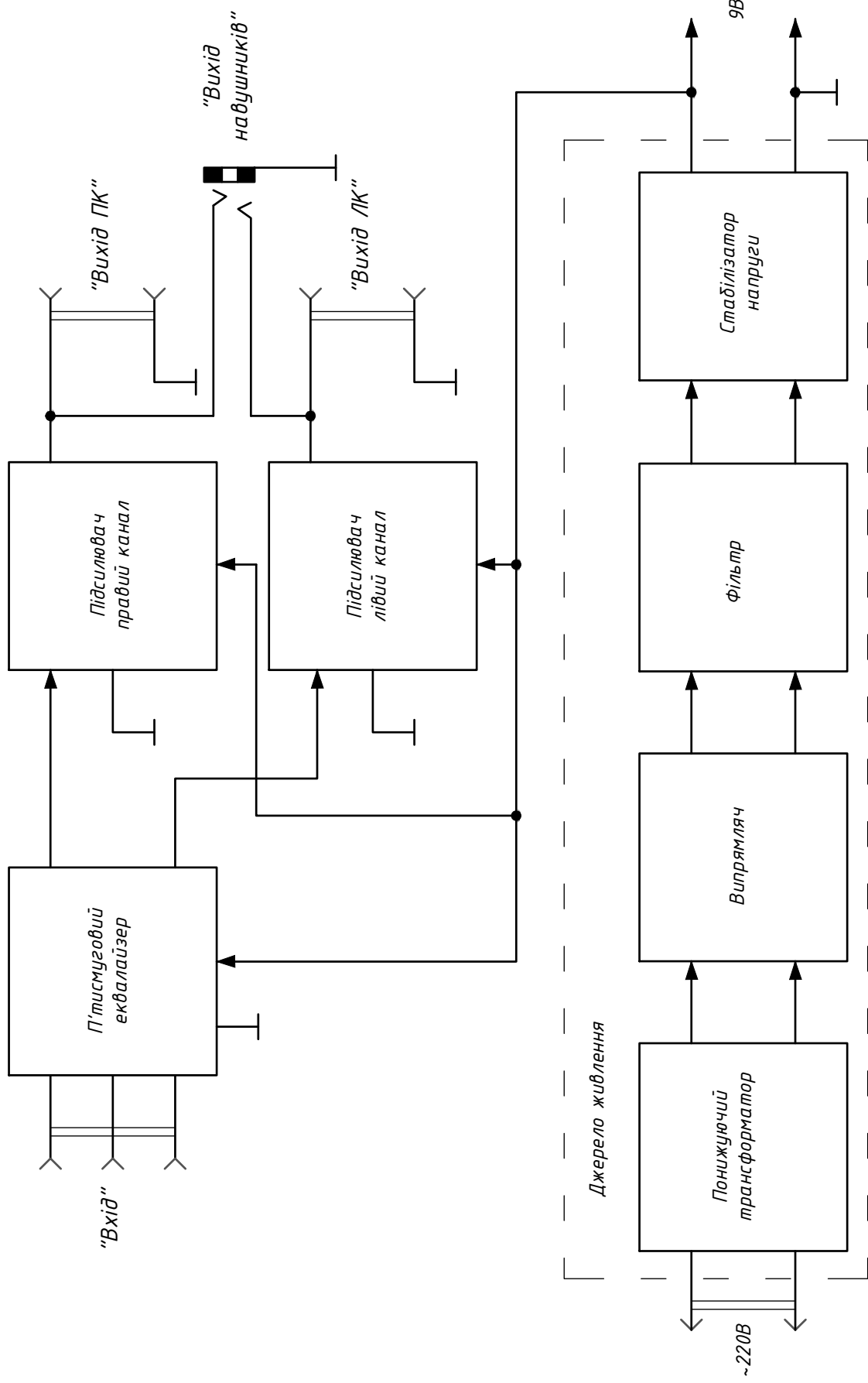
18. <https://www.dns-shop.ru/product/30d666c5cc5e933d/nausniki-sven-ap-875-serebristyj/characteristics>

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ДОДАТКИ

- А. Схема електрична-структурна КБР.ЕС.19051005.001 Е1
- Б. Схема електрична принципова КБР.ЕС.19051005.001 Е3
- В. Перелік елементів КБР.ЕС.19051005.001 ПЕ3
- Г. Порівняльна характеристика наушників КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ

					<i>КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



КБР.ЕС.19051005.001 Е1		Листа	№	Масштаб
Зм.	Авт.	М.	В.	Д.
Розроб.	Проєктував.	Перевірив.	Схематич.	Т.П.
Г.затв.	Схематич.	Автомат.	Автомат.	Автомат.
Н.контр.	Схематич.	Н.контр.	Схематич.	УМНН ЛФ.ЕС
Затв.	Затв.	Затв.	Затв.	

Зона	Поз. позн.	Найменування	Кільк.	Примітка
		<u>Конденсатори</u>		
	C1	199D105X9025A1V1E3-25B-1,0 мкФ±10%	1	
	C2	199D474X9035A1V1E3-35B-0,47 мкФ±10%	1	
	C3	199D225X9025A1V1-25B-2,2 мкФ±10%	1	
	C4	199D155X9035A1V1E3-35B-1,5 мкФ±10%	1	
	C5	199D335X9035B1V1E3-35B-3,3 мкФ±10%	1	
	C6, C7	K50-35-25 B-2,2 мкФ±10% ОЖ0.464.214 ТУ	2	
	C8	K50-35-16 B-220 мкФ±10% ОЖ0.464.214 ТУ	1	
	*	K50-35-25 B-4,7 мкФ±10% ОЖ0.464.214 ТУ	6	C9-C13, C15
	C14, C16	K50-35-25 B-1,6 мкФ±10% ОЖ0.464.214 ТУ	2	
	C17, C19	K50-35-16 B-220 мкФ±10% ОЖ0.464.214 ТУ	2	
	C18, C20	K73-17-63 B-0,1 мкФ±10% АЖЯР.673633.004ТУ	2	
	C21	K50-35-25 B-2200 мкФ±20% ОЖ0.464.214 ТУ	1	
	C22	K50-35-25 B-470 мкФ±20% ОЖ0.464.214 ТУ	1	
	DA1	Мікросхема СХА1352AS	1	
	DA2, DA3	Мікросхема TDA7052	2	
	DA4	Мікросхема L7809	1	
	FU1	Запобіжник ДВПЧ-4В-250 В-0,5 А АГО.481.303 ТУ	1	
	L1	Котушка індуктивності	1	
		<u>Резистори</u>		
	R1-R5	RV16GN(PH) – 36 кОм ±10%	5	
КБР.ЕС.19051005.001 ПЕЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Петльований	<i>Р</i>	10.06.21
Перевір.		Списивих	<i>Л</i>	10.06.21
Т. Контр.		Списивих	<i>Л</i>	10.06.21
Н. Контр.		Списивих	<i>Л</i>	10.06.21
Затвердив				
			Підсилювач НЧ стереонавушників Перелік елементів	
		Літера	Аркуш	Аркушів
			1	2
УЖНУ ІТФ ЕС				

Додаток Г. Порівняльна характеристика навушників

Феникс ТДС-8 – головні динамічні стерео телефони, призначені для індивідуального прослуховування стерео- та монофонічних музичних програм від побутової стереофонічної апаратури.

Основні технічні характеристики: номінальна електрична потужність 0,001 Вт; номінальний електричний опір 16 Ом; номінальний діапазон відтворюваних частот 40...16000 Гц; розбаланс рівнів звукових тисків пари телефонів не більше 8 дБ в діапазоні частот 250...2000 Гц; рівень звукової ізоляції телефонів з заглушками – 40 дБ.

ТПС-1 – головні п'єзоелектричні стерео телефони, призначені для індивідуального прослуховування стерео- та монофонічних музичних програм для стереофонічної апаратури з номінальною вихідною напругою від 5 до 30 В. Випромінюючим елементом телефону є тонка (10...15 мкм) п'єзоелектрична плівка.

Основні технічні характеристики: номінальний діапазон частот 20...20000 Гц; номінальна напруга джерела сигналу 30 В; коефіцієнт гармонік 1% в діапазоні частот 100...2000 Гц; рівень звукового тиску 94 дБ на частоті 500 Гц при напрузі джерела сигналу 5 В; електрична ємність кожного телефону 0,015...0,065 мкФ.

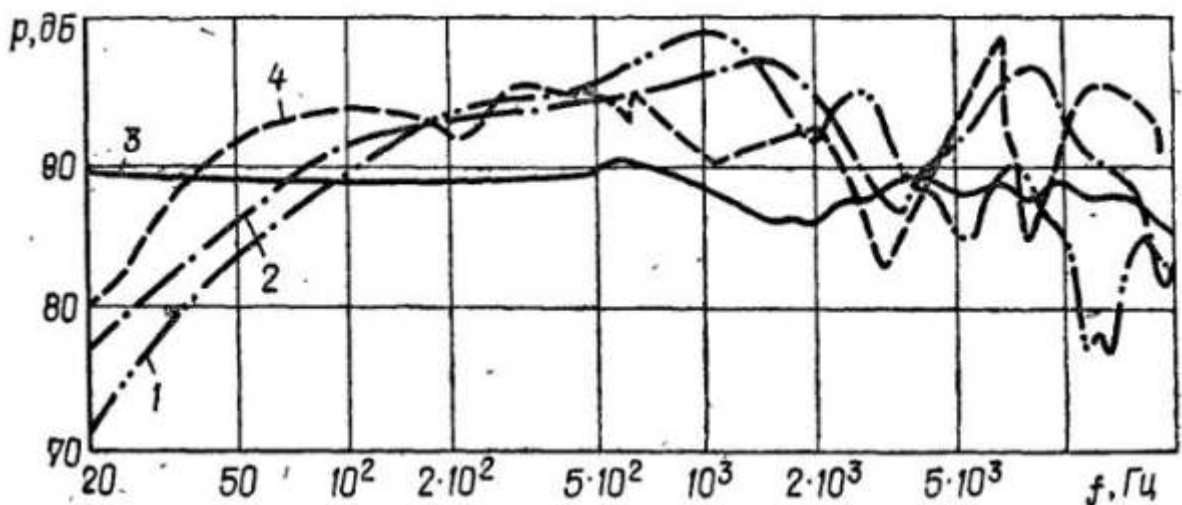


Рис. 26. АЧХ по звуковому тиску стерео телефонів ТДС-1 (1), SR-44 (2), «Амфитон» ТДС-7 (3) та ID-1 (4).

										Арк.
										59
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Ізодинамічні стерео телефони «Амфитон» ТДС-7 призначені для індивідуального прослуховування музичних від різних звуковідтворюючих пристроїв.

Основні технічні характеристики: номінальний діапазон відтворюваних частот 20...20000 Гц; максимальна потужність 1 Вт; електричний опір $8 \pm 2,4 \text{ Ом}$; номінальний рівень звукового тиску 1 Па при підведеній потужності 2 мВт; різниця рівнів звукового тиску в правому та лівому телефонах не більше 3 дБ в діапазоні частот 250...8000 Гц.

Приводжу порівняльну характеристику навушників сучасного виробництва в таблицях 14 та 15 та їх амплітудно-частотні характеристики.

Таблиця 14. Порівняльна характеристика навушників

Параметр	Sven AP-860V	Sony MDR-1AM2	Shure SE425	Sennheiser HD 650
Конструкція	накладні, закриті повнорозмірні Over-Ear	накладні, закриті повнорозмірні Over-Ear поворотні чаші	внутрішньоканальні заушне кріплення	накладні, відкриті повнорозмірні Over-Ear
Мікрофон		на кабелі		
Тип підключення	дротові	дротові	дротові	дротові
Підключення	mini-Jack (3.5 мм)	mini-Jack (3.5 мм)	mini-Jack (3.5 мм) Jack (6.35 мм) /адаптер/	mini-Jack (3.5 мм) /адаптер/ Jack (6.35 мм)
Штекер	прямий	Г-подібний	Г-подібний	прямий
Підведення кабелю	односторонній	односторонній	двосторонній	двосторонній
Довжина кабеля	2.5 м	1.2 м	1.6 м	3 м
Тип кабелю	круглий	круглий	круглий	круглий
Звук	стерео	стерео	стерео	стерео
Імпеданс	32 Ом	16 Ом	22 Ом	300 Ом

Частотний діапазон	20 – 20000 Гц	3 – 100000 Гц	20 – 19000 Гц	10 – 39500 Гц
Чутливість	96 дБ	98 дБ	109 дБ	103 дБ
Діаметр динаміка		40 мм		
Тип випромінювачів	динамічні	динамічні	арматурні	динамічні

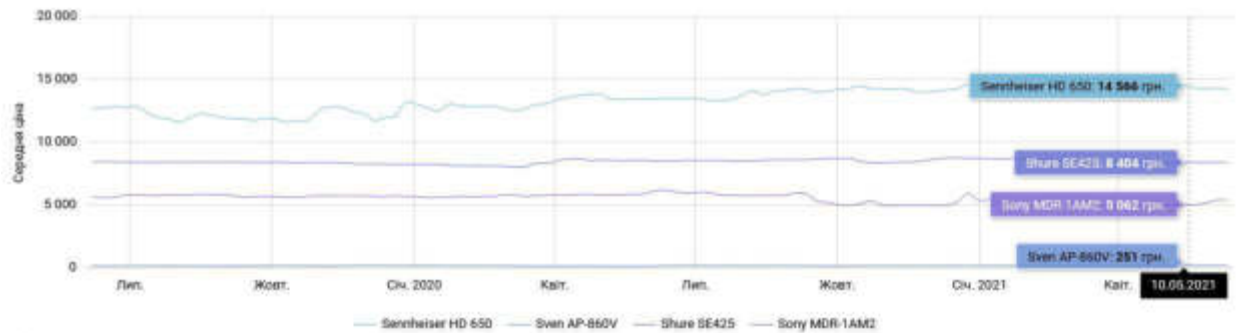


Рис. 27. Динаміка цін навушників



Рис. 28. Амплітудно-частотна характеристика навушників Sony MDR-1AM2

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
----	------	----------	--------	------

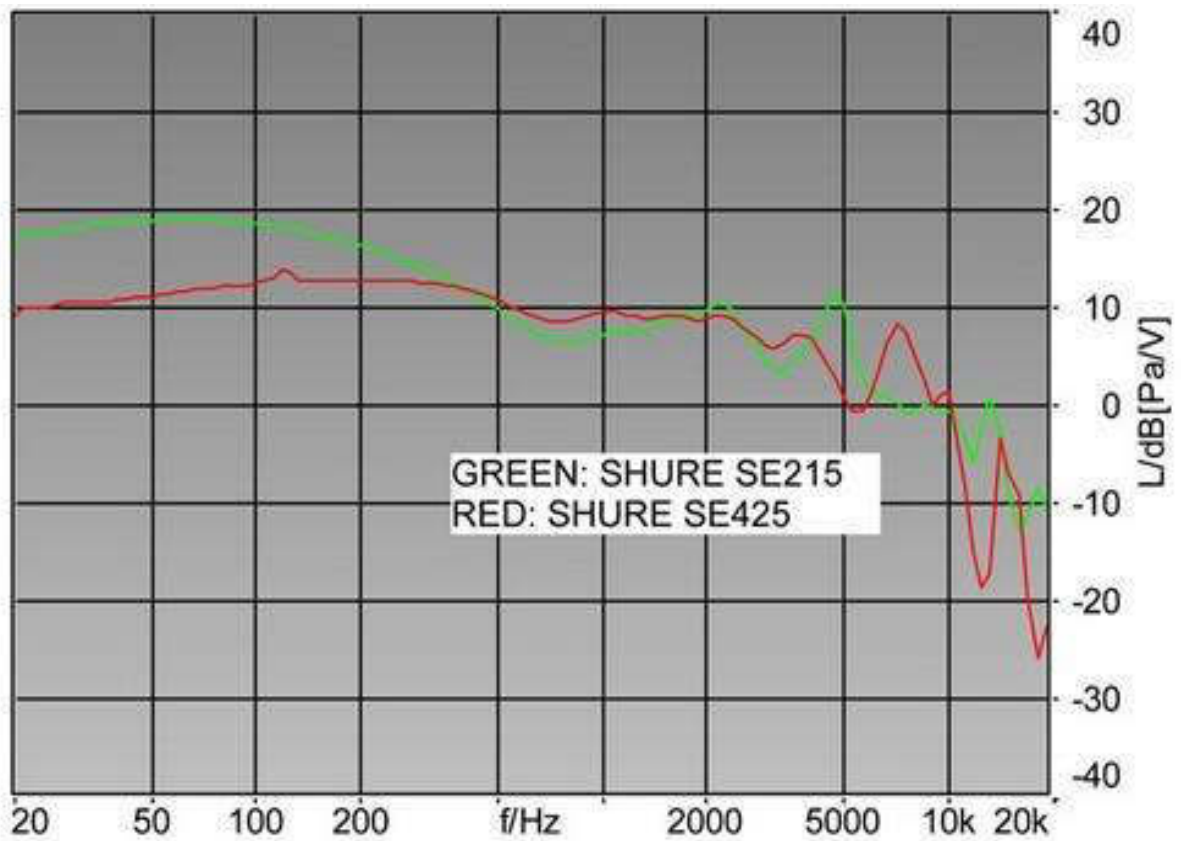


Рис. 29. Амплітудно-частотна характеристика навушників Shure SE425

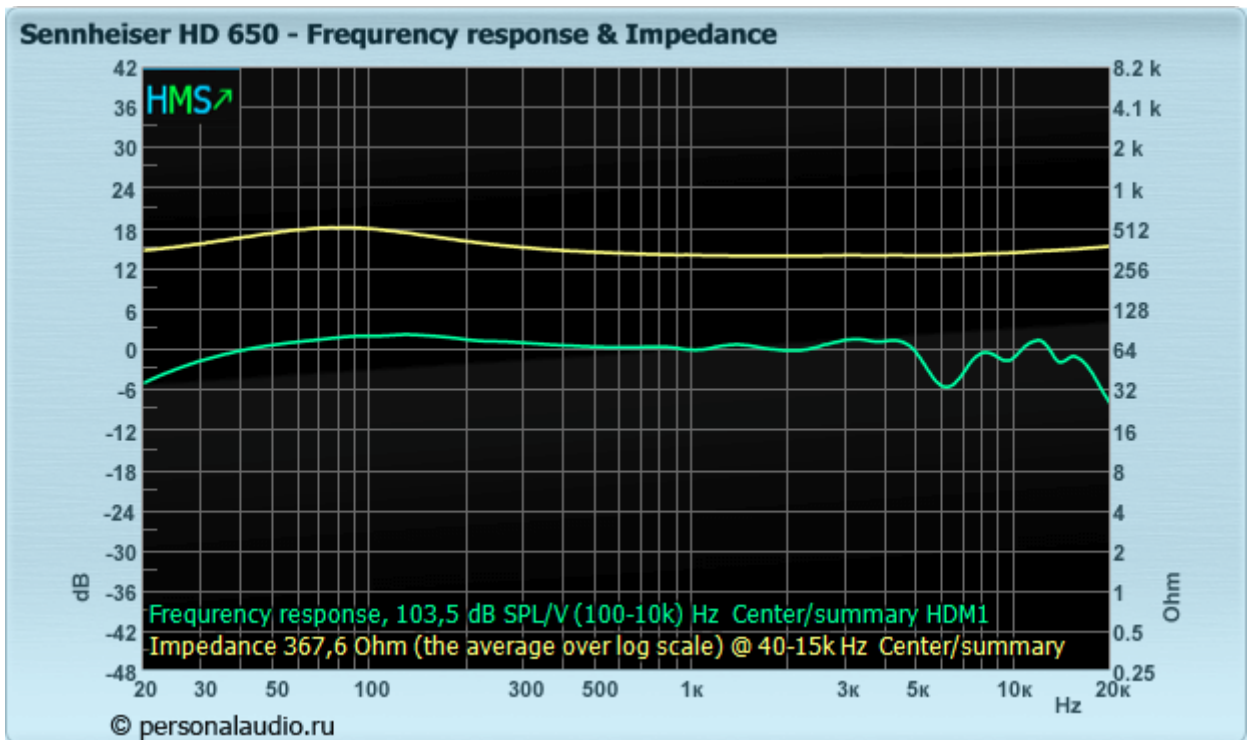


Рис. 30. Амплітудно-частотна характеристика навушників Sennheiser HD 650

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 15. Порівняльна характеристика навушників

Параметр	Panasonic RP-HJE125	Sennheiser IE 80	Westone W40	Beyerdynamic DT 770 PRO 32 Ohm
Конструкція	Внутрішньо-каналні	Внутрішньо-каналні завушне кріплення	Внутрішньо-каналні	накладні, закриті повнорозмірні Over-Ear
Тип підключення	дротові	дротові	дротові	дротові / моніторні навушники/
Підключення	mini-Jack (3.5 мм)	mini-Jack (3.5 мм)	mini-Jack (3.5 мм) / позолочений/	mini-Jack (3.5 мм) Jack (6.35 мм) /адаптер/
Штекер	Г-подібний	Г-подібний	Г-подібний	прямий
Підведення кабелю	Дво- сторонній	двосторонній	двосторонній	односторонній
Довжина кабеля	1.1 м	1.2 м	1.28 м	3 м
Тип кабелю	круглий	круглий	круглий, плетений	круглий, кручений
Звук	стерео	стерео	стерео	стерео
Імпеданс	16 Ом	16 Ом	31 Ом	32 Ом
Частотний діапазон	10 – 24000 Гц	10 – 20000 Гц	10 – 18000 Гц	5 – 35000 Гц
Чутливість	97 дБ	125 дБ	118 дБ	96 дБ
Діаметр динаміка	10 мм			
Тип випромінювачів	динамічні	динамічні	арматурні	динамічні

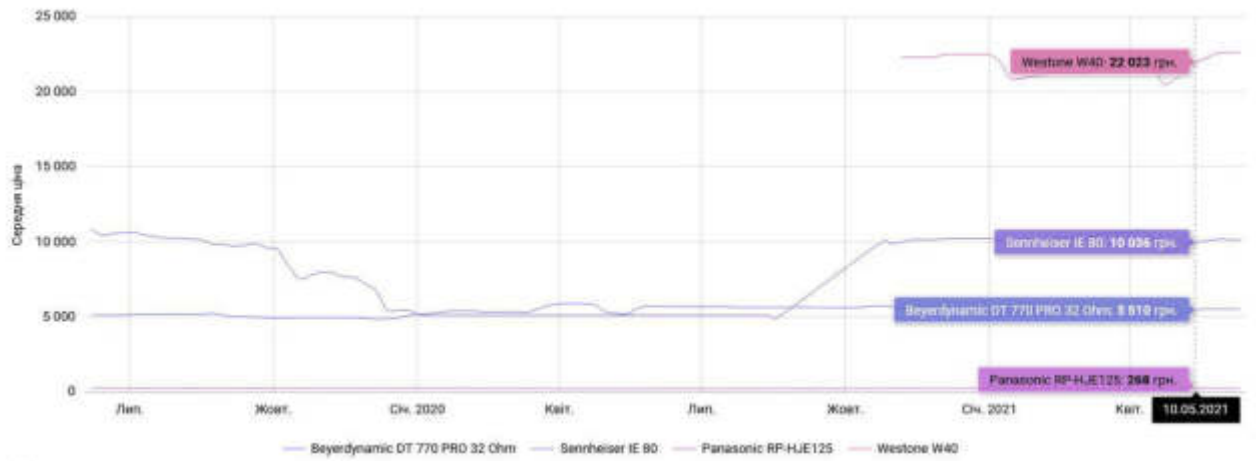


Рис. 31. Динаміка цін навушників

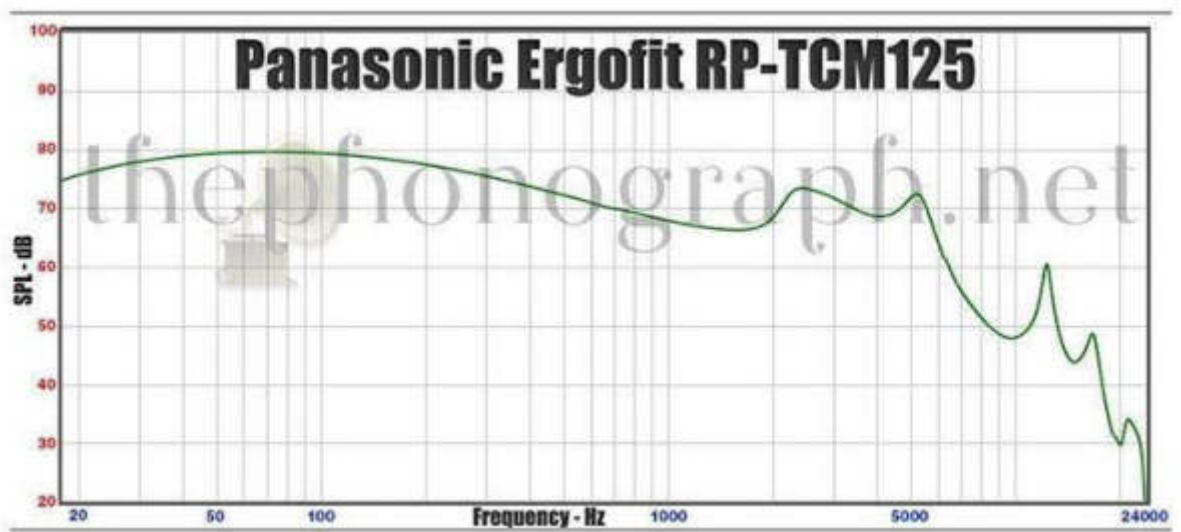


Рис. 32. Амплітудно-частотна характеристика навушників Panasonic RP-HJE125

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

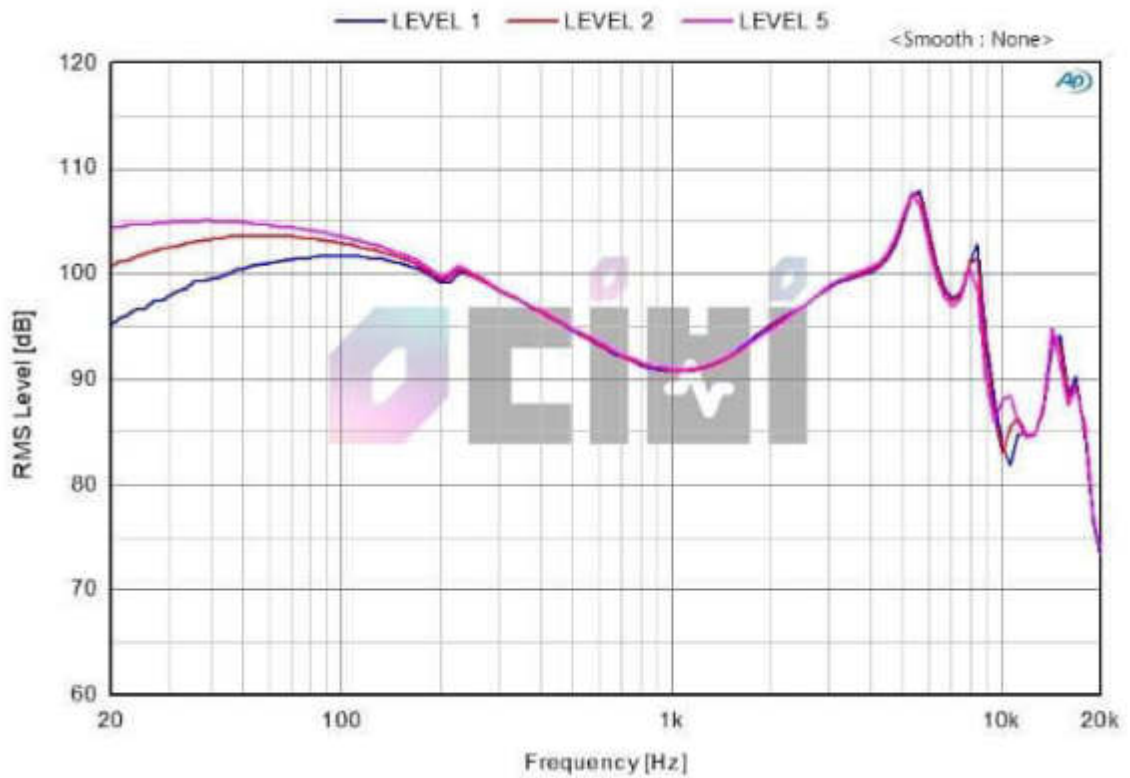


Рис. 33. Амплітудно-частотна характеристика навушників Sennheiser IE 80

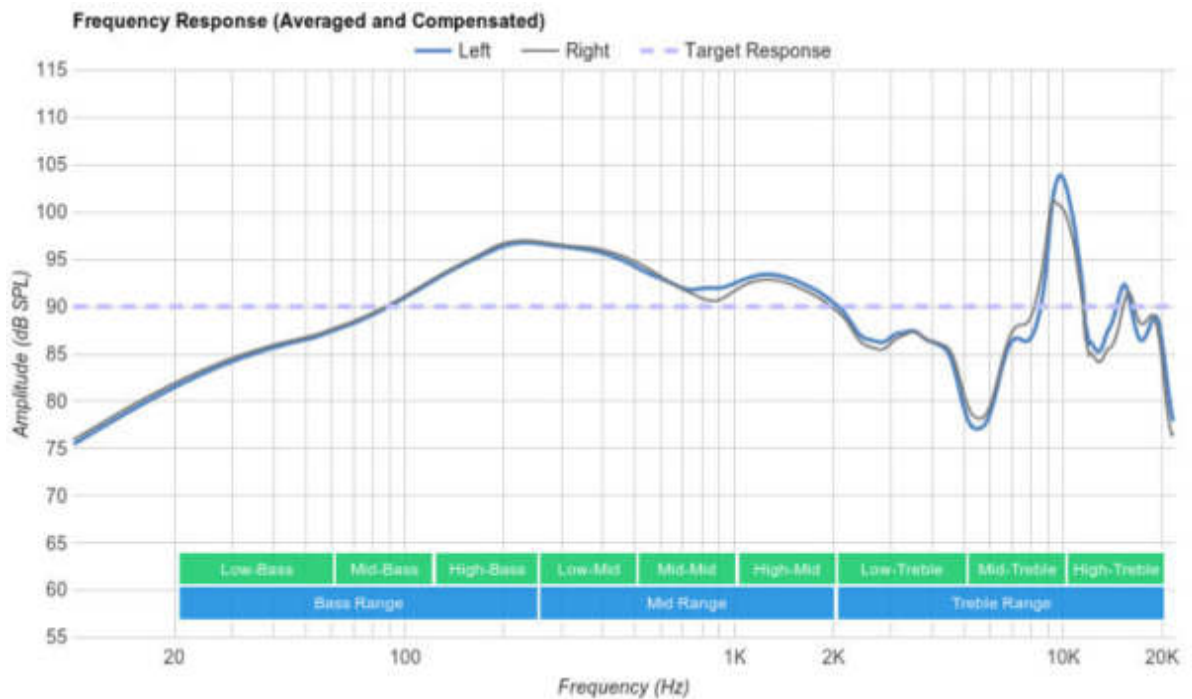


Рис. 34. Амплітудно-частотна характеристика навушників Westone W40

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

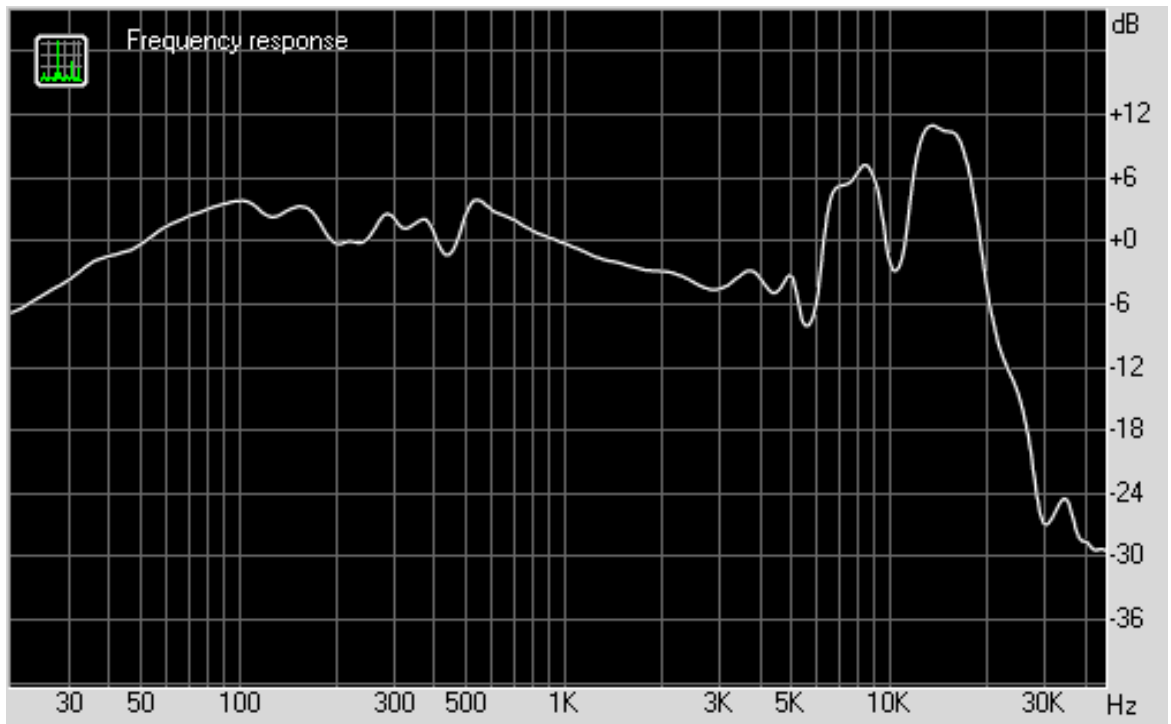


Рис. 35. Амплітудно-частотна характеристика навушників Beyerdynamic DT 770 PRO 32 Ом

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ

Арк.

66

Додаток I

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

к.ф.-м.н., Заяць Тарас Михайлович

Студента (-ки) 2-ст курсу
спеціальності 171 Електроніка
Петльований С.Ю.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Петльований Сергій Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові),
Студент(-ка) очна (денна), інженерно-технічний, 2-ст
(форма навчання, факультет, курс)
заявляю: моя письмова робота на тему: Підсилювач НЧ стереонавушників

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

17.06.2021
Дата


Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Петльований Сергій Юрійович
Назва роботи	Підсилювач НЧ стереонавушників
Спеціальність	171 Електроніка
Курс	2-ст
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронних систем
Керівник роботи	Спесивих Олександр Олександрович
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	-
Ідентифікаційний номер роботи	КБР.ЕС.19051005.001 ПЗ
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	-
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	95,12 %

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

Спесивих О.О.
(прізвище, ініціали)

18.06.2021

Дата



Підпис

<input type="checkbox"/>	Ім'я	Звіти	Схожість	Власник	ID файлу	Дата додавання ↓
<input type="checkbox"/>	КБРЕС Петльваний бак (2) (47-49)	1 ↓	0.0%	Мій акаунт kaf- esystems@uchnu.edu.ua	1008398279	06/18/2021 11:26 AM (+03:00)
<input type="checkbox"/>	КБРЕС Петльваний бак (2) (44-46)	1 ↓	0.0%	Мій акаунт kaf- esystems@uchnu.edu.ua	1008398278	06/18/2021 11:26 AM (+03:00)
<input type="checkbox"/>	КБРЕС Петльваний бак (2) (41-43)	1 ↓	6.7%	Мій акаунт kaf- esystems@uchnu.edu.ua	1008398277	06/18/2021 11:26 AM (+03:00)
<input type="checkbox"/>	КБРЕС Петльваний бак (2) (38-40)	1 ↓	1.6%	Мій акаунт kaf- esystems@uchnu.edu.ua	1008398276	06/18/2021 11:26 AM (+03:00)
<input type="checkbox"/>	КБРЕС Петльваний бак (2) (50-52)	1 ↓	3.9%	Мій акаунт kaf- esystems@uchnu.edu.ua	1008398275	06/18/2021 11:26 AM (+03:00)
<input type="checkbox"/>	КБРЕС Петльваний бак (2) (53-54)	1 ↓	17.1%	Мій акаунт kaf- esystems@uchnu.edu.ua	1008398272	06/18/2021 11:26 AM (+03:00)

6 файлів перевірено ^ X