

## СУЧАСНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ З ЕЛЕКТРОННИМ КЕРУВАННЯМ ТА АНАЛІЗАТОРОМ СПЕКТРУ

У статті розглянуто особливості побудови підсилювачів звукової частоти HI-FI класу та показано доцільність розробки саме підсилювача потужності. Розроблено структурну схему пристрою, обрано сучасну елементну базу, яка дозволяє виготовити високоякісний та одночасно простий і не коштовний підсилювач. Розглянуто переваги використання в електронному керуванні мікроконтролерів сімейства AVR фірми ATMEL та робочі параметри розробленого підсилювача потужності.

*Ключові слова:* сучасний підсилювач потужності; сигнал; мікроконтролер; звуковий процесор.

*The article deals with features of audio frequency amplifier HI-FI class and shown the feasibility of development with the power amplifier. The block diagram of the device selected modern element base, which allows us to produce high quality and at the same time simple and not expensive amplifier. The advantages of using electronic control Microcontrollers ATMEL AVR family firms and operating parameters of the developed power amplifier.*

*Keywords:* modern power amplifier, signal, microcontroller, sound processor.

### Вступ

Комплекси високоякісного звуковідтворення підсилювачів потужності виконуються окремим функціональним блоком. В їх будові відсутні елементи корекції амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) і при цьому забезпечується її плоскість у широкому діапазоні частот. Підсилювачі потужності не забезпечують регулювання, а встановлюється лише індикатор рівня вихідної потужності, всі регулювання параметрів здійснюються в основному на мікшерних пультах, тому це спрощує будову підсилювачів.

Отже максимальна потужність підсилювача, визначається максимальними значеннями напруги, яка діє на виході підсилювача і струму, що протікає через підсилювач при заданому навантаженні. Тому для підсилювачів потужності характерним є застосування у кінцевому каскаді високовольтних транзисторів підвищеної потужності, що споживають від джерела живлення значну енергію [1]. У свою чергу, використання вихідних транзисторів на максимальній потужності викликають зростання нелінійних спотворень у вихідному каскаді підсилювача.

Один з шляхів зниження рівня нелінійних спотворень можливий введенням глибокого негативного зворотного зв'язку (НЗЗ) у кінцевий каскад підсилювача, однак при цьому зростає час запізнення сигналу на виході й у колі НЗЗ, що призводить до утворення динамічних спотворень. Для зменшення динамічних спотворень у високоякісних підсилювачах глибина НЗЗ обмежується у межах 20...30 дБ. У кінцевому каскаді підсилювача застосовують потужні височастотні біполярні чи польові транзистори, які дозволяють розширити частотний діапазон підсилення і тим самим підвищити його швидкодію. З метою зниження нелінійних спотворень підсилювачів малої потужності вихідний каскад працює в режимі класу А, проте це ускладнює термостабілізацію великого струму спокою транзисторів вихідного каскаду і знижує коефіцієнт корисної дії підсилювача. Тому на сьогодні найчастіше застосовують безтрансформаторні вихідні каскади, що реалізують на 3-х, 4-х елементних складених транзисторах. Крім того у цих каскадах передбачається система захисту при перевантаженні сигналом великого рівня і при короткому замиканні на виході. Отже такі підсилювачі мають високу якість звучання, проте це впливає на збільшення вартості.

Застосування сучасної радіоелементної бази дозволяє перейти на якісно інший рівень при конструюванні апаратури високоякісного звуковідтворення, одночасно знизити собівартість підсилювачів, підвищити їх ремонтпридатність, знизити масо-габаритні показники тощо.

### Постановка завдання

Метою розробки є якісний сучасний підсилювач потужності, вартість якого значно менша від аналогів, разом з тим, він не поступається за функціональністю та надійністю.

За своїм виконанням підсилювачі потужності прості у технологічному виконанні проте вони дороговартісні функціональні вузли, так як вони мають працювати на значну потужність.

У схемотехніці високоякісних підсилювачів звукової частоти останнім часом вважається, що такий підсилювач має містити вхідний диференціальний каскад та ланку з резистивним навантаженням, яка підсилить сигнал до визначеного рівня для забезпечення якісної роботи вихідного каскаду підсилювача. Передкінцевий фазоінверсний каскад і двотактний кінцевий каскад виконаний з послідовним живленням транзисторів [1].

Для зниження спотворень струм спокою транзисторів кінцевого каскаду обирають достатньо великим – 250...300 мА. При цьому на кожному із транзисторів розсіюється значна потужність (десятки Вт), що вимагає застосування ефективних тепловідводів і забезпечення спеціальних заходів для стабілізації теплового режиму при зміні температури навколишнього середовища, що значно збільшує схеми таких підсилювачів, та є їх недоліком.

Останнім часом широко використовуються конструкції попередніх підсилювачів на спеціалізованих мікросхемах (аудіо-процесорах) [2]. Ці мікросхеми забезпечують можливість одночасного здійснення комутації декількох аудіо-джерел та регулювання гучності і тембру. Проектування таких пристроїв

представляє інтерес з точки зору використання мікроконтролерів, оскільки аудіо-процесори в переважній більшості вимагають для доступу до функцій регулювання і комутації зв'язку керування від мікроконтролера, який, окрім цього, дозволяє забезпечити управління цим пристроєм і наочну індикацію режимів його роботи на LCD індикаторі.

**Результати дослідження**

Розроблений підсилювач потужності (рис. 1) складається з двох блоків живлення, блоку селектора каналів, блоку електронного керування, блоку CD привода, блоку аналізатора спектра, блоку звукового процесора та блоку вихідного каскаду.

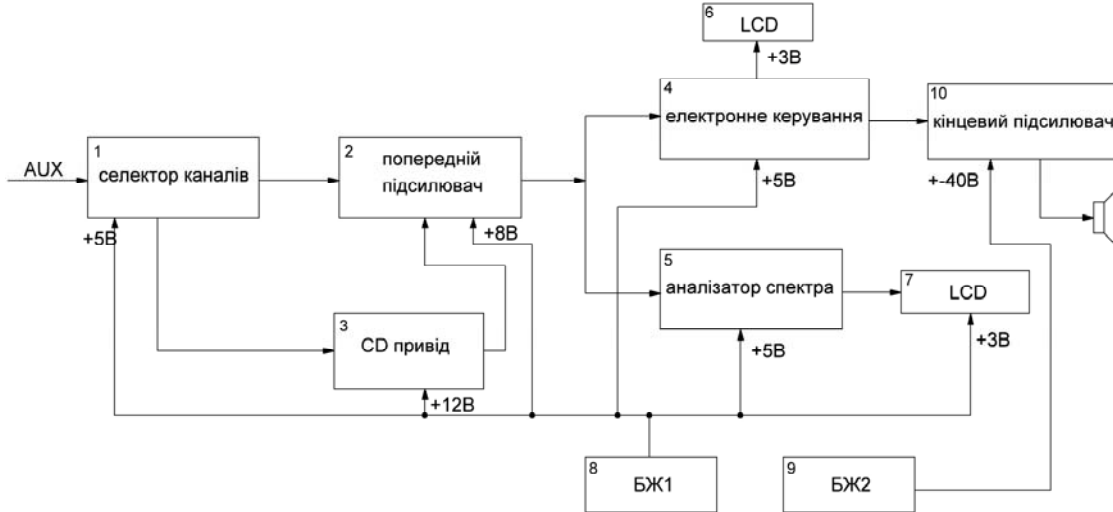


Рис. 1. Структурна схема підсилювача

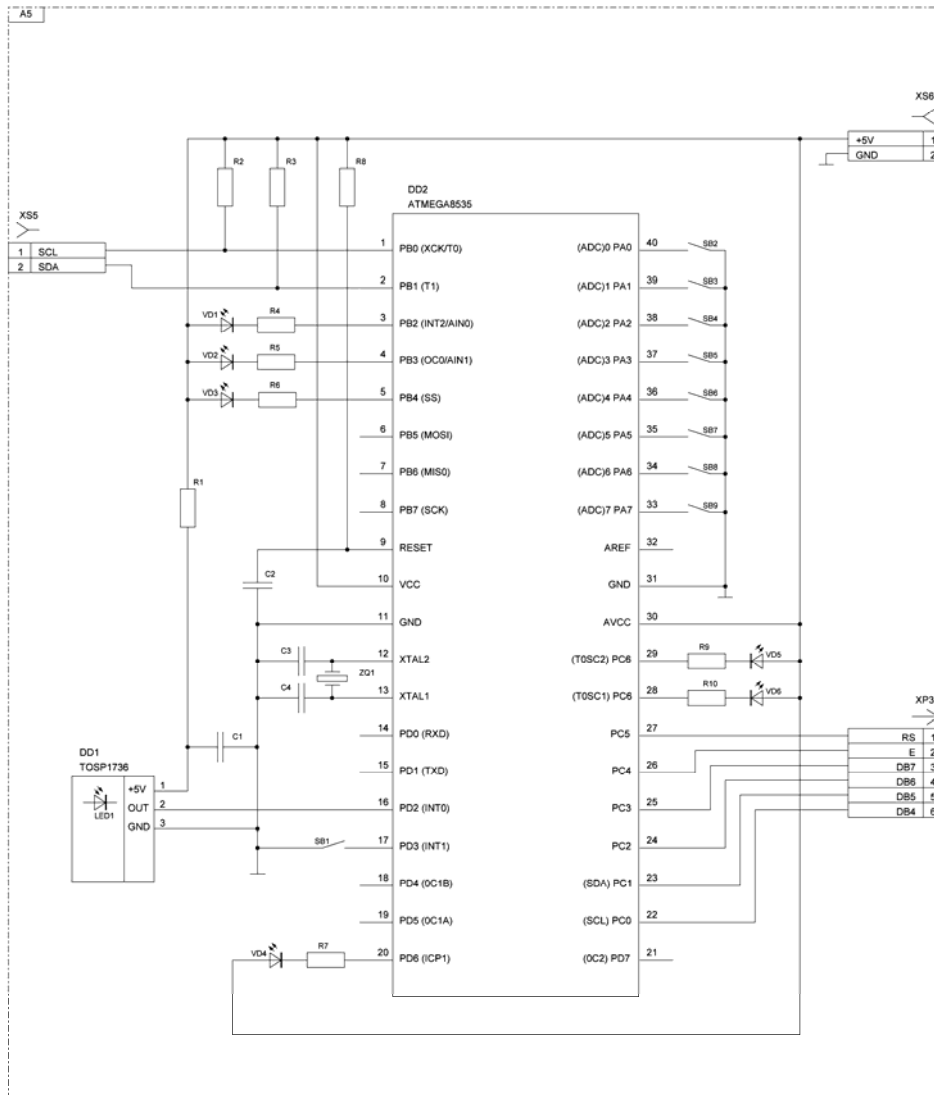


Рис. 2. Електрична схема електронного керування підсилювачем

Вхідні сигнали поступають на селектор каналів (1), де відбувається вибір необхідного каналу. Одночасно може поступати три вхідних сигнали, два з роз'єма AUX і один з CD привода. Далі сигнал вибраного каналу поступає на попередній підсилювач (звуковий процесор) (3), де відбувається обробка цього сигналу, (зміна гучності, тембру, балансу, НЧ, ВЧ). Оброблений сигнал поступає одночасно на електронне керування (4) де на LCD (6) відображаються параметри які змінюються, та на аналізатор спектру (5), який також має LCD (7), на якому відображається гармонічний рівень сигналу. Далі сигнал поступає на кінцевий каскад, в якому відбувається необхідне його підсилення. З вихідного каскаду сигнал відтворюється на динамічних головках. Живлення вихідного каскаду відбувається окремим лінійним блоком живлення (9), оскільки для цього каскаду необхідна велика потужність. Живлення решти вузлів схеми відбувається за допомогою імпульсного блоку живлення (8).

Електронне керування сучасного підсилювача потужності виконане на мікроконтролері ATMEGA8535 [3] (рис. 2). На LCD (6) індикаторі відображається інформація про поточний стан роботи підсилювача (значення гучності, тембру ВЧ, НЧ і балансу).

Звуковий процесор (рис. 3) сучасного підсилювача потужності виконаний на мікросхемі TDA 7313 [2], яка має три входи та чотири виходи (два фронтальних та два тилових). Перевагою цієї схеми є можливість управління підсилювачем потужності за допомогою дистанційного керування оскільки вона за допомогою шини I2C підключається до схеми електронного керування.

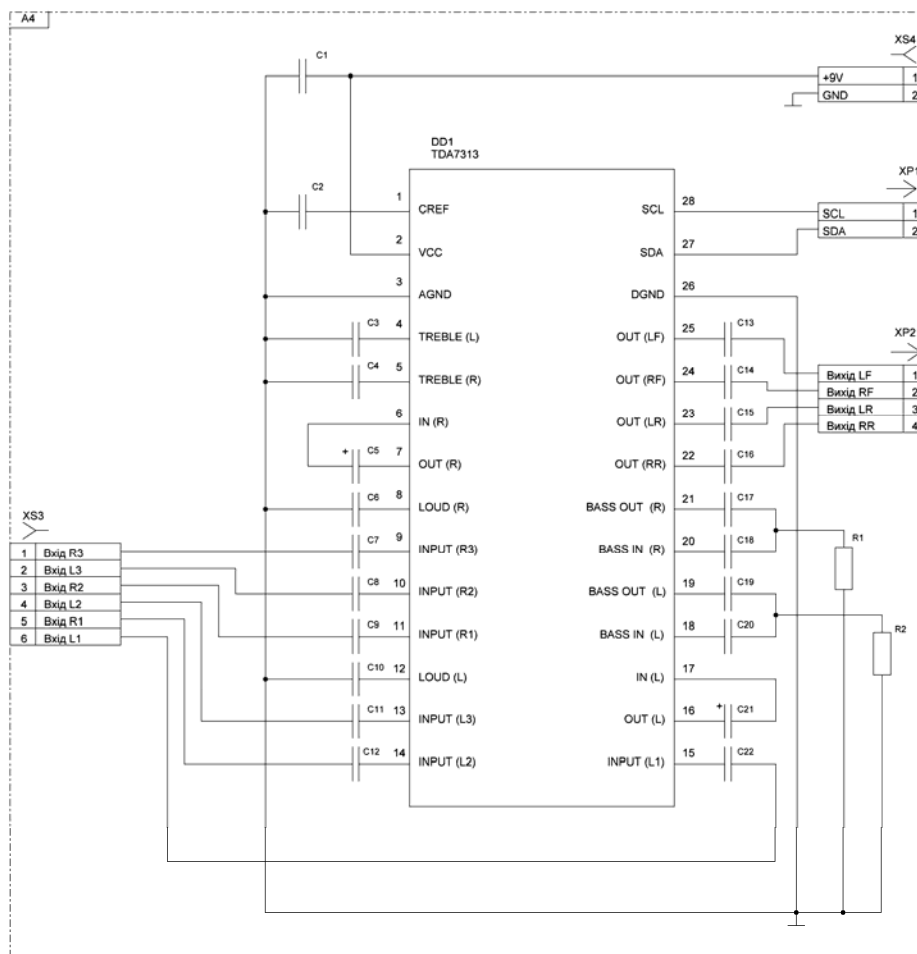


Рис. 3. Електрична схема звукового процесора підсилювача

Аналізатор спектру сучасного підсилювача потужності виконаний на мікроконтролері ATMEGA8 [3] та операційному підсилювачі LM324N [4]. Операційний підсилювач використовується, як фільтр Баттерворта другого порядку. Фільтрований сигнал поступає на мікроконтролер, який за допомогою АЦП перетворює його з аналогового в цифровий. Далі цифровий сигнал поступає на цифрові фільтри де відбувається розклад його на гармоніки. Ці гармоніки сигналу відображаються на LCD (7) дисплеї.

Вихідний каскад сучасного підсилювача потужності (рис. 5) виконаний на ІМС TDA7293, що дозволяє отримати двохканальний стереопідсилювач з вихідною потужністю 100 Вт. Особливість ІМС TDA7293 [5] полягає в польових транзисторах у вхідних та вихідних каскадах мікросхеми. Мікросхема працює в режимі класу АВ [6], що має декілька режимів: 1) «MUTING» ІМС дозволяє відключати від схеми акустичну систему, що покращує співвідношення сигнал/шум, коли на виході Mute напруга від 0 В до 2,3 В відбувається послаблення вихідного сигналу на 80 дБ, при напрузі більше 3,5 В ослаблення не відбувається, оскільки цей режим вимкнений; 2) «Stand-By» дозволяє переходу підсилювача потужності в черговий

режим, вимиканню живлення вихідних каскадів, що зручно для дистанційного керування.

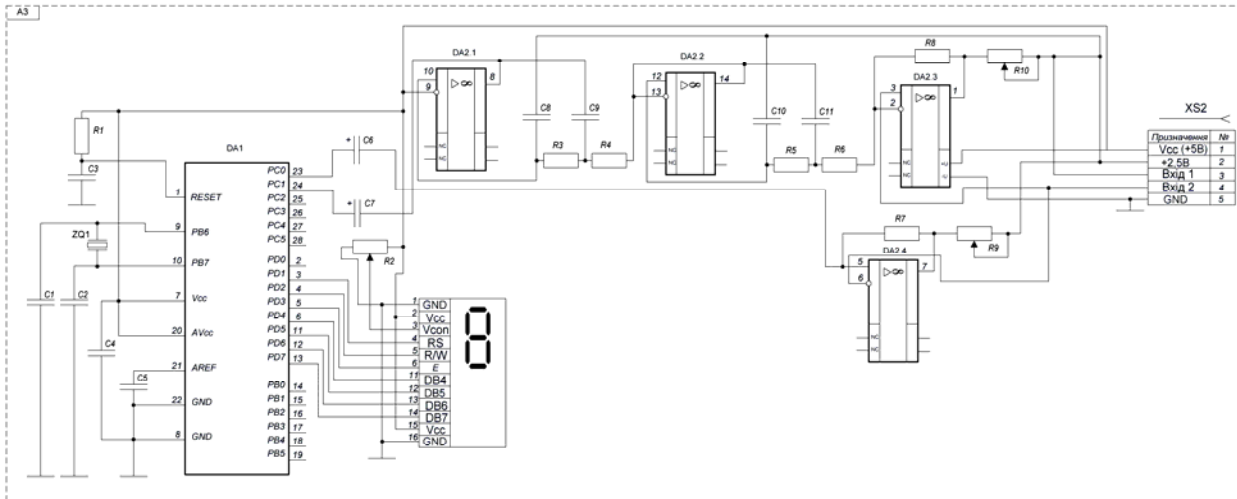


Рис. 4. Електрична схема аналізатора спектру підсилювача

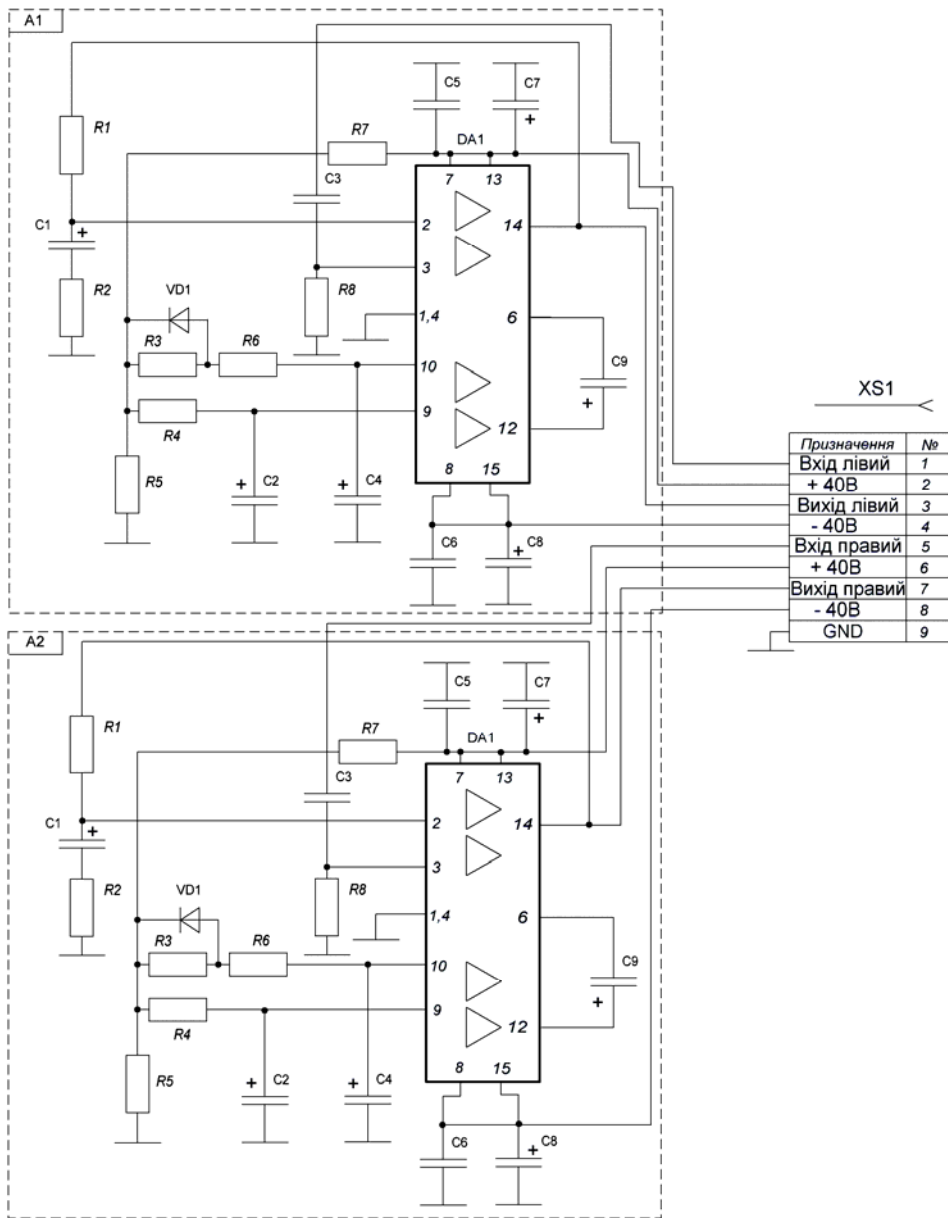


Рис. 5. Електрична схема вихідного каскаду підсилювача

У розробленому сучасному підсилювачі потужності використовується лінійний та імпульсний блок

живлення, реалізований від персонального комп'ютера, на основі ІМС VC3843, з напругами +5 В, ± 12 В та потужністю 230 Вт. Лінійний блок живлення використовується для живлення вихідного каскаду, оскільки його потужність 200 Вт.

Результати експериментальних досліджень розробленого сучасного підсилювача потужності наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Експериментальні параметри розробленого сучасного підсилювача потужності**

№	Параметр	Величина
1	Номінальна потужність	2x100 Вт
2	Частотний діапазон	20 Гц – 20 000 Гц
3	Опір навантаження	4 Ом
4	Розділення між каналами	100 дБ
5	Коефіцієнт нелінійних спотворень: - при потужності 10-70 Вт - при потужності 100 Вт	не більше 0,1 % не більше 0,9 %
6	Напруга живлення	220 В
7	Номінальна вхідна напруга сигналу	600 мВ
8	Відношення сигнал/шум	не менше 60 дБ
9	Вхідний опір	50 кОм

Розроблений пристрій є функціонально закінченим приладом і рекомендується до використання разом з персональним комп'ютером, DVD програвачем, MP3 програвачем для озвучування приміщення об'ємом 100-200 м.<sup>2</sup>

**Висновок**

Розроблено технічне рішення побудови сучасного підсилювача потужності. З параметрами підсилювача: номінальна вхідна напруга сигналу  $700 \pm 50$  мВ, відношення сигнал/шум не менше 60 дБ, номінальна потужність 2 канали по 100 Вт. Перевагою є запас потужності, яким володіє сучасний підсилювач потужності, дозволяє одержати великий динамічний діапазон гучності, що підвищує якість звучання, поліпшує стабільність роботи при номінальній потужності і забезпечує незначні нелінійні спотворення. Запропонований підсилювач за своїми робочими параметрами не поступається існуючим заводським аналогам, проте його собівартість в декілька разів менша від цих аналогів.

**Література**

1. Селф Д. Проектирование усилителей мощности звуковой частоты. Третье издание : Пер. с англ. / Д. Селф – М.: ДМК Пресс, 2009. – 536 с.
2. Предварительные усилители низкой частоты. Регуляторы громкости и тембра. Усилители индикации : Справочник / сост. : Е. Ф. Турута. – М. : Патриот, 1997. – 188 с.
3. Баранов В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В. Н. Баранов. – М.: Издательский дом «Додека -XXI», 2004. – 288 с.
4. Фолкинбери Л. Применения операционных усилителей и линейных ИС. Пер. с англ / Л. Фолкинбери. – М.: Мир, 1985. – 571с.
5. TDA 7293. [Електронний ресурс] // Datasheet; 5/1992. – Philips Semiconductors. – Режим доступу: <http://datagor.ru/blogs/puntus/86-usilitel-mf-1-na-tda729493-s-gibridnoj-oo.html> (пос.).
6. Турута Е. Ф. Микросхемы усилителей мощности низкой частоты и их аналоги. Справочное пособие / Е. Ф. Турута. – М.: ДМК Пресс, 2002 г. – 345 с.

Надійшла 13.1.2013 р.  
Статтю представляє: к.т.н. Рудик В.Д.