

**Новітні підходи до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Підсилювальні пристрої»**

Ключові слова: підсилювальний пристрій, амплітудна, частотна та навантажувальна характеристика, резистивний підсилювач, транзистор.

Keywords: amplifying device, peak, frequency and loading description, resistance amplifier, transistor.

Ключевые слова: усилительное устройство, амплитудная, частотная и нагрузочная характеристика, резистивный усилитель, транзистор.

Постановка проблеми. Підсилювальні пристрої, як окремий вид радіоелектронної побутової та професійної апаратури займають одне з важливих місць у складі будь-якої радіотехнічної системи. Тому їх вивчення відіграє значну роль при засвоєнні більш складних радіоелектронних пристроїв. У вік розвитку комп'ютерної техніки кожний студент має можливість досліджувати електричні схеми за допомогою безліч схемотехнічних програм, що включають в себе: повний набір електронних компонентів, вимірювальні прилади, можливість компоновки друкованих плат.

Отже виникає необхідність вносити зміни у зміст фахового предмету під час вивчення дисципліни підсилювальні пристрої. Це спонукає до зміни тематики лабораторних та практичних робіт, використанні при їх проведенні нових методів та засобів, що сприяє підвищенню інтересу, зацікавленості студентів процесом пізнання.

Аналіз попередніх досліджень. Завдяки розвитку комп'ютерних технологій схемотехнічне проектування може здійснювати шляхом використання програм. Це дозволяє перейти від макетування апаратури до її моделювання на персональному комп'ютері за допомогою відповідного програмного забезпечення.

Програмне забезпечення, що існує на сьогоднішній час дозволяє розв'язувати ряд проектних завдань, до яких відносяться:

- оцінювання електричних принципів схем, що реалізовується, і досягнення заданих у технічному завданні вимог до вихідних характеристик;
- вибір якнайкращого варіанту з декількох електричних схем;
- відпрацьовування електричної схеми за вихідними характеристиками і електричних режимах роботи радіоелементів.

На сьогодні існує велике число пакетів програм, призначених для виконання схемотехнічного проектування: DesignLab, Altera MAX+plus II, Orcad, Electronic Work Banch (MultiSim), Micro Cap, Proteus VSM [1, 3].

Мета статті. В своїй роботі ми пропонуємо практично використати програмний пакет Proteus 7 Professional, для того щоб студенти могли попередньо ознайомитися з лабораторним обладнанням та реальними експериментами. Такий підхід підвищує ефективність проведення лабораторних робіт та дозволяє зменшити матеріальні витрати на ремонт лабораторного обладнання.

Виклад основного матеріалу. Одним з шляхів вирішення виникаючих проблем в проведенні і організації учбових лабораторних досліджень, являється перехід від вузьких галузевих принципів підготовки фахівців, що припускають практичне освоєння навичок роботи з великою кількістю об'єктів, до фундаментальної природничо-наукової і технічної освіти, в процесі якої студенти освоюють основні закономірності, на яких базуються технічні розробки. При цьому в лабораторних дослідженнях допустиме застосування віртуальних моделей, які на якісному рівні здатні замінити різноманіття реальних об'єктів.

Відомо, що лабораторні роботи мають високу цінову політику, і їхня організація на сучасному рівні виявляється практично недоступною з економічних причин для більшості навчальних закладів України. Проте перехід до фундаментальної освіти припускає відповідну зміну мети

навчальних лабораторних досліджень. Замість завдань отримання навичок практичної роботи з конкретними об'єктами, які виявляються схильними до прискореного морального старіння, слід шукати підходи до освоєння загальних принципів функціонування, покладених в основу при створенні цілих класів об'єктів.

Цілеспрямоване застосування комп'ютерів, як засобів навчання, дозволяє кардинальним чином підвищити роль самостійної роботи в процесі отримання і експериментальної перевірки знань.

Розглянемо приклад виконання лабораторної роботи з дисципліни «Підсилювальні пристрої» на тему «Резистивний підсилювач потужності».

У вступі до будь-якої лабораторної роботи бажано висвітлити теоретичний матеріал, що стосується принципам побудови схем. Цей матеріал упускається у зв'язку з обмеженим обсягом статті та його можна знайти у більшості підручників та фаховій літературі [2, 4, 5].

1 Дослідження характеристик резистивного підсилювача

Завдання. Зняти характеристику навантаження підсилювального каскаду на біполярному транзисторі при $U_{вх}=10\text{мВ}$ на частоті 1кГц, змінюючи величину його опору навантаження від 240Ом до 43кОм. Дані заносимо в таблицю 1. Для уніполярного транзистора $U_{вх} = 100\text{мВ} = \text{const}$ на частоті 1кГц змінюючи величину його опору від 510 Ом до 43 кОм. Дані вимірювань заносимо в таблицю 1 і 2

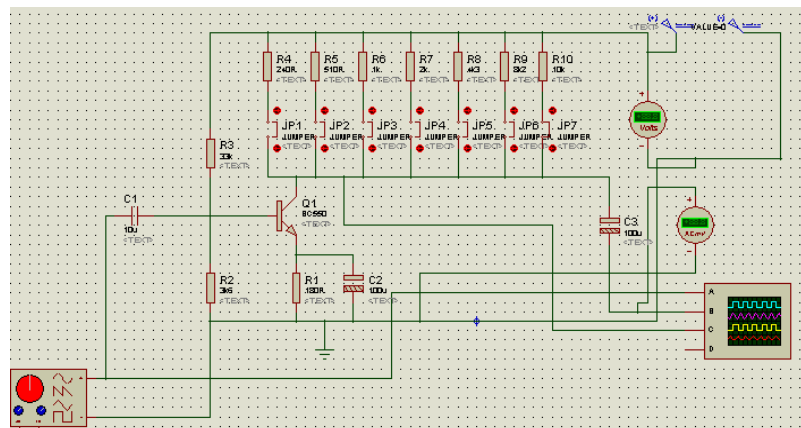


Рисунок 1 – Схема резистивного підсилювача на біполярному транзисторі

Схема для дослідження біполярного транзистора представлена на рисунку 1, уніполярного рисунок 2

Таблиця 1

Залежність вихідної напруги від зміни опору навантаження

Опір R_k (VT1)	240	510	1к	2к	4,3к	8,2к	16к
$U_{вих}$	0,34 В	0,53 В	0,84 В	2,20 В	3,33 В	3,94 В	4,07 В

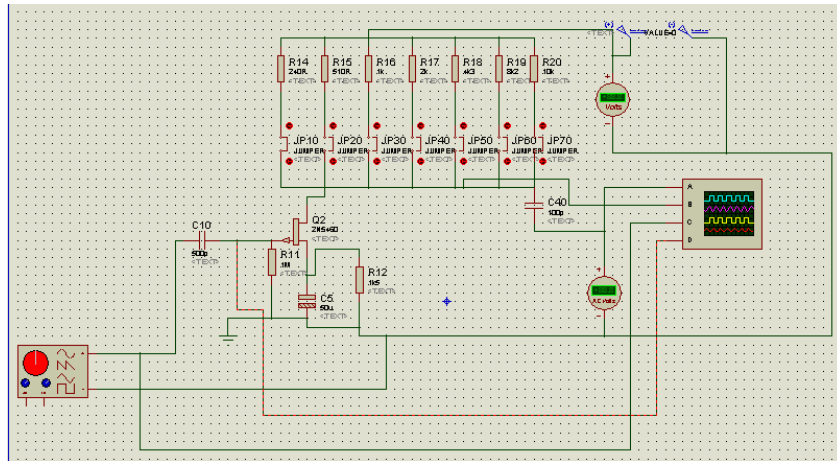


Рисунок 2 - Схема резистивного підсилювача на уніполярному транзисторі

Таблиця 2

Залежність вихідної напруги від зміни опору навантаження

Опір R_k (VT2)	510	1к	2к	5,1к	10к	20к	43к
$U_{вих}$	0,34 В	0,9 В	1,7 В	3,69 В	4,65 В	5,24 В	5,54 В

Для дослідження як активний елемент був вибраний транзистор типу BC550 і транзистор типу 2N5460

Таблиця 3

Параметри транзистора BC550.

Структура	n-p-n
Напруга $U_{КБ0}$, (В)	50
Напруга $U_{КЕ}$, (В)	50
Максимальний струм колектора $I_{Кmax}$, (мА)	250
Потужність розсіювання на колекторі $P_{к max}$, (Вт)	0,25
Коефіцієнт передачі по струму h_{21e}	100÷200
Струм $I_{кб}$, (мкА)	<0,05
Гранична частота $f_{гр}$, (МГц)	≥ 200
Ємність колектора C_k , (пФ)	< 6

Параметри транзистора 2N5460.

Структура	p-типу
Напруга U_{CB} , (В)	40
Максимальний струм колектора I_{Cmax} , (мА)	50
Потужність розсіювання на колекторі P_{Cmax} , (Вт)	0,31
Гранична частота $f_{гр}$, (МГц)	≥ 175

Навантажувальна характеристика показує, що при збільшенні опору навантаження збільшується вихідна напруга до певного значення при рівному значенні вхідної напруги і частоти. Характеристика навантаження для резистивного підсилювача ми отримали таку.

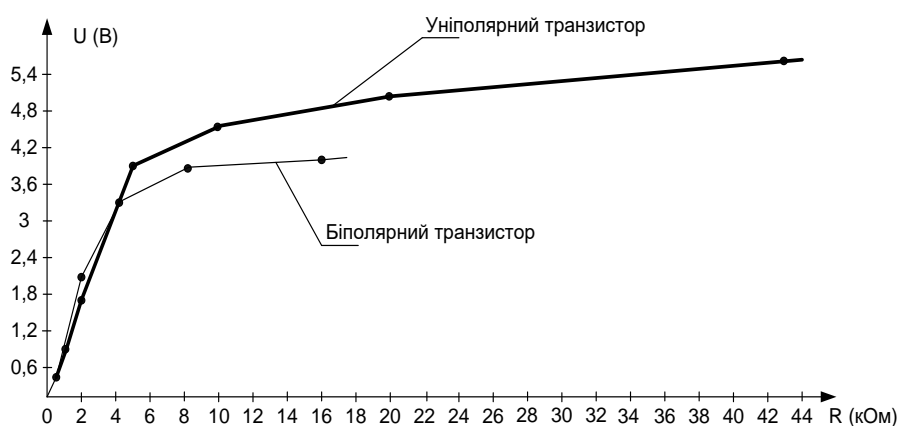


Рисунок 3 – Навантажувальна характеристика резистивного підсилювача

2 Дослідження амплітудної характеристики резистивного підсилювача

Завдання. Знаходимо амплітудну характеристику резистивних підсилювачів підсилювача при опорі навантаження каскаду на біполярному транзисторі 2 кОм і на польовому 10 кОм. Частота вхідного сигналу 1 кГц, $U_{ВХ}=0\dots 200\text{мВ}$. Виміряні значення заносимо в таблицю 5

Амплітудна характеристика має дві ділянки – лінійну, де збільшення амплітуди вхідного сигналу викликає пропорційне збільшення вхідної напруги, і нелінійну ділянку, коли при великих амплітудах вхідного сигналу виявляється не лінійність перехідної характеристики. При відсутності корисного сигналу на

вході підсилюваного каскаду величина вихідної напруги не дорівнює нулю внаслідок наявності власних шумів, амплітуда яких іноді сумірна з величиною корисного сигналу. Ця напруга шуму обумовлена власними шумами активних і пасивних елементів схеми підсилювача [2]. Напруга шумів разом з корисним сигналом підсилюється і на виході підсилювача може досягати значних величин.

Таблиця 5

Дані вимірювань заносимо в таблицю:

Для біполярного транзистора										
$U_{ВХ}, мВ$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$U_{ВИХ}, В$	0,76	0,89	1,48	2,12	3,18	3,46	3,62	3,70	3,76	3,80
Для уніполярного транзистора										
$U_{ВХ}, мВ$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$U_{ВИХ}, В$	0,63	0,86	1,2	1,89	2,63	3,46	3,95	4,05	4,12	4,14

Амплітудна характеристика даного каскаду приставлена на рисунку 6

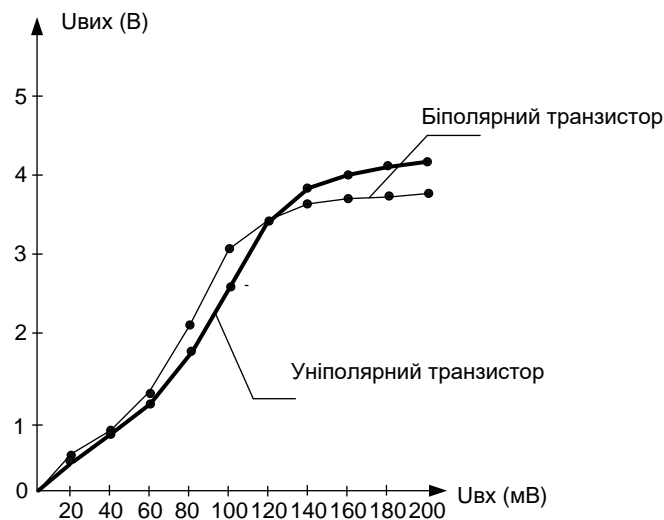


Рисунок 4 – Амплітудна характеристика резистивного підсилювача

3 Дослідження частотної характеристики підсилювача

Завдання. Зняти частотну характеристику підсилювача $K = f(F)$ при двох значеннях опорів навантаження в кожному каскаді: $R_4 = 510 \text{ Ом}$ і $R_{12} = 510 \text{ Ом}$; Частоту генератора змінювати в діапазоні 100Гц...50кГц при $U_{вх} = 10 \text{ мВ} = \text{const}$. Дані вимірювань занести до таблиці 6.

Залежність вихідної напруги від частоти

Для біполярного транзистора										
$F_{ВХ}$, Гц	100	500	1000	5000	10000	20000	25000	30000	40000	50000
$\lg F$	4,6	6,2	7	8,5	9,2	10	10,1	10,3	10,6	10,8
$U_{ВІХ}$, В	0,53	0,58	0,60	0,61	0,60	0,61	0,61	0,60	0,59	0,55
Для уніполярного транзистора										
$U_{ВІХ}$, В	0,38	0,42	0,46	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,37	0,36

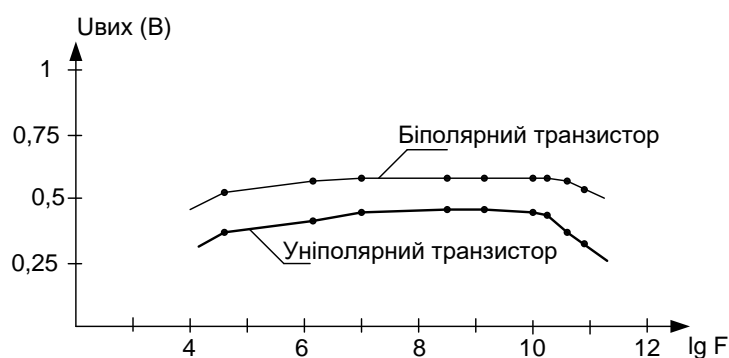


Рисунок 5 – Амплітудно частотна характеристика підсилювача

Після виконання даної лабораторної роботи студенти оформляють звіт і дають відповіді на наступні контрольні питання:

1. Пояснити процес підсилення сигналів в схемі підсилювача на біполярному і уніполярному транзисторах?
2. Як змінюється коефіцієнт підсилення резистивного підсилювального каскаду при зміні, опору навантаження?
3. Який вигляд має амплітудна характеристика підсилювача, як пояснити її хід?
4. Чим пояснити причину спаду частотної характеристики підсилювача на біполярному і уніполярному транзисторах в області нижчих і вищих частот?

Висновки. Для засвоєння дисципліни «Підсилювальні пристрої», студенти можуть використовувати програми для моделювання підсилювальних каскадів, що дає змогу самостійно відпрацювати пропущений матеріал. А також мають можливість попередньо підготуватися

до виконань практичних і лабораторних робіт, перевірити працездатність схем.

Разом з тим – це дає можливість осучаснити тематику лабораторних та практичних робіт, що дає навички ознайомлення студентів з роботою новітніх приладів та пристроїв, що використовуються в підприємствах в сфері виробництва радіоелектронної апаратури.

Література

1. Антипенский Р. В. Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств/ Р. В. Антипенский, А. Г. Фалин – М.: Техносфера, 2007. – 128с. – ISBN 978-5-94836-130-7.
2. Петренко Т. А. Підсилювальні пристрої/ Т. А. Петренко. – К.: Вища школа, 1993р. – с. 258
3. Максимов А. Моделирование устройств на микроконтроллерах с помощью программы ISIS из пакета PROTEUS VSM/ А. Максимов // Радио. – 2005. – № 4, 5, 6. – С. 30-33, 31-34, 30-32.
4. Рудик В.Д. Аналогові та підсилювальні електронні пристрої частина 2/ В. Д. Рудик. – Вінниця.: ВДТУ, 2001р. – с. 198.
5. Рудик В. Д. Аналогові та підсилювальні електронні пристрої. Лабораторний практикум. Частина 3. / В. Д. Рудик, М. А. Шутило. – Вінниця.: ВДТУ, 2002р. – с. 153

У статті розглядається підхід щодо вивчення дисципліни «Підсилювальні пристрої» з використанням моделюючих програм з метою вивчення основних характеристик підсилювальних каскадів.

The paper considers an approach to the discipline "amplifying device" with the use of simulation programs to study the basic characteristics of amplifier stages.

В статье рассматривается подход к изучению дисциплины «Усилительные устройства» с использованием моделирующих программ с целью изучения основных характеристик усилительных каскадов.